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

Wilfredo Alexander Granados Paz
Director de Currículo y Materiales Educativos

Gilberto Alexander Motto García
Director de Educación Secundaria

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

Edición
Vilma Guadalupe Mártir Ramírez
Martha Alicia Artiga Hernández
Carolina Ruíz de Escobar
Orlando Leonel Castillo Henríquez
Jorge Alfredo Ávila Moreno

Autoría
Xochilt María Pocasangre Orellana
Adela Melissa Martínez de Guirola
Jessica Vanessa Aguilar Sandoval
Óscar Mauricio Olmedo Martínez
Edwin Adverdi Pérez Ventura
Nathalie Carmelina Galicia Shul
Omar Antonio Rodríguez Alas

Diseño editorial y diagramación
Judith Samanta Romero de Ciudad Real
Diego Esaú Hernández Molina

Jefe del Departamento de Materiales Educativos
Julio Adolfo Castellanos

Corrección de textos
Osvaldo Hernández

Ilustraciones
Ernesto Escobar

Realidad aumentada
Kevin Oswaldo Chávez Berrios
Luis Felipe Guevara García

Imágenes
Shutterstock, Noticiero El Salvador, Secretaría de Prensa de la Presidencia, Wikimedia Commons, Matti Blume, Alexander van Driessche, Ivar Leidus, Rob Lavinsky, Bergminero, Rob Lavinsky, J. J. Harrison, Robert M. Lavinsky, Didier Descouens, Siim Sepp, Luis Bugallo, Francisco Ruiz, USGS, Robert Downs, Flickr, OggiScienza, Paul Williams, Manuel Pacheco, Pilar Molist, Manuel Pombal, Rodrigo Carballo.

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

Nombre y número de la unidad.

Perspectiva de las temáticas.

Aprendizajes que alcanzarás al desarrollar la unidad.

Imagen alusiva al contenido.

Tiempo estimado que dedicarás a la unidad.

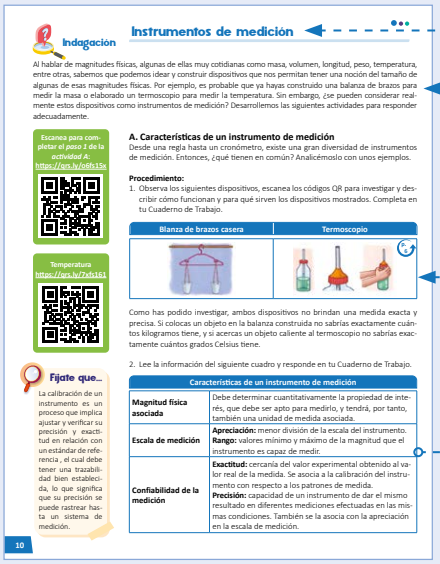


B Secuencia de la semana

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.



Temática principal de la semana.

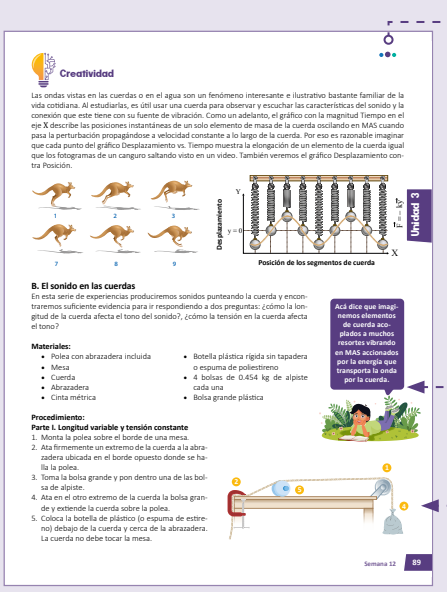
Introducción.

Actividades para desarrollar.

Además, tu Libro de Texto está enlazado con tu Cuaderno de Trabajo. Las flechas circulares te indican la página exacta para efectuar anotaciones.

2. Creatividad

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



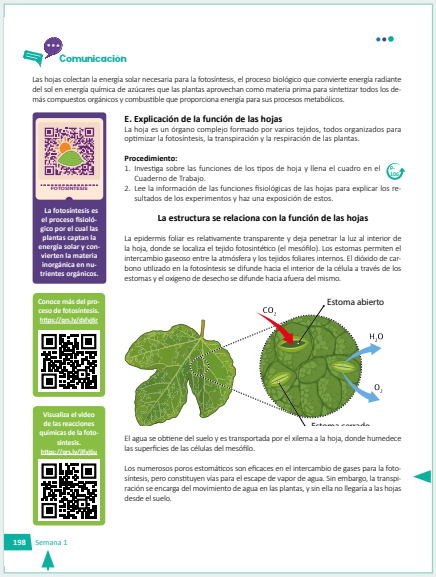
Los círculos de colores te indican en qué clase o momento de la semana te encuentras.

Secciones especiales.

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

3. Comunicación

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



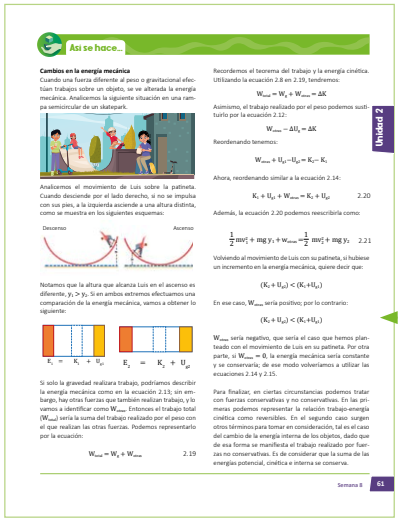
En esta etapa encontrarás información y fuentes relevantes para contrastar tus resultados y conclusiones.

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

C Secciones especiales

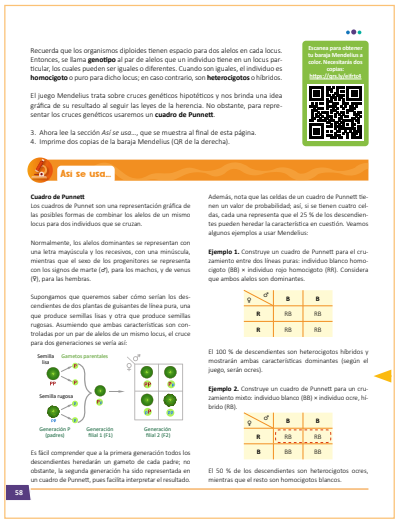
Te proporcionarán un paso a paso de cómo desarrollar por cuenta propia distintos procedimientos de naturaleza científica.

1. Así se hace...



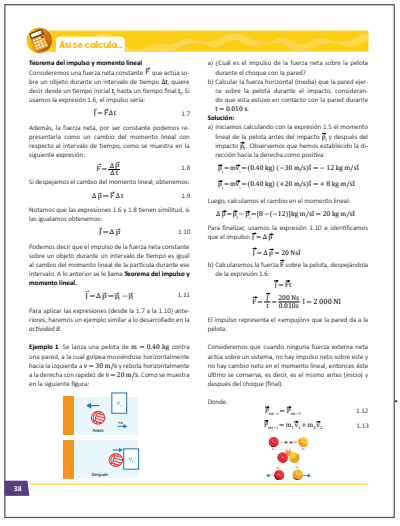
Encontrarás técnicas y estrategias para afrontar situaciones recurrentes que suceden durante las prácticas experimentales.

2. Así se usa...



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

3. Así se calcula...



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

4. 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.

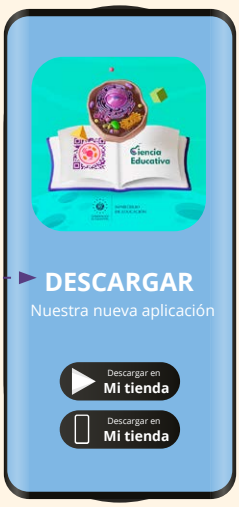


Son tarjetas a color, con un código QR de fondo y un ícono al centro.

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.



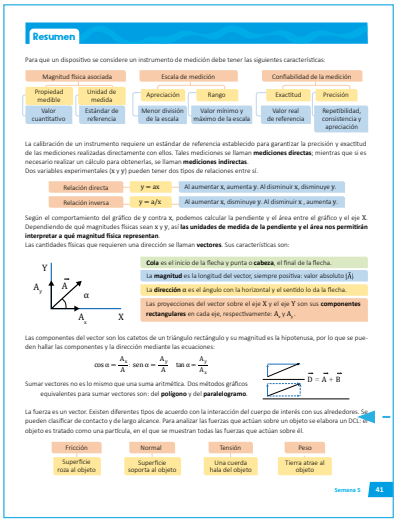


Luego, debes acceder a la aplicación, escanear la tarjeta ¡y listo!

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.


Resumen

Para que un dispositivo se considere un instrumento de medición debe tener las siguientes características:

Magnitud física asociada: Propiedad medible, Valor cuantitativo; Unidad de medida, Estándar de referencia

Escala de medición: Apreciación, Menor división de la escala; Rango, Valor mínimo y máximo de la escala

Confiabilidad de la medición: Exactitud, Valor real de referencia; Precisión, Repetibilidad, consistencia y apreciación

La calibración de un instrumento requiere un estándar de referencia establecido para garantizar la precisión y exactitud de las mediciones realizadas directamente con ellos. Tales mediciones se llaman **mediciones directas**; mientras que si es necesario realizar un cálculo para obtenerlas, se llaman **mediciones indirectas**.

Dos variables experimentales (x y y) pueden tener dos tipos de relaciones entre sí.

Relación directa: $y = ax$ — Al aumentar x, aumenta y. Al disminuir x, disminuye y.

Relación inversa: $y = a/x$ — Al aumentar x, disminuye y. Al disminuir x , aumenta y.

Según el comportamiento del gráfico de y contra x, podemos calcular la pendiente y el área entre el gráfico y el eje X. Dependiendo de qué magnitudes físicas sean x y y, así **las unidades de medida de la pendiente y el área nos permitirán interpretar a qué magnitud física representan**.

Las cantidades físicas que requieren una dirección se llaman **vectores**. Sus características son:

- **Cola** es el inicio de la flecha y punta o **cabeza**, el final de la flecha.
- La **magnitud** es la longitud del vector, siempre positiva: valor absoluto $|\vec{A}|$
- La **dirección** α es el ángulo con la horizontal y el sentido lo da la flecha.
- Las proyecciones del vector sobre el eje X y el eje Y son sus **componentes rectangulares** en cada eje, respectivamente: A_x y A_y.

Las componentes del vector son los catetos de un triángulo rectángulo y su magnitud es la hipotenusa, por lo que se pueden hallar las componentes y la dirección mediante las ecuaciones:

$\cos\alpha = \frac{A_x}{A}$, $\operatorname{sen}\alpha = \frac{A_y}{A}$, $\tan\alpha = \frac{A_y}{A_x}$

Sumar vectores no es lo mismo que una suma aritmética. Dos métodos gráficos equivalentes para sumar vectores son: del **polígono** y del **paralelogramo**.

$\vec{D} = \vec{A} + \vec{B}$

La fuerza es un vector. Existen diferentes tipos de acuerdo con la interacción del cuerpo de interés con sus alrededores. Se pueden clasificar de contacto y de largo alcance. Para analizar las fuerzas que actúan sobre un objeto se elabora un DCL: el objeto es tratado como una partícula, en el que se muestran todas las fuerzas que actúan sobre él.

Fricción: Superficie roza al objeto
Normal: Superficie soporta al objeto
Tensión: Una cuerda hala del objeto
Peso: Tierra atrae al objeto

Semana 5 41

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.


Tecnología

Hace algunos años se desarrollaron dispositivos como pulseras, brazaletes, bandas y otros, que son capaces de medir el ritmo cardíaco, la saturación de oxígeno, la temperatura y la actividad eléctrica de los músculos.

Recientemente se han hecho pruebas para la integración de sensores a prendas textiles de uso cotidiano capaces de capturar información de la sangre, el sudor o la orina para monitorear signos vitales y parámetros fisiológicos.

Estas prendas están pensadas para la salud y el bienestar de las personas; por ejemplo, el rendimiento físico y el control de los esfuerzos, la prevención de lesiones, incluso para monitorear el estrés del día a día.

Conozcamos a...

Rodrigo Enrique Caballo Bolaños

Es originario del departamento de San Salvador y estudió licenciatura en Biología en la Universidad de El Salvador. Su interés por la biología marina lo encaminó a hacer estudios con equinodermos en las costas salvadoreñas.

Posteriormente cursó estudios de maestría en la Universidad de Bremen (Alemania) para especializarse en el área de fisiología de invertebrados marinos. Luego obtuvo una beca para estudios doctorales en el programa de Biodiversidad de Academia Sinica en conjunto con la Universidad Nacional Normal de Taiwán, donde estudió las diferencias fisiológicas y procesos de aclimatación de corales provenientes de dos sitios con regímenes contrastantes de temperatura en el parque nacional de Kenting, en el sur de Taiwán, contribuyendo al conocimiento de los procesos de resiliencia de corales ante el estrés térmico causado por el cambio climático.

Actualmente trabaja en el laboratorio de Ecología Funcional del Arrecife en el Instituto Oceanográfico de la Universidad Nacional de Taiwán, realizando monitoreo de las comunidades bénticas en los ecosistemas de arrecifes de coral para conocer las propiedades fisiológicas de distintas especies ante el calentamiento global.

239

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.


Quiero ser...

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

Carrera: Licenciatura en Física — Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que con ducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplica ciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y 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

Bachilleratos sugeridos: general, mecánica general, electricidad, 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

Carrera: Ingeniería Mecánica — Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Mecánica se ocupa del diseño, construcción y operación eficiente, segura y económica de dispositivos, máquinas e instalaciones mecánicas para la solución de problemas prácticos. Interviene además en procesos industriales, de pla nificación y de investigación o supervisión de sistemas mecánicos.

La Ingeniería Mecánica ofrece las bases para desempeñarse en investigación aplicada, diseño y desarrollo e instalación y mantenimiento de sistemas de distintos campos, como los siguientes:

- Industria de construcción
- Industria automotriz
- Industria textil
- Industria alimenticia
- Producción energética
- Tratamiento de aguas
- Biomedicina
- Manufacturas

Bachilleratos sugeridos: general, mecánica general, electricidad, 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

44

3. Quiero ser...

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

F Nuevos amigos

Toda aventura requiere de grandes compañeros.



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.



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



Le gusta 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.



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



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.



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

Índice

Unidad 1. Mecánica		9
Semana 1:	Instrumentos de medición	10
Semana 2:	Vectores	16
Semana 3:	Movimiento en una y dos dimensiones	23
Semana 4:	Movimiento de rotación	29
Semana 5:	Momento lineal	35
Cierre de unidad		41

Unidad 2. Energía		45
Semana 6:	Teorema del trabajo y la energía cinética	46
Semana 7:	Tipos de energía mecánica	52
Semana 8:	Principio de conservación de la energía mecánica	58
Semana 9:	Potencia mecánica	64
Cierre de unidad		70

Unidad 3. Ondas mecánicas		75
Semana 10:	Energía mecánica en el movimiento armónico simple	76
Semana 11:	Medición del movimiento armónico simple	82
Semana 12:	Movimiento ondulatorio del sonido en las cuerdas	88
Semana 13:	Movimiento ondulatorio del sonido en el aire	96
Cierre de unidad		102



Unidad 4. Estequiometría y dispersiones		105
Semana 14:	Unidades físicas de concentración	106
Semana 15:	Mol y número de Avogadro	112
Semana 16:	Masa molar	118
Semana 17:	Unidades químicas de concentración	124
Semana 18:	Dispersiones químicas. Parte 1	130
Semana 19:	Dispersiones químicas. Parte 2	137
Semana 20:	Propiedades coligativas de las soluciones	144
Cierre de unidad		150

Unidad 5. Minerales		153
Semana 21:	Propiedades de los minerales	154
Semana 22:	Estructura de los minerales	160
Semana 23:	Minerales en El Salvador	166
Cierre de unidad		172

Unidad 6. Anatomía y fisiología vegetal		175
Semana 24:	Los tejidos vegetales	176
Semana 25:	Transporte de sustancias	182
Semana 26:	Desarrollo y reproducción vegetal	188
Semana 27:	La hoja y sus funciones	194
Cierre de unidad		200

Unidad 7. Anatomía y fisiología animal		205
Semana 28:	Tipos de tejidos animales	206
Semana 29:	Sistema musculoesquelético	212
Semana 30:	Sistemas respiratorio y circulatorio	218
Semana 31:	Sistemas digestivos	224
Semana 32:	Estructuras y sistemas excretores	230
Cierre de unidad		236

Unidad 1

Mecánica

Eje integrador: interacciones

En esta unidad aprenderemos a:

- Construir y calibrar instrumentos de medición.
- Identificar técnicas de medición de magnitudes físicas.
- Interpretar las características de los gráficos.
- Medir las componentes de un vector y saber operar con ellos.
- Identificar experimentalmente las fuerzas actuando sobre objetos y representarlas mediante diagramas de cuerpo libre.
- Resolver problemas empleando las leyes del movimiento de Newton.
- Reconocer el torque como la causa del equilibrio rotacional.
- Resolver problemas acerca del movimiento rectilíneo y parabólico empleando interpretación de gráficas.
- Calcular magnitudes cinemáticas del movimiento circular uniforme a partir de resultados experimentales.
- Interpretar el cambio de momento lineal a través de la experimentación.
- Calcular el momento lineal total.



Puerto de Acajutla, departamento de Sonsonate, El Salvador

Duración: 5 semanas

Instrumentos de medición

Indagación

Al hablar de magnitudes físicas, algunas de ellas muy cotidianas como masa, volumen, longitud, peso, temperatura, entre otras, sabemos que podemos idear y construir dispositivos que nos permitan tener una noción del tamaño de algunas de esas magnitudes físicas. Por ejemplo, es probable que ya hayas construido una balanza de brazos para medir la masa o elaborado un termoscopio para medir la temperatura. Sin embargo, ¿se pueden considerar realmente estos dispositivos como instrumentos de medición? Desarrollemos las siguientes actividades para responder adecuadamente.

Escanea para completar el *paso 1* de la *actividad A*:
https://qrs.ly/o6fs15x

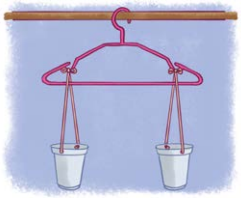
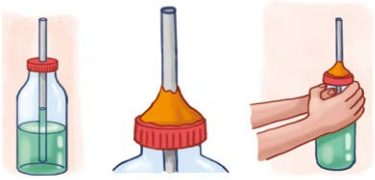
Temperatura
https://qrs.ly/7xfs161

A. Características de un instrumento de medición

Desde una regla hasta un cronómetro, existe una gran diversidad de instrumentos de medición. Entonces, ¿qué tienen en común? Analicémoslo con unos ejemplos.

Procedimiento:

1. Observa los siguientes dispositivos, escanea los códigos QR para investigar y describir cómo funcionan y para qué sirven los dispositivos mostrados. Completa en tu Cuaderno de Trabajo.

Blanza de brazos casera	Termoscopio
	 p. 6

Como has podido investigar, ambos dispositivos no brindan una medida exacta y precisa. Si colocas un objeto en la balanza construida no sabrías exactamente cuántos kilogramos tiene, y si acercas un objeto caliente al termoscopio no sabrías exactamente cuántos grados Celsius tiene.

2. Lee la información del siguiente cuadro y responde en tu Cuaderno de Trabajo.

Fíjate que...

La calibración de un instrumento es un proceso que implica ajustar y verificar su precisión y exactitud en relación con un estándar de referencia , el cual debe tener una trazabilidad bien establecida, lo que significa que su precisión se puede rastrear hasta un sistema de medición.

Características de un instrumento de medición	
Magnitud física asociada	Debe determinar cuantitativamente la propiedad de interés, que debe ser apto para medirlo, y tendrá, por tanto, también una unidad de medida asociada.
Escala de medición	**Apreciación:** menor división de la escala del instrumento. **Rango:** valores mínimo y máximo de la magnitud que el instrumento es capaz de medir.
Confiabilidad de la medición	**Exactitud:** cercanía del valor experimental obtenido al valor real de la medida. Se asocia a la calibración del instrumento con respecto a los patrones de medida. **Precisión:** capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en diferentes mediciones efectuadas en las mismas condiciones. También se la asocia con la apreciación en la escala de medición.

Creatividad

En ocasiones, aparte de conocer las características de los instrumentos de medición, es necesario realizar una calibración, por lo que necesitamos estándares de referencia conocidos. Por ejemplo, para calibrar un dinamómetro, podemos utilizar un juego de pesas conocidas, y si no tenemos, entonces podemos medir la masa de diferentes objetos y calcular su peso. Luego podemos aplicar la ley de Hooke para dibujar la escala. Construyamos y calibremos un dinamómetro.

B. Construyendo y calibrando un dinamómetro

En la *actividad A* aprendimos cuáles son las características de los instrumentos de medición. ¿Crees que podemos construir y calibrar uno? ¡Descubramos que sí podemos! Vamos a construir y a calibrar un dinamómetro.

Un dinamómetro es un instrumento que nos permite medir fuerzas. Su funcionamiento, por lo general, se basa en deformación elástica de un objeto como un resorte, previamente calibrado.



Materiales:

- Tapón de corcho
- Palo de madera de 30 cm de largo
- Banda de hule de 6 cm
- Silicón líquido
- Cinta adhesiva
- Clip
- Lapicero
- Regla graduada en cm
- Balanza
- 1 m de cordel
- Vaso de poliestireno
- 10 monedas de $ 0.05
- Clavo

Procedimiento:

Parte I. Construcción del dinamómetro

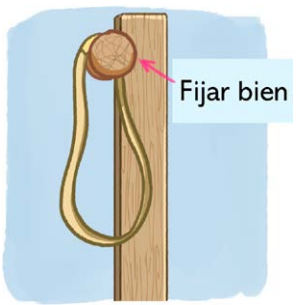
1. Toma un extremo de la banda de hule y pégala con silicón líquido alrededor del tapón de corcho de manera que el hule quede completamente fijado al corcho. Puedes reforzar con cinta adhesiva.
2. Adhiere el corcho al palo de madera utilizando el silicón líquido (o clavo) y asegúrate de que quede completamente firme.
3. Abre el clip para dejar un extremo recto y el otro en forma de gancho. Adhiere el extremo recto de forma horizontal al hule.
4. Haz tres agujeros equidistantes alrededor de la boca del vaso, introduce cordel en los agujeros y átalo para que quede listo para ser colgado en el clip deformado.
5. Cuelga el vaso y marca con tu lapicero una rayita en el palo de madera en la posición que queda el lado horizontal del clip; este sería el cero de la escala de medición. Se puede colocar con cinta adhesiva. Antes de iniciar con la calibración, resuelve lo que aparece en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 6

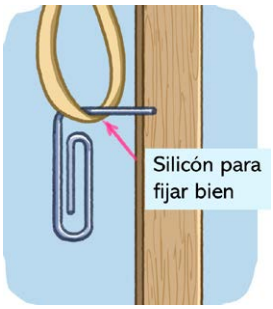
1



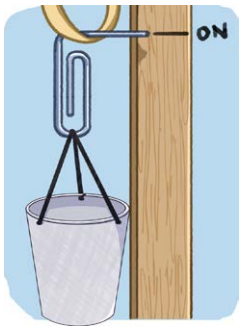
2



3



4 y 5



Parte II. Calibración del dinamómetro

1. Utiliza la balanza para medir la masa m de las monedas, iniciando por una hasta finalizar con diez. Luego, registra sus masas en la tabla que aparece en tu Cuaderno de Trabajo.
2. Calcula el peso F_g de las monedas agrupadas y considera como valor de la aceleración gravitatoria $9.8\ m/s^2$. Recuerda convertir las masas medidas en gramos a kilogramos.
3. Cuelga una moneda y mide con la regla la distancia entre la marca inicial hecha en el *paso 5 de la parte I* y la nueva posición del clip. No marques en el palo de madera aún, pero anota el registro en la tabla que empezaste a completar en el numeral anterior.
4. Repite el paso anterior para los nueve grupos de monedas restantes y convierte las distancias medidas a metros. Recuerda que. $1\ m = 100\ cm$
5. Representa los datos de la tabla en una gráfica y calcula su pendiente. Si no sabes cómo calcularla, puedes observar la sección *Así se calcula*...

Así se calcula...

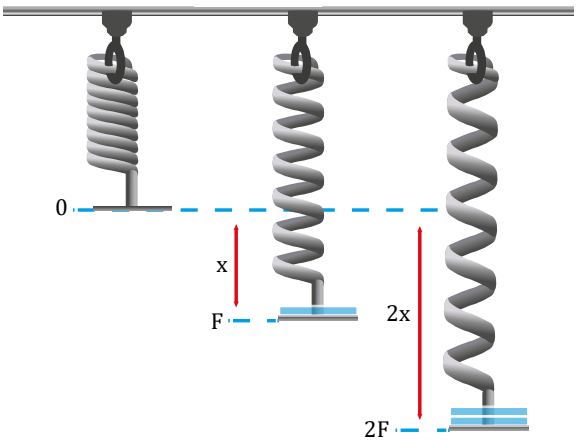
Ley de Hooke

La ley de Hooke establece que la deformación x de un material elástico (cambio en su forma o longitud) es **directamente proporcional** a la fuerza elástica F_e que ejerce (si no se supera el límite de elasticidad). Matemáticamente, se expresa con la ecuación 1.1.

$$F_e = kx \qquad 1.1$$

A parte de una banda de hule, también la mayoría de los resortes cumplen con la ley de Hooke.

$$F_e = kx$$



En la imagen anterior colocamos de referencia el resorte sin estirar. Luego, si ponemos una masa se estirará una longitud x ; si agregamos otra masa similar la nueva longitud sería de $2x$; en la misma proporción aumentará la fuerza elástica.

Observemos los siguientes ejemplos, que nos ayudarán a corroborar los cálculos que es necesario realizar.

Ejemplo 1. Imagina que medimos la masa de 10 objetos, entre ellos un lapicero: $m = 25\ g$ ¿Cuál sería su peso?
Solución: Convertimos los gramos a kilogramos:

$$m = 25\ g \times \frac{1\ kg}{1000\ g} = 0.025\ kg$$

Luego, calculamos el peso:

$$F_g = mg = (0.025\ kg)(9.8\ m/s^2) = 0.245\ N$$

Ejemplo 2. Hemos calculado el peso de los diez objetos y tenemos un registro de las deformaciones que cada uno genera a una banda de hule. Hacemos un gráfico de peso F_g contra alargamiento x. Calculemos la pendiente del gráfico que elaboramos.



Solución: Para encontrar la pendiente (a) identificamos y fijamos en el gráfico dos puntos, (x_1, F_1) y (x_2, F_2). Luego sustituimos:

$$a = \frac{F_2 - F_1}{x_2 - x_1} = \frac{(2 - 0.7)N}{(0.15 - 0.05)m} = 13\ N/m$$

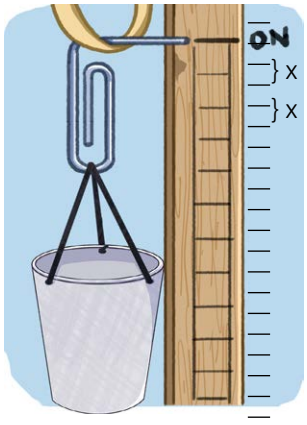
Parte III. Graduación del dinamómetro

1. Para graduar el dinamómetro en décimas de Newton, $0.1\ \text{N}$, debes ir marcando el palo de madera a intervalos iguales x de longitud. (También podrías graduar en centésimas de Newton, $0.01\ \text{N}$). Saber de cuánto en cuánto (centímetros) debemos hacer las marcas va a depender de la constante de elasticidad que calculaste con la pendiente del *paso 5 de la parte II*. Puedes utilizar la ley de Hooke que relaciona la fuerza que se le aplica al hule o elástica F_e, lo que se estira x y una constante de elasticidad o elástica (k). Observa cómo se hace en el siguiente ejemplo:

Ejemplo. Necesitamos graduar el dinamómetro en décimas de Newton $(0.1\ \text{N})$; consideremos que el hule tiene una constante de elasticidad de $\text{k} = 20\ \text{N/m}$.
Solución: calculemos para este caso la elongación del hule $\text{F}_\text{e} = \text{kx}$. Despejamos x y sustituimos:

$$\text{x} = \frac{\text{F}_\text{e}}{\text{k}} = \frac{0.1\ \text{N}}{20\ \text{N/m}} = 0.005\ \text{m}$$ En centímetros: $\text{x} = 0.005\ \text{m} \times \frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}} = 0.5\ \text{m}$

p. 7



En este ejemplo, cada marca de $0.5\ \text{cm}$ correspondería a $0.1\ \text{N}$

2. Utiliza la constante de elasticidad que encontraste en el numeral 5 de la *parte II* y calcula el intervalo de longitud x, al cual deberás ir marcando la madera. A partir del cero marcado inicialmente en el palo de madera, con la ayuda de tu regla, haz las marcas en el palo, a intervalos iguales según el que acabas de calcular.
3. Para verificar el funcionamiento del dinamómetro elige un objeto diferente a las monedas de $0.05. Mide y registra su peso de dos formas:
   a. Utiliza la balanza para calcular su peso.
   b. Utiliza el dinamómetro.
   Luego, responde las preguntas que siguen en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 7

Hemos manipulado dos relaciones matemáticas: el peso de un objeto $\text{F}_\text{g} = \text{mg}$ y la fuerza elástica $\text{F}_\text{e} = \text{kx}$. Estas tienen una característica en común, como podemos notar en el gráfico que hicimos de la expresión 1.1, donde observamos ciertas características que relacionan el comportamiento de las variables o magnitudes involucradas. ¿Puedes descubrir cuál es? Vamos a averiguarlo en la siguiente parte.

Parte IV. Proporcionalidad directa e inversa

1. Durante la experimentación en las *partes II* y *III* notaste que el peso de las monedas es directamente proporcional a la deformación que se originó en la banda de hule; esto quiere decir que a medida que aumentamos una variable la otra también lo hace. Considera la tabla que completaste en el *paso 2* de la *parte II*. Identifica la masa en kg y el peso en N. Haz un gráfico de peso contra masa. Luego responde las preguntas en tu Cuaderno de Trabajo.
2. Sin embargo, no en todas las situaciones el comportamiento de las variables es similar. Observa los resultados del siguiente experimento para analizar otro tipo de relación entre variables.

p. 8

Una persona está buscando mejorar su condición física para poder correr más rápido, por lo que se dispone a entrenar a diario. Todos los días corre la misma distancia de $100\ \text{m}$ y va registrando cuánto tiempo le toma hacerlo a diario. Calcula la rapidez media $\text{v}_\text{med} = \text{x/t}$ y llena el siguiente registro.

t(s)	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30
$\text{v}_\text{med}\text{(m/s)}$	0.83	0.91	1.00	1.11	1.25	1.43	1.67	2.00	2.50	3.33

Haz un gráfico de rapidez contra tiempo. Posteriormente, responde las preguntas en tu Cuaderno de Trabajo.

Comunicación

En el desarrollo de la lección hemos aprendido que para que un dispositivo sea considerado un **instrumento de medición** debe tener una magnitud física asociada y, por tanto, una unidad de medida en particular, así como una escala de medida con una división mínima establecida y un **rango.** Verificamos lo anterior cuando construimos y calibramos un dinamómetro, el cual pusimos a prueba, donde realizamos medidas directas del peso de varias monedas y corroboramos con una medida indirecta, donde utilizando una balanza para luego calcular el peso de las mismas monedas. Ahora comprendemos que una **medida** directa implica la obtención de un valor utilizando un instrumento de medición que proporciona lecturas o resultados específicos, y una **medida indirecta** implica la determinación de un valor por medio de una serie de cálculos, comparaciones u observaciones secundarias.

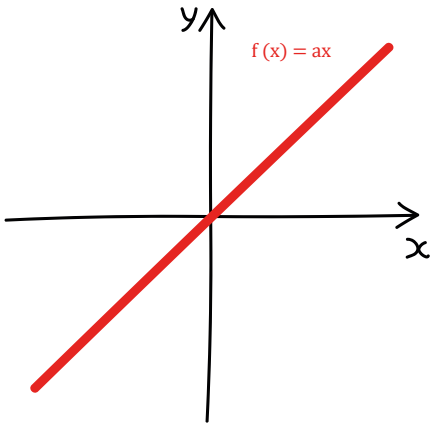
Por otra parte, aprendimos sobre proporcionalidades directas e indirectas. En las situaciones que hemos mencionado podemos reconocer la presencia de dos variables. Así, para la ley de Hooke teníamos el peso de los objetos y el alargamiento de la banda de hule; para el peso del objeto teníamos el peso y la masa, y para la rapidez de la persona, teníamos la rapidez y el tiempo. Podemos identificar las proporciones mediante gráficos como los que elaboramos en la *parte IV* de la *actividad B*, y también podemos generalizarlos como aparecen en las siguientes imágenes.

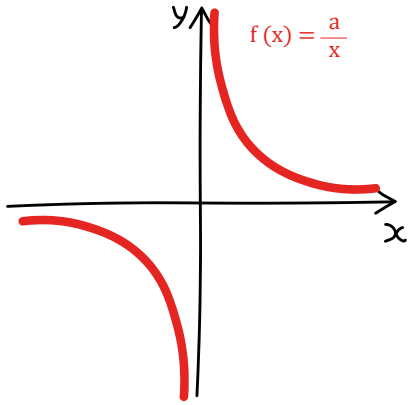
Ojo al dato...

La proporcionalidad directa y la proporcionalidad inversa se representan por medio de la función matemática $y = f(x)$, donde y la variable dependiente y x la independiente.

En ambas relaciones, las constantes de proporcionalidad son positivas.

Para la relación directa, la gráfica es una línea recta con pendiente positiva, es decir, es creciente, mientras que para la relación inversa es una hipérbola equilátera (centrada en el origen) decreciente.





Las características para cada gráfica serían:

Relación directa	Relación inversa
Al aumentar x, aumenta y Al disminuir x, disminuye y	Al aumentar x, disminuye y Al disminuir x, aumenta y
Constante de proporcionalidad: $a = \frac{y}{x}$	Constante de proporcionalidad: $a = y \cdot x$

Tengamos en cuenta que un cambio de variable con respecto a otra se da en la misma proporción. Así, para la relación directa, si se duplica, se duplica; para la relación inversa, si x se duplica, y se hace la mitad.

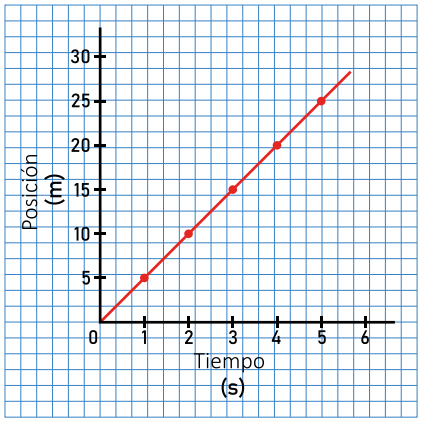
En un gráfico, además de observar el tipo de proporción y calcular la pendiente, podemos analizar el área bajo la curva.

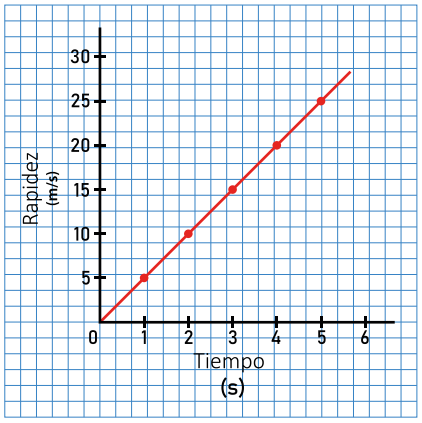
C. Calculando el área bajo la curva en una gráfica

Procedimiento:

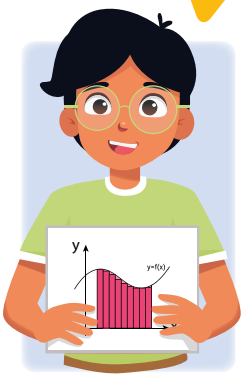
1. Observa los siguientes ejemplos del movimiento de un objeto en un gráfico de posición-tiempo y en uno de rapidez-tiempo.

Ejemplo. Calculemos la pendiente y el área bajo la curva de las siguientes gráficas e interpretemos el resultado.





El área bajo la curva cuando la gráfica no forma una figura geométrica regular puede calcularse mediante una aproximación: se dividide cualquier área en pequeños rectángulos y luego se suman.



Solución: iniciamos con la gráfica de la izquierda (posición-tiempo). Podemos interpretar la pendiente en una gráfica y el área bajo la curva analizando las unidades de medida resultantes. Calculemos la pendiente a.

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{(10-5)\text{m}}{(2-1)\text{s}} = 5\ \text{m/s}$$

Las unidades de la pendiente obtenida permiten interpretar que tenemos una rapidez. Además, como en todo el segmento de la gráfica la pendiente es la misma, sería una rapidez constante: $v = 5\ \text{m/s}$

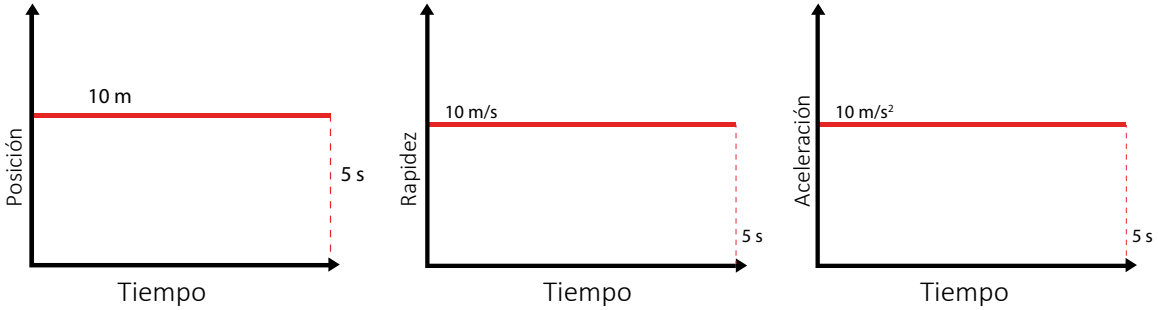
Con respecto al área bajo la curva en la gráfica de la derecha, observamos que es un triángulo, para $t = 5\ \text{s}$ y $v = 25\ \text{m/s}$

$$\text{Área} = \frac{1}{2}(\text{base})(\text{altura}) = \frac{1}{2}(5\ \text{s})(25\ \text{m/s}) = 62.5\ \text{m}$$

Las unidades del área obtenida permiten interpretar que hay un desplazamiento. De $0\ \text{s}$ a $5\ \text{s}$, el móvil se movió $62.5\ \text{m}$.

2. Calcula la pendiente de la gráfica e interpreta el resultado.
3. Observa las tres gráficas de abajo y resuelve en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 8





El área bajo la curva se aproxima mediante rectángulos: a medida que aumenta su número, el área sombreada por ellos se ajusta cada vez mejor.

Vectores

Indagación

Algunas cantidades físicas, como la masa, se pueden describir completamente con un solo número y una unidad de medida. Como ya lo hemos experimentado, para medir con una balanza la masa de un líquido depositado en un vaso de precipitado simplemente medimos por separado la masa del vaso, luego la masa del vaso con el líquido, y restamos aplicando aritmética ordinaria.

$$m_{total} = m_{vaso} + m_{líquido}$$



Sin embargo, en física muchas otras cantidades importantes están asociadas con una dirección y no pueden describirse con un solo número, como la velocidad. Como vimos la semana anterior, para expresar la velocidad de una persona es necesario indicar no únicamente qué tan rápido se desplaza, sino también en qué dirección. Así, rapidez con dirección da como resultado velocidad, que es un vector.

Otro ejemplo es la fuerza. Para describir plenamente una fuerza hay que indicar no solo su intensidad (qué tan grande es), sino también en qué dirección hala o empuja sobre un cuerpo. Para combinar vectores se requiere un conjunto de operaciones diferentes a la aritmética común. Veámoslo en la siguiente actividad.

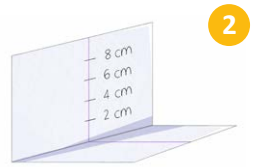


1

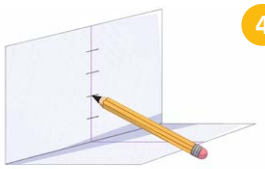
A. Componentes rectangulares de un vector

Materiales:

- Hoja de papel
- Cinta adhesiva
- Transportador
- Regla graduada de 20 cm
- Lápiz de 10 a 15 cm de longitud
- Lámpara



2 y 3



4



5



6

Procedimiento:

1. Dobla la hoja de papel por la mitad; luego desdóblala y traza una línea perpendicular a la marca del doblez, procurando que quede a la mitad.
2. Adhiere los lados no marcados de la hoja a la mesa y a la pared o a una superficie vertical, formando una L.
3. Haz cuatro marcas a diferentes alturas sobre la línea vertical que quedó en el lado de la hoja pegada a la pared (**eje Y**). Mide las marcas desde la línea del doblez de la hoja y escribe sus valores en cm.
4. Coloca dentro de la hoja el lápiz inclinado con la punta sobre la primera marca vertical y el borrador (o cola) sobre la línea horizontal de la cara del papel que está sobre la mesa (**eje X**). El lápiz debería quedar apoyado sin problemas, pero si cae puedes apoyarlo en el otro plano perpendicular a las caras de la hoja (zona sombreada).
5. Mide la longitud del lápiz e identifica y anota la primera marca vertical sobre la cual lo has apoyado. Luego, mide el ángulo con respecto a la horizontal.
6. Ilumina el lápiz desde el lado que queda frente al plano vertical, apuntando la luz hacia él. Aleja la lámpara, ubicándote en la línea marcada sobre el plano horizontal, de manera que se proyecte la sombra con nitidez. Marca sobre el **eje X** la distancia a la que ha quedado el borrador.
   a. Registra las magnitudes medidas en tu Cuaderno de Trabajo.

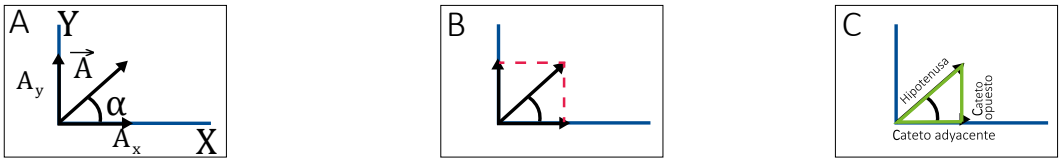
p. 9

7. Repite los *pasos* del *4* al *6* para las otras tres marcas.
   b. Registra las medidas en tu Cuaderno de Trabajo y responde las preguntas p. 9

En la actividad anterior efectuamos algunas mediciones directas, como la longitud de las sombras proyectadas por el lápiz sobre el **eje X** (la línea sobre la cara de la hoja apoyada sobre la mesa) y el **eje Y** (la línea sobre la cara de la hoja apoyada verticalmente sobre la pared). Además, medimos el ángulo que formaba el lápiz con la horizontal. En ese caso, el lápiz simula un vector cuya cola es el borrador y la cabeza es la punta. De esta forma reconocemos que:

- Las proyecciones del vector sobre el **eje X** y el **eje Y** son sus componentes rectangulares en cada eje, respectivamente.
- El ángulo medido con respecto a la horizontal sería su dirección.

Podemos representar el vector $\vec{A}$ en un plano bidimensional, es decir, con solo dos dimensiones: X y Y. Así, las componentes rectangulares del vector A_x y A_y quedarían representadas como en la figura A.



Si proyectamos las componentes rectangulares, como se muestra en la figura B en rojo, podemos notar que se forma un triángulo rectángulo, dibujado en verde en la figura C. Observemos que la magnitud de las componentes del vector son los catetos del triángulo rectángulo (cateto adyacente = A_x y cateto opuesto = A_y) y la magnitud del vector es la hipotenusa (A).

B. Medidas directas e indirectas de la dirección de un vector

Usamos funciones trigonométricas para calcular de manera indirecta la dirección y componentes de un vector. Veamos como las utilizamos en el siguiente ejemplo.

Ejemplo 1. Se efectuó un experimento como el de la *actividad A*, donde se utilizó un lápiz de $12.0\ cm$ y se midió sus proyecciones en el eje X y en el eje Y, que fueron de $5.3\ cm$ y $10.8\ cm$, respectivamente. ¿Cuál sería la dirección del vector formado por el lápiz?

Solución:

Magnitud: $|\vec{A}| = 12.0\ cm$ En X, $A_x = 5.3\,cm$ En Y, $A_y = 10.8\ cm$

Para hallar la dirección del vector usamos una de las expresiones del *Ojo al dato* y despejamos α:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{10.8}{5.3}\right) = 63.8° \approx 64°$$

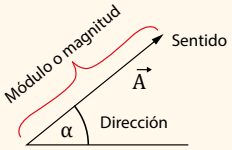
Para las componentes usamos las expresiones restantes y despejamos A_x y A_y:

$$A_x = A\cos\alpha = (12.0\ cm)\cos 64° \approx 5.3\ cm$$
$$A_y = A\ \text{sen}\ \alpha = (12.0\ cm)\ \text{sen}\ 64° \approx 10.8\ cm$$

a. Desarrolla lo que se te solicita en tu Cuaderno de Trabajo p. 9

Fíjate que...

Se llama cola al inicio de la flecha que representa al vector en el punto de aplicación, y punta o cabeza al final de la flecha.



La magnitud ($|\vec{A}|$ o A) es la longitud del segmento rectilíneo de un vector, y es siempre positiva; la dirección es el ángulo formado con la horizontal, y el sentido lo indica la punta de la flecha.

Ojo al dato...

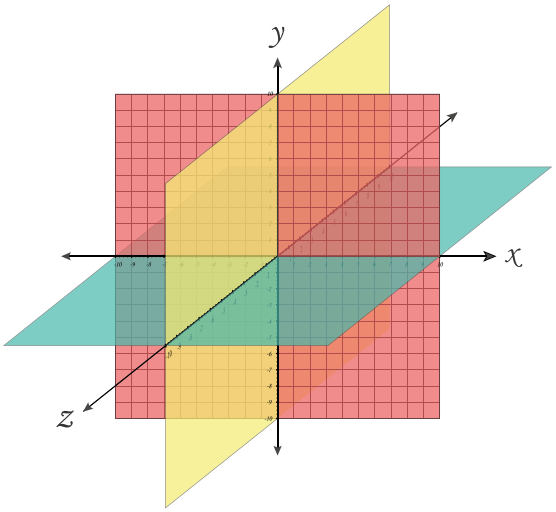
Para un triángulo rectángulo se cumplen las funciones trigonométricas seno (sen), coseno (cos) y tangente (tan):

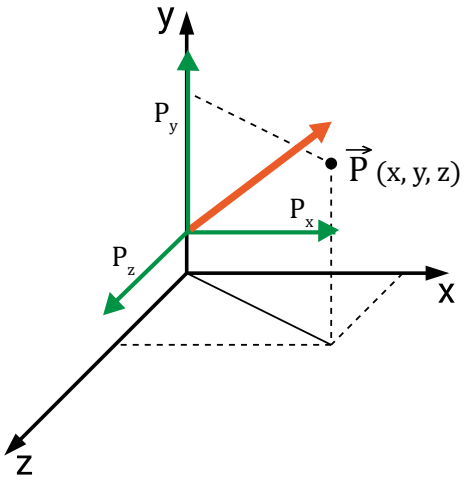
$$\cos\alpha = \frac{A_x}{A}$$
$$\tan\alpha = \frac{A_y}{A_x}$$
$$\text{sen}\ \alpha = \frac{A_y}{A}$$

Uso de la calculadora científica
https://qrs.ly/z8fs163

Creatividad

En la etapa anterior analizamos un vector en un plano bidimensional, el plano cartesiano, conformado por el **eje X** y **eje Y**, por lo que el vector $\vec{A}$ tenía dos componentes rectangulares, A_x y A_y. Nuestro mundo cotidiano se percibe como tridimensional, ya que vemos el espacio en tres dimensiones, largo, ancho y alto, que son tres planos bidimensionales perpendiculares y atravesándose entre sí. De esta forma, si tenemos un vector $\vec{P}$ en el espacio tridimensional, este tendrá tres componentes en **x, y** y **z**: P_x, P_y y P_z. Ahora centraremos nuestra atención en comprender cómo operar con vectores. Para ello seguiremos analizándolos en un espacio bidimensional.



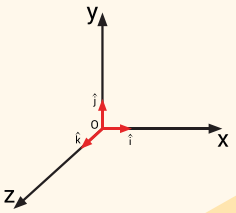


C. Sumando y restando vectores por el método gráfico

Anteriormente hemos mencionado que para combinar vectores se requiere un conjunto de operaciones diferentes a la aritmética común; por ejemplo, si queremos sumar dos vectores debemos considerar tanto su magnitud como su dirección. Con el siguiente procedimiento aprenderemos cómo.

Ojo al dato...

Los vectores unitarios $\hat{i}$, $\hat{j}$ y $\hat{k}$ apuntan en la dirección de los **ejes X, Y** y **Z** positivos, respectivamente, y tienen una magnitud de 1.



Procedimiento:

Parte I. Suma de vectores por el método gráfico

1. Analiza la siguiente situación:
   En el ejemplo de la *actividad B*, para sumar las componentes rectangulares $A_x = 5.3$ cm y $A_y = 10.8$ cm debemos considerar que, en realidad, estas componentes también son vectores: $\vec{A}_x = 5.3\text{cm}\hat{i}$ y $\vec{A}_y = 10.8\text{cm}\hat{j}$, y no podemos simplemente sumarlos de esta forma:

$$\vec{A}_x + \vec{A}_y = (5.3+10.8)\,\text{cm} = 16.1\,\text{cm}\ (\text{INCORRECTO})$$

   Al hacer esto, estaríamos ignorando por completo su dirección. Entonces, ¿cómo se suman dos vectores? Veámoslo a continuación.

2. Considera el ejemplo desarrollado en la *actividad B*, habiendo reconocido la naturaleza vectorial de las componentes rectangulares de $\vec{A}$:
   Magnitud: $|\vec{A}| = 12.0$ cm $\vec{A}_x = 5.3$ cm$\hat{i}$ y $\vec{A}_y = 10.8$ cm$\hat{j}$. Podemos representar vectorialmente como, $\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y$
   a. En tu Cuaderno de Trabajo, dibuja dos sistemas de coordenadas a escala (Sistema A y Sistema B).

p. 10

b. En el sistema A, dibuja y etiqueta el vector componente en X: $\vec{A}_x = 5.3\ \text{cm}\hat{\imath}$ colocando su cola en el origen del sistema. Luego dibuja y etiqueta el vector componente en Y: $\vec{A}_y = 10.8\ \text{cm}\hat{\jmath}$, colocando su cola en la punta del vector $\vec{A}_x$. Traza el vector resultante que une la cola del vector $\vec{A}_x$ con la punta del vector $\vec{A}_y$.
c. En el sistema B, dibuja los vectores componentes en X: $\vec{A}_x = 5.8\ \text{cm}\hat{\imath}$, y en Y: $\vec{A}_y = 10.5\ \text{cm}\hat{\jmath}$ colocando ambas colas en el origen del sistema. Luego, en la punta de $\vec{A}_x$, dibuja un vector paralelo a $\vec{A}_y$, y en la punta de $\vec{A}_y$, dibuja un vector paralelo a $\vec{A}_x$. Posteriormente, dibuja el vector resultante que une las colas de los vectores $\vec{A}_x$ y $\vec{A}_y$ con las puntas de los vectores paralelos de $\vec{A}_x$ y $\vec{A}_y$.
d. Analiza los gráficos obtenidos y responde lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo.

El método gráfico que aplicamos en el sistema A recibe el nombre de **método del polígono** y el que aplicamos en el sistema B, **método del paralelogramo**, debido a las figuras geometricas que se forman. Como hemos observado, ambos son equivalentes y sirven para sumar vectores. Además, notamos que la suma vectorial no es lo mismo que la escalar; se pueden sumar más de dos vectores, como el ejercico que desarrollaremos en la *parte II*.

Si tomamos la magnitud como las sumas de los componetes, como lo hicimos al inicio de esta parte, notamos que al representar dicho resultado en un eje de coordendas, con la misma dirección, cambian en su totalidad sus componentes, como se muestra en la figura de la derecha. Por ello es de suma importancia la operación con vectores.

Parte II. Suma de tres vectores

1. Lee los siguientes ejercicios, analiza y dibuja cada vector, y luego obtén el vector resultante usando el método del polígono en tu Cuaderno de Trabajo:

Ejercicio 1. Considera una persona camina por un campo plano horizontal visto desde arriba, realizando los siguientes desplazamientos:
A: $1.00\ \text{km}$ al norte, luego…
B: $2.00\ \text{km}$ al este, y finalmente…
C: $3.00\ \text{km}\ 45°$ al norte del este (ángulo medido desde el eje X)
¿A qué distancia y en qué dirección está con respecto al punto de partida?

p. 11

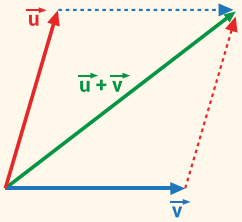
Ejercicio 2. Es la misma situación del *ejercicio 1*, solo que ahora el desplazamiento A ha sido hacia el sur.
¿A qué distancia y en qué dirección está con respecto al punto de partida? Utiliza la imagen de la derecha para hacer el análisis.

Hemos aplicado el método gráfico para sumar (y restar) vectores, tomando al vector desplazamiento como ejemplo. Comprendimos que la distancia final y su dirección con respecto del punto de partida que se nos preguntaba realmente estaba refiriéndose al desplazamiento $\vec{D}$:

$$\vec{D} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$$

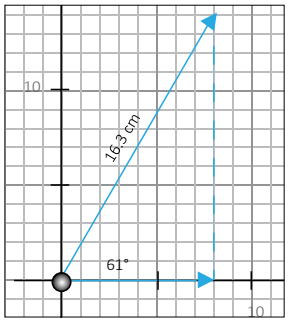
Ojo al dato…

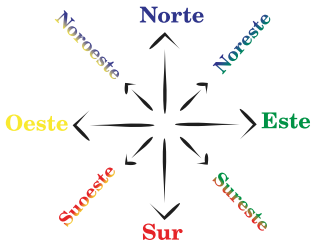
La suma de dos vectores da como resultado un vector.



Al igual que sumamos vectores, también podemos restarlos. Para aprender cómo es necesario saber que el vector $-\vec{A}$ tiene la misma magnitud que $\vec{A}$, pero sentido opuesto. Al graficarlos, solo debemos cambiar de sentido.







Por esa razón no podíamos simplemente sumar las magnitudes A, B y C para encontrar el desplazamiento. Si nos hubiesen pedido el recorrido L desde el punto de partida, como esta es una cantidad escalar, ahí sí hubiésemos podido hacer una suma algebraica ordinaria como la siguiente:

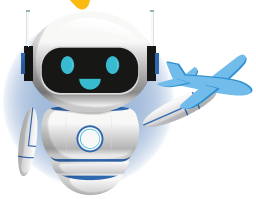
$$L = A + B + C$$
$$L = (1.00 + 2.00 + 3.00)\ \text{km}$$
$$L = 6.00\ \text{km}$$

Observemos cómo el valor de L no coincide con la magnitud del vector $\vec{D}$.

A parte del desplazamiento, podemos hablar de otras cantidades físicas que son vectores, como la fuerza.



Las fuerzas se pueden clasificar en dos tipos:
1. Contacto. Implica contacto directo entre dos cuerpos. Ejemplos: fuerza normal, fricción, tensión, entre otras.
2. Largo alcance. Actúan, aunque los cuerpos estén separados por un espacio vacío. Ejemplos: fuerza gravitatoria y fuerza magnética.



D. Aplicación de fuerzas: diagramas de cuerpo libre

Entre las fuerzas que percibimos continuamente está el peso, que, si recordamos, surge como resultado de la interacción de los cuerpos con la Tierra.
Los diagramas de cuerpo libre (DCL) son de suma importancia porque nos permite identificar las fuerzas que actúan sobre un objeto.

En la siguiente actividad analizaremos el peso y otras fuerzas, así como los DCL.

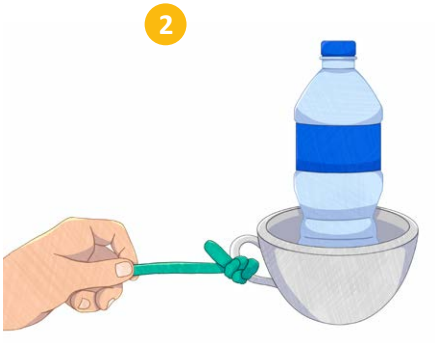
Materiales:

- Taza o recipiente similar con asa
- Dos cordeles de lana de 10 cm
- Recipiente de 1 L de agua (que pueda caber en la taza)

Procedimiento:

1. Coloca la taza sobre la mesa e introdúcele la botella llena de agua.
2. Ata un cordel de lana al asa. Tira de ella despacio con el cordel completamente horizontal, paralelo a la mesa, hasta moverla.
3. Repite el numeral anterior, pero ahora inclina el cordel con un ángulo respecto a la horizontal; procura que la taza siempre se mueva sobre la mesa.
4. Ata el otro cordel al asa. Tira de un cordel de forma vertical y del otro cordel de forma horizontal para conseguir mover la taza y resuelve lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo.

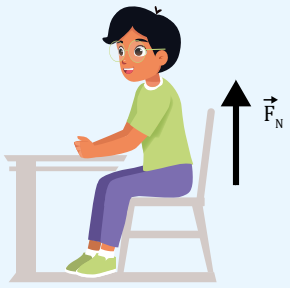
p. 12



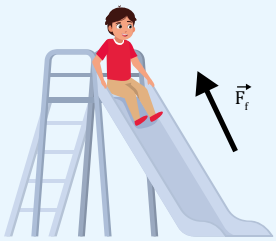




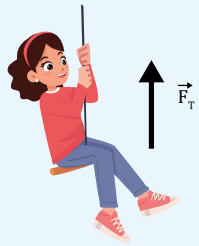
5. Lee la infografía sobre tipos de fuerza y diagramas de cuerpo libre DCL



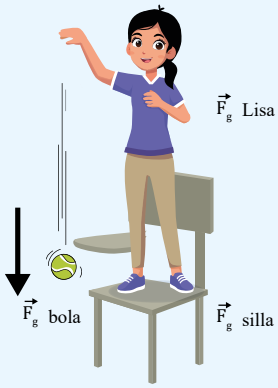
Fuerza normal $\vec{F}_N$:
Es ejercida sobre un objeto por cualquier superficie con la cual esté en contacto. Siempre actúa en dirección perpendicular a la superficie.



Fuerza de fricción $\vec{F}_f$:
Es ejercida sobre un objeto por una superficie. Actúa paralela a la superficie, en la dirección opuesta al desliza miento.

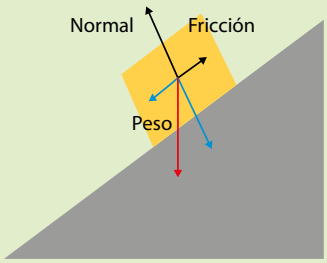


Fuerza de tensión $\vec{F}_T$:
Es una fuerza de halar ejercida por una cuerda o por un cordel tenso sobre un objeto al cual se ata.

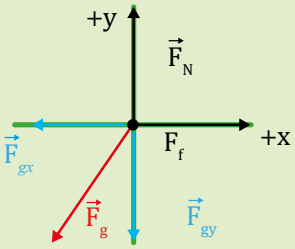


Fuerza gravitatoria $\vec{F}_g$:
Es una fuerza de atracción que la Tierra ejerce sobre un objeto.

Un DCL es una representación gráfica simplificada de un objeto o sistema como una partícula (un punto) en el que se muestran todas las fuerzas (como vectores) que actúan sobre él, debidas a otros cuerpos o sistemas a su alrededor.



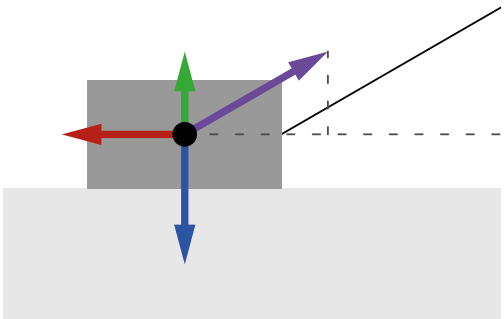
DCL sobre plano cartesiano



Unidad 5

6. Analiza las definiciones de las diferentes fuerzas: según sea el tipo de fuerza, identifica con quiénes están interactuando y completa la tabla. p. 12
7. Observa el DCL de la imagen de abajo: un bloque sobre una superficie que es halado por una cuerda.
   d. Tomando como ejemplo el DCL de la infografía, etiqueta las fuerzas en el bloque mostrado a la derecha.
   e. Elabora un DCL para cada situación experimentada con la taza halándola con una cuerda en los *numerales 2*, *3* y *4*.

Aplicación de Phet para experimentar la aplicación de fuerzas.
https://qrs.ly/q6fs165





Comunicación

Ahora podemos efectuar sumas o restas con cantidades vectoriales, además de identificarlos en los DCL para verificar las fuerzas que se le aplica a un objeto. En ellos se analiza al cuerpo en específico, por lo que debemos decidir a qué cuerpo nos estamos refiriendo. Solo importan las fuerzas que actúan **sobre** el cuerpo, y no debemos confundirlas con las fuerzas que este ejerce sobre otro.

E. ¿Cuál es el DCL correcto?

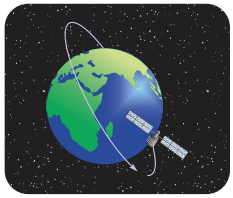
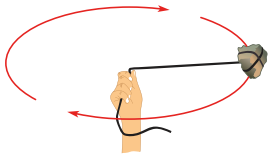
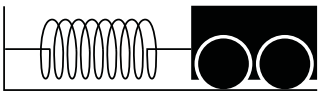
Ahora que ya aprendimos a hacer DCL, vamos a ponernos a prueba con la siguiente actividad.

Procedimiento:

1. Observa los diagramas de cuerpo libre dibujados en tu Cuaderno de Trabajo.
2. Identifica cuál le corresponde a cada situación. Toma en cuenta que solo hay una respuesta correcta para cada uno.



Visualiza tres vectores en el espacio tridimensional con sus componentes representando una suma vectorial.

Pelota en tiro parabólico	Satélite espacial alrededor de la Tierra	Roca atada a una cuerda en movimiento circular
		
Considerar que no hay fricción		
Carrito conectado a un resorte	**Caja siendo movida por dos niños**	**Caja deslizándose en un plano inclinado**
		
Considerar que sí hay fricción		

Hemos aprendido que las proyecciones del vector sobre el eje X y el eje Y son sus componentes rectangulares en cada eje, respectivamente, y que el ángulo medido con respecto a la horizontal es la dirección del vector. Vimos que un vector en el plano bidimensional eje X y Y tiene dos componentes que también son vectores. Si se agrega la tercera dimensión (eje Z), el vector tendrá una tercera componente vectorial. Para sumar dos vectores debemos considerar tanto su magnitud como su dirección: $\vec{D}=\vec{A}+\vec{B}$

Dos métodos gráficos equivalentes para sumar vectores son el método del polígono y el del paralelogramo.

$\vec{D}_x=\vec{A}_x+\vec{B}_x \quad \vec{D}_y=\vec{A}_y+\vec{B}_y$

La fuerza es un vector: $\vec{F}=\vec{F}_x+\vec{F}_y$. Analizar mediante un diagrama de cuerpo libre los vectores de las fuerzas ejercidas.

Movimiento en una y dos dimensiones

La semana anterior vimos diferentes tipos de fuerzas, como la normal, la fricción, la tensión y el peso. También experimentamos el efecto de las fuerzas aplicadas sobre una taza al tirar de ella en diferentes direcciones. Asimismo, hemos aprendido cómo analizar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo haciendo un diagrama de cuerpo libre. Ahora veremos cuáles son los efectos sobre el estado de movimiento de un cuerpo que experimenta fuerzas actuando sobre él. ¿Crees que una fuerza puede causar movimiento? Descubrámoslo a continuación.

A. ¿La fuerza causa el movimiento?

El estado de movimiento de un objeto se refiere a cómo se está moviendo en términos de su velocidad en un momento dado. La velocidad puede ser constante o variable, describir una línea recta o cambiar de dirección y volverse curva. A continuación, analizaremos algunos movimientos interesantes.

Materiales:

- 10 monedas de $ 0.05
- 2 reglas lisas de 30 cm
- Trozo de papel y de tela de 30 cm × 5 cm
- Cinta adhesiva
- 2 vasos de poliestireno
- 100 cm de cordel
- Balanza
- 5 libros

Procedimiento:

Parte I. Plano inclinado

1. Apila los libros sobre una mesa y coloca la regla inclinada sobre ellos.
2. Coloca una moneda encima del extremo elevado de la regla.
3. Varía la inclinación de la regla hasta que la moneda descienda lentamente.
4. Fija la regla (plano inclinado) en la posición que permite el deslizamiento.
5. Con este arreglo establecido, deja a la moneda deslizarse y mide la distancia a la que llega sobre la mesa. Repite para mejorar la precisión.
6. Forra el plano inclinado con tela y repite el *paso 5*.
7. Sustituye el forro del plano inclinado por papel y repite el *paso 5*.
8. Completa la tabla y desarrolla lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 13



1



2



Parte II. Movimiento horizontal y vertical

1. Haz tres agujeros equidistantes alrededor de uno de los vasos.
2. Ata en cada agujero unos 20 cm de cordel y luego ata sus extremos libres entre sí para forma una «canasta».
3. Toma unos 50 cm de cordel, átalo a la canasta y alrededor del otro vaso.
4. Coloca sobre una mesa el vaso atado y deja el vaso de la canasta colgando del borde, de forma que pueda deslizarse y el borde sirva como «polea».
5. Agrega una moneda en el vaso sobre la mesa y otra en la canasta, de manera que se equilibren. Este será el «peso de equilibrio».
6. Incrementa el número de monedas en la canasta, mientras el peso en el otro vaso permanece constante. Hazlo para tres monedas.
7. Con este último arreglo (con las cuatro monedas en la canasta), incrementa monedas en el vaso sobre la mesa. Hazlo para tres monedas.
8. Mide la masa de las monedas y calcula su peso, luego completa las tablas y resuelve las dificultades que se plantean en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 13

Es tiempo de sacar algunas conclusiones de nuestras experiencias con la *actividad A*. Leamos la siguiente tabla, donde se establecen tres razonamientos que se comparan con las leyes de Newton.

Conclusiones a partir de las experiencias	Leyes de Newton
En la experiencia de la moneda deslizándose concluimos que la moneda podría seguir moviéndose sin necesidad de alguna fuerza aplicada, pues bastaría que la fricción se elimine. Por esto decimos que la fuerza produce cambios en el movimiento, en vez de decir que la fuerza produce el movimiento.	**Primera ley de Newton** Todo objeto continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que existan fuerzas que actúen sobre él.
En la experiencia con los vasos comprobamos que a mayor fuerza aplicada, mayor aceleración, y que entre mayor sea la masa del objeto al cual aplicamos una fuerza, menor será la aceleración que adquiera.	**Segunda ley de Newton** La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre este, está en la dirección de la fuerza neta y es inversamente proporcional a la masa del objeto.
Podemos comprobar que la fuerza de tensión que existe en el cordel se debe al peso que se coloca en los vasos. Así, el peso de la canasta es una fuerza ejercida sobre el cordel, que es la misma que el cordel ejerce sobre el otro vaso, pero en sentido contrario.	**Tercera ley de Newton** Siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre un segundo objeto, el segundo ejerce una fuerza de igual magnitud y dirección opuesta sobre el primero.

Observa que la segunda ley de Newton menciona el concepto de **fuerza neta**, pero ¿qué es la fuerza neta? Descubrámoslo leyendo la sección *Así se calcula...*

Así se calcula...

Cuando sobre un objeto actúa más de una fuerza, lo que se considera es la fuerza neta $\vec{F}_{net}$, también llamada sumatoria de fuerzas $\sum \vec{F}$ o fuerza resultante $\vec{F}_R$. Para ejemplificar cómo se obtiene el valor de la fuerza neta, imaginemos tres situaciones en las que tú y un amigo aplican fuerzas de $2.0\ \text{N}$. y $4.0\ \text{N}$ sobre una caja que no presenta fricción. ¿De cuánto será la fuerza neta o resultante? ¿Será la misma? Veamos.

Situación 1. Ambos tiran de la caja en la misma dirección.



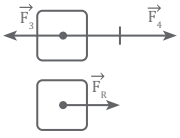
Solución: $\vec{F}_1 = 2.0\ \text{N}\,\hat{\imath}\quad \vec{F}_2 = 4.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (2.0 + 4.0)\text{N}\,\hat{\imath}$$

$$\vec{F}_R = 6.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$$

Situación 2. Ambos tiran de la caja, pero en direcciones opuestas.



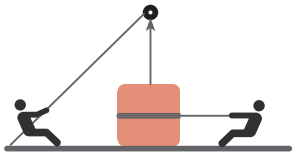


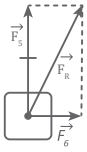
Solución: $\vec{F}_3 = -2.0\ \text{N}\,\hat{\imath}\quad \vec{F}_4 = 4.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = (-2.0 + 4.0)\text{N}\,\hat{\imath}$$

$$\vec{F}_R = 2.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$$

Situación 3. Tiran de la caja en direcciones perpendiculares.





Solución: $\vec{F}_5 = 4.0\ \text{N}\,\hat{\jmath}\quad \vec{F}_6 = 2.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_5 + \vec{F}_6 = 4.0\ \text{N}\,\hat{\jmath} + 2.0\text{N}\,\hat{\imath}$$

$$\vec{F}_R = 2.0\ \text{N}\,\hat{\imath} + 4.0\text{N}\,\hat{\jmath}$$

Creatividad

Al concluir la etapa anterior abordamos la fuerza resultante de las fuerzas aplicadas, pero no incluimos fuerzas de fricción, pesos ni fuerzas normales. Vamos a incluir ahora estas fuerzas y a analizar el movimiento de los objetos en dos casos: que estén en reposo o a rapidez constante, y que estén acelerados.

B. Aplicando las leyes de Newton

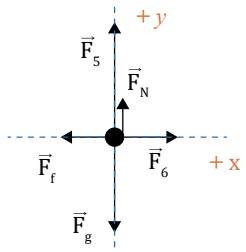
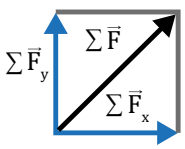
Para la resolución de problemas donde se involucren varias fuerzas sobre un objeto es necesario elaborar un DCL y aplicar las leyes de Newton. En esta actividad aprenderemos cómo hacerlo.

Procedimiento:

1. Estudia el desarrollo del problema basado en la situación 3 de la sección *Así se calcula…* (pág. 24).

Problema. Tu amigo y tú tiran de una caja en direcciones perpendiculares. El peso de la caja es de $4.0\ \text{N}$, la fuerza normal es igual a $1.0\ \text{N}$ y existe una fuerza de fricción de $1.0\ \text{N}$. Para responder las preguntas estando la partícula acelerada (P1) y estando en equilibrio (P2) es necesario hacer un DCL.

Solución:

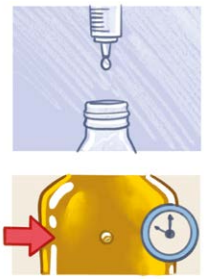
DCL	Partícula acelerada	Partícula en equilibrio vertical
Para cualquiera de los dos estados de movimiento de la caja, en equilibrio o acelerada, será válido:  Datos conocidos: $\vec{F}_5 = -4.0\ \text{N}\,\hat{\jmath}$ $\vec{F}_6 = -2.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$ $\vec{F}_g = -4.0\ \text{N}\,\hat{\jmath}$ $\vec{F}_N = 1.0\ \text{N}\,\hat{\jmath}$ $\vec{F}_f = -1.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$	**P1. ¿Cuál es la aceleración de la caja?** Encontramos la fuerza neta en x y y: $\sum \vec{F}_x = \vec{F}_6 + \vec{F}_f = (2.0 - 1.0)\text{N}\,\hat{\imath} = 1.0\ \text{N}\,\hat{\imath}$ $\sum \vec{F}_y = \vec{F}_5 + \vec{F}_N + \vec{F}_g = 1.0\ \text{N}\,\hat{\jmath}$ Gráficamente, la fuerza neta $\sum \vec{F}$  Magnitud del vector resultante, según la escala seleccionada: $\sum F = 1.4\ \text{N}$ La caja tiene una aceleración en la misma dirección que la fuerza neta, su magnitud sería: $\sum F = ma \longrightarrow a = \dfrac{\sum F}{m}$ Encontramos m con el peso: $F_g = 4.0\ \text{N}$ $F_g = mg \longrightarrow m = \dfrac{F_g}{g} = \dfrac{4.0\ \text{N}}{9.8\ \text{m/s}^2} = 0.4\ \text{kg}$ $a = \dfrac{\sum F}{m} = \dfrac{1.4\ \text{N}}{0.4\ \text{kg}} = 3.5\ \text{m/s}^2$	**P2. ¿Cuánto tendría que pesar la caja para que no pudiese ser levantada?** Las fuerzas actuando sobre el **eje Y**, $\sum \vec{F}_y$, levantan la caja, por tanto, evitar que la caja sea levantada es equivalente a decir que su aceleración en y sea cero: $\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x$ $\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y = 0$ Ahora la incógnita es el peso $\vec{F}_g$ $\sum \vec{F}_y = \vec{F}_5 + \vec{F}_N + \vec{F}_g = 0$ $\vec{F}_g = -\vec{F}_5 - \vec{F}_N$ $\vec{F}_g = (-4.0 - 10)\ \text{N}\,\hat{\jmath}$ $\vec{F}_g = -5.0\ \text{N}\,\hat{\jmath}$ La caja tiene que pesar $1.0\ \text{N}$ más para permanecer en el suelo.

2. En una situación similar, sigue la solución del problema y responde en tu Cuaderno de Trabajo.
3. Toma las situaciones 1 y 2 de la sección *Así se calcula…*, calcula la aceleración de la caja si el peso de la caja es igual a $4.0\ \text{N}$, la fuerza normal es igual a $4.0\ \text{N}$ y existe una fuerza de fricción de $10\ \text{N}$.

p. 14

En la primera ley de Newton tenemos los estados de reposo y movimiento uniforme en línea recta; recordemos

que si no hay fuerzas externas $\sum \vec{F}=0$, el cuerpo tiende a permanecer en uno de estos dos estados. ¿Por qué son comparables? Para la situación 3, como $\sum \vec{F}=0$, la caja está en reposo o se mueve con velocidad constante.



C. Dinámica del movimiento rectilíneo uniforme

En quinto grado analizamos el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) de una gota de agua que caía en una columna de aceite. Al final se llegó a la comprensión de que si un cuerpo tiene un MRU se comporta de esta forma: el movimiento describe una trayectoria en línea recta y la velocidad registrada durante su trayectoria es constante (es decir, no cambia), lo que significa que el cuerpo recorre distancias iguales en tiempos iguales. Vamos ahora a hacer un análisis de fuerzas sobre la gota de agua para terminar de entender su estado de movimiento.

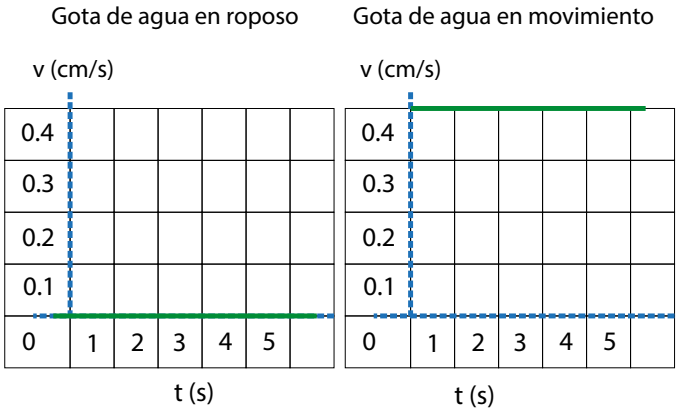
Procedimiento:

Parte I. Movimiento de una gota de agua en aceite

1. Lee la siguiente idea sobre la viscosidad del aceite: El aceite es una sustancia que tiene una viscosidad significativa, esto quiere decir que experimenta resistencia a fluir. La viscosidad es una medida de la fricción interna del líquido.
2. Tomando en cuenta lo anterior, analiza y responde lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo. p. 15

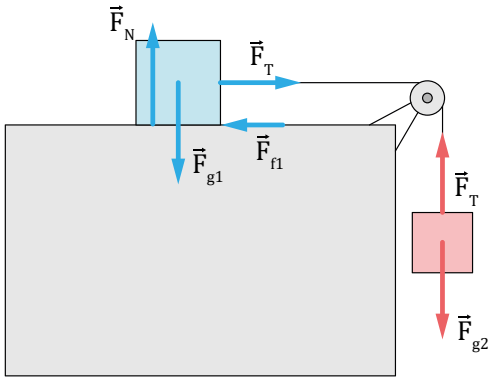
Parte II. Analizando las gráficas del movimiento de la gota de agua

1. Observa las gráficas de velocidad de la gota de agua contra tiempo, si la gota está en reposo y si se mueve con velocidad constante.
2. Responde en tu Cuaderno de Trabajo. p. 15

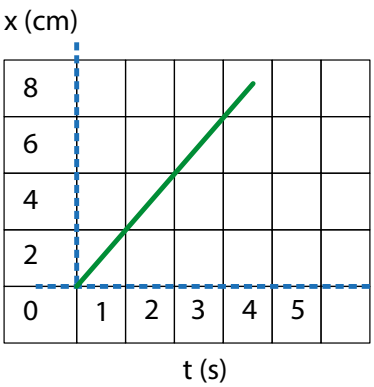


Parte III. Movimiento de dos bloques

1. Observa la figura de la derecha, donde dos bloques 1 (sobre la mesa) y 2 (colgando) pueden desplazarse o permanecer en reposo. Esta situación es similar a la *actividad A*.
2. Considera que ambos bloques se están moviendo a una velocidad constante; puedes observar los DCL para cada bloque.
3. Considera que al bloque 1 se fue midiendo la distancia que avanzaba sobre la mesa a medida que el bloque 2 bajaba, y se construyó la gráfica de posición contra tiempo, situada al final.
   a. Escribe las expresiones matemáticas de las componentes de la fuerza neta para cada bloque.
   b. A partir de la gráfica, encuentra la velocidad del bloque 1 y luego traza la gráfica de velocidad contra tiempo. p. 15



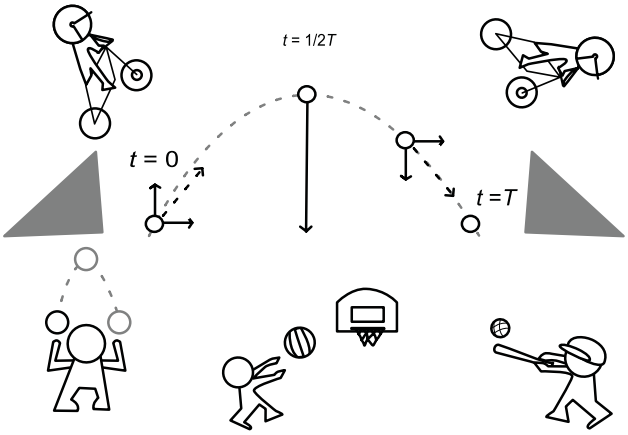
Bloque 1 en movimiento



En las actividades anteriores hemos estudiado movimientos en una dimensión, como el movimiento vertical de la gota de agua en la dimensión Y; también son ejemplos de movimientos en una dimensión los bloques al ser deslizados sobre la mesa (dimensión X) o al bajar colgando (dimensión Y). En el ejemplo del bloque siendo halado y levantado al mismo tiempo pudimos observar cómo se trata de un ejemplo de movimiento en dos dimensiones. Ahora vamos a estudiar otro movimiento en dos dimensiones: el movimiento parabólico, pero primero… ¡vamos a experimentarlo!

D. Movimiento parabólico

El movimiento de un proyectil tiene una trayectoria parabólica. Un proyectil viene a ser un cuerpo que tiene una velocidad inicial y luego sigue una trayectoria determinada completamente por los efectos de la aceleración gravitacional y la resistencia del aire. Ejemplos de proyectiles son: una pelota bateada, un balón de fútbol lanzado, un vaso que se desliza sobre una mesa y luego se cae en el borde, etc.

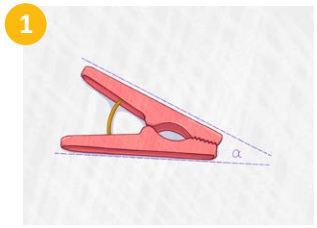


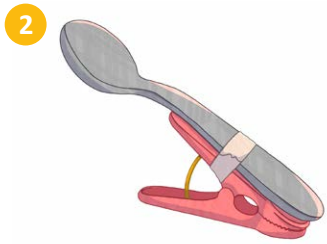
Materiales:

- Una cuchara pequeña de metal o de plástico
- Pinzas plásticas para tender ropa
- Semillas de frijoles o maíz
- Cinta adhesiva
- Transportador
- Cinta métrica
- Regla de 30 cm
- Hoja de papel bond

Procedimiento:

1. Coloca la pinza de lado sobre la hoja de papel para dibujar la línea horizontal y la línea diagonal que conforman las dos partes de la pinza; luego mide el ángulo α con el transportador.
2. Fija con cinta adhesiva la cuchara alrededor de una de las partes de la pinza para construir una catapulta.
3. Haz pruebas colocando diversos proyectiles (semillas de frijol o de maíz). Debes sujetar con la mano la parte inferior de la pinza sobre el pupitre o la mesa para que no se mueva. Aplica una fuerza sobre la cuchara hacia el pupitre; esta debe moverse junto con la parte superior de la pinza. Suelta la cuchara para disparar el proyectil.
4. Una vez que el proyectil sale disparado en trayectoria parabólica, colócate en el suelo o en una mesa muy larga y pon una marca con cinta adhesiva sobre el suelo o la mesa para indicar la posición desde donde se lanzará el proyectil. El fondo (pared) debe estar despejado para que permita visualizar la altura a la que llega el proyectil y poder medir distancias horizontales y verticales.
5. Selecciona un proyectil, dispara e intenta determinar la altura que alcanza. Coloca una marca sobre la pared y mide la distancia vertical desde el suelo hasta la marca. Observa dónde cae el proyectil y coloca una marca con cinta adhesiva sobre el suelo. Mide la distancia entre las dos marcas en el suelo.
6. Repite cuatro veces más el numeral 5 para tener una mejor precisión de las mediciones.
   a. Registra las diferentes mediciones, completando la tabla que aparece en tu Cuaderno de Trabajo.





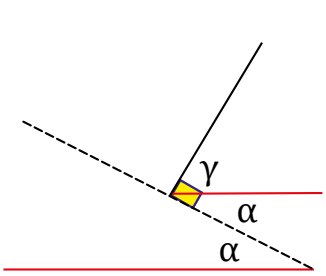
p. 15

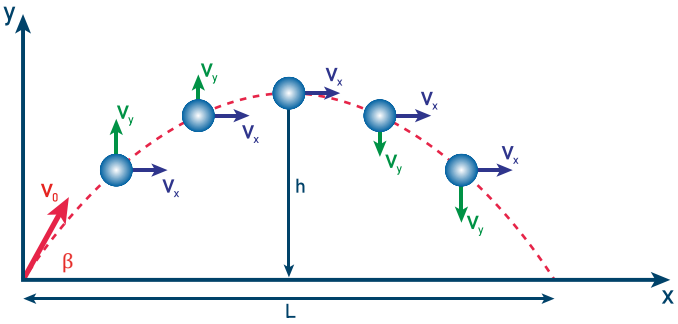
Comunicación

En la *actividad D* hemos observado y medido algunas de las variables del movimiento parabólico, como la altura máxima h, que se define como la mayor distancia vertical alcanzada durante el vuelo medida desde la línea de inicio; el alcance L, que sería la distancia horizontal desde el punto de partida hasta donde el proyectil toca el suelo de nuevo; el ángulo inicial β, que es la dirección de la velocidad inicial con respecto a la horizontal, y la velocidad inicial v_0 con la que el proyectil es lanzado. Podemos observar las magnitudes anteriores en las siguientes imágenes y consolidar todo lo estudiado en la actividad final.

El movimiento de un proyectil o parabólico es una combinación de movimiento horizontal con velocidad constante y movimiento vertical con aceleración constante.







E. Cinemática y dinámica del tiro parabólico

Analizaremos las imágenes mostradas arriba. La primera es referente a la catapulta que elaboramos antes y la segunda, al movimiento parabólico.

Procedimiento:

1. A partir de la primera imagen, determina el ángulo inicial γ, utilizando el ángulo α de la catapulta que elaboraste en la *actividad D*.
2. Analiza el estado de movimiento del proyectil justo antes de salir disparado y cuando ya está en el aire.
   a. Contesta lo solicitado en el Cuaderno de Trabajo sobre el cálculo de γ.
   b. Elabora DCL para el lanzamiento del proyectil de la *actividad D*.
   c. Considera la segunda imagen y responde las preguntas sobre velocidad y aceleración del proyectil.
   d. Asocia cada ejemplo mostrado en el Cuaderno de Trabajo con una de las tres leyes de Newton.

p. 16

En la lección notamos que si la fuerza neta sobre un cuerpo es cero su movimiento no cambia. En ausencia de interacciones externas, una partícula se mueve con movimiento rectilíneo uniforme o permanece en reposo (primera ley de Newton). Comprobamos que a mayor fuerza aplicada sobre un objeto, mayor aceleración, y que entre mayor sea la masa del objeto al cual aplicamos una fuerza, menor será la aceleración que adquiera (segunda Ley de Newton), y mencionamos que la fuerza que un cuerpo A ejerce sobre un cuerpo B es la misma que el cuerpo B ejerce sobre el cuerpo A, pero en dirección contraria.

Analizamos un movimiento en dos dimensiones en particular: tiro parabólico. Comprendimos que mientras el proyectil sube la componente vertical de la velocidad es creciente; en el punto más alto es nula y mientras baja, pasa a ser decreciente. La fricción del aire la despreciamos logrando que la fuerza neta en x sea cero, por lo que su velocidad en x en todo momento es constante.



VELOCIDAD EN EL TIRO PARABÓLICO

A lo largo de la trayectoria parabólica seguida por el balón, su velocidad horizontal es constante, mientras que su velocidad vertical cambia.

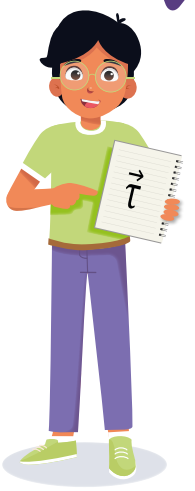
Movimiento de rotación

La semana anterior experimentamos con objetos en equilibrio y objetos acelerados. Al decir equilibrio en realidad nos hemos referido a **equilibrio traslacional**. Si la fuerza neta es igual a cero, el objeto está en equilibrio traslacional, lo que significa que el cuerpo no se traslada o se está trasladando con velocidad constante. Pero ¿qué ocurre si el movimiento no es de traslación? Por ejemplo, en el movimiento rotacional de una ruleta, ¿podemos hablar también de equilibrio? Explorémoslo con la siguiente actividad.

A. Explorando el equilibrio en el movimiento rotacional

En ocasiones, una fuerza es determinante para provocar o modificar un movimiento rotacional en un objeto. En ese caso, la magnitud y la dirección de la fuerza son determinantes, así como su punto de aplicación.

Recuerdo que el torque ($\vec{\tau}$) se expresa con las unidades Nm



Materiales:

- Regla de 30 cm
- Balanza
- 6 monedas de $0.05
- Vaso con uno de sus diámetros de 5.00 cm aproximadamente
- Llave para chorro

Procedimiento:

Parte I. Experimentando el torque

1. Mide la masa de tres monedas y calcula su peso.
2. Sujeta con una mano el extremo de la regla y coloca las monedas sobre ella, cerca de la mano. Anota esta distancia.
3. Mueve levemente la regla de arriba abajo y viceversa. Pon atención a la inclinación o giro de la regla, según el comportamiento de las fuerzas.
4. Repite los *pasos 2* y *3*, primero ubicando las monedas a la mitad y luego al otro extremo de la regla.
5. Completa tus registros y responde lo solicitado en tu Cuaderno de trabajo.

p. 17

Parte II. Experimentando el equilibrio rotacional

1. Ubica el vaso sobre la mesa y equilibra la regla sobre él a la mitad.
2. Coloca monedas sobre uno de los extremos de la regla para hacer que esta se incline (gire) y caiga despacio. Observa cómo sucede el movimiento. Repite lo mismo para el otro extremo de la regla.
3. Coloca la misma cantidad de monedas sobre los dos extremos de la regla y analiza su estado de movimiento. ¿Se podrá equilibrar la regla si se colocan cantidades distintas de monedas sobre sus lados? ¡Inténtalo!
4. Resuelve lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 17

I



II



III



Parte III. Experimentando torques efectivos

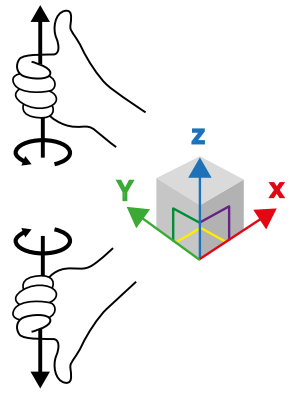
1. Toma la llave para chorro y girarla en sentido horario y antihorario. Analiza cómo es la aplicación de fuerzas en cada manija de la llave.
2. Intenta girar la llave aplicando una sola fuerza en un lado de la llave.
3. Si tuvieses que idear una manera para facilitar el giro de la llave ¿qué harías?
4. Desarrolla en tu cuadreno de trabajo.

p. 17

Hemos aprendido que si queremos hacer girar un objeto debemos aplicar un torque. Por ejemplo, girar la llave del chorro será más fácil si los brazos de palanca de cada fuerza son mayores y aplicamos dichas fuerzas en direcciones opuestas en cada manija. Si los torques se anulan entre sí, el objeto no gira.

Creatividad

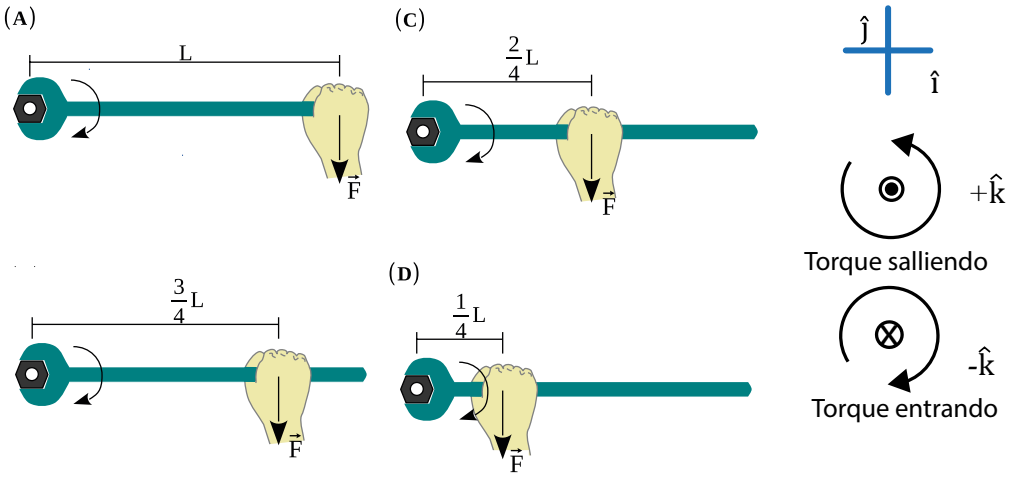
Vamos ahora a hacer algunos cálculos para analizar la naturaleza vectorial del torque y comprender la idea de **equilibrio rotacional**. Por otra parte, si en el movimiento de traslación hablamos de fuerza neta, en el movimiento de rotación hablaremos de **torque neto**.

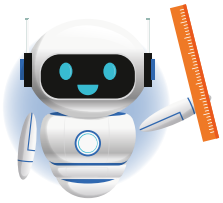


El torque o torca es un vector; su dirección y sentido quedan indicados por la **regla de la mano derecha**: cerramos los dedos en el mismo sentido del giro y el pulgar nos indica la dirección y sentido del torque. Así, por convención tomamos que un sentido antihorario indica un torque positivo y un sentido horario indica un torque negativo. Si el objeto en rotación se encuentra en el plano XY, entonces la dirección del torque queda en el **eje Z**, como podemos observar en la imagen de la izquierda.

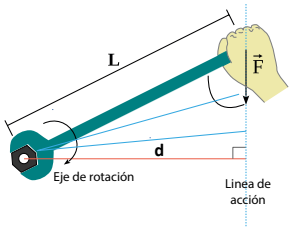
En las imágenes de abajo podemos colocar la tuerca y la llave en el plano XY y entonces la dirección y el sentido del torque quedarían sobre el **eje Z**, saliendo o entrando a la página.

El torque ($\vec{\tau}$) implica una distancia al eje de rotación, pero no cualquier distancia, sino aquella distancia que sea la más corta entre la línea de acción de la fuerza aplicada y el eje de rotación. A esa distancia más corta le llamamos brazo de palanca.





Para los cuatro casos anteriores, la dirección del torque es entrando hacia la página y el giro es en sentido horario, por lo que la dirección y el sentido de la torca son negativos en z: $\vec{\tau} = -\tau\hat{k}$ (donde $\hat{k}$ es el vector unitario para z). Por ejemplo, si la magnitud de la fuerza es $F = 100\ N$ y $L = 1.00\ m$, tenemos:



Brazo de palanca d		Cálculo de $\tau = (F)(d)$	$\vec{\tau}$
A	$d = L = 1.00\ m$	$(100\ N)\ (1.00\ m) = 100\ Nm$	$-100\ Nm\hat{k}$
B	$d = (3/4)\ L = 0.75\ m$	$(100\ N)\ (0.75\ m) = 75\ Nm$	$-75\ Nm\hat{k}$
C	$d = (2/4)\ L = 0.50\ m$	$(100\ N)\ (0.50\ m) = 50\ Nm$	$-50\ Nm\hat{k}$
D	$d = (1/4)\ L = 0.25\ m$	$(100\ N)\ (0.25\ m) = 25\ Nm$	$-25\ Nm\hat{k}$

La figura de la izquierda nos muestra que puede haber varias distancias desde la línea de acción de $\vec{F}$ hasta el eje de rotación (distancia L y las dos líneas celestes), pero la distancia más corta siempre será aquella que es perpendicular (90°) con la línea de acción.

B. Calculando el torque resultante

En la *actividad A* experimentamos situaciones de equilibrio rotacional y medimos algunas fuerzas y brazos de palanca. Con esos datos, ahora vamos a calcular el torque producido por cada fuerza para luego calcular el torque neto efectuando una suma vectorial de todos los torques.

Procedimiento:

Parte I. Resultados de la *parte II* de la *actividad A*

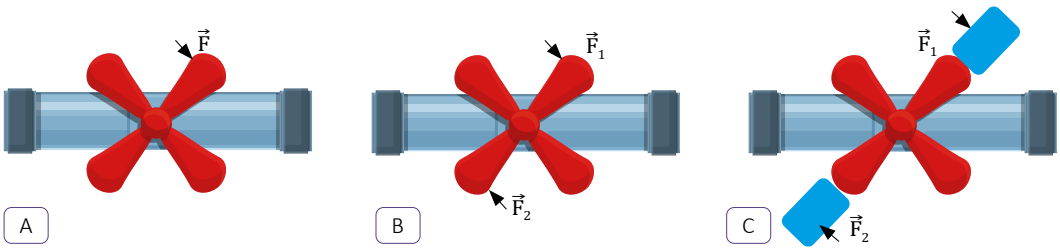
Ten en cuenta que todos los pasos nombrados a continuación hacen referencia a la *parte II* de la *actividad A*.

1. Obtén la masa y el peso de las monedas que usaste en los *pasos* del *1* al *3*.
2. Corrobora la longitud de los brazos de palanca.
3. Aplica la regla de la mano derecha para obtener la dirección y el sentido del torque de cada fuerza. Revisa tus resultados de la *actividad A* en tu Cuaderno de Trabajo (*Paso 4: a*)
4. Para la situación experimentada en el *paso 4: b*, obtén el torque neto sumando todos los torques. Puedes considerar:
   Torque debido a fuerza aplicada al lado izquierdo $\vec{\tau}_1$.
   Torque debido a fuerza aplicada al lado derecho $\vec{\tau}_2$.
   Torque neto: $\sum \vec{\tau} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$.
5. Utilizando los datos previamente medidos en el *paso 4: c*, obtén el torque neto de esta situación. Compara ambas situaciones (*pasos 4: b* y *c*) y desarrolla en tu Cuaderno de Trabajo:
   a. Registra tus resultados completando la tabla.
   b. Calcula el torque neto para los valores de las últimas dos filas.
   c. Completa la segunda tabla con los valores que obtuviste en el *paso 4:c.*
   d. Responde lo solicitado.

p. 18

Parte II. Resultados de la *parte III* de la *actividad A*

1. Toma como ejemplo lo experimentado en la *parte III* de la *actividad A* y lee el siguiente planteamiento:
   Te dispones a abrir la llave del chorro, para lo cual haces tres intentos, mostrados en las imágenes de abajo:



Considera que en la imagen A aplicas una fuerza perpendicular de 100 N sobre una manija. En la imagen B, dos fuerzas perpendiculares de 100 N sobre dos manijas en lados contrarios, en sentido opuesto. En la imagen C, haces lo mismo que en B, pero colocando dos tubos en cada manija para alargarlas.

2. Desarrolla en tu Cuaderno de Trabajo. Considera que cada manija de la llave mide 3 cm y que cada tubo colocado en la llave también mide 3 cm.

p. 18

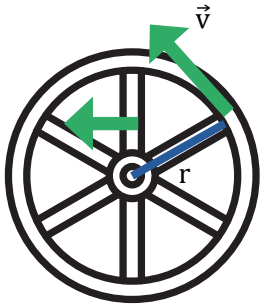
He experimentado y entendido por qué cuando los torques son iguales y opuestos hacen que el torque total sea cero, lo que significa que no se produce rotación. Así, un cuerpo que está en equilibrio mecánico no acelera ni en traslación ni en rotación.



APLICACIÓN DE TORQUE

Al usar una llave de torsión, el mango sirve como palanca para generar un torque, que facilita apretar o aflojar tuercas y tornillos.

Hasta ahora hemos estudiado movimientos de rotación: objetos girando en torno a un eje interno, pero también hay movimientos de objetos que giran en torno a un eje externo. Este giro se denomina **revolución**. Por ejemplo, la Tierra completa aproximadamente una revolución alrededor del Sol cada año, mientras que gira en torno a su eje polar una vez al día.



C. Cinemática y dinámica del movimiento circular

Cuando antes hemos mencionado «rapidez» nos hemos estado refiriendo a rapidez lineal v, es decir, la distancia recorrida por unidad de tiempo. Por ejemplo, un punto situado al exterior de una llanta recorre mayor distancia en una vuelta completa que un punto más cercano al centro, porque su perímetro (circunferencia $2\pi r$) es mayor. Esto significa que la rapidez lineal es mayor en el exterior de un objeto giratorio que en su interior cuando está más cerca del eje. A continuación, vamos a experimentar el movimiento circular.

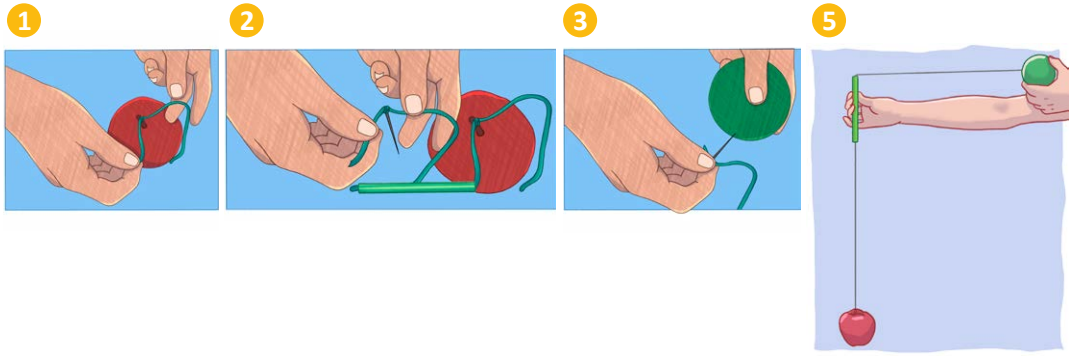
Materiales:

- Manzana
- Pelota de esponja
- Tubo de plástico de un lapicero
- Aguja
- 1 m de hilo de nylon
- Balanza
- Cinta métrica
- Dispositivo móvil

Procedimiento:

1. Mide la masa de la manzana y de la pelota de esponja.
2. Ata un extremo del hilo al tallo de la manzana.
3. Haz pasar el hilo a través del tubo y ata el extremo libre a la aguja.
4. Introduce la aguja en la pelota de esponja.
5. Sujeta el tubo y toma de manera perpendicular la pelota. La manzana debe quedar colgando.
6. Haz girar la pelota en círculos y observa lo que sucede con la manzana mientras la pelota se mueve. Disminuye la rapidez con la que haces girar la pelota y vuelve a observar el comportamiento de la manzana.
7. Captura en video los siguientes movimientos: haz girar la pelota 10 vueltas con una rapidez uniforme y un radio (distancia del tubo a la pelota) de $0.2\ \text{m}$. Hazlo dos veces más para obtener tres repeticiones de la misma medida.
8. Repite el *paso 7* para dos radios diferentes de $0.4\ \text{m}$ y $0.6\ \text{m}$.
9. Haciendo uso de tus videos, registra y desarrolla lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo.

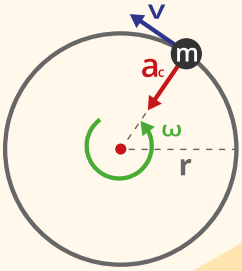
p. 19



Ojo al dato...

A la rapidez lineal v de un objeto en movimiento circular se le llama rapidez tangencial, porque la dirección del movimiento es tangente a la circunferencia.

Por otro lado, al número de revoluciones por unidad de tiempo se le llama rapidez angular ω. Todo objeto en movimiento circular experimenta una fuerza dirigida hacia el centro llamada fuerza centrípeta, que depende de la masa m y de la aceleración a_c; esta depende de v y del radio de curvatura r.

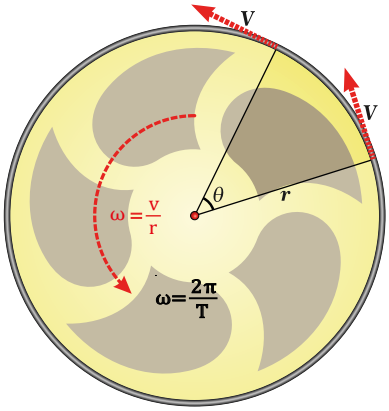


Comunicación

En la *actividad C* experimentamos y medimos algunas variables de cinemática del **movimiento circular uniforme** (MCU), puesto que hemos mantenido la rapidez de la pelota uniforme. Medimos indirectamente el periodo T (tiempo que tarda el objeto en hacer una revolución o vuelta completa) y la rapidez lineal v de la pelota. Vimos cómo el movimiento de la manzana no era descendente cuando hacíamos girar la pelota en un movimiento circular, sino que se quedaba en reposo o tendía a subir. Vamos a terminar de comprender el porqué de esto haciendo algunos cálculos de la aceleración a_c y de la fuerza centrípeta, pero antes veamos algunos datos esclarecedores sobre la cinemática y dinámica del MCU.

Cuando nos subimos a una plataforma giratoria en un parque, recordemos lo que ocurre a medida que nos desplazamos hacia el centro o hacia la orilla del disco mientras está girando. Cuanto más rápido gira el disco, nuestra rapidez tangencial será mayor. Eso tiene sentido: cuantas más revoluciones por minuto (RPM) haya, mayor será nuestra rapidez en metros por segundo. La rapidez tangencial v es directamente proporcional a la rapidez angular ω a cualquier distancia fija r, a partir del eje de rotación.





A diferencia de la rapidez angular, la rapidez lineal depende de la distancia radial r (distancia al eje). Esto significa que, por ejemplo, en el centro del disco giratorio no experimentaríamos rapidez lineal, solo giraríamos. Pero a medida que nos acercamos a la orilla sentiríamos que nos movemos cada vez con mayor rapidez. La rapidez tangencial v es directamente proporcional a la distancia al eje r para determinada rapidez angular ω.
Las dos ideas anteriores se representan con la siguiente expresión:

$$v = \omega r \qquad 1.2$$

En la *actividad C* experimentamos cómo la cuerda transmite una fuerza centrípeta, que tira de la pelota y la mantiene en trayectoria circular. Reiteramos que esto ocurre para todo objeto que se mueve en una trayectoria circular. La segunda ley de Newton indica que esta fuerza le imprime una aceleración en la misma dirección.
La fuerza centrípeta se expresa mediante la ecuación:

$$\vec{F}_c = m\vec{a}_c \qquad 1.3$$

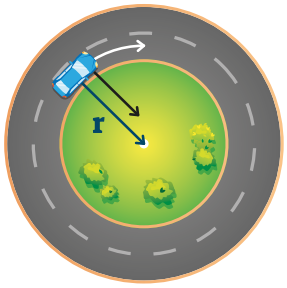
La magnitud de a_c se puede expresar mediante la rapidez angular o la rapidez lineal v:

$$a_c = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} \qquad 1.4$$

Ojo al dato...

Se prefiere utilizar la rapidez angular ω para describir la cinemática de un objeto con movimiento circular porque todas las partes del objeto rígido giran en torno al eje de rotación en la misma cantidad de tiempo, es decir, todas las partes tienen la misma rapidez angular ω. Una unidad de medida de ω es revoluciones por minuto (rev/min o RPM). Una vuelta corresponde a un desplazamiento angular θ que también se puede medir en grados (°) o en radianes (rad) en el SI:

$$\theta = 1 \text{ rev} = 360° = 2\pi \text{ rad}$$



Ahora ya estamos listos para terminar de analizar lo experimentado en la *actividad C* de la etapa anterior. ¡Vamos a hacerlo!

D. Calculando magnitudes de la cinemática y dinámica del movimiento circular

Procedimiento:

1. Lee y analiza el ejemplo de la sección *Así se calcula…*



Así se calcula...

Ejemplo 1. Calcular las magnitudes de la aceleración y la fuerza centrípeta, considerando los siguientes datos hipotéticos de la *actividad C*; radio de $r = 0.2\ m$, la pelota de $m = 0.02\ kg$ tardó un tiempo de $t_{prom} = 3.09\ s$ en dar θ =10 vueltas (o revoluciones).

Solución: según la definición de rapidez angular:

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{10 rev}{3.09 s} = 3.24\ \frac{rev}{s}$$

Convertirnos ese valor a las unidades del SI, rad/s:

$$\omega = 3.24\ \frac{rev}{s} \times \frac{2\pi\ rad}{1 rev} = 20.36\ rad/s$$

Corroboramos el valor de ω mediante la ecuación mostrada antes:

$$v = \omega r \rightarrow \omega = \frac{v}{r} = \frac{4.07\ m/s}{0.2\ m} = 20.35\ rad/s$$

Si calculamos la aceleración centrípeta y luego la fuerza centrípeta obtendremos:

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(4.07\ m/s)^2}{0.2\ m} = 82.82\ m/s^2$$

$$F_c = ma_c = (0.02\ kg)\ (82.82\ m/s^2) = 1.65\ N$$

2. Con base en tus resultados de la *actividad C*, completa la tabla que aparece en tu Cuaderno de Trabajo y luego compara y discute los resultados con tus compañeros.

Hemos corroborado que:

- Al aumentar el radio, también aumentan el período, las velocidades lineal y angular, la aceleración y la fuerza centrípeta.
- Si comparamos el peso de la manzana, es muy similar al valor de la magnitud de la fuerza centrípeta, e incluso en algunos casos es menor, lo que comprueba que esta fuerza contrarresta al peso de la manzana y evita que se deslice hacia abajo. Las fuerzas no son exactamente iguales (tensión en la cuerda y peso de la manzana) debido a ciertos factores como la fricción del aire, además de los errores en las mediciones: prácticamente podemos afirmar que la manzana es un objeto en equilibrio traslacional.
- Un objeto se encuentra en equilibrio mecánico si no actúa una fuerza neta ni un torque neto sobre él: no se está trasladando ni girando.
- La causa del cambio en el estado de movimiento de un cuerpo en movimiento circular es la fuerza centrípeta, que se dirige hacia el centro, al eje de rotación.
- La rapidez angular es la cantidad de revoluciones por unidad de tiempo, mientras que la rapidez tangencial es la rapidez lineal a lo largo de una trayectoria curva, y es directamente proporcional al radio y a la rapidez angular.
- El torque se incrementa si se incrementa el brazo de palanca. Torques opuestos y de igual magnitud se anulan: equilibrio rotacional.

Momento lineal

En la semana 3 estudiamos el estado de movimiento de los objetos y aprendimos que si la fuerza neta sobre ellos es cero su movimiento no cambia. En ausencia de interacciones externas se considera como un movimiento rectilíneo uniforme, o permanece en reposo: esta es la primera ley de Newton. En otras palabras, un objeto mantiene su estado de movimiento a menos que sobre él actúe una fuerza. Si está en reposo, continúa en reposo, y si está en movimiento, continúa moviéndose sin cambiar su rapidez o dirección. Esta propiedad de los objetos de resistir cambios en su movimiento se llama **inercia**.

Cuando se combinan las ideas de inercia y movimiento se define la magnitud física de **momento lineal.** El momento lineal es una propiedad de las cosas que se mueven, por eso a veces también se le llama cantidad de movimiento



A. Comprobando el cambio del momento lineal

Para comenzar, analizaremos situaciones que nos permitirán descubrir características de la inercia de los objetos en movimiento. Iniciaremos con un experimento, luego con un caso hipotético que debemos de analizar con la información que nos brindan.

Materiales:

- 2 canicas de diferente tamaño
- Cinta adhesiva
- Hoja de papel
- Regla de $30\ \text{cm}$

Procedimiento:

Parte I. Experimento

1. Inicia con el experimento. Primero dobla la hoja de papel por la mitad hasta formar un ángulo aproximado de $90°$.
2. Pega con cinta adhesiva sobre la mesa una de las mitades de la hoja de manera que la otra quede en perpendicular respecto a la mesa, formando una pared de papel.
   En adelante, tendrás que estimar la menor fuerza necesaria para derribar la pared.
3. Coloca la canica pequeña frente a la pared de papel, a una distancia aproximada de $10\ \text{cm}$, y golpéala suavemente contra ella, de manera que no la derribe. Poco a poco incrementa la fuerza con la que golpeas, hasta derribar la pared de papel.
4. Repite el paso 3 con la canica grande.
5. Responde en tu Cuaderno de Trabajo.

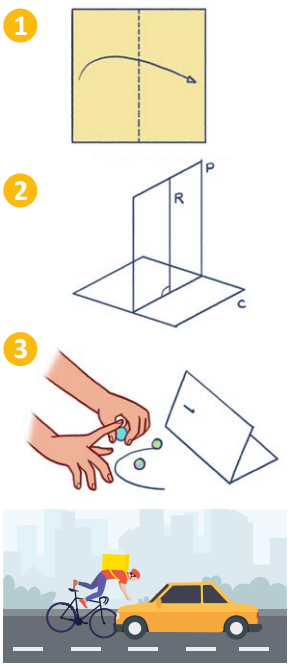
p. 20

Parte II. Caso hipotético

1. Ahora desarrolla el caso hipotético. Observa la imagen de la derecha, donde se muestra el choque del ciclista con un carro. Considera que ambos tenían la misma rapidez antes del choque. Luego, resuelve las preguntas y completa los esquemas en tu Cuaderno de Trabajo.
2. Analiza la siguiente información acerca del momento lineal.
   Podemos calcular el momento lineal con la siguiente expresión:

$$\vec{p} = m\vec{v} \qquad 1.5$$

   Notamos que es un vector, cuya dirección es la misma que la velocidad. Además, un objeto en movimiento puede tener un gran momento lineal si su masa o su velocidad son grandes.
3. Contesta las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo respecto al ciclista y el carro considerando el momento lineal.



Creatividad

Si el momento lineal de un objeto cambia, entonces puede cambiar su masa, su velocidad, o ambas. Si la masa permanece constante, entonces la velocidad cambia y se presenta una aceleración, por lo que hay una fuerza actuando: cuanto mayor sea la fuerza que actúa sobre un objeto, mayor será el cambio de la velocidad y, en consecuencia, mayor será el cambio del momento lineal. Además de la fuerza aplicada, para cambiar el momento lineal también es importante el tiempo, es decir, «durante cuánto tiempo actúa la fuerza».



B. Experimentando la relación entre impulso y momento lineal

Si aplicamos una fuerza durante un corto tiempo a un carro estacionado, produciremos un cambio pequeño en su velocidad y por ende en su momento lineal. Si aplicamos la misma fuerza durante largo tiempo, resultará un mayor cambio de su momento lineal. Una fuerza aplicada de forma sostenida durante largo tiempo produce más cambio de momento lineal que la misma fuerza cuando se aplica durante un lapso breve. La expresión matemática de la idea anterior se expresa como el producto de la fuerza $\vec{F}$ por el intervalo de tiempo t; y se le llama impulso $\vec{J}$:

$$\vec{J} = \vec{F}\, t \qquad 1.6$$



MOMENTO LINEAL E IMPULSO

El momento lineal de la pelota es igual al impulso que le imparte el jugador: la fuerza por el tiempo que le llevó hacer que alcanzara su rapidez.

Podemos decir que un objeto en movimiento tiene un momento lineal. Si su rapidez se incrementa (o disminuye) o cambia de dirección, ocurrirá un cambio de momento lineal. Por lo tanto, existe una fuerza que ha actuado sobre el objeto para producirle una aceleración.

Sin embargo, que el objeto esté en movimiento no implica que tiene un impulso. El impulso no es algo que tenga un objeto. Impulso es lo que puede suministrar o experimentar un objeto cuando interactúa con otro.

Para cambiar el momento lineal de un objeto importan tanto la magnitud de la fuerza como el tiempo durante el cual actúa la fuerza. Efectuemos una actividad que nos permitirá comprobarlo.

Materiales:

- Pelota pequeña (ping-pong, tenis, etc.)
- Raqueta o superficie para golpear una pelota.

Parte I. Experimenta

Procedimiento:

1. Lanza la pelota con la mano hacia una pared. Acá estás aplicando una fuerza $\vec{F}_1$ sobre la pelota durante un tiempo t_1 de contacto entre tu mano y la pelota.
2. Lanza la pelota con una raqueta hacia la pared. Acá estás aplicando una fuerza $\vec{F}_2$ sobre la pelota que actúa durante un período de tiempo t_2.
3. Responde lo solicitado en el Cuaderno de Trabajo.

p. 21

p. 21

Parte II. Calcula

1. Verifica la sección *Así se calcula…* de la siguiente página como apoyo para realizar los siguientes cálculos en tu Cuaderno de Trabajo.
   a. La masa de la pelota de tenis es de $m = 0.10\ kg$. Está en contacto con la mano durante $0.05\ s$. Partiendo del reposo, alcanza una rapidez de $30\ m/s$. Calcula el impulso y la fuerza que ejerciste sobre la pelota, suponiendo solo movimiento horizontal.
   b. La masa de la pelota de tenis es de $m = 0.10\ kg$. Está en contacto con la raqueta durante $0.01\ s$. Partiendo del reposo, alcanza una rapidez de $50\ m/s$. Calcula el impulso y la fuerza que ejerciste sobre la pelota, suponiendo solo movimiento horizontal.

Notación…

El momento lineal y el impulso se expresan con las unidades

$$kg\ \frac{m}{s}$$

También es equivalente la siguiente unidad:

$$Ns$$

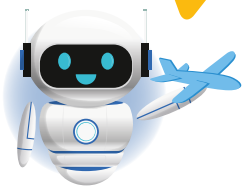
Parte III. Analiza

1. Observa las siguientes situaciones y analiza la descripción de cada una de ellas; luego responde lo que se te solicita en el Cuaderno de Trabajo.

p. 22

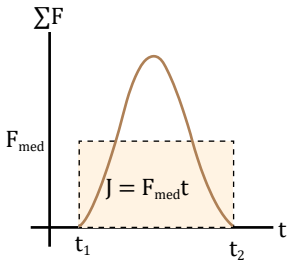
Un aumento de momento lineal	Una disminución de momento lineal durante un largo tiempo	Una disminución de momento lineal durante un corto tiempo
Un jugador de béisbol da el golpe inicial a la pelota abanicando (sacudiéndolo en el aire); él batea tan fuerte como puede y lo mantiene el mayor tiempo posible en contacto con la pelota.	Un conductor de carro choca contra un muro. Al golpear el volante, la bolsa de aire hace que el conductor se detenga en un tiempo de contacto más largo, minimizando la fuerza de impacto y salvándole la vida.	Una experta en karate puede romper una pila de ladrillos con el golpe de su mano desnuda. Esto lo logra solo si realiza el movimiento rápido y por tanto la fuerza de impacto se vuelve enorme.
		

Cuanto mayor sea el impulso ejercido sobre algo, mayor será el cambio en la cantidad de movimiento. Recuerda que para indicar «cambio de» o «diferencia de» se utiliza la letra griega delta (Δ). Así, el cambio de momento lineal puede escribirse como: $\Delta\vec{p}$.



Hemos analizado cómo se relaciona el impulso con el momento lineal. Podemos describir lo que puede suceder en situaciones como un aumento del momento lineal, una disminución del momento lineal durante un largo tiempo, y una disminución de momento lineal durante un corto tiempo. Hemos calculado el momento lineal, su variación y el impulso.

Por otra parte, la fuerza que interviene en los impulsos por lo general varía de un instante a otro. Por ejemplo, un palo de golf que golpea una pelota no ejerce fuerza sobre esta hasta que entran en contacto; entonces, la fuerza aumenta con rapidez conforme la pelota se deforma (observemos la gráfica de la derecha que representa dicha situación). Para obtener cálculos, lo que podemos hacer es considerar una fuerza media F_{med}.



Teorema del impulso y momento lineal

Consideremos una fuerza neta constante $\vec{F}$ que actúa sobre un objeto durante un intervalo de tiempo Δt, quiere decir desde un tiempo inicial t_i hasta un tiempo final t_f. Si usamos la expresión 1.6, el impulso sería:

$$\vec{J} = \vec{F}\Delta t \qquad 1.7$$

Además, la fuerza neta, por ser constante podemos representarla como un cambio del momento lineal con respecto al intervalo de tiempo, como se muestra en la siguiente expresión:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \qquad 1.8$$

Si despejamos el cambio del momento lineal, obtenemos:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F}\,\Delta t \qquad 1.9$$

Notamos que las expresiones 1.6 y 1.8 tienen similitud, si las igualamos obtenemos:

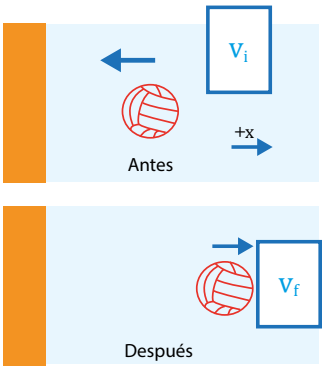
$$\vec{J} = \Delta \vec{p} \qquad 1.10$$

Podemos decir que el impulso de la fuerza neta constante sobre un objeto durante un intervalo de tiempo es igual al cambio del momento lineal de la partícula durante ese intervalo. A lo anterior se le llama **Teorema del impulso y momento lineal.**

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i \qquad 1.11$$

Para aplicar las expresiones (desde la 1.7 a la 1.10) anteriores, haremos un ejemplo similar a lo desarrollado en la *actividad B*.

Ejemplo 1. Se lanza una pelota de $m = 0.40\ kg$ contra una pared, a la cual golpea moviéndose horizontalmente hacia la izquierda a $v = 30\ m/s$ y rebota horizontalmente a la derecha con rapidez de $v = 20\ m/s$. Como se muestra en la siguiente figura:



a. ¿Cuál es el impulso de la fuerza neta sobre la pelota durante el choque con la pared?
b. Calcular la fuerza horizontal (media) que la pared ejerce sobre la pelota durante el impacto, considerando que esta estuvo en contacto con la pared durante $t = 0.010\ s$.

Solución:

a. Iniciamos calculando con la expresión 1.5 el momento lineal de la pelota antes del impacto $\vec{p}_i$ y después del impacto $\vec{p}_f$. Observemos que hemos establecido la dirección hacia la derecha como positiva.

$$\vec{p}_i = m\vec{v}_i = (0.40\ kg)\ (-30\ m/s)\hat{i} = -\ 12\ kg\ m/s\hat{i}$$

$$\vec{p}_i = m\vec{v}_i = (0.40\ kg)\ (+20\ m/s)\hat{i} = +\ 8\ kg\ m/s\hat{i}$$

Luego, calculamos el cambio en el momento lineal:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = [8 - (-12)]kg\ m/s\hat{i} = 20\ kg\ m/s\hat{i}$$

Para finalizar, usamos la expresión 1.10 e identificamos que el impulso: $\vec{J} = \Delta \vec{p}$

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = 20\ Ns\hat{i}$$

b. Calcularemos la fuerza $\vec{F}$ sobre la pelota, despejándola de la expresión 1.6:

$$\vec{J} = \vec{F}t$$

$$\vec{F} = \frac{\vec{J}}{t} = \frac{200\ Ns}{0.010s}\ \hat{i} = 2\ 000\ N\hat{i}$$

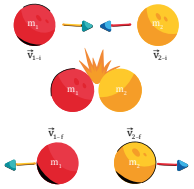
El impulso representa el «empujón» que la pared da a la pelota.

Consideremos que cuando ninguna fuerza externa neta actúa sobre un sistema, no hay impulso neto sobre este y no hay cambio neto en el momento lineal, entonces éste último se conserva, es decir, es el mismo antes (inicio) y después del choque (final).

Donde:

$$\vec{P}_{tot-i} = \vec{P}_{tot-f} \qquad 1.12$$

$$\vec{P}_{tot-i} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 \qquad 1.13$$



Comunicación

Hemos analizado en las actividades anteriores cómo un impulso **externo** a un **sistema** puede cambiar el momento lineal de este. Por ejemplo, en la *parte III* de la *actividad B*, el conductor y el carro conforman un sistema (conjunto de objetos que interactúan entre sí). Si el conductor empuja el tablero, esta sería una fuerza e impulso internos, que no cambiarán en nada al momento lineal del carro. Si ahora incluimos la pared contra la que choca el carro como parte del sistema, sabemos por la tercera ley de Newton que la fuerza que el carro ejerce a la pared es la misma que la pared ejerce al carro. Puesto que estas fuerzas actúan al mismo tiempo, **los impulsos también son iguales y opuestos**, de manera que no cambia el momento lineal del sistema carro-pared. A esto se le llama, **principio de conservación del momento lineal**. Antes de entrar en detalles, vamos a experimentarlo con la siguiente actividad.

C. Demostrando el principio de conservación del momento lineal

Vamos a demostrar que el momento lineal inicial y final de un sistema es el mismo, independientemente del que poseen cada uno de los cuerpos que lo conforman.

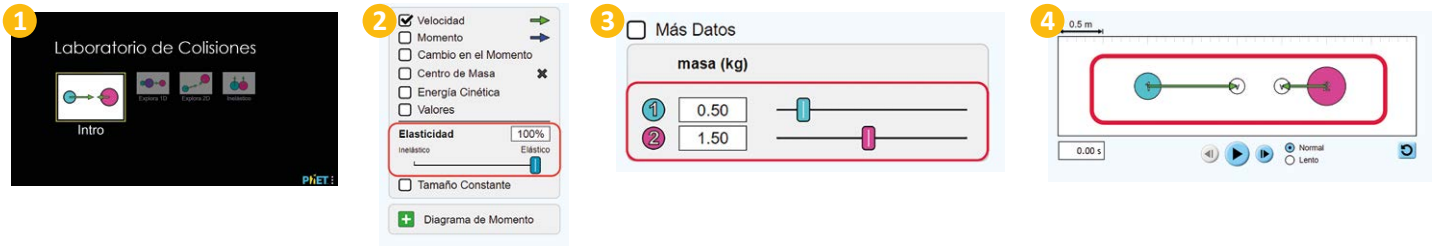
Materiales:

- Computadora o tablet
- Simulación de Phet: Laboratorio de colisiones

Procedimiento:

1. Ingresa al simulador mediante el código QR de la derecha y da clic sobre la ventana llamada *Intro*.
2. Explora la simulación. A la derecha encontrarás un menú; inicia deslizando la barra para seleccionar 100 % elástico y selecciona las casillas Valores, Cambio en el Momento y Velocidad.
3. En la parte de abajo encontrarás otro menú para cambiar las masas de las esferas: desliza para obtener $1.00\ \text{kg}$ para cada una.
4. Las flechas verdes que salen de las esferas representan la velocidad de cada una. Para cambiar la magnitud de cada una, mueve las flechas de izquierda a derecha para tener la rapidez de cada esfera de: $v_{1-i} = 1.00\ \text{m/s}$ y $v_{2-i} = 0.00\ \text{m/s}$.
5. En la parte superior del recuadro, donde se encuentran las esferas, notarás una escala de longitud: manipula las esferas de izquierda a derecha hasta tener una separación entre ellas de $1.5\ \text{m}$.

Puedes acceder a la simulación de Phet: Laboratorio de colisiones
https://qrs.ly/1ofs166



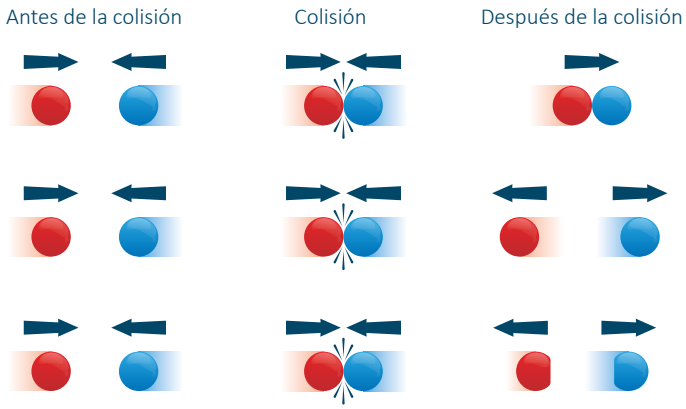
6. Activa el simulador dando clic al símbolo ► (sobre un círculo celeste) para observar el movimiento. Puedes seleccionar la opción Lento para observar mejor.
   a. Observa y registra el valor final de las velocidades de ambas esferas.
   b. Reinicia el simulador dando clic al símbolo ↺ (sobre un cuadrado celeste) y cambia la masa de las dos esferas a: $m_1 = 1.00\ \text{kg}$ y $m_2 = 3.00\ \text{kg}$. Repite los *pasos 4*, *5* y *6* con esta configuración.

p. 22

c. Vuelve a reiniciar la configuración descrita en los numerales del 2 al 5 (mismas masas de $1.00\ \text{kg}$ y segunda esfera en reposo). Desliza la barra de Elasticidad hasta Inelástico (0 %). Observa cómo se da la colisión y resuelve en tu Cuaderno de Trabajo.

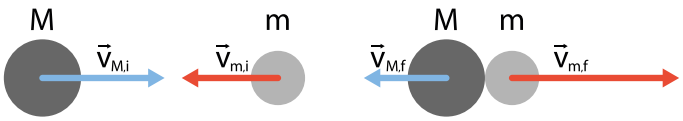
Hemos demostrado el **principio de conservación del momento lineal**, que establece: «en ausencia de una fuerza externa, el momento lineal de un sistema permanece sin cambio».

El momento lineal se conserva en los choques, es decir, no cambia antes, durante ni después de la colisión. Ya vimos antes que esto es cierto, independientemente de la forma en que se muevan los objetos antes de chocar.
Además, analizamos que también el momento lineal se conserva, aunque el choque sea elástico o inelástico. ¿A qué se refiere «elasticidad» al hablar de choques? Está relacionada a la conservación o disipación de la energía. Veámoslo en el siguiente choque.

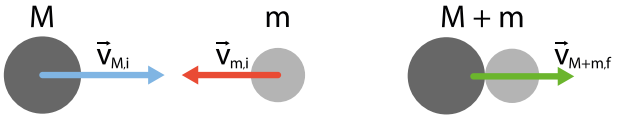


Dos bolas se dirigen con la misma rapidez una hacia la otra. Pero una tiene una masa mayor M y la otra una masa menor m. Al chocar, salen disparadas en direcciones contrarias, aumentándose la rapidez de m y disminuyendo la rapidez de M.
A esto se le llama **choque elástico**. En el caso ideal, los objetos que chocan rebotan sin tener deformación permanente y sin generar calor.

Choque elástico



Choque inelástico (total)



En cambio, un **choque inelástico** se caracteriza por la deformación permanente o la generación de calor, o por ambas. En un choque perfectamente inelástico (total), ambos objetos se adhieren. En el ejemplo de al lado, las dos bolas se van como un todo $(\mathrm{M}+\mathrm{m})$ en la dirección de la velocidad inicial de M .

En las semanas anteriores aprendimos que si deseamos acelerar un objeto debemos aplicarle una fuerza neta. En esta lección hemos complementado esa idea utilizando otras magnitudes físicas, como el momento lineal y el impulso; para cambiar el momento lineal de un objeto, debemos aplicarle un impulso. La definición de momento lineal surge de la comprensión de que objetos de diferente masa pueden ocasionar diferentes cambios en su entorno, aunque tengan la misma velocidad. Si existe un cambio en el momento lineal de un objeto es porque ha existido un cambio en su velocidad, es decir, que está acelerado, por lo que existe una fuerza neta que provocó dicha aceleración. Al analizar el tiempo de contacto de la fuerza neta aplicada, hablamos de impulso, de manera que si hay impulso es porque hay un cambio de momento lineal; de lo anterior resulta el teorema de impulso y momento lineal. Finalmente, la idea de que el momento lineal se conserva cuando no actúan fuerzas externas constituye una ley fundamental de la mecánica llamada ley de la conservación de la cantidad de movimiento.

Resumen

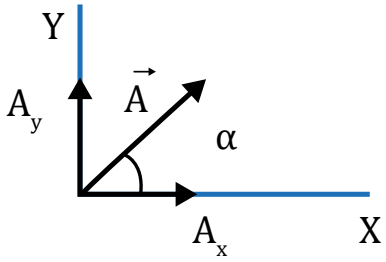
Para que un dispositivo se considere un instrumento de medición debe tener las siguientes características:

- **Magnitud física asociada**
  - Propiedad medible → Valor cuantitativo
  - Unidad de medida → Estándar de referencia
- **Escala de medición**
  - Apreciación → Menor división de la escala
  - Rango → Valor mínimo y máximo de la escala
- **Confiabilidad de la medición**
  - Exactitud → Valor real de referencia
  - Precisión → Repetibilidad, consistencia y apreciación

La calibración de un instrumento requiere un estándar de referencia establecido para garantizar la precisión y exactitud de las mediciones realizadas directamente con ellos. Tales mediciones se llaman **mediciones directas**; mientras que si es necesario realizar un cálculo para obtenerlas, se llaman **mediciones indirectas**.
Dos variables experimentales (x y y) pueden tener dos tipos de relaciones entre sí.

Relación directa	$y = ax$	Al aumentar x, aumenta y. Al disminuir x, disminuye y.
Relación inversa	$y = a/x$	Al aumentar x, disminuye y. Al disminuir x , aumenta y.

Según el comportamiento del gráfico de y contra x, podemos calcular la pendiente y el área entre el gráfico y el eje X. Dependiendo de qué magnitudes físicas sean x y y, así **las unidades de medida de la pendiente y el área nos permitirán interpretar a qué magnitud física representan**.
Las cantidades físicas que requieren una dirección se llaman **vectores**. Sus características son:

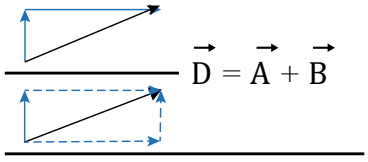


- **Cola** es el inicio de la flecha y punta o **cabeza**, el final de la flecha.
- La **magnitud** es la longitud del vector, siempre positiva: valor absoluto $|\vec{A}|$.
- La **dirección** α es el ángulo con la horizontal y el sentido lo da la flecha.
- Las proyecciones del vector sobre el eje X y el eje Y son sus **componentes rectangulares** en cada eje, respectivamente: A_x y A_y.

Las componentes del vector son los catetos de un triángulo rectángulo y su magnitud es la hipotenusa, por lo que se pueden hallar las componentes y la dirección mediante las ecuaciones:

$$\cos\alpha = \frac{A_x}{A} \quad \text{sen}\,\alpha = \frac{A_y}{A} \quad \tan\alpha = \frac{A_y}{A_x}$$

Sumar vectores no es lo mismo que una suma aritmética. Dos métodos gráficos equivalentes para sumar vectores son: del **polígono** y del **paralelogramo**.



La fuerza es un vector. Existen diferentes tipos de acuerdo con la interacción del cuerpo de interés con sus alrededores. Se pueden clasificar de contacto y de largo alcance. Para analizar las fuerzas que actúan sobre un objeto se elabora un DCL: el objeto es tratado como una partícula, en el que se muestran todas las fuerzas que actúan sobre él.

- **Fricción** → Superficie roza al objeto
- **Normal** → Superficie soporta al objeto
- **Tensión** → Una cuerda hala del objeto
- **Peso** → Tierra atrae al objeto

Las **leyes de Newton** son fundamentales para entender cómo los objetos interactúan y se mueven en respuesta a las fuerzas que actúan sobre ellos:

Primera ley	$\Sigma \vec{F} = 0$	Si la fuerza neta sobre un cuerpo es cero, su movimiento no cambia.
Segunda ley	$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$	Si la fuerza neta sobre un cuerpo no es cero, está acelerado.
Tercera ley	$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$	La fuerza que un cuerpo A le ejerce a un cuerpo B es la misma que el cuerpo B le ejerce al cuerpo A, pero en dirección contraria.

El MRU es un **movimiento unidimensional** de trayectoria rectilínea y velocidad constante. Se puede obtener la velocidad a partir de un gráfico x-t calculando la pendiente. El tiro parabólico es un **movimiento bidimensional** de velocidad horizontal constante y aceleración vertical constante: mientras el proyectil sube, la velocidad vertical disminuye; en el punto más alto es nula y mientras baja, la velocidad aumenta.
La causa del cambio en el estado de movimiento de un cuerpo es una fuerza o un torque:

Equilibrio mecánico	$\Sigma \vec{F} = 0$	Fuerzas opuestas se anulan	Equilibrio traslacional	Objeto no se traslada
	$\Sigma \vec{\tau} = 0$	Torques opuestos se anulan	Equilibrio rotacional	Objeto no gira o rota

El torque se incrementa si aumenta el brazo de palanca, que es la distancia perpendicular más corta desde la línea de acción de la fuerza hasta el eje de rotación.
Un objeto de masa m que experimenta un movimiento circular uniforme experimenta una:

Fuerza centrípeta	Aceleración centrípeta	Rapidez angular	Rapidez tangencial	Desplazamiento angular
Dirigida hacia el centro	Dirigida hacia el centro	Núm. de vueltas por unidad de tiempo	Rapidez lineal tangente a la traectoria curva	Núm. de vueltas o revoluciones
$\vec{F}_c = m\vec{a}_c$	$a_c = \omega^2 r$ $a_c = \frac{v^2}{r}$	$\omega = \frac{\theta}{t}$	$v = \omega r$	$\theta = 1 \text{ rev} = 360° = 2\pi \text{ rad}$

Objetos de diferente masa pueden ocasionar diferentes cambios en su entorno, aunque tengan la misma velocidad. Cuando se combinan las ideas de **inercia** y de **movimiento** se define la magnitud física de **momento lineal:** $\vec{p} = m\vec{v}$.
Si existe un cambio en el momento lineal de un objeto es porque ha existido un cambio en su velocidad: el objeto está acelerado, por lo que existe una fuerza neta que provocó dicha aceleración.
Al analizar el tiempo de contacto de la fuerza neta aplicada, hablamos de impulso: una fuerza aplicada de forma sostenida durante largo tiempo produce más cambio de momento lineal que la misma fuerza cuando se aplica durante un breve lapso: $\vec{J} = \vec{F}t$
Si hay impulso es porque hay un cambio de momento lineal. Para cambiar el momento lineal de un objeto debemos aplicarle un impulso: **Teorema de impulso** y **momento lineal**: $\vec{J} = \Delta\vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$
En ausencia de una fuerza externa, el momento lineal de un sistema permanece sin cambio: **ley de la conservación del momento lineal**: $\vec{p}_{tot-i} = \vec{p}_{tot-f}$
Únicamente un impulso externo a un sistema puede cambiar el momento lineal del sistema. El momento lineal total del sistema (cuerpo 1 + cuerpo 2) se calcula: $\vec{p}_{tot} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$
El momento lineal se conserva en los choques elásticos e inelásticos:

Choque elástico	Los objetos rebotan sin tener deformación permanente y sin generar calor.
Choque inelástico	Se produce deformación permanente y/o la generación de calor.

Robótica y automatización industrial

Existen numerosas aplicaciones tecnológicas que abordan temas de mecánica que son utilizadas en campos como la ingeniería, la física, la industria manufacturera y la simulación. Aquí hay algunos ejemplos.

1. **Softwares de simulación de física**. Permiten a ingenieros y científicos modelar y analizar sistemas mecánicos complejos como el flujo de fluidos, el comportamiento de materiales, etc.

   Por ejemplo, las aplicaciones de diseño asistido por computadora (CAD) se usan en el diseño y modelado de piezas y sistemas mecánicos en 2D y 3D para la creación de planos y prototipos.

   Otro ejemplo son las que permiten modelar el comportamiento mecánico de estructuras sometidas a cargas y tensiones. Esto es esencial en ingeniería estructural y diseño de productos.



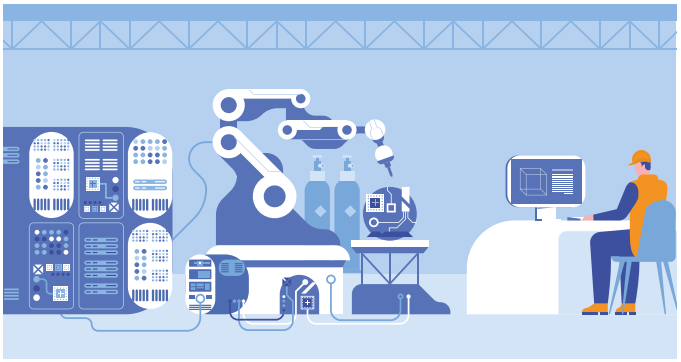
2. **Sistemas de medición y control automático**. En la automatización industrial se utilizan sensores y sistemas de control para medir parámetros mecánicos en tiempo real. Esto es fundamental en la fabricación y la robótica.

   La tecnología de sistema de posicionamiento global (GPS: global positioning system) utiliza principios de vectores y movimiento bidimensional para conocer la posición y velocidad de objetos.

   La electrónica moderna ha producido instrumentos de medición avanzados, como osciloscopios, medidores de fuerza y acelerómetros, que se utilizan para medir y analizar propiedades mecánicas. En la robótica y la automatización industrial se utilizan controladores de movimiento y softwares de programación para controlar la posición y la velocidad de dispositivos mecánicos, como brazos robóticos.



Estas aplicaciones tecnológicas son esenciales en campos donde la mecánica y los conceptos relacionados desempeñan un papel importante en el diseño, análisis y control de sistemas mecánicos y físicos



Quiero ser...

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

Carrera: Licenciatura en Física

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.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y 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

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, 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

Carrera: Ingeniería Mecánica

Duración: 5 años/10 ciclos



Descripción. La Ingeniería Mecánica se ocupa del diseño, construcción y operación eficiente, segura y económica de dispositivos, máquinas e instalaciones mecánicas para la solución de problemas prácticos. Interviene además en procesos industriales, de planificación y de investigación o supervisión de sistemas mecánicos.

La Ingeniería Mecánica ofrece las bases para desempeñarse en investigación aplicada, diseño y desarrollo e instalación y mantenimiento de sistemas de distintos campos, como los siguientes:

- Industria de construcción
- Industria automotriz
- Industria textil
- Industria alimenticia
- Producción energética
- Tratamiento de aguas
- Biomedicina
- Manufacturas

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, 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

Unidad 2
Energía
Eje integrador: energía

En esta unidad aprenderemos a:

- Resolver problemas empleando el teorema del trabajo y la energía cinética.
- Interpretar los signos matemáticos del trabajo a partir de la experimentación.
- Experimentar con el momento de inercia objetos con movimiento rotacional.
- Calcular la energía total a partir de las energías cinética y potencial de objetos que trasladan y rotan.
- Experimentar con la ley de conservación de la energía mecánica.
- Interpretar las características de las gráficas de energía cinética y potencial obtenidas a partir de un experimento.
- Calcular experimentalmente la potencia mecánica de máquinas para la obtención del momento lineal.
- Resolver problemas acerca de la potencia mecánica.



Playa El Zonte, La Libertad, El Salvador

Duración: 4 semanas

Teorema del trabajo y la energía cinética

Indagación

En ocasiones necesitamos mover objetos a cierta altura, como cuando cargamos un camión o una carreta. Dependiendo de la masa del objeto y la altura que deseamos moverlo, podemos hacerlo levantándolo directamente o colocando una rampa para que nos facilite el movimiento. ¿Necesitaríamos aplicar la misma fuerza si levantamos el objeto directamente o usando la rampa? Consideremos que cuando usamos la rampa, esta puede ser de diferente longitud. ¿Afectaría la longitud a la fuerza que debemos de aplicar para mover el objeto? Durante el desarrollo de la lección realizaremos actividades donde vincularemos principios y aplicaciones que pueden ayudarte a responder las preguntas anteriores.



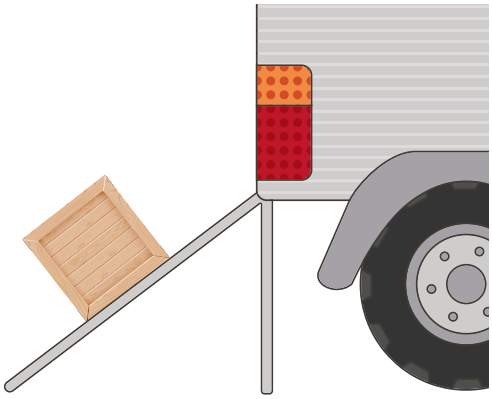


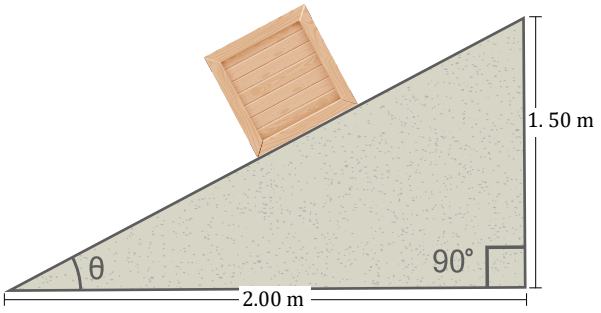
En las figuras de arriba hay dos camiones similares. Observa que en el de la izquierda se cargan los objetos sin ninguna ayuda; en el segundo se usa una rampa o plano inclinado.



A. Analizando el movimiento en una rampa

En las siguientes figuras, primero se muestra una rampa que servirá para mover una caja de 50.0 kg que será transportada en un automóvil; en la siguiente notamos que podemos representar la rampa como un plano inclinado donde, si aplicamos una fuerza, es posible mover la caja hacia arriba. Además, podemos indicar las medidas de altura y base del triángulo rectángulo que forma el plano inclinado.





Asumiremos que mientras no apliquemos una fuerza externa sobre la caja, esta se queda estática en cualquier lugar del plano inclinado. A partir de las condiciones de equilibrio, podemos calcular la magnitud de la fuerza que debemos superar para desplazar la caja hasta el automóvil; para ello, resuelve lo siguiente en tu Cuaderno de trabajo.

Procedimiento:

1. Elabora un diagrama de cuerpo libre de la caja cuando se encuentra sobre el plano inclinado.
2. Calcula la magnitud de la fuerza que se tiene que superar para desplazarlo.

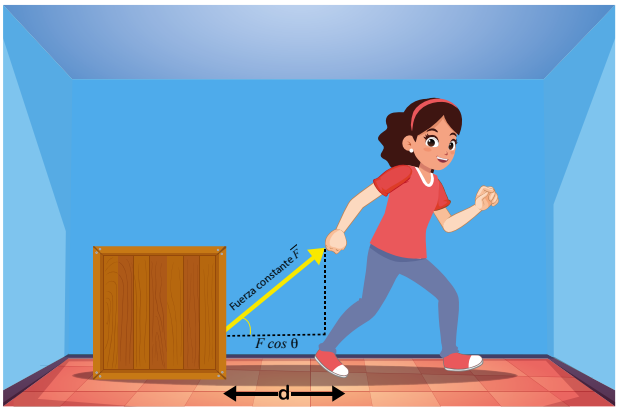
p. 26

Creatividad

Durante la etapa anterior, pudimos identificar que para mover una caja sobre una rampa necesitamos aplicar una fuerza con magnitud mayor a la componente horizontal de su peso, que por las condiciones de equilibrio sería de magnitud similar a la fuerza de fricción estática. Si intentáramos levantar la caja sin usar la rampa, la magnitud de la fuerza que deberíamos aplicar tendría que ser mayor a su peso, pero el recorrido sería menor que al usar la rampa. De las dos formas podemos mover la caja y colocarla en el mismo lugar, pero en ambos casos cambiamos el valor de una de las magnitudes; sin embargo, la energía que hemos utilizado para mover la caja sería similar. La energía para mover la caja la definiremos como **trabajo** (W). A continuación, desarrollaremos actividades donde calcularemos la energía para mover un objeto que se encuentre sobre una superficie.

B. Calculando la energía para mover un objeto

Al aplicar una fuerza constante ($\vec{F}$) sobre un objeto para que lo desplace de un punto a otro ($\Delta\vec{x}$), resulta similar a como lo hace Irene en la siguiente figura:



En la figura de arriba, con la fuerza que aplica Irene, efectúa trabajo, que podemos definirlo como la energía necesaria para mover un objeto. Para calcular el trabajo, obtenemos el producto de la magnitud del desplazamiento por la magnitud de la fuerza que se aplica en la dirección del desplazamiento. Para el caso de Irene, la magnitud de la componente de la fuerza en dirección del desplazamiento sería $\mathrm{F}\cos\theta$ y la magnitud del desplazamiento sería Δx; con ello podemos calcular el trabajo de la siguiente manera:

$$\mathrm{W} = (\mathrm{F}\cos\theta)\,\Delta x \qquad 2.1$$

Si Irene aplicara la fuerza en la misma dirección del movimiento, la expresión 2.1 podríamos escribirla de la siguiente manera:

$$\mathrm{W} = \mathrm{F}\Delta x \qquad 2.2$$

Resultados similares obtendríamos si Irene empujara el objeto, y notaríamos que el trabajo sería mayor si Irene incrementa la fuerza que aplica o si el desplazamiento fuese mayor.

Tomemos en cuenta que el trabajo es una magnitud escalar, pese a que se obtiene de dos vectores, por lo que se vuelve más práctico al momento de resolver algunos problemas. Pasemos a verificar una experiencia similar a la que realizó Irene de manera experimental.

He leído que el trabajo se calcula multiplicando la magnitud de la componente (F_x) de la fuerza que se encuentra en la misma dirección del desplazamiento $(\Delta\vec{x})$. Su fórmula es: $W = F_x\,\Delta x$



Notación...

El trabajo se expresa con las unidades $N{\cdot}m$ que equivale a joules y se usa el símbolo:

J

Recuerdo que para calcular el trabajo, la fuerza que se aplica debe estar en unidades de Newton (N) y el desplazamiento en metros (m).



Materiales:

- Dinamómetro de 10.0 N
- 0.50 kg de arena
- Taza de cerámica
- Hilo para costura
- Regla de 30 cm
- Transportador
- Superficie plana y lisa de 50 cm × 50 cm
- Calculadora científica
- Toalla de mano
- Cinta adhesiva
- Tijera

Procedimiento:

1. Corta aproximadamente 15.00 cm de hilo para costura y luego sujeta un extremo del asa de la taza.
2. Coloca arena dentro de la taza y procura dejar aproximadamente 1.00 cm, de espesor de la taza, vacía.
3. Sujeta el dinamómetro al otro extremo del hilo que sujetaste en el asa de la taza.
4. Mide alrededor de 30.00 cm sobre una superficie plana y señala el inicio y el final usando cinta adhesiva (ten en cuenta que partiendo del inicio al final es tu vector desplazamiento).
5. Coloca la taza sobre la marca de inicio, mueve la taza halando del dinamómetro hasta la marca final y verifica que puedes moverla sin que se caiga.
6. Regresa la taza al inicio, luego aplica una fuerza paralela y en la misma dirección del desplazamiento, procura que la magnitud de la fuerza sea constante desde el punto inicial hasta el final.
   a. Registra la magnitud de la fuerza y la magnitud del desplazamiento, luego calcula el trabajo realizado.

p. 27

7. Acerca el transportador al hilo que se encuentra sujeto al asa de la taza, haz que coincida, aproximadamente, el centro del transportador al punto de unión del hilo con el asa.
8. Mide un ángulo entre 0° y 90°, hala el hilo con el dinamómetro, manteniendo aproximadamente el mismo ángulo, aplica fuerza hasta que la taza se empiece a mover, muévelo desde el punto inicial hasta el final.
   b. Partiendo desde la marca de inicio, repite el paso anterior para los ángulos que se señalan en tu Cuaderno de Trabajo y completa la tabla correspondiente.

1



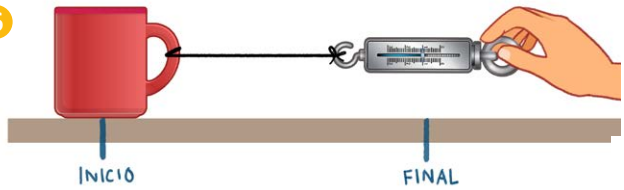
2



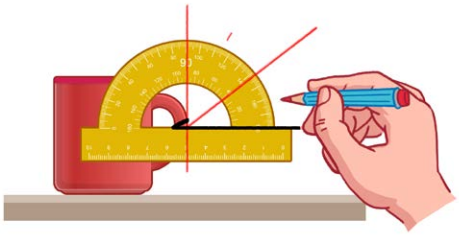
3



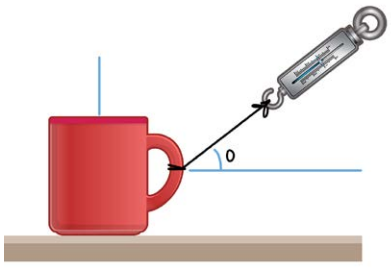
6



7



8

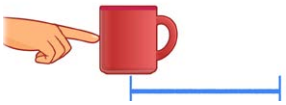


Si moviéramos la taza desde el punto final a la inicial, el trabajo realizado sería negativo porque iríamos en contra al desplazamiento que hemos fijado; tendríamos magnitud similar pero signo diferente.

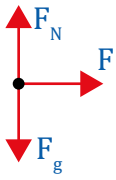
Energía cinética

En la *actividad B* notamos que el trabajo realizado por la fuerza sobre la taza se relaciona con el desplazamiento de esta; además, desde el inicio que aplicamos la fuerza hasta el final hubo un cambio de rapidez de la taza. Analicemos lo que sucede cuando aplicamos una fuerza constante en la taza desde la posición inicial (x_1) hasta la final (x_2), como se muestra en la figura 1. Nuestro movimiento tiene que ser de derecha a izquierda. Hagamos un diagrama de cuerpo libre tomando la taza como origen: en el eje vertical se encuentran la fuerza normal ($\vec{F}_N$) y el peso ($\vec{F}_g$); para el eje horizontal, tomaremos la fuerza resultante ($\vec{F}$) que nos permita mover la taza. El diagrama lo podemos ver en la figura 2. Como la taza la movemos en dirección del desplazamiento, el trabajo realizado por la magnitud de la fuerza F sería positivo.

1

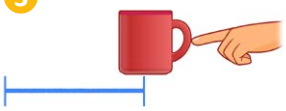


2

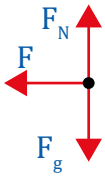


Luego de mover la taza desde la posición x_1 hasta la x_2, podemos aplicar otra fuerza de igual magnitud, pero opuesta al desplazamiento para retornarla a la posición inicial, como podemos observar en la figura 3. El diagrama de cuerpo libre se muestra en la figura 4. A diferencia de la situación anterior, como la fuerza que aplicamos es en dirección opuesta al desplazamiento el trabajo realizado por la fuerza F, sería negativo.

3

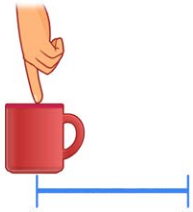


4



Notamos que, dependiendo de nuestras condiciones, el trabajo puede ser positivo o negativo. Analicemos la situación donde le aplicamos la fuerza arriba de la taza. Consideremos que cerramos la taza por la parte de arriba y aplicamos una fuerza como se muestra en la figura 5 y realizamos el diagrama de cuerpo libre representado en la figura 6. Dado que la fuerza no desplaza la taza, el trabajo realizado sería nulo.

5

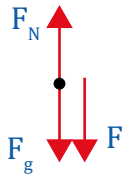


Retomemos el primer diagrama de cuerpo libre. La fuerza que hace mover la taza la podríamos representar como:

$$\vec{F} = m\vec{a} \qquad 2.3$$

Donde m es la masa de la taza y $\vec{a}$ la aceleración. Por simplicidad usaremos sus magnitudes tomando en cuenta que el movimiento es de izquierda a derecha. Recordemos que es una fuerza constante, por lo tanto, $\vec{a}$ la podemos representar con ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente variado, para la rapidez:

6



$$v_2^2 = v_1^2 + 2\,a\,\Delta x \qquad 2.4$$

Recordemos que el desplazamiento es $\Delta\vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$ y su magnitud Δx; ahora despejemos la aceleración de 2.4 y la sustituimos en 2.3:

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\,\Delta x}$$

$$F = m\,\frac{v_2^2 - v_1^2}{2\,\Delta x}$$

Pasamos a la izquierda a multiplicar Δx y obtenemos una expresión similar a 2.2.

$$F\,\Delta x = m\,\frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

$$F\,\Delta x = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \qquad 2.5$$

La ecuación 2.5 indica el trabajo realizado por la fuerza que se aplica sobre la taza, pero a la derecha notamos que hay una dependencia de la rapidez que se define como **energía cinética** y podemos generalizarlo así:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \qquad 2.6$$

Comunicación

Al desarrollar las actividades anteriores, notamos que para que una fuerza realice trabajo sobre un objeto, esta o una de sus componentes debe de estar en la misma dirección del desplazamiento; dependerá del sentido de la fuerza para considerar el trabajo positivo o negativo. También, si la fuerza se aplica de manera perpendicular al desplazamiento, el trabajo sería nulo. Por otra parte, notamos que el trabajo se relaciona con la rapidez del objeto, como podemos observar en la ecuación 2.5, tenemos un cambio en la energía cinética que lo podemos representar de la siguiente manera:

$$\Delta K = K_2 - K_1 \qquad 2.7$$

Tomando la ecuación 2.5 y sustituyéndola en la 2.7 obtenemos:

$$W = \Delta K \qquad 2.8$$

Considerando las ecuaciones 2.5 y 2.8, podemos concluir que el trabajo efectuado por una fuerza sobre un objeto será igual al cambio de energía cinética del objeto; el resultado nos lleva al teorema del trabajo y la energía cinética.

El teorema del trabajo y la energía cinética concuerda con lo desarrollado en la sección Así se hace; además, el teorema solo es válido para marcos de referencia inerciales. Asimismo, la deducción la enfocamos para el caso especial del movimiento rectilíneo y fuerzas constantes.

A continuación, aplicaremos el cálculo del trabajo, la energía cinética y otras magnitudes que la relacionan para situaciones particulares.



C. Solucionando problemas sobre trabajo y energía cinética

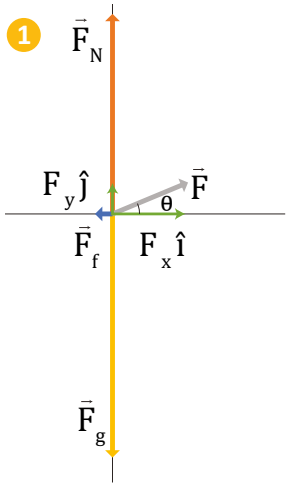
El teorema del trabajo y la energía cinética es de mucha utilidad en situaciones donde queramos relacionar la rapidez de un objeto en movimiento, en cierto punto, con la rapidez en otro lugar. Por lo anterior, es de suma importancia que fijemos posiciones inicial y final del objeto que se moverá. En ciertas situaciones, también nos ayudará la elaboración de un diagrama de cuerpo libre donde identifiquemos las fuerzas que actúan sobre el objeto.

Ejemplo 1. Luis tiene que mover varios materiales del laboratorio de ciencias al aula, por lo que decide colocar todos los materiales en una caja, logrando un peso total de $600.0\ \text{N}$. Le sujeta un cordel a la caja y lo hala para moverla, como podemos observar en la figura de la izquierda. Cuando termina de mover la caja, decide medir la distancia que recorrió y resultó ser de $10.00\ \text{m}$; además, midió la fuerza que aplicó para mover la caja y fue de $200.0\ \text{N}$ con un ángulo de $30.0°$ sobre la horizontal. Si durante el movimiento hubo una fuerza de fricción de $25.0\ \text{N}$, ¿cuál fue el trabajo total realizado cuando Luis termina de mover la caja?

Solución

Iniciamos identificando las fuerzas que actúan sobre la caja y que el desplazamiento es rectilíneo. Podemos realizar un diagrama de cuerpo libre donde identifiquemos las fuerzas que actúan; según el ejemplo y observando la imagen, serían el peso total de la caja $(\vec{F}_g)$, la normal $(\vec{F}_N)$, la fuerza de fricción $(\vec{F}_f)$ y la fuerza que ejerce Luis $(\vec{F})$ con un ángulo (θ) sobre la horizontal. Ahora, colocamos las fuerzas en un sistema de coordenadas, tomando como origen la caja.

A la derecha podemos observar el diagrama de cuerpo libre de la caja cuando Luis la hala con una cuerda. Hemos identificado las fuerzas y el ángulo como lo abreviamos anteriormente. Observemos que la fuerza que aplica Luis posee componentes rectangulares, que las hemos identificado con sus respectivos vectores unitarios.



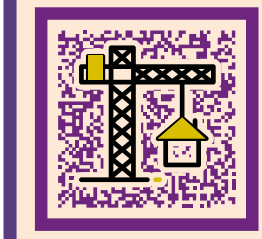
Recordemos que las únicas fuerzas que efectuaron trabajo sobre la caja son aquellas que se encuentran en la misma dirección del desplazamiento, donde su magnitud sería $\Delta x = 10.00\ m$ y, según nuestro marco de referencia, es horizontal. Por lo tanto, solo sería $\vec{F}_f$ y la componente horizontal de $\vec{F}$ $(F_x\hat{i})$. Calculamos el trabajo que realiza cada una de las fuerzas horizontales:

$\vec{F}_f = -25.0\ N\,\hat{i};\ \Delta x = 10.00\ m$	$F_x\hat{i} = F\cos\theta, F = 200.0\ N$ y $\theta = 30.0°$
Debido a que la fuerza de fricción se opone al desplazamiento, el trabajo (W_f) sería negativo. Usamos la ecuación 2.2 para calcularlo: $W_f = -25.0\ N(10.0m)$ $W_f = -250\ J$	La componente de la fuerza es en el mismo sentido del desplazamiento. Usamos la ecuación 2.1 para calcular el trabajo (W_F): $W_F = 200.0N\ (\cos 30.0°)(10.00\ m)$ $W_F = 1732\ J$

El trabajo total (W_{tot}) sería la suma algebraica de los trabajos calculados:

$$W_{tot} = W_f + W_F$$
$$W_{tot} = -250\ J + 1\,732\ J$$
$$W_{tot} = 1\,482\ J$$

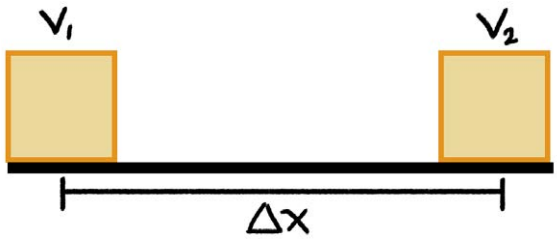
Ejemplo 2. Retomando el ejemplo anterior, la rapidez inicial con la que Luis movió la caja fue de $0.50 m/s$. ¿Cuál sería la rapidez de la caja cuando recorrió los $10.0\ m$?


GRÚA DE TORRE

La grúa de torre es utilizada en las construcciones de edificios para movilizar insumos de construcción a alturas considerables.

Solución

Iniciamos identificando la caja en sus posiciones inicial y final. Para ello, elaboremos un esquema que permita identificarlos: el inicial lo denotaremos con 1 y el final, con 2.



La primera rapidez sería $v_1 = 0.50 m/s$ y la segunda v_2, que tendríamos que calcular. Considerando los valores del ejemplo 1 y utilizando el teorema del trabajo y la energía cinética, se puede plantear lo siguiente:

$$W_{tot} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

Realicemos el despeje de v_2^2

$$v_2 = \sqrt{\frac{2W_{tot}}{m} + v_1^2} \qquad 2.9$$

De la expresión anterior nos haría falta calcular la masa, pero recordemos que la magnitud del peso es $F_g = mg\ (g = 9.8\ m/s^2)$. Podemos despejar la masa y sustituir en la ecuación 2.9.

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gW_{tot}}{F_g} + v_1^2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(9.8\ m/s^2)(1\,482\ J)}{600.0\ N} + (0.50\ m/s)^2}$$

$$v_2 \approx 7.0\ m/s$$

Resuelve los problemas que se te proponen en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 28

Tipos de energía mecánica

Indagación

En la lección anterior iniciamos con el trabajo que una fuerza puede ocasionar al mover un objeto y estudiamos el comportamiento de la traslación de ese objeto de una posición a otra encontrando el teorema del trabajo y la energía cinética. Sin embargo, hay situaciones donde los objetos no solo se mueven de un punto a otro, sino que rotan respecto a un eje, como el juego del tiovivo. ¿Habrá trabajo de la fuerza que haría rotar a un objeto? Si hubiera trabajo, también tendríamos energía cinética. Por otra parte, ¿podríamos calcular el trabajo de la fuerza que hace que un cuerpo caiga? Las preguntas que han surgido las podremos responder con claridad durante el desarrollo de esta lección.

¿Cómo puedo calcular el trabajo de una fuerza que hace rotar un objeto?





He visto en muchas ferias y programas que para obtener premios en una ruleta; debemos de hacerla girar aplicando una fuerza tangencial (F_{tan}).



A. Analizando el trabajo en el movimiento de rotación

Hay situaciones en las que aplicamos fuerza a un objeto y lo hacemos rotar efectuando trabajo sobre él, como cuando pedaleamos una bicicleta o cuando hacemos girar una ruleta de premios. Para el caso de la ruleta buscamos una forma de aplicar una fuerza directamente que haga girar la ruleta, similar al juego del tiovivo.

Imaginemos que hacemos rotar la ruleta o un tiovivo. Si colocamos una seña o un premio en específico, podemos regresar a él aplicando una fuerza; notamos que recorremos un desplazamiento angular ($\Delta\theta$) y la magnitud del desplazamiento (Δx) relacionada con la longitud de arco recorrida en la circunferencia que se forma. Dichas magnitudes se encuentran relacionadas con el trabajo que realiza la fuerza que aplicamos.

Considera que la ruleta que intenta mover Irene requiere que se le aplique una fuerza para que la marca señale el número 400. Ten en cuenta que lo hará en sentido antihorario y resuelve lo siguiente en tu Cuaderno de trabajo.

Procedimiento:

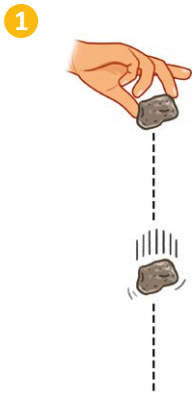
1. Dibuja una circunferencia que represente una ruleta, fija su centro y coloca los puntos desde el inicio del número 400 hasta donde se tiene que mover. Dibuja los radios respectivos de cada punto. Luego, identifica el desplazamiento angular.
2. Coloca la fuerza tangencial que se le aplica a la ruleta en la circunferencia.
3. Usando la ecuación 2.2, encuentra una expresión para el trabajo.

p. 28

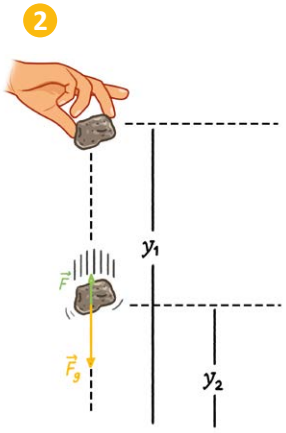
Creatividad

Cuando aplicamos una fuerza a un objeto, y si este se mueve o rota, hemos realizado trabajo o invertimos la energía necesaria para moverlo. Sin embargo, en ocasiones notamos que la energía puede ser almacenada. Por ejemplo, al levantar un objeto hasta la altura de nuestros hombros, se almacena energía para que cuando soltemos (en caída libre) el objeto se convierta en energía cinética. Podemos notar que previo a soltar el objeto hay una energía asociada a la posición y está en la posibilidad de efectuar un trabajo. Demostremos a continuación cómo es el comportamiento del trabajo para un objeto en caída libre.

Consideremos que soltamos un objeto de masa m, como observamos en la figura 1, a una altura y_1 respecto al suelo. Analicemos su movimiento mientras desciende hasta encontrarse a una altura y_2 respecto al suelo. Notamos que las fuerzas involucradas serían el peso $(\vec{F}_g)$ y otra fuerza $\vec{F}$, que podría ser la resistencia del aire. Las alturas y las fuerzas involucradas las indicamos en la figura 2.



La fuerza que hace que el objeto caiga es su peso (o fuerza gravitatoria). Si usamos la ecuación 2.2 (para un movimiento vertical), podemos calcular el trabajo realizado por el peso del objeto que se mueve desde el punto 1 hacia el 2, siendo $y_1 - y_2$ el desplazamiento entre esos puntos. El trabajo lo identificaremos como W_g para saber que es en un movimiento vertical o asociado a la magnitud de la fuerza gravitatoria.



$$W_g = F_g\,(y_1 - y_2)$$

Recordemos que la magnitud del peso depende de la masa del objeto y de la aceleración gravitatoria, así que podemos expresarlo de la siguiente manera:

$$F_g = m_g \qquad 2.10$$

Sustituyendo la ecuación del peso en la del trabajo, nos quedaría lo siguiente:

$$W_g = mg\,(y_1 - y_2) = mg\,y_1 - mg\,y_2$$

La ecuación 2.10 es el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria en caída libre, pero notamos que hay una dependencia de la altura, que se define como **energía potencial gravitatoria**, y podemos generalizarla de la siguiente manera:

$$U_g = mgy \qquad 2.11$$

Si ahora analizamos los dos puntos desde el punto de vista de la **energía potencial gravitatoria**, en el primer punto o inicial es $U_{g1} = mg\,y_1$ y el final $Ug_2 = mg\,y_2$; el cambio de energía potencial sería la parte final menos la inicial $\Delta U_g = U_{g2} - U_{g1}$. Si relacionamos ahora con la ecuación 2.10, podemos escribir el trabajo como:

$$W_g = U_{g1} - U_{g2} = -\Delta U_g \qquad 2.12$$

Si solo la fuerza gravitatoria realiza trabajo podemos relacionar las ecuaciones 2.8 y 2.12 para obtener:

$$W_g = \Delta K = -\Delta U_g \qquad 2.13$$

Podemos escribir la ecuación 2.13 considerando los puntos iniciales y finales de la siguiente manera:

$$K_1 + U_{g1} = k_2 + U_{g2} \qquad 2.14$$

$$\frac{1}{2} mv_1^2 + mg\, y_1 = \frac{1}{2} n \qquad 2.15$$

Al observar las ecuaciones 2.14 y 2.15, la energía es igual en la parte inicial que en la final. Para el caso en el que la gravedad realiza trabajo, podemos decir que la energía se conserva, manteniéndose constante, por lo que ahora podemos definir la **energía mecánica** (E), que sería la suma de las energías cinética y potencial gravitatoria, y la expresamos de la siguiente manera:

$$E = K + U_g \qquad 2.16$$

Hemos desarrollado el comportamiento del trabajo y la energía para objetos que se mueven de un punto a otro. Sin embargo, cuando un objeto rota y a su vez se desplaza de un punto a otro, consideramos otra magnitud que verificaremos en la siguiente actividad.

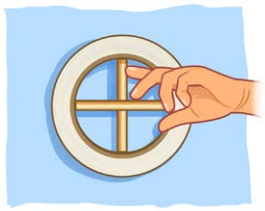
B. Experimentando con la energía en el movimiento rotacional y traslacional

Hemos visto que, cuando una fuerza realiza trabajo, dependiendo del tipo de movimiento, se puede obtener energía cinética o potencial gravitatoria. Sin embargo, hay situaciones en las que los objetos rotan con respecto a un eje y al mismo tiempo se trasladan. Por ejemplo, si un objeto en forma de cilindro desciende sobre un plano inclinado, notamos que, a diferencia de la caída libre, rota con respecto a un eje mientras se desplaza. Si el cilindro tiene una masa definida, el tiempo que tarda en descender hasta el suelo dependerá de si es hueco o sólido, puesto que la distribución de la masa afecta el tiempo de descenso de un cilindro. Para comprobarlo, realicemos la presente actividad.

Materiales:

- 2 cintas adhesivas transparentes, aproximadamente de 4 cm de ancho y 4 cm de diámetro
- Balanza
- Cronómetro
- Superficie plana y lisa de forma rectangular de 100 cm de largo y 20 cm de ancho
- Varilla de madera
- Plastilina
- Tijeras

1



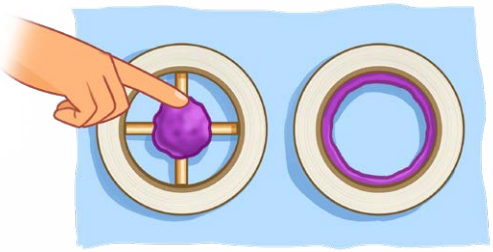
2



Procedimiento:

1. Verifica que las cintas adhesivas sean de similar diámetro interno y masa.
2. Corta dos trozos de varilla de madera, aproximadamente de la medida del diámetro interno de las cintas adhesivas.
3. Acopla los trozos de madera al interior de una de las cintas adhesivas, procurando no deformar la cinta.
4. Adhiere $60\ g$ de plastilina en la intersección de los trozos de madera. En la otra cinta adhesiva, adhiere otros $60\ g$ de plastilina en su interior, procurando que la plastilina se encuentre distribuida uniformemente.
5. Verifica la masa de ambas cintas adhesivas; si son diferentes, adhiere plastilina para que obtengas una masa similar entre ellas.
6. Forma un plano inclinado con la superficie plana, coloca unos libros o cuadernos para que el plano inclinado tenga una altura aproximada de $10\ cm$.

4



6



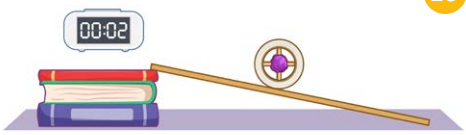
7. Coloca las cintas adhesivas en la parte más alta del plano inclinado y mide su altura. Responde en el Cuaderno de Trabajo lo siguiente:
   a. Calcula la energía potencial gravitatoria.
8. Verifica que las cintas adhesivas se encuentren a la misma altura y que estén separadas entre ellas. Usa la regla para sostenerlas.
9. Retira la regla y verifica el movimiento de las cintas adhesivas. Repite tres veces y corrobora si el resultado del movimiento es similar.
10. Coloca una de las cintas adhesivas, desde la altura máxima del plano inclinado, y mide el tiempo que tarda en descender. Realiza lo mismo para la otra cinta adhesiva y resuelve lo siguiente en tu Cuaderno de trabajo:
    b. Calcula la rapidez que llevan las cintas adhesivas.
    c. Si las cintas adhesivas descienden al mismo tiempo o diferente, ¿cómo es el comportamiento de la energía cinética justo antes de terminar el descenso?
    d. ¿Cómo afectaría, desde el punto de vista energético, el descenso de las cintas adhesivas si duplicas la altura del plano inclinado?

p. 30

7



10



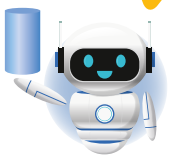
En la *actividad B* notamos que, aun cuando la masa total y la energía potencial gravitatoria de las cintas adhesivas fue similar, la distribución de masa afectó en el descenso sobre el plano inclinado.

Podemos extender nuestro análisis de lo que sucede con la energía potencial gravitatoria cuando la cinta adhesiva se mueve por el plano inclinado: notamos que hay dos tipos de movimiento que se combinan, que son la traslación y la rotación. Vamos a suponer que en ningún momento la cinta resbala sobre el plano inclinado. La energía cinética la dividimos en dos, una que depende del movimiento de traslación (que podemos obtenerla a partir de la ecuación 2.6) y la otra, de la rotación.

La energía cinética rotacional depende de la distribución espacial de la masa del objeto y su forma geométrica; la magnitud que involucra lo anterior es el **momento de inercia** (I). Para un objeto con un eje de rotación definido y una masa total conocida, cuanto mayor sea la distancia del eje de rotación a la distribución de masa, mayor será el momento de inercia.

Para el caso de la cinta adhesiva, como el eje de rotación se tiene al centro, la que tenía la masa de plastilina distribuida en las paredes internas tardó más en descender que la otra. Ahora pasemos a demostrar una expresión para la energía cinética de rotación.

El momento de inercia nos indica la resistencia a la rotación de un objeto, dependiendo de la distribución de la masa y de la geometría de este.

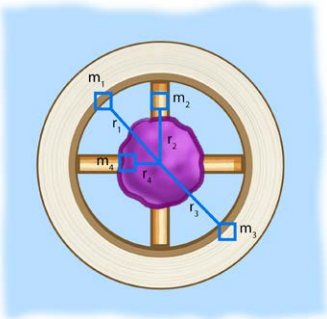


Notación...

El momento de inercia se expresa con las unidades $kg \cdot m^2$.

Momento de inercia

En la actividad B notamos una masa en movimiento de rotación. A partir de eso sabemos que tiene energía cinética y que lo podemos expresar en términos de la rapidez angular. Para lograrlo, retomemos la cinta adhesiva a la que se le colocó plastilina al centro; lo consideramos como un objeto de masa , pero puede analizarse cada porción de masa con respecto a la distancia al eje de giro o su radio de giro. Podemos señalar una muestra como en la siguiente imagen:



Hemos identificado las porciones de masa como m_1, m_2, m_3 y m_4; sus distancias al eje de giro como r_1, r_2, r_3 y r_4, respectivamente. Notemos que la rapidez angular ω sería la misma mientras el objeto se encuentre rotando; sin embargo, las rapideces cambian. Entonces, para cada una de las porciones, podemos calcular la energía cinética de la siguiente manera:

$$K = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \frac{1}{2}m_3v_3^2 + \frac{1}{2}m_4v_4^2 + \cdots$$

Colocamos los puntos suspensivos porque sabemos que la masa total sería la suma de todas las porciones que tomemos del objeto. Si recordamos la relación que existe entre las rapideces angular y lineal $v = r\omega$, reescribimos la energía cinética:

$$K = \frac{1}{2}m_1r_1^2\,\omega^2 + \frac{1}{2}m_2r_2^2\,\omega^2 + \frac{1}{2}m_3r_3^2\,\omega^2 + \cdots$$

Si consideramos los factores comunes, tendremos lo siguiente:

$$K = \frac{1}{2}(m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^2 + m_4r_4^2 + \cdots)\omega^2$$

Los factores que se encuentran entre paréntesis podemos extenderlos hasta la enésima porción de masa junto a sus respectivas distancias al eje de giro, así:

$$K = \frac{1}{2}\left(\sum_n m_nr_n^2\right)\omega^2$$

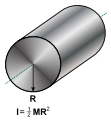
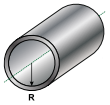
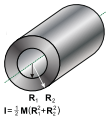
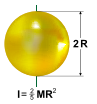
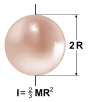
Notamos que la expresión en paréntesis depende de cómo esté distribuida la masa respecto al eje de giro y es una magnitud física nombrada momento de inercia, y la representaremos de la siguiente manera:

$$I = \sum_n m_nr_n^2 \qquad 2.17$$

Por otra parte, la expresión de la energía cinética rotacional podemos representarla como:

$$K = \frac{1}{2}I\,\omega^2 \qquad 2.18$$

En la *actividad B* se manifestó la energía cinética de rotación. Notamos que una cinta adhesiva descendía más rápida que otra, aun asumiendo la misma masa. También, si colocamos una esfera con la misma masa que las cintas adhesivas, el resultado cambiaría si la esfera fuese hueca o sólida; quiere decir que el momento de inercia depende de la geometría del objeto y su eje de giro. Se tienen expresiones para su cálculo en diferentes geometrías de los objetos; entre ellas están las que se muestran en la siguiente tabla:

Objeto	Nombre	Momento de inercia
	Cilindro sólido	$I = \frac{1}{2}mr^2$
	Cilindro hueco con pared delgada	$I = mr^2$
	Cilindro hueco	$I = \frac{1}{2}m\,(r_1^2 + r_2^2)$
	Esfera sólida	$I = \frac{2}{5}mr^2$
	Esfera hueca con pared delgada	$I = \frac{2}{3}mr^2$

En la etapa anterior verificamos que cuando un cuerpo rota, dependiendo de cómo se encuentra distribuida su masa respecto al eje de rotación, así será su descenso por un plano inclinado. Además, posee energía cinética de rotación, que se debe considerar cuando el objeto se encuentra en movimiento. Para el caso del plano inclinado, debemos tomar en cuenta la energía potencial gravitatoria. A continuación, aprenderemos a calcular la energía cuando un objeto descienda, se desplace y rote.

C. Calculando la energía de objetos que se desplazan y rotan

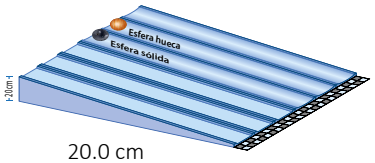
La resolución de problemas que involucren trabajo y energía es necesaria porque en ocasiones complementa a los experimentos. Por ejemplo, encontrando magnitudes que no las podemos medir de manera directa, simplificando algunos procedimientos. Enseguida, aprenderemos a resolver algunos problemas.



MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

En el movimiento circular uniforme, la velocidad y la aceleración siempre son perpendiculares. Sus magnitudes son constantes.

Ejemplo 1. Se replica la actividad B, con la diferencia de que se utilizan esferas en sustitución de las cintas adhesivas. Una de las esferas es sólida y la otra hueca. Partimos de que cada esfera posee una masa de $1.50\ \text{kg}$ y un radio interno de $2.00\ \text{cm}$. Si ambas esferas son soltadas de un plano inclinado, partiendo del reposo, a una altura de $20.0\ \text{cm}$, ¿cuál sería la rapidez con la que las esferas descienden del plano inclinado?



20.0 cm

Solución

Partimos haciendo uso de las ecuaciones 2.14 y 2.15. Al inicio solo tendríamos energía potencial gravitatoria y para ambas esferas sería $U_{g1} = mgh$, donde h es la altura de donde se sueltan las esferas del plano inclinado. En la parte final tendríamos solo la energía cinética, que para nuestro caso sería una parte de rotación y la otra, de traslación. Para ambas esferas sería una expresión similar a $k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$. Dado que la rapideces y el momento de inercia serían diferentes para cada esfera, los representamos con el subíndice S para la sólida y H para la hueca.

Para la esfera sólida tenemos lo siguiente:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_s^2 + \frac{1}{2}I_s\omega_s^2$$

Podemos colocar la rapidez angular en función de la rapidez de traslación con la expresión $v = r\omega$:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_s^2 + \frac{1}{2}I_s\frac{v_s^2}{r^2}$$

De la tabla de la sección Así se hace obtenemos la expresión del momento de inercia para una esfera sólida:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_s^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}mr^2\right)\frac{v_s^2}{r^2}$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_s^2 + \frac{1}{5}mv_s^2$$

$$mgh = \frac{7}{10}mv_s^2$$

Despejamos para v_s^2

$$v_s = \sqrt{\frac{10}{7}gh}$$

Sustituimos los valores tomando $g = 9.8\ \text{m/s}^2$ y la altura $h = 0.20\text{m}$

$$v_s = \sqrt{\frac{10}{7}(9.8\ \text{m/s})^2(0.20\ \text{m})} = 1.7\ \text{m/s}$$

Haciendo un tratamiento similar para la esfera hueca, la rapidez es $v_H = 2.4\ \text{m/ s}$

Resuelve los problemas propuestos en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 31



Indagación

Principio de conservación de la energía mecánica

Hasta ahora hemos desarrollado actividades sobre fuerzas que realizan trabajo sobre un objeto. Notamos que cuando la fuerza gravitatoria o el peso realizan trabajo podemos estudiarlo como una diferencia de energía potencial gravitatoria que, a medida que el objeto se mueve, podemos verlo como un cambio de energía cinética. Quiere decir que un tipo de energía se transformó en otra, como lo demostramos en la ecuación 2.14, además de definir la energía mecánica con la ecuación 2.16. Sin embargo, en condiciones iniciales y finales, la energía mecánica sería la misma. Cuando nos movemos en un tobogán y analizamos varios puntos de descenso, ¿qué cambios podemos observar entre la energía potencial gravitatoria y cinética? Veamos a continuación durante el desarrollo de esta lección para responder la pregunta.

Investigué que cuando un objeto desciende por un plano inclinado, si este no rota, la energía potencial poco a poco se convierte en cinética hasta que el objeto termina su descenso

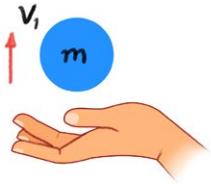


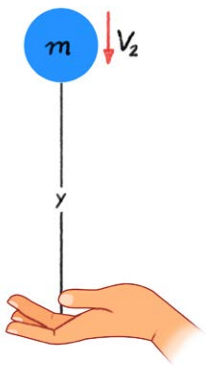


A. Analizando la energía mecánica de un objeto en caída libre

Para analizar un objeto en caída libre podemos tomar un objeto de forma esférica, de preferencia un sólido de masa m. Si aplicamos una fuerza y el objeto sale hacia arriba con una velocidad v_1 y llega hasta una altura y, se detiene teniendo una rapidez v_2. Luego, el objeto desciende y tendríamos una situación similar si lo soltáramos de una altura y.

En varios puntos del ascenso o el descenso del objeto podemos notar que la energía potencial gravitatoria cambia referente a la altura del objeto y la cinética dependiendo de su movimiento. Sin embargo, usando la ecuación 2.16, en cualquier punto que se encuentre el objeto, la energía mecánica sería similar.





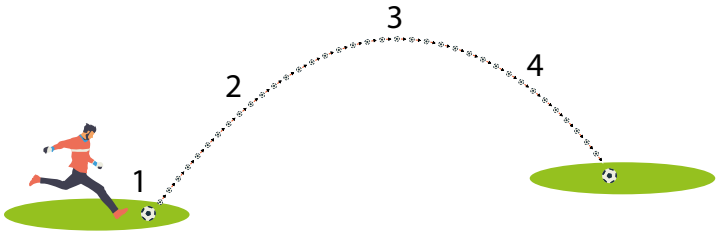
1. Resuelve los siguiente en tu Cuaderno de Trabajo, considera la descripción del objeto en movimiento vertical.
   a. Explica la interacción de las fuerzas que actúan sobre el objeto cuando se encuentra en el aire.
   b. Si el objeto tiene una masa de $0.20\ \mathrm{kg}$ y una velocidad de $\mathrm{v}_1 = 15.0\ \mathrm{m/s}$, determina la altura que alcanza el objeto.
   c. Realiza gráficas de energía que muestren la conservación de la energía mecánica en los puntos 1 y 2 en el ascenso del objeto.

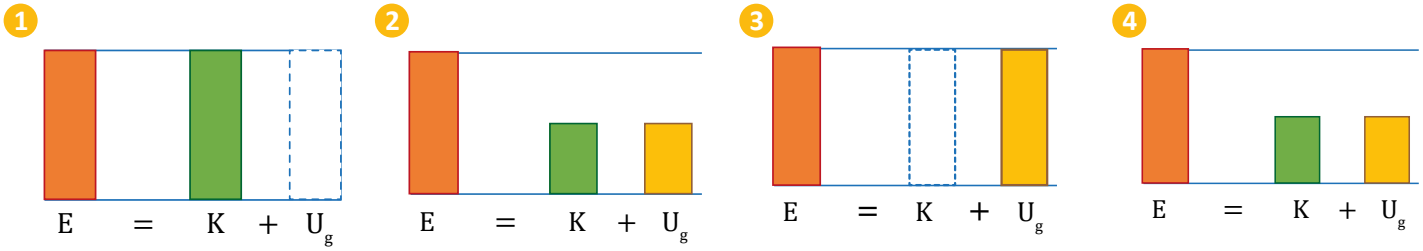
p. 32

Creatividad

La energía mecánica se conserva cuando la suma de las energías potencial gravitatoria y cinética se mantiene constantes en cualquier punto del movimiento de un objeto. Si bien sus valores pueden cambiar, la suma permanece constante, como lo vimos en la ecuación 2.16. Sin embargo, en ocasiones es necesario representar la variación de la energía mediante gráficas que nos permitan visualizar cómo se transforma una en otras; por lo general, son barras para las que, cualitativamente, dado que no es necesario un cálculo, basta con saber el comportamiento de la energía. Podemos realizar un ejemplo con el movimiento parabólico, como el movimiento de una canica en un semicírculo.el movimiento parabólico, como el movimiento de una canica en un semicírculo.

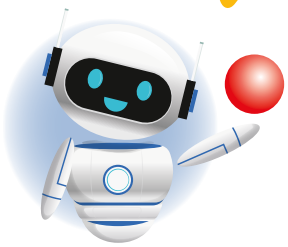
En el movimiento parabólico podemos representar la conservación de la energía mecánica mediante gráficas. En la imagen de la derecha se observa un futbolista lanzando un balón. Representamos por medio de gráficas la conservación de la energía mecánica en los puntos señalados.





La energía mecánica se mantiene constante en todo momento. Notamos que hay una conversión entre la energía cinética y la energía potencial gravitatoria. A medida que el balón asciende, la energía cinética se convierte en energía potencial gravitatoria, pero en el descenso ocurre lo contrario. A continuación, experimentaremos con la conservación de la energía mecánica.

Las fuerzas conservativas permiten tener una conversión entre energía cinética y energía potencial gravitatoria, manteniendo constante la energía mecánica.

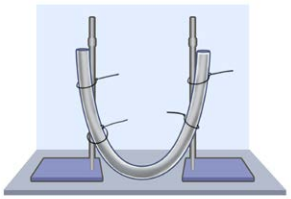


B. Experimentando con el movimiento de una canica

Si dejamos caer una canica desde cierta altura estaríamos en una situación similar a la *actividad A*. Sin embargo, si dejamos caer la canica en un tubo en forma de U, notamos que desciende y luego vuelve ascender por el otro lado del tubo. A continuación, demostraremos cómo se conserva la energía mecánica en el movimiento que realizará la canica en un tubo en U.

Materiales:

- 1 m de manguera transparente
- Canica de diámetro menor al de la manguera
- Regla de 30 cm
- Regla de 1 m
- 4 cinchos de nylon de 20 cm de longitud
- 2 soportes universales
- Marcador
- Balanza



Procedimiento:

1. Toma la manguera para formar un tubo en U, sujeta dos cinchos de nylon a cada lado y sujétalo a los soportes universales. La altura de cada lado sería alrededor de $30\ \text{cm}$.

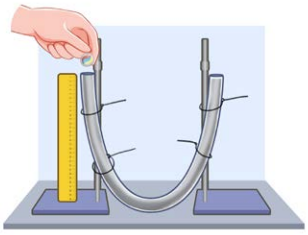
p. 33

2

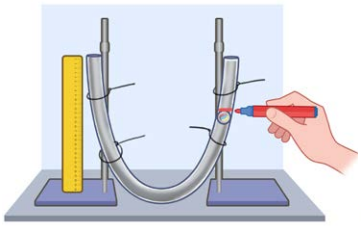


2. Mide la masa de la canica y registra su valor. Todos los registros y cálculos tienes que realizarlos en tu Cuaderno de Trabajo.
3. Mide la altura de uno de los lados del tubo en U, donde podrías colocar la canica para observar su movimiento.
4. Calcula la energía potencial gravitatoria de la canica si la colocas a la altura que mediste en el numeral anterior.
5. Coloca la canica a la entrada de la altura que mediste en el numeral 3.
6. Suelta la canica y marca la altura máxima que asciende al otro lado.
7. Calcula la rapidez de la canica cuando pasa por el punto más bajo del tubo en U y la energía potencial gravitatoria que alcanza cuando asciende por el otro lado.
8. Cambia la altura de uno de los lados (uno de los lados deberá tener mayor altura).
9. Suelta la canica por el lado que posee mayor altura y marca el ascenso máximo que alcanza al otro lado. Repite el lanzamiento de la canica, ahora por el lado de mayor altura. ¿Por qué la altura que asciende en ambos casos es diferente?

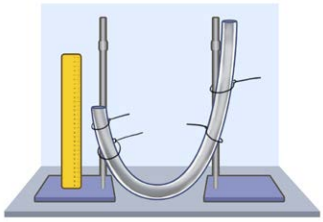
3



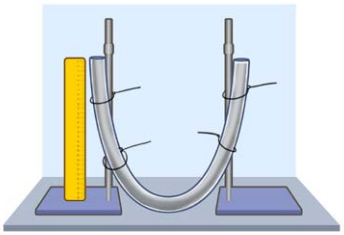
5



6



8



En la *actividad A* planteamos que el objeto se mueve en una trayectoria vertical recta y utilizamos las ecuaciones 2.15 y 2.16 para analizarlo. Sin embargo, al inicio de la presente etapa y en el desarrollo de la *actividad B*, notamos que son trayectorias curvas, dado que el peso realiza trabajo; podemos considerar las mismas ecuaciones.

Sin embargo, como observamos en la *actividad B*, cuando soltamos la canica por uno de los lados del tubo en U, no alcanza la misma altura en el ascenso; esto quiere decir, y por los cálculos que realizamos, que la energía mecánica es diferente. Independientemente de la altura a la que soltemos la canica, observamos que tiene un ascenso diferente. Podemos preguntarnos ¿qué fuerzas realizan trabajo sobre la canica? De manera comparativa, podemos auxiliarnos de gráficos para observar el comportamiento de la energía potencial gravitatoria y cinética durante el movimiento de la canica.

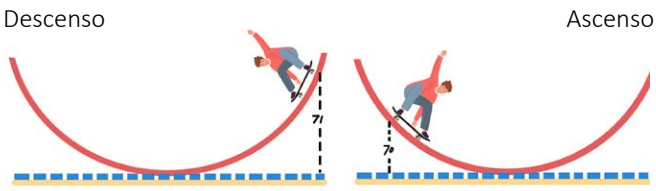
Considerando lo anterior, estaríamos en un escenario donde existe una fuerza que también ejerce trabajo sobre la canica, lo que de manera teórica nos llevaría a pensar que las ecuaciones 2.13 y 2.14 tendrían que modificarse. Para comprender más esta situación, pasemos a verificar la sección de *Así se hace*...

Cambios en la energía mecánica

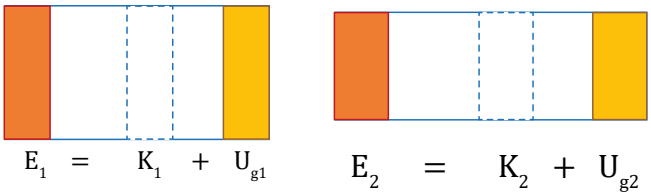
Cuando una fuerza diferente al peso o gravitacional efectúan trabajos sobre un objeto, se ve alterada la energía mecánica. Analicemos la siguiente situación en una rampa semicircular de un skatepark.



Analicemos el movimiento de Luis sobre la patineta. Cuando desciende por el lado derecho, si no se impulsa con sus pies, a la izquierda asciende a una altura distinta, como se muestra en los siguientes esquemas:



Notamos que la altura que alcanza Luis en el ascenso es diferente, $y_1 > y_2$. Si en ambos extremos efectuamos una comparación de la energía mecánica, vamos a obtener lo siguiente:



Si solo la gravedad realizara trabajo, podríamos describir la energía mecánica como en la ecuación 2.13; sin embargo, hay otras fuerzas que también realizan trabajo, y lo vamos a identificar como W_{otras}. Entonces el trabajo total (W_{total}) sería la suma del trabajo realizado por el peso con el que realizan las otras fuerzas. Podemos representarlo por la ecuación:

$$W_{total} = W_g + W_{otras} \qquad 2.19$$

Recordemos el teorema del trabajo y la energía cinética. Utilizando la ecuación 2.8 en 2.19, tendremos:

$$W_{total} = W_g + W_{otras} = \Delta K$$

Asimismo, el trabajo realizado por el peso podemos sustituirlo por la ecuación 2.12:

$$W_{otras} - \Delta U_g = \Delta K$$

Reordenando tenemos:

$$W_{otras} + U_{g1} - U_{g2} = K_2 - K_1$$

Ahora, reordenando similar a la ecuación 2.14:

$$K_1 + U_{g1} + W_{otras} = K_2 + U_{g2} \qquad 2.20$$

Además, la ecuación 2.20 podemos reescribirla como:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mg\,y_1 + w_{otras} = \frac{1}{2}mv_2^2 + mg\,y_2 \qquad 2.21$$

Volviendo al movimiento de Luis con su patineta, si hubiese un incremento en la energía mecánica, quiere decir que:

$$(K_2 + U_{g2}) < (K_1 + U_{g1})$$

En ese caso, W_{otras} sería positivo; por lo contrario:

$$(K_2 + U_{g2}) < (K_1 + U_{g1})$$

W_{otras} sería negativo, que sería el caso que hemos planteado con el movimiento de Luis en su patineta. Por otra parte, si $W_{otras} = 0$, la energía mecánica sería constante y se conservaría; de ese modo volveríamos a utilizar las ecuaciones 2.14 y 2.15.

Para finalizar, en ciertas circunstancias podemos tratar con fuerzas conservativas y no conservativas. En las primeras podemos representar la relación trabajo-energía cinética como reversibles. En el segundo caso surgen otros términos para tomar en consideración, tal es el caso del cambio de la energía interna de los objetos, dado que de esa forma se manifiesta el trabajo realizado por fuerzas no conservativas. Es de considerar que la suma de las energías potencial, cinética e interna se conserva.

Comunicación

Hasta el momento hemos discutido que si solo la fuerza gravitatoria realiza trabajo sobre un objeto, la energía mecánica se conserva; sin embargo, existe otro tipo de fuerza que al realizar trabajo también se conserva la energía mecánica, y es la elástica, que se desarrollará en la siguiente unidad. Por otra parte, hemos notado que cuando hay otras fuerzas que realizan trabajo, podemos calcularlo mediante la diferencia de la energía mecánica considerando las ecuaciones 2.20 y 2.21; con ello podremos resolver problemas donde se involucren fuerzas diferentes al peso que realicen trabajo sobre un objeto.

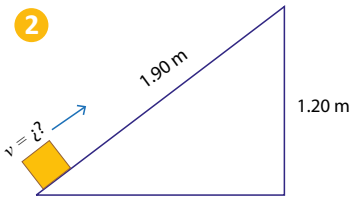
1



C. Analizando el trabajo que otras fuerzas realizan

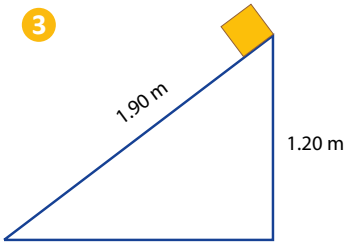
Ahora analizaremos ejemplos donde queda evidenciado que otras fuerzas realizan trabajo sobre un objeto. Además, retomaremos los resultados que obtuvimos en la *actividad B*, para lo que usaremos la expresión que demostramos en la sección *Así se hace*...

2



Ejemplo 1. Irene ayuda a Luis a mover unas cajas a un *pick up* que se encuentra estacionado en una superficie plana. Para evitar estar levantando las cajas a una altura aproximadamente de $1.20\ \text{m}$, decide colocar un plano inclinado de de longitud; de esa manera le facilitaría el ascenso de las cajas. Si una de las cajas tiene una masa de ¿qué rapidez debe de darle Irene a las cajas para que logren ascender hasta el *pick up*?

3



Solución

Primero identificamos el punto de partida o inicial (1) desde donde Irene aplicará la fuerza a la caja, luego el punto final (2) hasta donde llegará la caja. Nos apoyamos de esquemas que nos permitan auxiliar sobre el movimiento de la caja. Hacemos uso de la ecuación 2.15 y la conservación de la energía mecánica para analizar los puntos iniciales y finales que son de nuestro interés. Usaremos subíndices 1 para el inicial y 2 para el final; escribimos la ecuación 2.15.

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mg\,y_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mg\,y_2$$

Identificaremos cada miembro de la ecuación: v_1 es la rapidez con la que Irene impulsará la caja, y podemos colocarla como v. Para y_1 sería la altura que se encuentra en el punto inicial. Tomando nuestro marco de referencia, dicha altura es de 0m; en consecuencia, $y_1 = 0\ \text{m}$. v_2 sería la rapidez en el punto final. Como se detiene $v_2 = 0\ \text{m/s}$, y_2 sería la altura que alcanza la caja $y_2 = 1.20\ \text{m}$; m sería la masa de la caja, que según el problema tendría un valor de $15.0\ \text{kg}$. Observamos que en ambos miembros de la ecuación podemos obtener el factor común de la masa. Luego, simplificarla.

$$m\left(\frac{1}{2}v^2 + gy_1\right) = m\left(\frac{1}{2}v_2^2 + gy_2\right)$$

$$\frac{1}{2}v^2 + g\,y_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + g\,y_2$$



Mientras la canica desciende debido a la fuerza gravitatoria, la energía potencial gravitatoria se transforma en energía cinética.

Pasamos a sustituir las magnitudes que sean 0.

$$\frac{1}{2}v^2 + g\,(0\text{ m}) = \frac{1}{2}(0\text{ m/s}) + g\,y_2$$

Reorganizamos la expresión anterior y despejamos para v_1.

$$\frac{1}{2}v^2 = g\,y_2$$

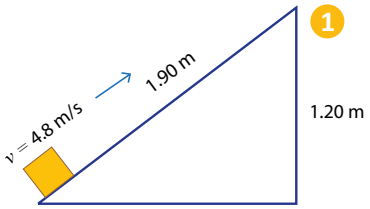
$$v = \sqrt{2g\,y_2}$$

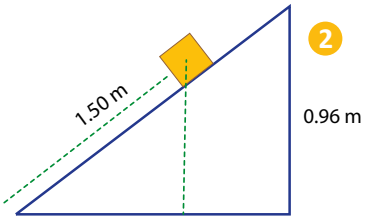
Ahora tomamos el valor de la magnitud de la aceleración gravitatoria como 9.8 m/s^2 y sustituimos el valor de y_2 para calcular la rapidez que Irene debe aplicarle a la caja.

$$v = \sqrt{2(9.8\text{ m/s}^2)(1.20\text{ m})}$$

$$v \approx 4.8\text{ m/s}$$

Ejemplo 2. Irene le aplicó una rapidez similar a la calculada en el *ejemplo 1*. Sin embargo, no consideró la fricción entre la caja y el plano inclinado, algo de lo que se dio cuenta cuando observó que la caja solo se movió 1.50 m sobre el plano inclinado, quedando a una altura aproximada de 0.96 m. ¿Cuál sería la magnitud de la fuerza de fricción que también realiza trabajo sobre la caja?





Solución

Comenzamos identificando los puntos iniciales y finales como en el *ejemplo 1*. Pero como estamos considerando otra fuerza que realiza trabajo, necesitaremos utilizar la ecuación 2.21.

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mg\,y_1 + w_{otras} = \frac{1}{2}mv_2^2 + mg\,y_2$$

Identificaremos cada miembro de la ecuación: v_1 es la rapidez $v \approx 4.8\text{ m/s}$ que calculamos en el ejemplo 1. Para $y_1 = 0\text{ m}$; $v_2 = 0\text{ m/s}$, y_2 sería la altura que alcanza la caja, para este caso $y_2 = 0.96\text{ m}$; m sería la masa de la caja del ejemplo 1, que tendría un valor de 15.0 kg. Al sustituir los valores nulos, tendríamos:

$$\frac{1}{2}mv^2 + mg\,(om) + w_{otras} = \frac{1}{2}m\,(0m/s) + mgy_2$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + w_{otras} = mgy_2$$

Para W_{otras}, podemos usar la ecuación 2.2, considerando que la fuerza que hace trabajo es la fricción F_f

$$\frac{1}{2}mv^2 + (-F_f\,\Delta x) = mgy_2$$

El trabajo realizado por la fuerza de fricción es negativo; el recorrido sería hasta donde sube la caja $\Delta x = 1.50\text{ m}$. Despejando para F_f, tenemos:

$$\frac{1}{2}mv^2 - F_f\,\Delta x = mg\,y_2$$

$$F_f\,\Delta x = \frac{1}{2}mv^2\,mg\,y_2$$

$$F_f = \frac{m}{2\,\Delta x}(v^2 - 2g\,y_2)$$

$$F_f = \frac{15.0\text{ kg}}{2(1.50\text{ m})}\left[(4.8\text{ m/s})^2 - 2(9.8\text{ m/s}^2)(1.20\text{ m})\right]$$

Realizando los cálculos, el resultado para la magnitud de la fuerza de fricción sería:

$$F_f = 2.4\text{ N}$$

Haciendo unos pequeños cálculos, podemos encontrar la fuerza que aplicó Irene a la caja.

1. Realiza cálculos similares en tu Cuaderno de Trabajo usando los resultados obtenidos en la *actividad B*.

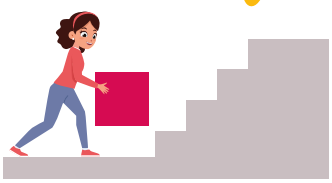
p. 34

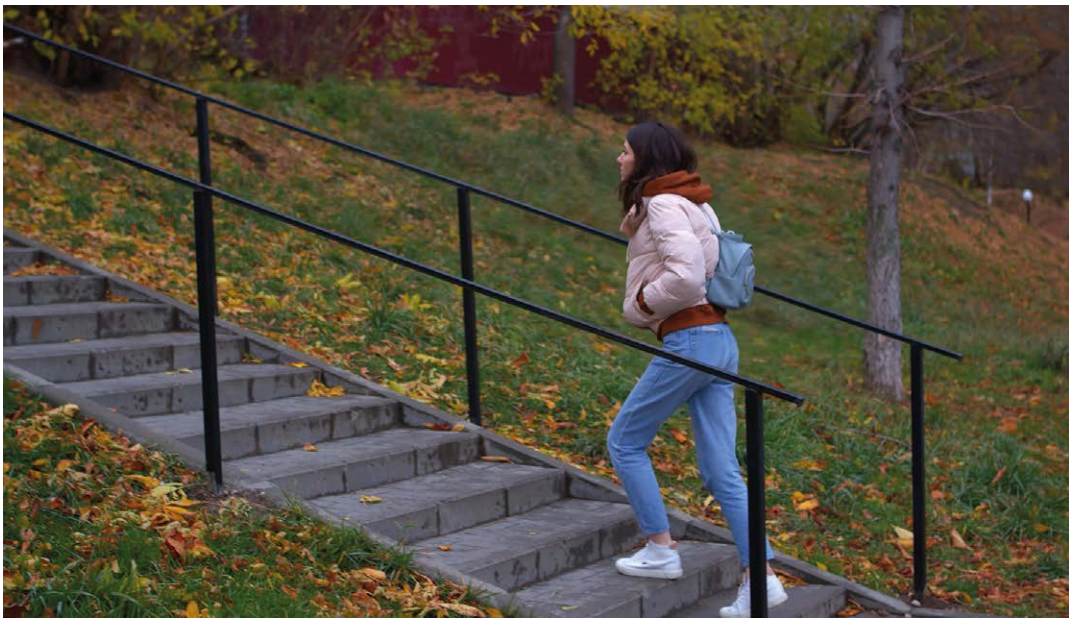
Potencia mecánica

Indagación

Durante el desarrollo de la lección hemos mencionado y definido el trabajo que una fuerza realiza sobre un objeto; sin embargo, no mencionamos nada del tiempo. Por ejemplo, si sales del salón de clases y subes unas escaleras a velocidad constante, la energía potencial gravitatoria que tendrás en la cima sería la misma si te tardas 10 minutos, 1 hora o 1 día en subir. Entonces, en ciertas ocasiones es necesario saber con qué rapidez se realiza un trabajo; por ejemplo, en la *actividad C* podemos preguntarnos qué fuerza debería aplicarle Irene a una caja para que ascienda en menos de dos segundos. La energía potencial gravitatoria de la caja arriba del pick up sería similar, pero el tiempo que tardaría Irene haría la diferencia. A continuación, encontraremos qué magnitud nos proporciona información sobre la rapidez con la que se realiza un trabajo.

Independientemente de cuánto me tarde en levantar la caja, realizaré el mismo trabajo.





Si el trabajo que realizamos para mover una caja es el mismo si lo hacemos en tiempos diferentes, ¿cómo podemos saber el significado de la rapidez con la que realizamos dicho trabajo?



A. Calculando la rapidez con la que se efectúa el trabajo

Podemos calcular que efectuamos la misma cantidad de trabajo al subir una caja de $10\ \text{kg}$ por unas escaleras hasta llegar a una altura de $5\ \text{m}$ si lo hacemos caminando o corriendo; sin embargo, por lo general nos cansaríamos más cuando subimos las escaleras corriendo, y por consiguiente nos tardaríamos menos tiempo en subir la caja. Realizando algunos cálculos podemos cuantificar qué tan rápido efectuamos un trabajo. A continuación, calcularemos el trabajo de la situación planteada anteriormente, como también podemos calcular la rapidez con lo que lo efectuamos.

Procedimiento:

1. Toma como base la información anterior, considera las expresiones de las lecciones anteriores y calcula lo siguiente:
   a. El trabajo que realizarías en subir la caja.
   b. La rapidez con la que efectuaste el trabajo si te tardaste en subir sin detenerte.
2. Si ahora debes de subir dos cajas de masas similares a la de la descripción, calcula lo siguiente:
   c. El trabajo que realizarías en subir las dos cajas.
   d. El tiempo que te tardarías en subir las cajas, si la rapidez con la que efectúas el trabajo debe de ser igual a la que calculaste en el literal b.

p. 35

Creatividad

Cuando realizamos los cálculos de la rapidez con la que efectuamos un trabajo en la *actividad A*, seguramente dividimos el trabajo que realizamos por el tiempo que tardamos en subir por las escaleras. Esa relación nos lleva a una magnitud física que denominaremos **potencia mecánica** o simplemente potencia (P). Notamos que en ocasiones suele emplearse potencia como sinónimo de fuerza o energía; sin embargo, la definición más apropiada sería la rapidez con la que efectuamos un trabajo. Podemos calcular la potencia tomando en cuenta la siguiente relación:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo efectuado}}{\text{Tiempo en efectuar el trabajo}}$$

También podemos escribir la siguiente ecuación:

$$P = \frac{w}{t} \qquad 2.22$$

A partir de cualquier expresión que nos indique el cálculo del trabajo, como las 2.1, 2.2, 2.8 y 2.12, podemos encontrar otras que nos servirán para el cálculo de la potencia. Por ejemplo, a partir de 2.2 y 2.22 podemos obtener:

$$P = \frac{F\,\Delta x}{t}\ \frac{\Delta x}{t} = v$$

Sustituimos la rapidez y obtenemos:

$$P = Fv \qquad 2.23$$

Recordemos que para 2.23 la fuerza y la velocidad deben estar en la misma dirección. Con las ecuaciones 2.8 y 2.12, el trabajo puede ser representado por el cambio de la energía cinética o el de la energía potencial gravitatoria. Podemos reescribir 2.22 de la siguiente manera:

$$P = \frac{\Delta K}{t} \qquad 2.24$$

$$P_g = \frac{-\Delta U_g}{t} \qquad 2.25$$

En la ecuación 2.25 usamos para recordar que la potencia proviene del cambio de energía potencial gravitatoria. Por otra parte, en ocasiones es conveniente expresar la energía cinética en relación con la magnitud del momento lineal . Manipulando la ecuación 2.6 podremos obtener una expresión que involucre al momento lineal. Procedemos a realizar lo siguiente:

Tomamos la ecuación 2.6 y al miembro de la derecha lo multiplicamos y lo dividimos por la masa m

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \times \frac{m}{m}$$

$$K = \frac{m^2v^2}{2m}$$

Sustituimos por la magnitud del momento lineal y obtenemos la siguiente expresión:

$$K = \frac{p^2}{2m} \qquad 2.26$$

Usando la expresión anterior también podemos calcular el trabajo, como en 2.8; por consiguiente, la potencia mecánica, como aparece en 2.23.

Haciendo lo anterior podemos obtener una ecuación de la potencia donde dependa del momento lineal.

$$K_1 = \frac{p^2}{2m} \quad K_2 = \frac{p_2^2}{2m}$$

Notación...

La potencia se expresa con las unidades joule sobre segundo que es equivalente a watts (W):

$$\frac{J}{s} = W$$

FUERZA Y POTENCIA

Los motores de algunos aviones desarrollan un empuje cercano a 197 000 N, creando una potencia de 4.93×10^7 W cuando vuelan a la rapidez de 250 m/s.

$$W = \frac{p_2^2}{2\,m} - \frac{p_1^2}{2\,m}$$

$$W = \frac{p_2^2 - p_1^2}{2\,m}$$

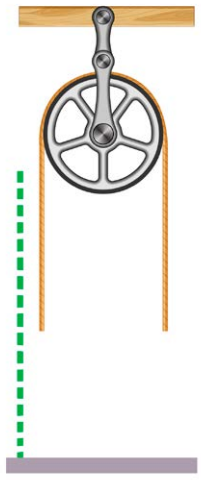
Si usamos la ecuación 2.22 podemos calcular la potencia mecánica a partir de la magnitud del momento lineal de la siguiente manera:

$$P = \frac{p_2^2 - p_1^2}{2\,mt} \qquad 2.27$$

B. Calculando la potencia al levantar un objeto

Cuando levantamos un objeto a una altura determinada dependerá de la masa para saber el trabajo que realizaría la fuerza que le aplicaríamos para moverlo. Quiere decir que para objetos de diferente masa, tendríamos trabajo diferente. Sin embargo, en términos de potencia podemos aplicar una potencia similar a objetos de diferentes masas moviendo más rápido o más lento cada uno de ellos. Veamos a continuación cómo lo podemos realizar.

1



2



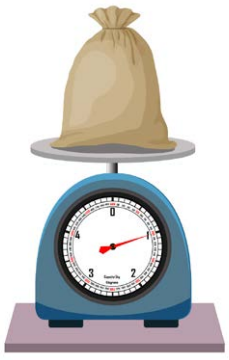
Materiales:

- 3 bolsas plásticas de 2 kg de capacidad
- Polea fija de 2.5 cm de diámetro
- 2 m de hilo de *nylon*
- 3.5 kg de arena
- Cronómetro
- Tijeras
- Cinta métrica para costura de 150 cm de longitud
- Dinamómetro con medición máxima de 20 N
- Calculadora
- Balanza

Procedimiento:

1. Acopla la polea a una altura aproximada de $1.5\ m$ sobre el nivel del suelo o de la superficie donde trabajarás.
2. Coloca cordel a la polea procurando que pase al centro de esta y que se pueda mover libremente y fija el dinamómetro en un extremo.
3. Coloca arena en una de las bolsas plásticas hasta alcanzar una masa aproximada de $0.5\ kg$; en una segunda bolsa, la cantidad de $1.0\ kg$, y en otra, $2.0\ kg$. Identifica las bolsas con los números 1, 2 y 3.
4. Sujeta la bolsa que contiene $0.5\ kg$ de arena al otro extremo de la polea.
5. Desciende la bolsa con arena hasta la superficie de referencia, luego hala de manera vertical el dinamómetro y verifica la medida de la fuerza.

3



4



5



6. Aplica la fuerza necesaria para que ascienda la bolsa de $0.5\ \text{kg}$ y mide el tiempo que tarda en subir $1.5\ \text{m}$. Realiza lo mismo para las siguientes bolsas con arenas y resuelve lo siguiente:
   a. Completa la tabla con las magnitudes restantes, sigue las indicaciones que se encuentran en tu Cuaderno de Trabajo.
   b. Con los resultados obtenidas en la tabla, calcula la magnitud del momento lineal justo antes de que las bolsas alcancen la altura máxima.

p. 36

Identifiquemos la parte inicial del movimiento de las bolsas como 1 y 2 a la altura que llegarán. Nos facilitará el uso de las ecuaciones que involucren el trabajo y la potencia mecánica.



Como observamos en la *actividad B* y en el desarrollo de la unidad, cuando calculamos el trabajo o la potencia mecánica necesitamos considerar dos puntos: el de partida, que normalmente lo representamos con 1, y el de llegada, que sería 2, así como nos recomienda nuestro amigo Carlos.

En ciertas situaciones, cuando hablamos del punto inicial partimos del reposo; en ese sentido, en las expresiones que consideran puntos iniciales y finales, el inicial 1 se anularía. Por ejemplo, si retomamos el *literal b* de la *actividad B*, necesitaríamos usar la ecuación 2.27, pero como las bolsas parten del reposo, tendríamos $\text{p}_1 = 0\ \text{kg m/s}$, y la expresión tomaría la siguiente forma:

$$\text{P} = \frac{\text{p}_2^2 - (\text{okg m/s})}{2\ \text{mt}}$$

$$\text{P} = \frac{\text{p}^2}{2\ \text{mt}}$$

Es conveniente en algunos casos reescribir p_2 como p. Siguiendo esta propuesta, tendríamos:

$$\text{P} = \frac{\text{p}_2^2}{2\ \text{mt}} \qquad 2.28$$

Si queremos calcular la magnitud del momento lineal de la ecuación anterior podemos despejar esa magnitud:

$$\text{P} = \sqrt{2\ \text{mtP}} \qquad 2.29$$

Podemos utilizar la expresión anterior para el cálculo que nos solicitaron en el literal b de la actividad B. Por lo general, encontramos o asociamos el término potencia a dispositivos eléctricos, como la de una luminaria LED de $14\ \text{W}$, que nos quiere decir que se convierte $14\ \text{J}$ de energía eléctrica y calor cada segundo; pero por lo que hemos desarrollado hasta ahora notamos que los watts no solo se refieren a dispositivos eléctricos.

Por otra parte, si observamos el recibo mensual de energía eléctrica, notamos que la unidad de consumo de energía eléctrica viene por kilowatt-hora $\text{kW} \cdot \text{h}$, que es como se expresa comercialmente la unidad de energía eléctrica. Esto podríamos definirlo como un $1\ \text{kW} \cdot \text{h}$, es decir, el trabajo total realizado en una hora; si lo representáramos en J, sería un valor aproximado de $3.6 \times 10^6\ \text{J}$.

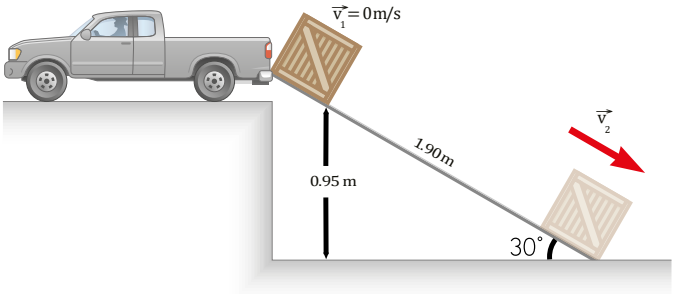
A veces podemos resolver problemas donde necesitaremos calcular la potencia mecánica en ciertas situaciones. Ejemplos de ellos los resolveremos en la siguiente etapa y posteriormente resolveríamos situaciones similares a los de los ejemplos.

Comunicación

Durante el desarrollo de la lección hemos visto la importancia de la potencia mecánica para darnos cuenta de la rapidez con la que una fuerza realiza trabajo. Para dos eventos podemos tener potencia mecánica similar, pero el trabajo podría ser diferente; las distintas expresiones deducidas también nos facilitan calcular otras magnitudes involucradas en un fenómeno mecánico. Si bien en la actividad B realizamos cálculos analizando el ascenso de bolsas con arena, también podemos hacerlo para objetos que se mueven sobre una superficie. A continuación, desarrollaremos ejemplos en los que a partir de la potencia mecánica o el trabajo podemos calcular otras magnitudes.

C. Resolviendo problemas sobre potencia mecánica

Las expresiones deducidas en esta lección y en alguna de las anteriores serán de suma importancia para resolver problemas que involucren la potencia mecánica. Debemos analizar físicamente el fenómeno para proceder con el cálculo que cada problema nos solicita; tomemos en cuenta que al finalizar los ejemplos podemos desarrollar los problemas que se nos presenten en el Cuaderno de Trabajo.



Ejemplo 1. Las cajas que subieron al *pick up* Irene y Luis en el ejemplo 1 de la lección anterior llegaron a su destino. Ahora, descienden las cajas por la misma rampa que usaron para el ascenso; cada caja descenderá por la rampa, que tiene una inclinación de $30°$. Para una de las cajas con una masa aproximada de $15.0\ \text{kg}$ que tarda $2.0\ \text{s}$ en descender, ¿cuáles serían la potencia mecánica y el momento lineal de la caja?

Solución

Por la información del problema, solo la gravedad realiza trabajo; por ello sería conveniente que utilicemos la ecuación 2.12 para calcularlo e iniciamos de la siguiente manera:

$$W - W_g$$

$$W = -\Delta U_g$$

$$W = -(mg\,y_2 - mg\,y_1)$$

$$W = -mg\,y_2 - mg\,y_1$$

Al observar la figura, en el punto 2 se da el descenso total; quiere decir que . La expresión anterior sería:

$$W = mg\,y_1$$

Hacemos uso de la ecuación 2.22 para el cálculo de la potencia mecánica y tendríamos:

$$P = \frac{mg\,y_1}{t}$$

Recolectando los datos de las magnitudes de la expresión anterior tenemos que la masa de la caja es $m = 15.0\ \text{kg}$, la aceleración gravitatoria se tomaría constante $g = 9.80\ \text{m/s}^2$, la altura desde donde inicia el descenso la caja $y_1 = 0.95\ \text{m}$ y el tiempo que tarda en descender $t = 2.0\ \text{s}$. Ahora podemos sustituir en las respectivas magnitudes y calcular la potencia mecánica con la que desciende la caja.

$$P = \frac{(15.0\ \text{kg})(9.80\ \text{kg})(0.95\text{m})}{2\text{s}}$$

$$p \approx 69.8\ \text{W}$$

Para la magnitud del momento lineal tomamos consideraciones similares que para el trabajo. En este caso las cajas parten del reposo; por lo tanto, es conveniente utilizar la ecuación 2.29 para calcular la magnitud del momento lineal.

$$p = \sqrt{2\,mtP}$$

$$p = \sqrt{2(15.0\ \text{kg})(2.0\ \text{s})(69.8\ \text{W})}$$

$$p \approx 64.7\ \text{kg m/s}$$

Otra forma de calcular el momento lineal sería utilizando la energía cinética; dado que según el problema planteado la energía mecánica se conserva, entonces podemos partir de la energía cinética antes de que las cajas se detengan.

La energía cinética en ese caso sería igual al trabajo realizado por el peso. Usando la ecuación 2.26 podemos calcular el momento lineal.

$$K = \frac{p^2}{2\,m}$$

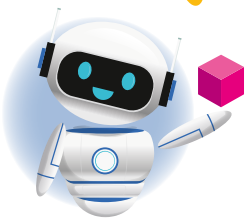
$$p = \sqrt{2\,mK} = \sqrt{2\,m^2\,g\,y_1}$$

$$p = \sqrt{2(15.0\ \text{kg})^2\,(9.80\ \text{m/s})(0.95\ \text{m})}$$

$$p \approx 64.7\ \text{kg m/s}$$

Podemos observar que obtuvimos resultados similares para el momento lineal. Dependiendo el problema que se nos plantea, podemos optar por usar la ecuación 2.26 o la 2.29.

No confundamos la magnitud de trabajo (W) con la unidad de potencia (watts :W).



Ejemplo 2. Luego que descendieron las cajas, Luis las movió de manera horizontal a una bodega que se encuentra a una distancia de $10.0\ \text{m}$. Si aplica una fuerza constante en la misma dirección del movimiento de $150\ \text{N}$ y se tarda en mover cada una de las cajas $30.0\ \text{s}$, calcular la potencia mecánica y el momento lineal para una caja de $15.0\ \text{kg}$, considerando que la caja parte del reposo cuando Luis empieza a aplicar la fuerza.



Solución

Comencemos identificando las magnitudes involucradas. Además, si es necesario efectuar una conversión de unidades, lo haremos mientras separamos los datos.

Por los datos que nos proporciona el problema se nos facilitará usar las ecuaciones 2.22 y 2.23 para el cálculo de la potencia.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F\,\Delta x}{t}$$

Δx es la distancia que recorre la caja cuando Luis aplica una fuerza sobre ella, y según los datos proporcionados por el problema, sería 10.0m; ahora podemos sustituir las otras magnitudes en la expresión anterior.

Con respecto al momento lineal, podríamos calcularlo con la ecuación 2.26 o 2.29, dado que la caja parte del reposo. Para nuestro caso, usaremos la 2.29.

$$P = \frac{(150\ \text{N})(10.0\ \text{m})}{30.0\ \text{s}}$$

$$P = 50.0\ \text{W}$$

$$p = \sqrt{2\,mtP}$$

Sustituimos las magnitudes que nos proporciona el problema y la potencia que hemos calculado.

$$p = \sqrt{2(15.0\ \text{kg})(30.0\text{s})(50.0\ \text{W})}$$

$$p \approx 212\ \text{kg m/s}$$

Similar al *ejemplo 1*, podríamos calcular el momento lineal utilizando la ecuación 2.26. Además, podríamos calcular la rapidez que lleva la caja con la ecuación 2.23 justo antes de recorrer los 10.0 m, dado que la fuerza es aplicada en la misma dirección del movimiento.

Para resolver problemas, primero identificamos el comportamiento físico del fenómeno, considerando las magnitudes que nos proporcionan, y las incógnitas, para luego buscar la expresión que se adapte a nuestras necesidades, que pueden ser varias.

1. Resuelve los problemas del Cuaderno de Trabajo y aplica los conceptos de trabajo y potencia.

p. 37

Resumen

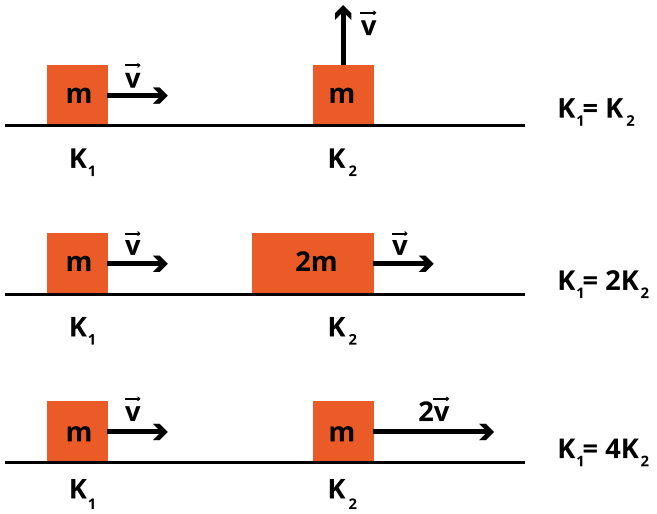
Definimos trabajo (W) como la energía que invertimos para mover un objeto. Si aplicamos una fuerza $\vec{F}$ en la misma dirección del desplazamiento $\Delta \vec{x}$, calculamos el trabajo con la magnitud de los vectores anteriores de la siguiente manera:

$$W = F\Delta x \qquad 2.2$$

En muchas ocasiones, el trabajo tiene una dependencia de la rapidez. Cuando esto sucede, la energía involucrada es la cinética, que podemos definir como la cantidad de trabajo necesario para mover un objeto. Tanto el trabajo como la energía cinética son cantidades escales; esta última puede calcularse con la siguiente expresión:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \qquad 2.6$$

Analizando condiciones iniciales y finales podemos notar los cambios que tiene la **energía cinética**, como en la siguiente figura:



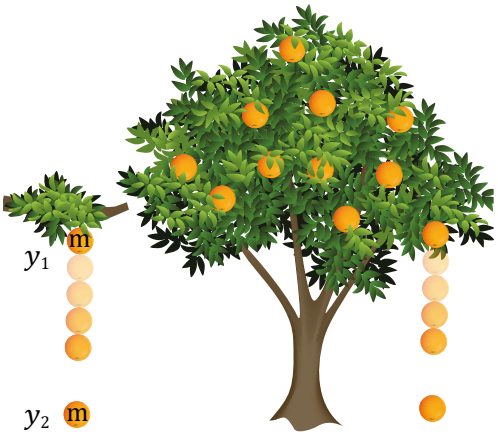
Otra forma de calcular el trabajo es con el cambio de la energía cinética, como la siguiente ecuación:

$$W = \Delta K \qquad 2.8$$

La ecuación 2.8 se conoce como el teorema del trabajo y la energía cinética, que concuerda con lo desarrollado en la sección *Así se hace*. Además, el teorema solo es válido para marcos de referencia inerciales. De igual manera, la deducción la enfocamos para el caso especial del movimiento rectilíneo y fuerzas constantes.

El teorema del trabajo y la energía cinética es de mucha utilidad en situaciones donde queramos relacionar la rapidez de un objeto en movimiento, en cierto punto, con la rapidez en otro lugar.

La fuerza que hace que el objeto caiga es su peso (o fuerza gravitatoria). Si usamos la ecuación 2.2 (para un movimiento vertical) podemos calcular el trabajo realizado por el peso del objeto que se mueve desde el punto 1 al 2, siendo $y_1 - y_2$ el desplazamiento entre esos puntos.



$$W_g = mgy_1 - mgy_2 \qquad 2.10$$

La expresión anterior es el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria, pero a la derecha notamos que hay una dependencia de la altura, que se define como energía potencial gravitatoria y que podemos generalizar de la siguiente manera:

$$U_g = mgy \qquad 2.11$$

En caída libre es conveniente colocar el trabajo debido a la fuerza gravitatoria como:

$$U_g = \Delta U_g \qquad 2.12$$

También, si solo la gravedad realiza trabajo, podemos deducir que:

$$W_g = \Delta K = -\Delta U_g \qquad 2.13$$

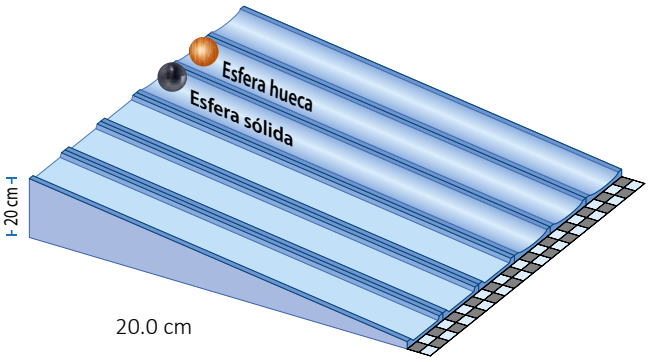
Reorganizando, podemos llegar a:

$$K_1 + U_{g1} = K_2 + U_{g2} \qquad 2.14$$

La energía es igual en la parte inicial que en la final. Para el caso en que la gravedad realiza trabajo, podemos decir que la energía se conserva, manteniéndose constante. Ahora podemos definir la **energía mecánica** (E), que sería la suma de las energías cinética y potencial gravitatoria, y la expresamos de la siguiente manera:

$$E = K + U_g \qquad 2.16$$

Por otra parte, un objeto que rota posee energía cinética rotacional, depende de la distribución espacial de la masa del objeto y su forma geométrica; la magnitud que involucra lo anterior es el **momento de inercia** (I). Para un objeto con un eje de rotación definido y una masa total conocida, cuanto mayor sea la distancia del eje de rotación a la distribución de masa, mayor será el momento de inercia.



Una masa en movimiento de rotación posee energía cinética, que podemos expresar en términos de la rapidez angular como un objeto de masa m, pero podemos analizar cada porción de masa con respecto a la distancia al eje de giro o su radio de giro. Cada porción de masa tendría una velocidad angular, que se relaciona con la rapidez lineal.

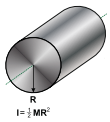
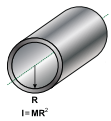
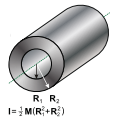
Depende de cómo esté distribuida la masa respecto al eje de giro. El momento de inercia es una magnitud física, y la representaremos de la siguiente manera:

$$I = \sum_n m_n r_n^2$$

La expresión de la energía cinética rotacional podemos representarla como:

$$k = \frac{1}{2} I \omega^2$$

El momento de inercia depende de la geometría del objeto y de su eje de giro. De acuerdo con las diferentes geometrías de los objetos se tienen expresiones para su cálculo; entre ellas están las que se muestran en la siguiente tabla:

Objeto	Nombre	Momento de inercia
	Cilindro sólido	$I = \frac{1}{2} mr^2$
	Cilindro hueco con pared delgada	$I = mr^2$
	Cilindro hueco	$I = \frac{1}{2} m\left(r_1^2 + r_2^2\right)$
	Esfera sólida	$I = \frac{2}{5} mr^2$
	Esfera hueca con pared delgada	$I = \frac{2}{3} mr^2$

En las ecuaciones 2.14 y 2.16 notamos que la **energía mecánica** se conserva y que la suma de las energías potencial gravitatoria y cinética se mantiene constante en cualquier punto del movimiento de un objeto. Si bien sus valores pueden cambiar, la suma permanece constante.



Las fuerzas conservativas permiten tener una conversión entre energía cinética y energía potencial gravitatoria, manteniendo constante la energía mecánica.

Cuando una fuerza distinta al peso o gravitacional efectúan trabajos sobre un objeto, se ve alterada la energía mecánica, como en el movimiento en una rampa semicircular de un *skatepark*.



Por ello, en ocasiones es necesario considerar otras fuerzas que realizan trabajo. La expresión puede generalizarse en:

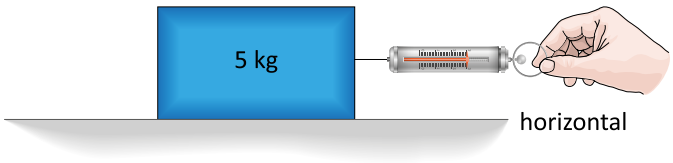
$$K_1 + U_{g1} + W_{\text{otras}} = K_2 + U_{g2} \qquad 2.20$$

En ciertas circunstancias podemos tratar con fuerzas conservativas y no conservativas, si bien para las primeras podemos representar la relación trabajo-energía cinética como reversibles.

En el segundo caso surgen otros términos para to-mar en consideración, como el cambio de la energía interna de los objetos, dado que de esa forma se manifiesta el trabajo realizado por fuerzas no conservativas. Es de considerar que la suma de las energías potencial, cinética e interna se conserva.

Cuando realizamos los cálculos de la rapidez con la que efectuamos un trabajo, dividimos el trabajo que realizamos por el tiempo; esa relación nos lleva a una magnitud física que denominamos **potencia mecánica** o simplemente potencia (P).

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo efectuado}}{\text{Tiempo en efectuar el trabajo}}$$



También podemos escribir la siguiente ecuación:

$$P = \frac{W}{t} \qquad 2.22$$

Cuando la fuerza que realiza trabajo se aplica a la misma dirección de la velocidad, es posible calcular la potencia mecánica realizando el producto entre sus magnitudes.

$$P = Fv \qquad 2.23$$

En ocasiones es conveniente expresar la energía cinética como dependencia de la magnitud del momento lineal.

$$K = \frac{p^2}{2\,m} \qquad 2.26$$

Por consiguiente, podemos calcular la potencia a partir de la magnitud del momento lineal.

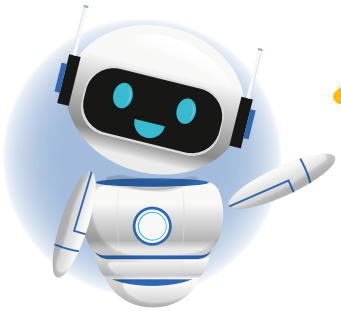
$$P = \frac{p_2^2 - p_1^2}{2\,mt} \qquad 2.27$$

Cuando se parte del reposo, se puede despreciar la magnitud del momento lineal inicial, quedando la ecuación:

$$P = \frac{p^2}{2\,mt} \qquad 2.28$$

Si queremos calcular la magnitud del momento lineal, de la ecuación anterior podemos despejar dicha magnitud:

$$p = \sqrt{2\,mtP} \qquad 2.29$$



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

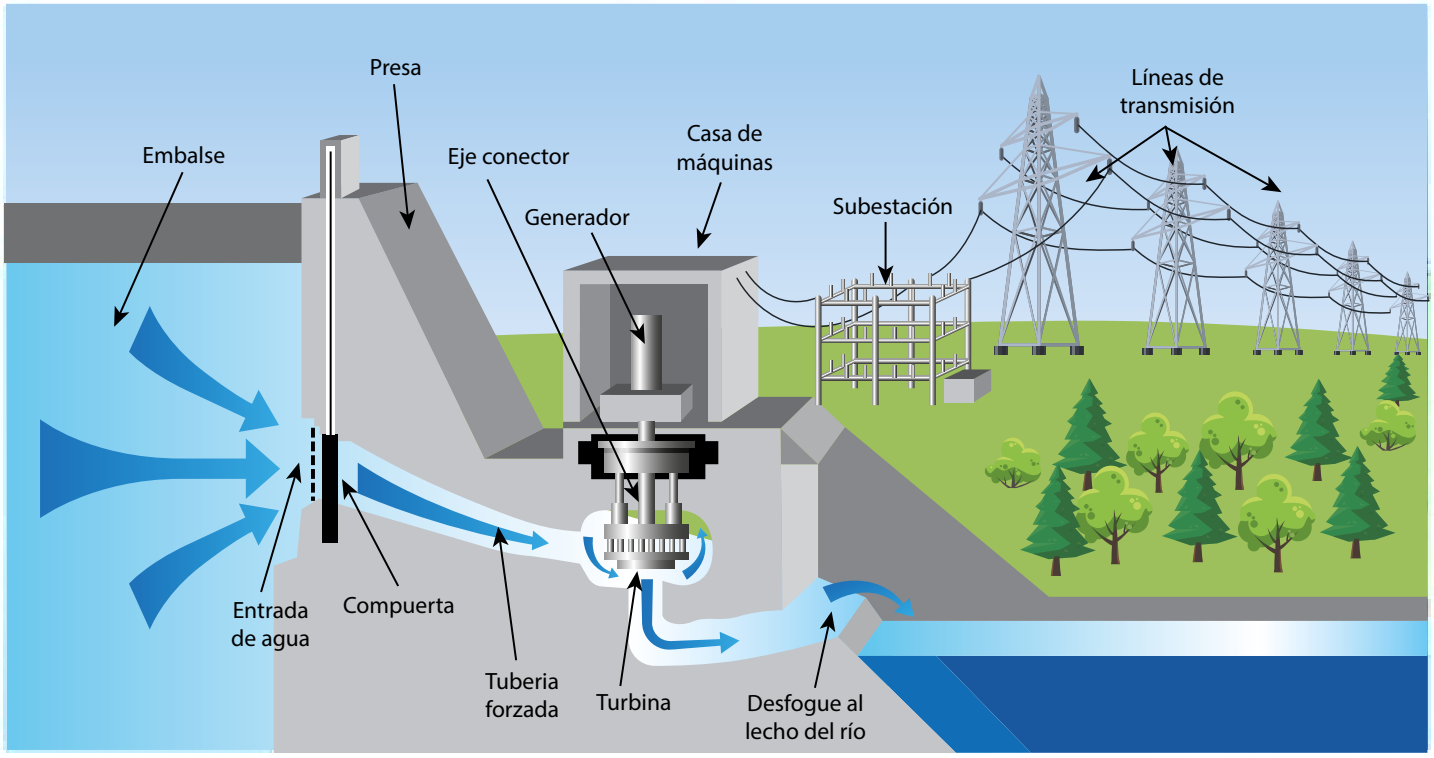
- **Trabajo**
- **Energía cinética**
- **Momento de inercia**
- **Energía potencial gravitatoria**
- **Energía mecánica**
- **Potencia mecánica**

Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica se genera al transformar el movimiento del agua en energía eléctrica. Para lograrlo se necesita de una central hidroeléctrica, donde la transformación de la energía potencial gravitatoria en energía cinética se produce mediante el descenso del agua. Luego el agua se mueve para pasar por unas turbinas que son acopladas a un generador, convirtiendo la energía cinética en mecánica y posteriormente en energía eléctrica.

La transformación de la energía se consigue con la interacción de componentes principales, uno móvil y otro estático; la parte móvil se denomina rotor y la estática, estátor. El rotor es el responsable de generar un flujo magnético que actúa como inductor y el estátor transforma la energía mecánica en eléctrica. La instalación que permite aprovechar la energía hidroeléctrica es una central hidroeléctrica, que se construye por lo general en ríos para aprovechar las masas de agua en movimiento, que pasan por turbinas para obtener energía eléctrica.

Cuando el agua pasa por las turbinas, regresa al río; de esa forma podría utilizarse por otra central hidroeléctrica o para simple consumo. Podemos representar una central hidroeléctrica como la siguiente imagen:



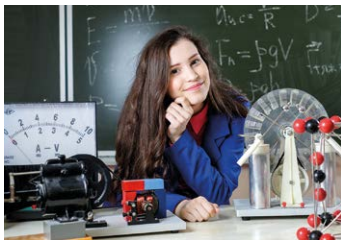
El Salvador cuenta, en la actualidad, con cinco centrales hidroeléctricas. La más pequeña es la de Guajoyo, ubicada en el distrito de Metapán (departamento de Santa Ana), cuya fuente de producción es el lago de Güija. Las otras centrales se encuentran en el cauce del río Lempa: Cerrón Grande, en los distritos de Jutiapa, Cabañas y Potonico (Chalatenango); 5 de Noviembre, entre los departamentos de Cabañas y Chalatenango; 15 de Septiembre, entre los departamentos de San Vicente y Usulután. La más reciente es la 3 de Febrero, ubicada al norte del departamento de San Miguel, con una capacidad total aproximada de $67\ MV$.

Quiero ser...

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

Carrera: Licenciatura en Física

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.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

- 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:

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

Habilidades:

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

Carrera: Ingeniería Mecánica

Duración: 5 años/10 ciclos



Descripción. La Ingeniería Mecánica se ocupa del diseño, construcción y operación eficiente, segura y económica de dispositivos, máquinas e instalaciones mecánicas para la solución de problemas prácticos. Interviene además en procesos industriales, de planificación y de investigación o supervisión de sistemas mecánicos.

La Ingeniería Mecánica ofrece las bases para desempeñarse en investigación aplicada, diseño y desarrollo, e instalación y mantenimiento de sistemas de distintos campos, como los siguientes:

Bachilleratos sugeridos:
General, Mecánica General, Electricidad, Electrónica.

- Industria de construcción
- Industria automotriz
- Industria textil
- Industria alimenticia
- Producción energética
- Tratamiento de aguas
- Biomedicina
- Manufacturas

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

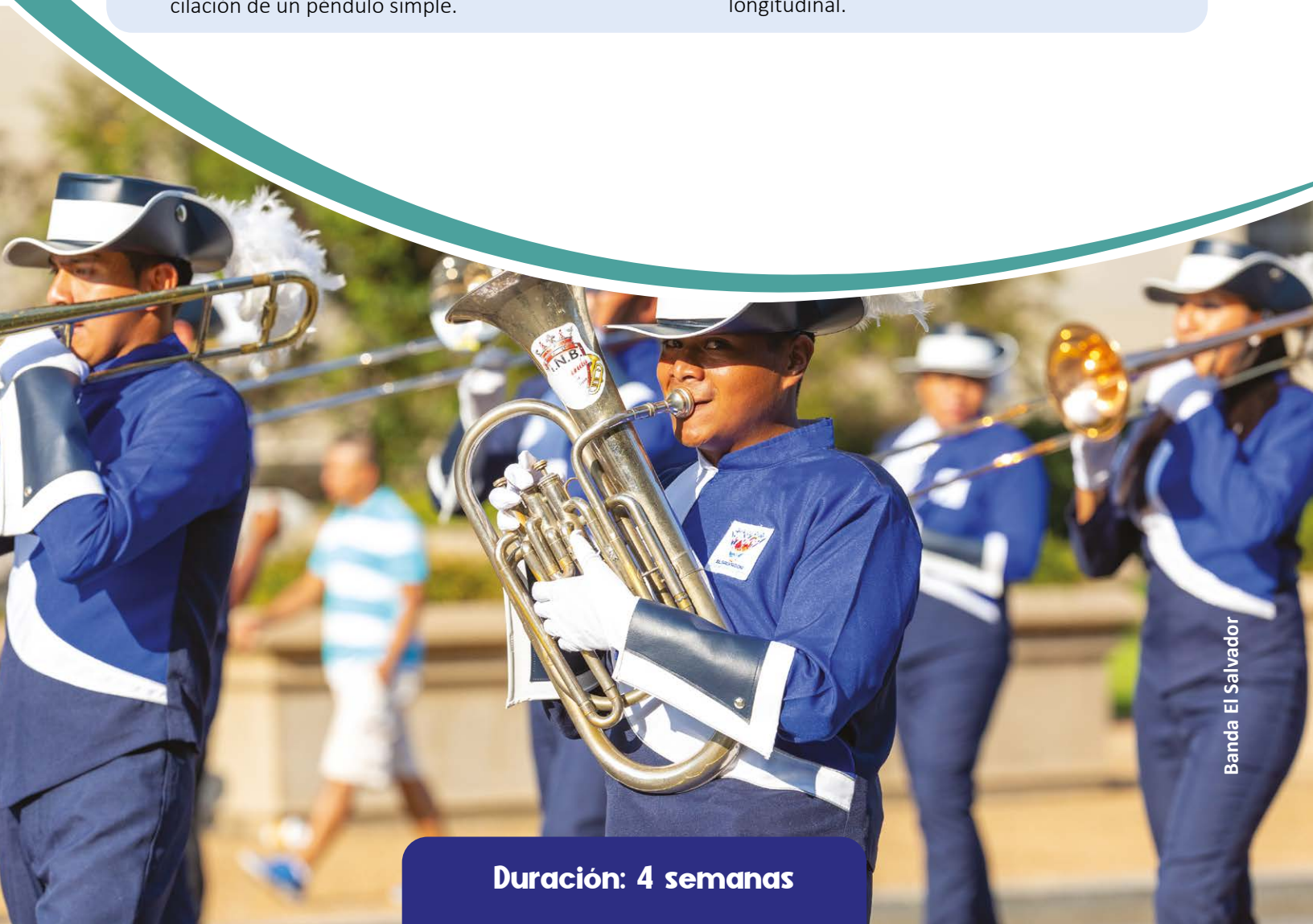
Unidad 3

Ondas mecánicas

Eje integrador: energía

En esta unidad aprenderemos a:

- Reconocer las fuerzas que realizan trabajo sobre un péndulo simple.
- Identificar las transformaciones de la energía de un péndulo simple.
- Explicar las características de las gráficas de energía del oscilador armónico simple.
- Medir el período y la amplitud de oscilación de un péndulo simple.
- Calcular una altura por medio del período de oscilación de un péndulo simple.
- Diseñar un experimento para determinar una altura empleando un péndulo simple.
- Identificar el tipo de onda a partir del movimiento de la fuente de vibración.
- Identificar las magnitudes y las condiciones que hacen cambiar la frecuencia o el tono del sonido producido en cuerdas y en tubos de aire.
- Resolver problemas a partir de gráficas del movimiento ondulatorio armónico transversal y del longitudinal.



Banda El Salvador

Duración: 4 semanas

Indagación

Energía mecánica en el movimiento armónico simple

¿Te has preguntado por qué es tan importante el péndulo? Al reloj de péndulo de pared le proporciona una medida precisa del tiempo. Sirve de diversión a quienes gustan del movimiento oscilatorio en juegos mecánicos de ferias. Para hacer fotogrametría, el sistema de navegación de muchos drones escáner de terrenos, como los drones DJI, utilizan un sensor inercial para estabilizar la cámara y garantizar que las imágenes salgan nítidas y claras. Lo interesante es que existen sensores inerciales que se basan en los principios físicos del péndulo; es más, ¡en tu celular podría haber uno!







Leí que si desplazo la lenteja del péndulo efectúo trabajo sobre ella y transfiero energía potencial gravitatoria. Me pregunto, ¿volvería a alcanzar la misma altura al completar una oscilación?



A. ¿Es constante la energía mecánica de un péndulo?

Desarrollemos el siguiente experimento con un péndulo para analizar el movimiento de un objeto que cuelga de una cuerda. A este objeto, ubicado en el extremo del péndulo, se le denomina **lenteja**. Para garantizar la seguridad durante la manipulación de la lenteja, designaremos a un integrante del equipo para que sea el encargado de manejarla y evitar posibles accidentes.

Materiales:

- Trozo de cordel de 2 m de largo
- 0.454 kg de alpiste en bolsa

Procedimiento:

1. Selecciona a un integrante para que manipule la lenteja (bolsa de semillas).
2. Ata bien un extremo del cordel a la bolsa.
3. Sujeta el otro extremo del cordel al marco de una puerta. Asegúrate de que la bolsa pueda balancearse en un espacio libre de obstáculos a través del marco.
4. Toma la lenteja y camina hacia atrás hasta que el cordel este estirado y la lenteja toque tu mentón.
5. Responde:
   a. Si el participante soltara la lenteja, sin empujarla, ¿volverá a tocar el mentón? ¿Por qué?

p. 40

6. Suelta la lenteja sin empujarla y esperará a que regrese. No debes inclinarte hacia adelante ni poner las manos de frente.
7. Responde:
   b. Explica el fenómeno relacionando la altura desde donde se soltó la lenteja y el trabajo realizado por la fuerza de arrastre del aire.
   c. Escribe el nombre de la energía no mecánica en la que se transforma parte de la energía potencial gravitatoria inicial durante el trayecto de ida y vuelta de la lenteja, después de haber sido liberada.



Creatividad

El movimiento del péndulo anterior se clasifica como movimiento armónico simple (MAS) si cumple dos condiciones. La segunda condición la abordaremos la próxima semana. En esta sección conoceremos algunas características del MAS estudiando un péndulo simple, es decir, un péndulo cuyo peso del hilo o varilla es mucho menor que el de la lenteja y cuya longitud es mayor respecto al tamaño de la lenteja. Es sorprendente la información que podemos extraer del péndulo. También aplicaremos el principio de conservación de la energía para entender el comportamiento de la energía cinética y la energía potencial gravitatoria del MAS.

B. Conservación de la energía mecánica del péndulo simple

Investiguemos, pues, cómo oscila la energía potencial gravitatoria del sistema péndulo-Tierra y la energía cinética de la lenteja mientras se mueve de un lado a otro. Te sorprenderán los resultados gráficos y de la información que extraeremos a partir de los gráficos. Acá no consideraremos ninguna fuerza de fricción en los cálculos.

Materiales:

- 2 trozos de cordel de 2 m de largo cada uno
- Transportador
- 0.454 kg de alpiste en bolsa
- Cinta adhesiva
- Marcador
- Regla o cinta métrica
- 6 hojas de papel tamaño carta
- Objeto pequeño y pesado de tus pertenencias
- Calculadora

Procedimiento:

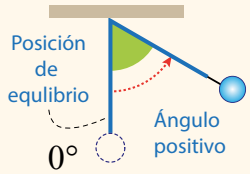
Parte I. Construcción del péndulo

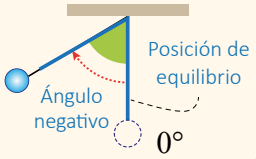
1. Calcula el peso de la masa de $0.454\ \text{kg}$ de alpiste. Usa $g = 9.8\ \text{m/s}^2$. Especifica la dirección y el sentido del peso.
2. Ata en el extremo de un cordel la bolsa de alpiste (lenteja del péndulo).
3. Dibuja un punto en el centro de la bolsa. Usa cinta adhesiva y marcador.
4. Ajusta el cordel a $180\ \text{cm}$ del marco hasta el centro de la bolsa y sujeta el otro extremo del cordel al marco de una puerta. Asegúrate de que la bolsa se balancee sin obstáculos a través del marco. Ponla en reposo.
5. El ángulo formado por el cordel respecto a la vertical es $\theta = 0°$ (desplazamiento angular cero).
6. Lee lo que está a continuación.
   Primera condición para producir MAS. Debe existir una **posición de equilibrio** en la oscilación. En este instante del punto más bajo de la trayectoria del centro de la lenteja, la fuerza resultante es nula y su velocidad es máxima. Además, los desplazamientos y los ángulos se miden a partir de la posición de equilibrio, donde le asignamos $\vec{x}_i = 0$ m. De hecho, si tienes un péndulo en reposo frente a ti, el ángulo con respecto a la vertical es $\theta = 0°$ y también se halla en la posición de equilibrio, aunque no esté oscilando.
7. Haz el diagrama de cuerpo libre (DCL) del péndulo en la posición de equilibrio y aplica la primera ley del movimiento de Newton para calcular el vector tensión del cordel.
8. Registra la altura del centro de la lenteja con respecto al suelo en la posición de equilibrio ($\theta = 0°$).

p. 40

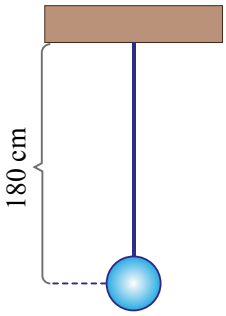
Ojo al dato...

Una manera de especificar si la lenteja está a la izquierda o a la derecha de la posición de equilibrio es por el **desplazamiento angular**. Usa ángulos positivos y negativos

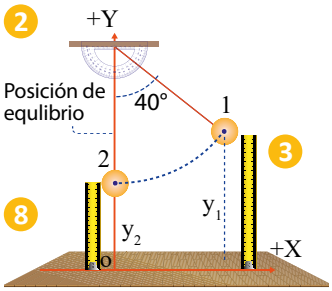


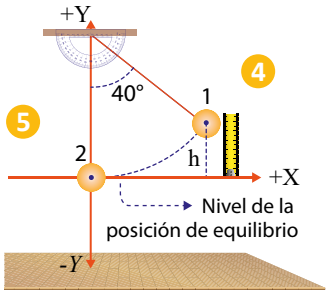


5



Posición de equilibrio





Parte II. Identificación de ángulos y alturas

1. Construye la vertical del péndulo con el segundo cordel. Cuelga el objeto pequeño desde el mismo punto de sujeción del péndulo, lo más abajo posible de la lenteja, pero sin tocar el suelo. Medirás el desplazamiento angular del péndulo a partir de la vertical ($\theta = 0°$).
2. Hala la lenteja hasta $\theta = 40°$. Usa el transportador.
3. Registra la altura del centro de la lenteja con respecto al suelo en $\theta = 40°$.
4. Calcula la altura del centro de la lenteja en $\theta = 40°$ con respecto al nivel de la posición de equilibrio. De la altura medida en el *paso 3*, resta la altura del *paso 8* de la parte anterior. Nota que la resta subió la ubicación del 0 a dicho nivel.
5. Pon la lenteja en su posición de equilibrio y registra la altura con respecto al nivel de la posición de equilibrio.

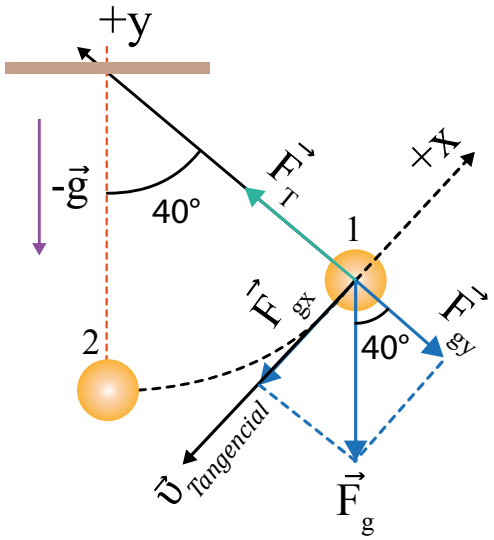
Parte III. Calculo de energía cinética, potencial y trabajo.

1. Calcula el cambio de la energía potencial gravitatoria del péndulo-Tierra ΔU_g durante el descenso de 1 a 2 con respecto de cada nivel del sistema de referencia y verifica si son iguales los resultados (emplea la ecuación 2.11: $U_g = mgy$ en las alturas 1 y 2, y después: $\Delta U_g = U_{g2} - U_{g1}$)
   a. Con respecto al suelo. Usa las alturas de los *pasos 8 de la parte I y paso 3 de la parte II*.
   b. Con respecto al nivel de la posición de equilibrio, usa las alturas de los *pasos 4 y 5 de la parte II.*
2. Calcula el trabajo realizado por el peso (o fuerza gravitatoria) de la lenteja. Usa el resultado del *paso 1* y emplea la ecuación 2.12 $W_g = -\Delta U_g$.
3. Lee lo que está a continuación.
   El DCL del péndulo en $\theta = 40°$ tiene añadida la dirección a la que apunta el vector velocidad $\vec{v}_{tangencial}$ de la lenteja, que también es la que señala $\vec{d}$, el vector desplazamiento (no esquematizado) muy, muy pequeño de la lenteja. Si observas el ángulo entre las direcciones de cada componente del peso y la tensión con el desplazamiento $\vec{d}$ (o $\vec{v}_{tangencial}$) determinarás cuál de estas fuerzas realiza trabajo. Si los vectores son perpendiculares (fuerza ⊥ desplazamiento) $90°$ o $-90°$, la fuerza no realiza trabajo, es decir, no transfiere energía mecánica. Si son vectores paralelos (fuerza || desplazamiento) $0°$, la fuerza realiza trabajo, es decir, transfiere energía mecánica.

p. 41

Notación...

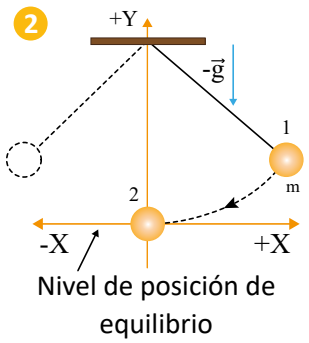
El desplazamiento angular o ángulo de oscilación de la lenteja es θ, si es máximo se llama **amplitud angular** θ_{max}, y se mide en grados (°) desde la vertical. La longitud de la cuerda L y la altura de la lenteja h están en m. La tensión de la cuerda es $\vec{F}_T$, en N.

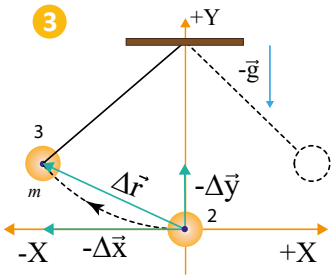


Nota que se forma $-90°$ entre la tensión de la cuerda $\vec{F}_T$ y $\vec{d}$, lo que significa que $\vec{F}_T$ no realiza trabajo ($W_T = 0$ J) porque $\vec{F}_T \perp \vec{d}$. Ahora observa en la figura las direcciones que hay entre las dos componentes del peso $\vec{F}_g$ con la del desplazamiento: la componente del peso que produce la tensión a la cuerda, $\vec{F}_g$ y es ⊥ a $\vec{d}$. La otra componente del peso, que hala la lenteja hacia la posición de equilibrio $\vec{F}_{gx}$, es || a $\vec{d}$.

Parte IV. Fuerzas que realizan trabajo

1. Durante el movimiento de descenso de la lenteja:
   a. ¿Cuál de las dos componentes del peso realiza trabajo?
   b. Escribe el valor del trabajo realizado por cada componente del peso. Usa el resultado del *paso 2, parte III*. Luego, encuentra el trabajo total.
2. Lee lo que está a continuación.
   Después de soltar la lenteja en la amplitud angular de $\theta_{max} = 40°$, comenzará a descender con velocidad tangencial inicial cero $\vec{v}_{inicial} = 0$ debido a la influencia de la fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre ella (peso). La siguiente es otra manera de plantear el trabajo de los vectores peso y desplazamiento. Mientras baja (1→2, o yendo de $40°$ a $0°$), el signo del trabajo realizado por el peso es positivo porque $\vec{F}_g$ forma $0°$ con $\vec{h}$, el desplazamiento vertical cuyo sentido también es hacia abajo ($\vec{F}_g || \vec{h}$). Significa que el peso va transfiriendo energía y transformando la energía potencial gravitatoria del sistema péndulo-Tierra poco a poco en energía cinética de la lenteja. Es decir, durante el descenso disminuye la cantidad de la energía potencial gravitatoria y aumenta la energía cinética. Este planteamiento $\vec{F}_g || \vec{h}$ no contradice en absoluto la interpretación que hicimos en el *paso 3, parte III*.
3. Tomando como base la lectura anterior, completa la descripción del mismo sistema en el movimiento de ascenso en tu Cuaderno de Trabajo.
4. Lee la sección *Así se calcula...*





Así se calcula...

En el *paso 1, parte III,* demostramos que el cambio de la energía potencial gravitatoria entre los puntos 1 (inicio) y 2 (final) $\Delta U_g = Ug_2 - Ug_1$ es el mismo resultado con respecto al suelo y a la posición de equilibrio del péndulo. Quiere decir que a $\Delta Ug = mg\,(y_2 - y_1)$ no le afecta el lugar donde se coloca el origen del sistema de referencia ($y = 0$) porque no afecta tampoco el desplazamiento $y_2 - y_1$. Por el contrario, el término $U_g = mgy$ sí depende del nivel de referencia donde se coloca el origen.

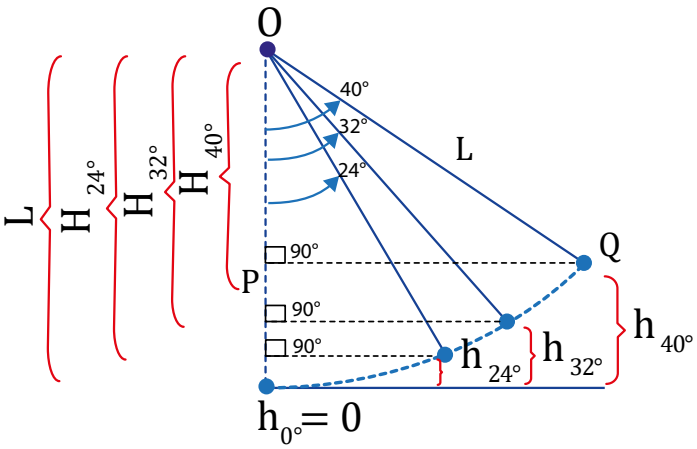
Por su parte, en el *paso 4, parte II,* el nivel de referencia lo colocamos en la posición de equilibrio ($\theta = 0°$). Ahí $U_g = mgh = mg\,(0) = 0$, de modo que si la lenteja baja (1→2, ver la figura superior): $\Delta U_g = U_{g2} - U_{g1} = 0 - mgh = -mgh$, y si sube (2→3, ver la figura del *paso 3, parte IV*): $\Delta_{Ug} = U_{g3} - U_{g2} = mgh - 0 = mgh$. Ambos cambios de energía involucran h.

Lo anterior lleva a la necesidad de conocer la altura de la lenteja medida desde la posición de equilibrio.

El objetivo es encontrar la altura h de la lenteja en términos del desplazamiento angular θ. La figura de abajo muestra los tres desplazamientos angulares $40°$, $32°$ y $24°$ de un péndulo en movimiento. De la figura, es fácil deducir que L en todo momento será la suma de las distancias h y H:

$L = h_{40°} + H_{40°}$ $\quad$ $L = h_{40°} + H_{40°}$

$L = h_{32°} + H_{32°}$ $\quad$ Etcétera.



Escojamos el desplazamiento angular $40°$ de muestra y despejemos la altura de la lenteja $h_{40°}$: $h_{40°} = L - H_{40°}$.

Y enfoquémonos en el triángulo rectángulo OPQ. El lado $\overline{OP}$ es la altura $H_{40°}$, el lado $\overline{PQ}$ es la amplitud de la lenteja y la hipotenusa $\overline{OQ}$ es L.

La expresión $H_{40°} = L\cos 40°$ relaciona el lado $H_{40°}$ con la hipotenusa L del triángulo OPQ. La necesitaremos para sustituirla en la expresión de $h_{40°}$y poder eliminar el término $H_{40°}$. Primero escribamos la expresión de $h_{40°}$ y veamos cómo se elimina $H_{40°}$ durante el proceso:

$$h_{40°} = L - H_{40°}$$
$$h_{40°} = L - L\cos 40°$$
$$h_{40°} = L\,(1 - \cos 40°)$$

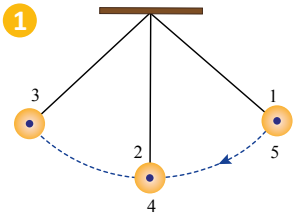
Por tanto, para cualquier desplazamiento angular, la altura medida desde la posición de equilibrio es:

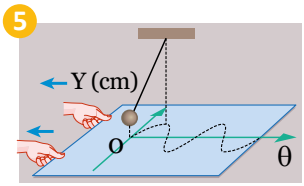
$$h = L\,(1 - \cos\theta) \qquad 3.1$$

Si sustituimos la ecuación 3.1 en la expresión general 2.11 $U_g = mgh$ (se reemplazó y por h), la energía potencial gravitatoria del péndulo-Tierra en función de su desplazamiento angular queda:

$$U_g = mg\,L\,(1 - \cos\theta) \qquad 3.2$$

La energía mecánica del sistema péndulo-Tierra está representada por la ecuación 2.16 $E = K + U_g$ y **el principio de conservación de la energía mecánica** por la ecuación 2.14 $U_{g2} + K_2 = U_{g1} + K_1$, el cual se usa para calcular una de las dos energías del sistema entre dos estados de energía.







CUNA DE NEWTON

Al mismo compás que las oscilaciones oscilan las energías potencial y cinética, cuya suma total es constante en este sistema libre de fricción.

Parte V. Gráfica de las energías del péndulo

1. Hala nuevamente la lenteja hasta $\theta_{max} = 40°$ y suéltala (punto 1). Deja que complete una oscilación (1→2→3→4→5). Luego señala en la tabla los desplazamientos angulares donde la energía potencial gravitatoria tomó valores máximos y mínimos y la energía cinética tomó valores máximos y mínimos.
2. Calcula los datos de energía que se te pidan en la tabla.
3. Elabora las gráficas a partir de los datos de la misma tabla:
   a. Energía potencial gravitatoria del sistema contra desplazamiento angular.
   b. Energía cinética de la lenteja contra desplazamiento angular.
4. Une las seis hojas de papel sobre el suelo, colocándolas a lo largo y por debajo de la trayectoria de la lenteja. Dibuja el eje X (es una línea recta) a lo largo y en el centro y escribe el 0. Ubica el 0 debajo de la posición de equilibrio del péndulo.
5. Perfora un orificio abajo de la lenteja (bolsa plástica, para que pueda dejar rastro de semillas), tápalo con un dedo, jala la lenteja hasta $\theta_{max} = 40°$ y libera la lenteja.
6. Observa el rastro que va dejando la caída del alpiste sobre el eje X mientras el péndulo completa algunas oscilaciones. Tapa el agujero con tirro.
7. Escribe sobre el papel las magnitudes y los valores de los movimientos que realiza el péndulo, que se indican en tu Cuaderno de Trabajo.

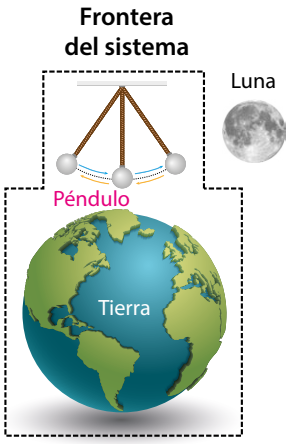
p. 42

Si soltamos la lenteja ($\vec{v}_{tangencial} = 0$ m/s), la energía del estado 1 es $E_1 = U_{g1máx} =$ constante (energía total), porque $K_1 = 1/2mv^2_{tangencial} = 1/2m(0\text{ m/s})^2 = 0$ J.

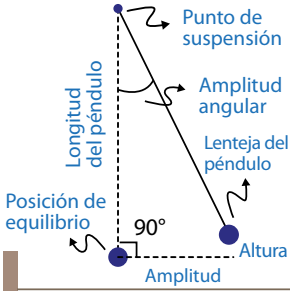
A partir de $E_1 =$ constante conoces una energía U_{g2} o K_2 u otra magnitud del sistema del estado posterior 2, caracterizado por la altura h, el desplazamiento angular θ, o la velocidad tangencial, $\vec{v}_{tangencial}$. Sin fricción, el sistema siempre cumplirá $E_1 = E_2 =$ constante.

Logramos identificar en el péndulo simple que la tensión de la cuerda y la componente del peso paralela a la tensión son fuerzas que no realizan trabajo, es decir, ninguna de ellas participa en la transferencia entre la energía potencial gravitatoria y la cinética dentro del sistema péndulo-Tierra. Por el contrario, la componente tangencial del peso de la lenteja sí realiza trabajo. Su trabajo es positivo en el movimiento descendente (aumenta la energía cinética) y negativo en el movimiento ascendente (disminuye la energía cinética) de la lenteja. Así que solamente la fuerza gravitatoria o peso causa las transferencias de estas dos energías dentro del sistema.

Como ya lo intuiste al descubrir que la lenteja no recupera la altura inicial desde donde se soltó, los osciladores reales como la mecedora, el diapasón, el columpio o las olas de agua están influenciados por la fuerza de arrastre del aire circundante o por otra fricción. Esa es la razón de que las oscilaciones sean amortiguadas en ellos, es decir, de que las amplitudes decrezcan con el paso del tiempo: el trabajo que realizan las fuerzas de fricción transforma parte de la energía mecánica en energía térmica (calor), que se disipa fuera de la frontera del sistema. En consecuencia, la energía mecánica de los sistemas reales disminuye si no actúa una **fuerza externa** que realice trabajo.



Hicimos **dos simplificaciones sobre el sistema péndulo-Tierra:** 1) no actúan las fuerzas de fricción ni de arrastre aerodinámico sobre los objetos péndulo y Tierra ($W_{\text{fricción}} = 0$ J), y 2) el sistema se encuentra aislado del entorno (ni la Luna, ni el Sol y ni el resto del universo ejerce fuerza gravitatoria que provoque cambios de energía mecánica en su interior ($W_{\text{gravitatorio}} = 0$ J). Por tanto, la energía mecánica se conserva y por esto las amplitudes angulares a la izquierda y a la derecha son **simétricas**, θ_{max}. La amplitud, el período y otras magnitudes más que veremos pronto son constantes en el tiempo.



Nota que en la amplitud angular del péndulo ocurre el máximo desplazamiento lineal de la lenteja llamado **amplitud**.

Teniendo lo anterior en cuenta, deben cumplirse dos condiciones para producir el MAS en un sistema mecánico. La primera condición la estudiamos en el péndulo simple: debe existir una **posición de equilibrio**. Es decir, el objeto que ejecuta el movimiento (la lenteja del péndulo) regresaría a esa posición si se desplazara a un lado y luego se soltara.

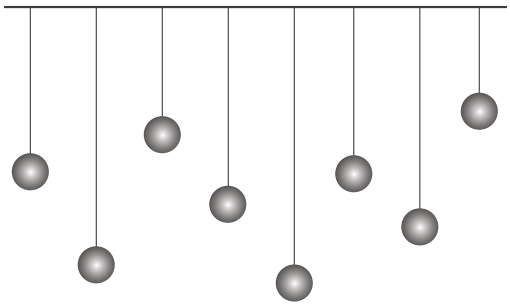
Ten en cuenta que cualquier tipo de movimiento que se repite después de sucesivos intervalos de tiempo iguales es un **movimiento periódico**. Algunos ejemplos son la oscilación de un péndulo, el giro de una piedra atada a una cuerda, la rotación de la Tierra sobre su eje, la revolución de la Luna alrededor de la Tierra, una luz de advertencia parpadeante, la vibración de las cuerdas de una guitarra o la de una lengüeta o caña de un saxofón produciendo un tono musical constante. Sin embargo, no todos los movimientos periódicos son armónicos simples. ¿Cómo identificarlos? La respuesta está en la **segunda condición del MAS**, y la conoceremos en la próxima semana. Además, iremos descubriendo otras características particulares de este importante movimiento oscilatorio unidimensional.

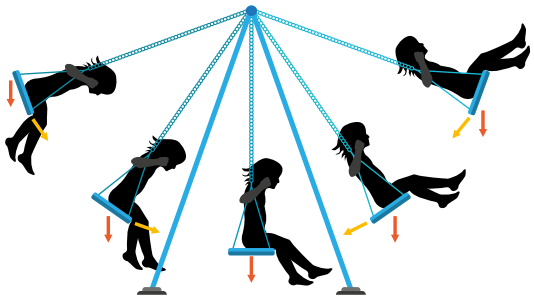
Conoce cómo la longitud del péndulo y la gravedad del planeta afectan las energías cinética y potencial gravitatoria del péndulo. Escoge «Energía».
https://qrs.ly/5nfs168

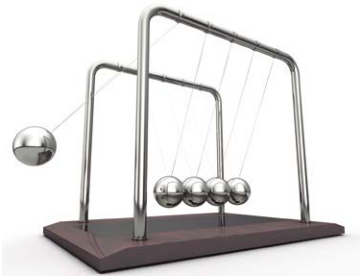
Indagación

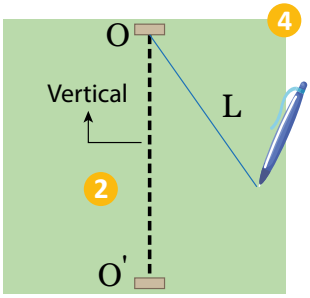
Medición del movimiento armónico simple

Cuando observamos el movimiento de la lenteja del péndulo nos dimos cuenta de que su trayectoria no es una línea recta, sino un arco subtendido por el ángulo de la cuerda. Antes de continuar, debemos encontrar la manera de aproximar este movimiento no lineal al de una línea recta, tal como lo pide el MAS y, de paso, la conexión que hay con la dirección de la fuerza de restitución, que debe apuntar siempre hacia la posición de equilibrio. La clave de todo está en el ángulo de oscilación del péndulo.







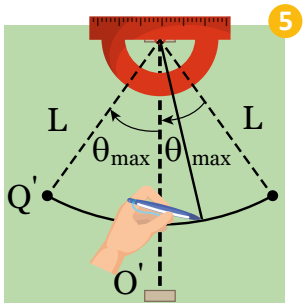


A. ¿Qué tan recta puede ser la trayectoria del péndulo simple?

Exploraremos diferentes ángulos en dos longitudes de péndulo e iremos descubriendo los ángulos que mejor aproximan el movimiento real de arco de la lenteja a un movimiento rectilíneo.

Materiales:

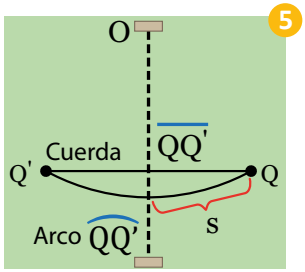
- 2 cordeles de 1.2 m de largo
- 2 cordeles de 2 m de largo
- 6 pliegos de cartulina
- Cinta métrica
- Cinta adhesiva
- Transportador



Procedimiento:

1. Elabora un cuadrado de $1.5\ \text{m}$ por lado con los pliegos de cartulina. Fíjalo con cinta adhesiva sobre un suelo liso y plano.
2. Tensa un cordel de $1.2\ \text{m}$ y fija sus extremos a los puntos O y O'. Usa cinta adhesiva.
3. Mide los ángulos a partir de esta línea vertical OO' ($\theta = 0°$).
4. Amarra en la punta de un lapicero el extremo del otro cordel de $1.2\ \text{m}$. Mide $\text{L} = 100\ \text{cm}$ de cordel y fija con cinta la medida en O.
5. Ubica el centro del transportador en O y alinea la marca de $90°$ sobre OO'. Mantén el cordel tenso y gira el lapicero hasta formar $\theta_{max} = +40°$. Usa transportador. Pon ahí un punto (Q) y sin levantar el lapicero ve dibujando el arco $\overset{\frown}{\text{QQ'}}$ hasta formar $\theta_{max} = -40°$. Pon ahí otro punto (Q').
6. Traza la cuerda $\overline{\text{QQ'}}$, registra su longitud y calcula la amplitud del péndulo.
7. Repite los *pasos 5 y 6* para los demás ángulos de la tabla y complétala.
8. Calcula la mitad del arco $\overset{\frown}{\text{QQ'}}$, s, y su cercanía con la amplitud del del péndulo.
9. Repite todo el procedimiento con $\text{L} = 180\ \text{cm}$. Usa los otros dos cordeles.

p. 43



Creatividad

Después de intuir la idea de que cuanto más pequeño sea el ángulo de oscilación tanto mejor será la aproximación de la trayectoria circular a la de una línea recta, deberemos prever de ahora en adelante esta importante limitación en el diseño de los experimentos con péndulos para garantizar el cumplimiento de la segunda condición del MAS, que la conoceremos en la etapa *Comunicación*. Como aplicación inmediata del péndulo, ¿sabías que se puede calcular una altura midiendo el tiempo? De hecho, esta no es la única aplicación. Por último, iremos conociendo las leyes del péndulo simple.

B. Leyes del péndulo simple

¿Afecta el período de un péndulo si modificamos la amplitud angular (y, por tanto, la amplitud)? ¿Afectará la masa de la lenteja el período de oscilación de un péndulo? Y si cambiamos la longitud de un péndulo, ¿cambiamos su período? Iremos respondiendo estas preguntas a lo largo de la actividad.

Materiales:

- 10 m de cordel
- Cronómetro
- Cúter
- Bolsa de canicas
- Cinta métrica
- Transportador

Procedimiento:

1. Construye un péndulo simple de $\mathrm{L} = 100\ \mathrm{cm}$ de longitud. Usa la bolsa llena de canicas como lenteja. Recuerda que los $100\ \mathrm{cm}$ son desde el punto de suspensión hasta el centro de la lenteja.
2. Lee la sección *Así se calcula*...
3. Desplaza la lenteja hasta formar $\theta_{max} = 10°$ de amplitud angular. Usa el transportador.
4. Suelta la lenteja y mide el tiempo que tarda el péndulo en completar $\mathrm{n} = 10$ oscilaciones. Registra el tiempo como Δt_1. Repite este paso dos veces y calcula el período promedio. Usa la ecuación 3.3.
5. Repite los *pasos 3* y *4* con las longitudes del péndulo $(3/4)\ \mathrm{L}$, $(1/2)\ \mathrm{L}$ y $(1/4)\ \mathrm{L}$, cuyos valores debes calcular también. Recuerda, $\mathrm{L} = 100\ \mathrm{cm}$.
6. De acuerdo con los resultados obtenidos en los *pasos 4* y *5*, responde: Si cambiamos la longitud de un péndulo, ¿cambiamos su período? Y si le afecta, ¿cómo influye?
7. Construye un péndulo simple de $\mathrm{L} = 100\ \mathrm{cm}$ de longitud y la mitad del número de canicas que usaste en el *paso 1*. Toma la masa de esta lenteja como $\mathrm{m}/2$.
8. Repite los *pasos 3* y *4* para el registro de datos.
9. Construye un péndulo simple de $\mathrm{L} = 100\ \mathrm{cm}$ de longitud y un cuarto del número de canicas que usaste en el *paso 1*. Toma la masa de esta lenteja como $\mathrm{m}/4$.
10. Repite los *pasos 3 y 4* para el registro de datos.
11. De acuerdo con los resultados obtenidos en los *pasos 4, 8* y *10*, responde: ¿Afectará la masa de la lenteja el período de oscilación de un péndulo? Y si le afecta, ¿cómo influye?
12. Construye un péndulo simple de $\mathrm{L}=100\ \mathrm{cm}$ y la bolsa llena de canicas.
13. Lee lo que está a continuación y responde: La medida que nos dice qué tan lejos se aleja el objeto de la posición de equilibrio es la **amplitud.** La amplitud de la oscilación es el máximo desplazamiento en el eje X, medido desde su posición de equilibrio $(\mathrm{x} = 0)$.

p. 44

Ojo al dato...

El movimiento pendular es un MAS si la amplitud angular es menor o igual a $20°$, aunque su amplitud sea grande.

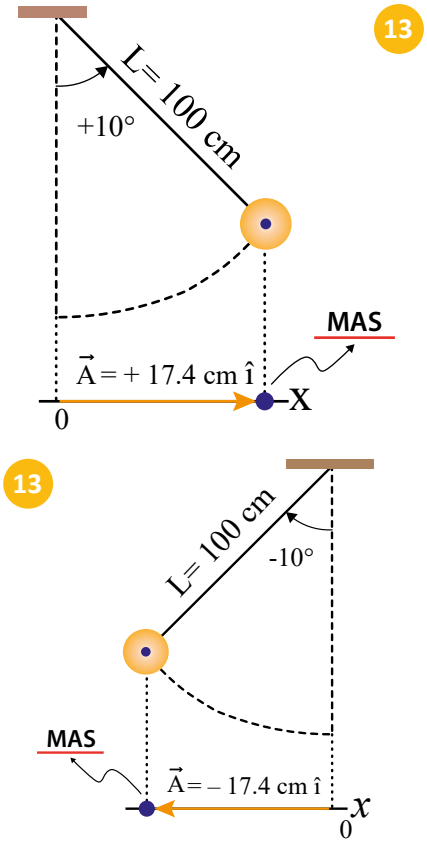
Notación...

A es la amplitud, en m o cm, T es el período del péndulo, en s, f es la frecuencia de la oscilación, que se mide en $\mathrm{ciclos/s}$ o hertz (Hz).



MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

Péndulos simples que oscilan libremente, cada uno de longitud más corta que el anterior, dan el efecto óptico de ondas que cambian con el tiempo.



Ahí, la posición inicial es cero ($\vec{x}_i = 0$), de modo que la expresión vectorial de la amplitud queda: $\vec{A} = \Delta\vec{x} = \vec{x}_{max} - \vec{x}_i = \vec{x}_{max} - 0 = \vec{x}_{max}$, o sea, que puede ser positiva o negativa. Por ejemplo, escribe $\vec{A} = +17.4\ cm\hat{i}$ para designar que la lenteja se encuentra $17.4\ cm$ a la derecha de x=0; o, escribe $\vec{A} = -17.4\ cm\hat{i}$, si está a $17.4\ cm$ a la izquierda de $x = 0$.

14. Desplaza la lenteja hasta formar $\theta_{max} = 5°$. Usa el transportador.
15. Repite el *paso 4* para el registro de datos.
16. Desplaza la lenteja hasta formar las amplitudes angulares: $15°$, $20°$ y $25°$. Calcula el periodo promedio para cada una.
17. De acuerdo con los resultados de los *pasos 15* y *16*, responde: ¿Afecta el período de un péndulo si modificamos la amplitud angular (y, por tanto, la amplitud)? Y si le afecta, ¿cómo influye?
18. Calcula el período del péndulo con la longitud $L = 100\ cm$. Usa la ecuación 3.5. Luego calcula la frecuencia; usa la ecuación 3.4.

p. 45

En los *pasos 4* y *16* medimos el período promedio T_{prom} para varias amplitudes angulares usando la ecuación 3.3 y un cronómetro. El error absoluto de la medida puede venir dado por la precisión de tu cronómetro: si mide hasta las décimas de segundo, será de $\Delta T = 0.1\ s$, y si midiera hasta las centésimas, el error absoluto será de $\Delta T = 0.01\ s$. Entonces, el valor real del período T de la amplitud angular particular se encontrará dentro del intervalo $T = T_{prom} \pm \Delta T$. Teniendo en cuenta la imprecisión de las mediciones, verificamos que los períodos T son idénticos al obtenido por la ecuación 3.5 (*paso 18*).

Así se calcula...

El período de la oscilación es el tiempo que tarda la lenteja o un objeto en dar una oscilación o ciclo completo. Si cuentas el número de oscilaciones completas (n) y el intervalo de tiempo (Δt) que tarda en hacerlas, el período lo calculas con la expresión:

$$T = \frac{\Delta t}{n} \qquad 3.3$$

La expresión anterior es la del período de cualquier movimiento oscilatorio, sea este o no MAS. La frecuencia del movimiento periódico es el número de oscilaciones por segundo.

Se relaciona con el período por:

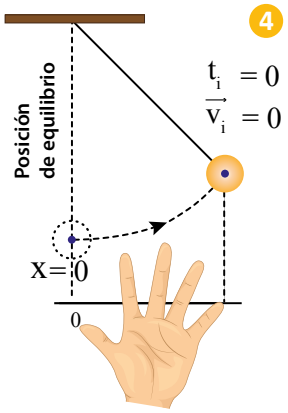
$$f = \frac{1}{T} \qquad 3.4$$

Sin embargo, para ángulos de oscilación pequeños, tales como $\theta \leq 20°$, tenemos una expresión propia que predice el período del MAS. Para calcularlo necesitamos conocer la longitud del péndulo simple y la magnitud de la aceleración de la gravedad del planeta. La expresión del período es:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad 3.5$$

C. Medición de una altura usando el péndulo simple

Ahora empleemos el péndulo simple como instrumento para calcular la altura mediante el período de las oscilaciones. Al final de la actividad compararemos el resultado midiendo con una cinta métrica la altura de la cuerda.



Materiales:

- 2 m de cordel
- Cronómetro
- Cinta métrica
- Roca, tuerca o un objeto pequeño y pesado

Procedimiento:

1. Ata el objeto pequeño (la lenteja) al extremo del cordel.
2. Sujeta el otro extremo al marco de la puerta u otra altura accesible para ti, descendiendo lo más posible el objeto sin tocar el suelo. Asegúrate que la lenteja oscile sin obstáculos.
3. Deja el péndulo en reposo. La dirección del cordel es la vertical.
4. Desplaza la lenteja hacia un lado. Utiliza tu mano extendida como la distancia a desplazar a partir de la posición de equilibrio. Suelta la lenteja.
5. Registra el tiempo que tarda el péndulo en completar $n = 10$ oscilaciones. Usa el cronómetro. Repite este paso tres veces y calcula el período promedio.
6. Repite el *paso 5* y obtén un segundo promedio.
7. Calcula el promedio del período obtenido en los *pasos 5* y *6*.
8. Utiliza la ecuación 3.5, despeja L y calcula su valor.
9. Registra la altura con la cinta métrica y compara el valor con el resultado obtenido en el paso anterior.
10. Comenta entre tus compañeros los resultados obtenidos.

p. 45

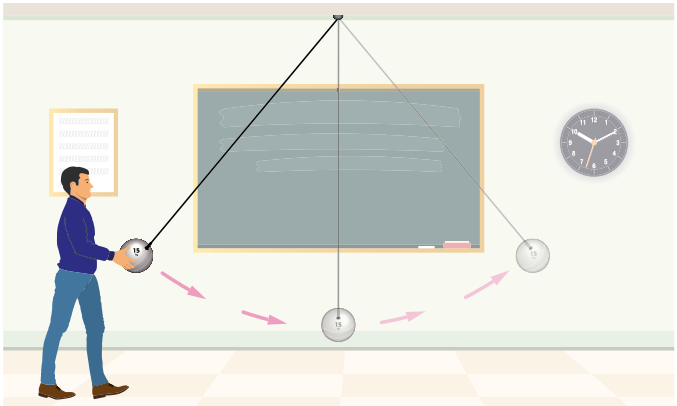
Conoce cómo la longitud del péndulo afecta el período y averigua si cambiar la masa de la lenteja también afecta el período. Escoge «Introducción».
https://qrs.ly/s7fs169

Hemos aprendido a medir alturas de forma indirecta utilizando el periodo de un péndulo simple. La altura medida con la cinta métrica se utilizó como referencia, sirviendo solo para compararla con la altura calculada mediante el uso de un cronómetro y el péndulo. Ahora diseña un experimento similar a la *actividad C* y aplica tus conocimientos en otra situación real. Asegúrate de mantener constante la amplitud de las oscilaciones.

D. Mi turno

Diseña tu propio experimento para calcular la altura empleando el péndulo simple. Registra las operaciones y reporta los resultados en un cuaderno de tu paquete escolar. Utiliza las siguientes indicaciones como guía para tu diseño.

- Elige un lugar abierto y seguro para realizar el experimento (rama de un árbol, altura del techo, etc.), preferiblemente un espacio sin viento.
- Escribe los materiales que se utilizan.
- Escribe los pasos del procedimiento a seguir.
- Registra los valores de las variables.
- Analiza los datos. Calcula promedios y la fórmula de la altura.
- Concluye y, si puedes, mide directamente la altura para compararlas.



Comunicación

Los experimentos con péndulos en presencia de la fuerza gravitatoria no dejan de desconcertarnos. ¿Hubiéramos imaginado que si se subiera alguien de complexión grande a un columpio y otro de complexión ligera ninguno oscilará más despacio ni más rápido? Recordemos que nos encontramos explicando el movimiento del péndulo simple balanceándose en ángulos pequeños.

En la *actividad B* vimos dos leyes que gobiernan el péndulo simple. Sin embargo, podemos definir una tercera, en resumen, serían:

Primera. El período no depende de la masa de la lenteja que oscila.
Segunda. El período es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la longitud del péndulo $T \propto \sqrt{L}$.
Tercera. El período es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la magnitud de la aceleración de la gravedad $T \propto 1/\sqrt{g}$.



Las tres leyes se resumen en la expresión $T = 2\,\pi\,\sqrt{L/g}$ (ecuación 3.5). Esta ecuación predice el período (teórico) del péndulo simple con precisión, siempre y cuando la amplitud angular sea pequeña ($\theta \leq 20°$), preferiblemente que no sobrepase $10°$ ($\pi/18$ rad).

E. Discusión sobre el uso del péndulo simple para calcular una altura

En las *actividades C* y *D*, calculamos alturas midiendo el período (T) de oscilación de un péndulo simple, las oscilaciones fueron para desplazamientos angulares pequeños (no mayores a $10°$), para ello despejamos la longitud (L) de la expresión 3.5, donde obtuvimos lo siguiente:

$$L = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

Notamos en la expresión anterior, que solo necesitamos medir T, para calcular la L de un péndulo simple, que podemos asociar a una altura que tengamos interés en calcularla, como fue el caso en de las *actividades C* y *D*.

A continuación, verificaremos las ventajas y desventajas que se tienen al utilizar un péndulo simple para calcular una altura.

Procedimiento

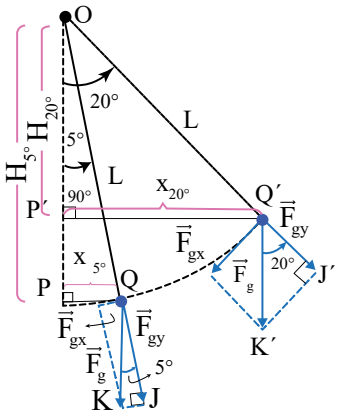
1. Compara la expresión para L que obtuviste en la *actividad B*, con la colocado anteriormente.
2. Escribe y discute las ventajas y desventajas al usar un péndulo siempre medir una altura.

p. 45

Cuando ponemos a oscilar un péndulo simple, notamos que oscila sucesivamente, ¿qué fuerza estaría involucrada para que oscile? Hay una fuerza que es la responsable que se le llama **fuerza de restitución**, veamos el *Así se calcula...* para la expresión para la fuerza de restitución de un péndulo simple.

Fuerza de restitución

Buscaremos una expresión para la fuerza de restitución de un péndulo simple. Iniciaremos, analizando de manera esquemática el movimiento de un péndulo simple, consideremos los triángulos que hemos elaborado en algunas posibles posiciones del péndulo. Los lados de OP'Q' y de OPQ representan distancias, y los de Q'J'K' y QJK se refieren a las componentes del peso de la lenteja del péndulo.



Para un ángulo de oscilación, estos triángulos de distancia y fuerza tienen la misma forma y sus lados correspondientes son proporcionales. Consideremos la pequeña amplitud angular de $5° = \sphericalangle POQ = \sphericalangle KQJ$, podemos relacionar las siguientes proporciones:

$$\frac{JK}{QK} = \frac{PQ}{OP} \quad y \quad \frac{F_{gx}}{F_g} = \frac{x_{5°}}{H_{5°}}$$

La trayectoria real de la lenteja (línea punteada) se aproxima a la de una línea recta PQ. Por ello, podemos considerar $H5° \approx L$ y deducimos que:

$$\frac{x_{5°}}{H_{5°}} \approx \frac{x}{L}$$

Al sustituir esta aproximación para ángulos pequeños, despejando F_{gx} y sustituir F_g en la ecuación anterior, tenemos:

$$F_{gx} = \left(\frac{mg}{L}\right) x$$

Vectorialmente, $$\vec{F}_{gx} = -\left(\frac{mg}{L}\right)\vec{x}$$

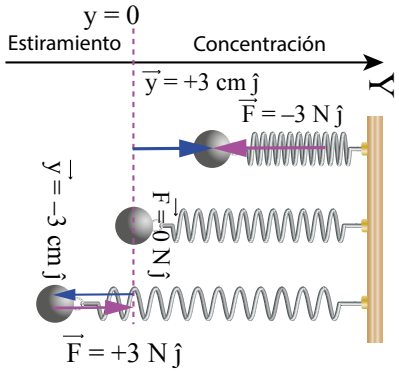
El signo negativo garantiza que la fuerza de restitución ($\vec{F}_{gx}$) siempre apunte hacia la posición de equilibrio del péndulo, $\vec{x} = 0$, reflejando la **segunda condición que produce el MAS**, que dice: la fuerza de restitución es directamente proporcional al negativo del desplazamiento ($\vec{F} \propto -\vec{x}$). En el péndulo simple, la constante de proporcionalidad es mg/L.

Solo para ángulos menores de $20°$, podemos asumir que $x \approx \theta = 2\pi L\,(\theta/360°)$. Al sustituir en la magnitud de la componente horizontal del peso, llegamos a:

$$F_{gx} = \left(\frac{2\,\pi\,mg}{360°}\right)\theta \qquad 3.6$$

En la expresión 3.6, podemos observar que la fuerza de restitución depende de la masa de la lenteja y la amplitud angular. Por otra parte, en la figura anterior, en la medida en que se disminuye la amplitud angular del péndulo de $\theta_{max} = 20°$ a $5°$, notamos como las direcciones son cada vez más horizontales en los vectores desplazamiento $\vec{x}$ de la lenteja y la componente del peso $\vec{F}_{gx}$ que hala la lenteja hacia la posición de equilibrio del péndulo. Desde luego, x pertenece al rango $-A \leq x \leq +A$, con $x = 0$ incluido.

Otro importante sistema mecánico donde podemos manifestar la fuerza de restitución es el de masa-resorte. En este, el MAS lo rige la **ley de Hooke**, que dice: dentro de los límites de elasticidad, las deformaciones sufridas por un objeto (resorte) son directamente proporcionales a la fuerza recibida. En objetos unidimensionales (resorte, vara o hule), su expresión queda: $\vec{F} = -k\vec{x}$ si es un movimiento horizontal (o $\vec{F} = -k\vec{y}$, si es vertical), donde k es la constante de proporcionalidad, en N/m, llamada **constante de rigidez**. Ilustremos lo útil del signo negativo. En la figura, después de poner a oscilar el sistema ($k = 1\ N/cm$).



La contracción $\vec{y} = 3\ cm\hat{j}$,
$\vec{F} = -(1N/cm)(3cm\hat{i}) = -3N\,\hat{j}$, apuntan hacia la posición de equilibrio.

Para el estiramiento $\vec{y} = -3\ cm\,\hat{j}$,
$\vec{F} = -(1N/cm)(-3cm\hat{i}) = +3N\,\hat{j}$, también señala hacia la posición de equilibrio del sistema.

Movimiento ondulatorio del sonido en las cuerdas

La frecuencia de los péndulos que construimos andaba por debajo de 1 Hz. ¿Por qué no escuchamos el sonido de la vibración de ellos, y sí en las cuerdas de la guitarra? Vamos a comprender el movimiento ondulatorio estudiando las propiedades físicas de las cuerdas de instrumentos musicales y la vibración en MAS que ocurre en sus elementos de masa cuando se puntean. ¿Sabías que el efecto de las vibraciones individuales de estos elementos crea perturbaciones a largo de la cuerda y origina la onda en la cuerda?

Calcula la rapidez de la onda antes de reflejarse, multiplicando frecuencia y longitud de onda, pero antes, mide la longitud de onda.
https://qrs.ly/pufs16c





VIAJE DEL SONIDO

La naturaleza cónica del oído externo concentra el sonido en el tímpano haciéndolo vibrar a la misma frecuencia que las ondas sonoras que llegan a él.



A. La fuente de toda onda

¿Qué origina una onda? Descubriremos el fenómeno físico que hay detrás de la creación de una onda con este sencillo experimento.

Materiales:

- Copa de vidrio
- 30 cm de hilo de para costura
- Botón liviano de metal para ropa, bolso, zapato o collar

Procedimiento:

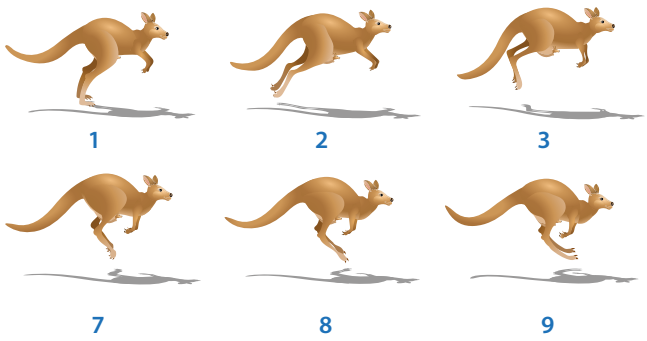
1. Da vuelta la copa de vidrio e instálale un pequeño péndulo. Ata el hilo a la base de la copa y cuelga el botón tan abajo al costado del vidrio.
2. Levanta la copa con las puntas de los dedos y en la otra mano toma un lápiz y dale golpes secos a la copa sobre su lateral.
3. Responde:
   a. Describe el fenómeno que percibes por tus sentidos.
   b. ¿Qué magnitud física origina la vibración en el vidrio?
   c. ¿Por cuál medio físico viaja el sonido desde el vidrio hasta tus oídos?
   d. ¿En qué tipos de energía se convierte la energía cinética del objeto que golpea el vidrio?

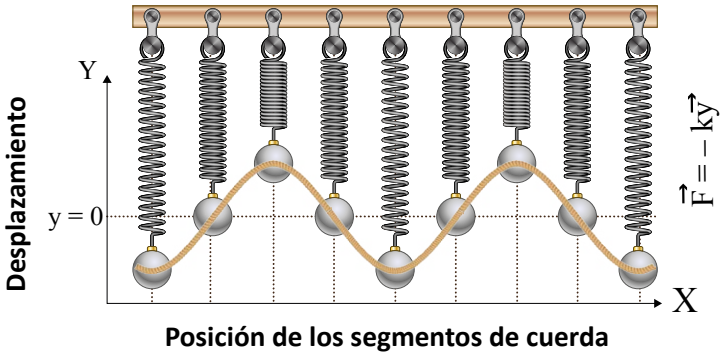
p. 46

El estado de vibración de la copa genera el sonido. En general, una fuente de vibración o perturbación es el fenómeno que origina cualquier tipo de onda sobre una cuerda, en el aire, en placas tectónicas, etc.

Creatividad

Las ondas vistas en las cuerdas o en el agua son un fenómeno interesante e ilustrativo bastante familiar de la vida cotidiana. Al estudiarlas, es útil usar una cuerda para observar y escuchar las características del sonido y la conexión que este tiene con su fuente de vibración. Como un adelanto, el gráfico con la magnitud Tiempo en el eje X describe las posiciones instantáneas de un solo elemento de masa de la cuerda oscilando en MAS cuando pasa la perturbación propagándose a velocidad constante a lo largo de la cuerda. Por eso es razonable imaginar que cada punto del gráfico Desplazamiento vs. Tiempo muestra la elongación de un elemento de la cuerda igual que los fotogramas de un canguro saltando visto en un video. También veremos el gráfico Desplazamiento contra Posición.





B. El sonido en las cuerdas

En esta serie de experiencias produciremos sonidos punteando la cuerda y encontraremos suficiente evidencia para ir respondiendo a dos preguntas: ¿cómo la longitud de la cuerda afecta el tono del sonido?, ¿cómo la tensión en la cuerda afecta el tono?

Acá dice que imaginemos elementos de cuerda acoplados a muchos resortes vibrando en MAS accionados por la energía que transporta la onda por la cuerda.



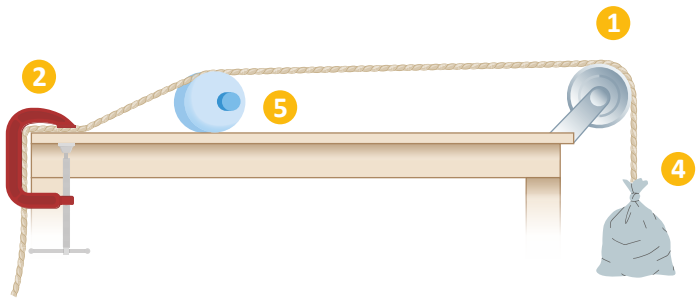
Materiales:

- Polea con abrazadera incluida
- Mesa
- Cuerda
- Abrazadera
- Cinta métrica
- Botella plástica rígida sin tapadera o espuma de poliestireno
- 4 bolsas de 0.454 kg de alpiste cada una
- Bolsa grande plástica

Procedimiento:

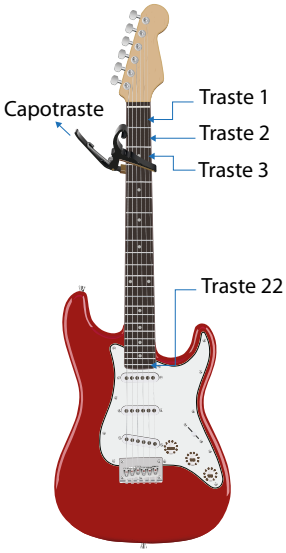
Parte I. Longitud variable y tensión constante

1. Monta la polea sobre el borde de una mesa.
2. Ata firmemente un extremo de la cuerda a la abrazadera ubicada en el borde opuesto donde se halla la polea.
3. Toma la bolsa grande y pon dentro una de las bolsa de alpiste.
4. Ata en el otro extremo de la cuerda la bolsa grande y extiende la cuerda sobre la polea.
5. Coloca la botella de plástico (o espuma de estireno) debajo de la cuerda y cerca de la abrazadera. La cuerda no debe tocar la mesa.



Estoy aprendiendo que el sonido que sale de la bocina se propaga por el aire proveniente de la vibración de las seis cuerdas elásticas de mi guitarra eléctrica y que las frecuencias de las ondas de sonidos que escuchamos se encuentran entre 20 Hz a 20 kHz.





6. Calcula la magnitud de la tensión de la cuerda así: $T = \text{masa suspendida} \times 9.8\ m/s^2$, dibuja los vectores y escribe la magnitud de la tensión.
7. Puntea la sección de cuerda que está entre la abrazadera y la botella y escucha el sonido de las vibraciones de la cuerda.

   Será más fácil escuchar si acercas tu oído a la abertura de la botella. Presta atención al tono que escuchas. Los tonos altos o los **sonidos de altas frecuencias** son los que escuchas en el chirrido de los frenos de un vehículo deteniéndose bruscamente o los del altavoz «*tweeter*». Los tonos bajos o los **sonidos de bajas frecuencias** son los que escuchas por un altavoz de graves o «*woofer*» o también en el retumbar del trueno.

8. Aumenta la longitud de la sección de la cuerda deslizando la botella hacia la polea. Luego puntea esa sección de cuerda y escucha.
   a. Registra en la tabla los parámetros: tono del sonido (clasifícalo como más alto, alto, medio, bajo o más bajo) y longitud de la cuerda entre los puntos de contacto de la polea y la botella.
9. Repite el *paso 8* cuatro veces y registra los mismos parámetros.
   b. Resuelve la dificultad planteada en tu Cuaderno de Trabajo.

Parte II. Longitud constante y tensión variable.

1. Toma la bolsa grande y añade otra bolsa más de 0.454 kg.
2. Coloca la botella lo más lejos posible de la polea.
3. Calcula la magnitud de la tensión de la cuerda para la nueva masa y registra.
4. Puntea la sección de cuerda entre los puntos de contacto de la abrazadera y la botella. Escucha el sonido.
   a. Registra en la misma tabla del numeral 3 la clasificación del tono del sonido (más alto, alto, medio, bajo o más bajo).
5. Mide y registra la longitud de la sección de cuerda que punteaste.
6. Repite los *pasos* del *1* al *4*, para las dos modificaciones de la masa, manteniendo el mismo valor de longitud del *paso 5*.

b. Escribe una afirmación de lo que sucede.

Aprendimos que si modificamos la longitud de la cuerda podremos alterar el tono del sonido, ya sea elevando a bajando su tono. Este principio es muy bien conocido por los guitarristas, quienes instalan un **capotraste** en el mástil de su guitarra para tocar en un tono más alto o más bajo las seis cuerdas de la guitarra, proceso denominado **transposición de tonalidad**.

Otro aspecto interesante es cómo logramos identificar el sonido de distintos instrumentos, como una guitarra, un piano, un bajo o una trompeta, así como las voces de familiares, compañeros de clase, docentes o cantantes que reconocemos, incluso sin verlos.

La tensión en la cuerda afecta el tono del sonido al influir en la rapidez de las vibraciones. A mayor tensión en la cuerda su frecuencia aumenta, es decir, las vibraciones se producen más rápidamente, lo que genera un tono más alto (agudo). Por el contrario, si la cuerda tiene menor tensión su frecuencia disminuye, es decir, las vibraciones son más lentas, lo que produce un tono más bajo (grave).

C. Armónicos en cuerdas

Iremos observando cómo la cuerda va tomando diferentes comportamientos regulares y repetibles en su movimiento ondulatorio, denominados **modos normales** de vibración o **armónicos**. ¿Cuántos modos normales serás capaz de formar en la cuerda?

Materiales:

- Cúter
- Balanza digital
- Palo de madera o metal
- Cuerda de 15 m de longitud mínima, 4 mm de diámetro mínimo, de sisal, henequén, polipropileno o nylon

Procedimiento:

1. Corta la cuerda a $1/3$ y $2/3$ de la longitud total. Por ejemplo, si la cuerda mide $15\ \mathrm{m}$, una queda de $5\ \mathrm{m}\ (15\ \mathrm{m} \times 1/3)$ y la otra de $10\mathrm{m}\ (15\ \mathrm{m} \times 2/3)$. Usa cinta métrica y cúter. Si es necesario, aplica calor a las hebras originadas por el corte para evitar que se separen más.
2. Dobla en dos la cuerda más larga y asume que se trata de una cuerda llamada «cuerda gruesa». La cuerda más corta es la «cuerda delgada».
3. Registra en tu Cuaderno de trabajo:
   a. La masa de cada cuerda, usando una balanza.
   b. La longitud de cada cuerda, usando cinta métrica.
   c. Calcula la densidad lineal de masa μ de cada cuerda. Usa la expresión:

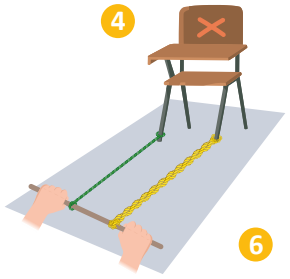
p. 47

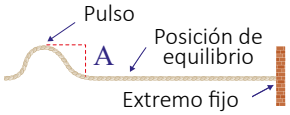
$$\mu = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{L}} \qquad 3.7$$

4. Anuda con fuerza uno de los extremos de ambas cuerdas a la parte inferior de las patas de un pupitre o escritorio, una en cada pata, y deja los nudos a nivel del suelo.
5. Luego amarra los otros extremos a un palo rígido común alineando paralelamente las cuerdas.
6. Sacude horizontal o verticalmente el palo una sola vez con las muñecas.
   En cada cuerda se formará una joroba o chichón llamado **pulso de onda transversal** de amplitud A, que se propaga a lo largo de cada cuerda. Los segmentos de cuerda se desplazan hacia los lados cuando llega el pulso, pero recobran su posición de reposo después que pasa el pulso.
7. Lee lo que está a continuación:
   La velocidad de una onda o la de un pulso de onda $\vec{v}$ es la velocidad del movimiento de la perturbación (no la confundas con las velocidades de los segmentos pequeñísimos de la cuerda cuando oscilan o vibran verticalmente). La velocidad viene determinada por las propiedades del medio. Para el caso de la cuerda, nos enfocaremos en dos propiedades: la tensión y la densidad lineal de masa de la cuerda.
8. Responde lo que se te pide en tu Cuaderno de Trabajo, según lo que observaste en los *pasos 4, 5* y *6*.

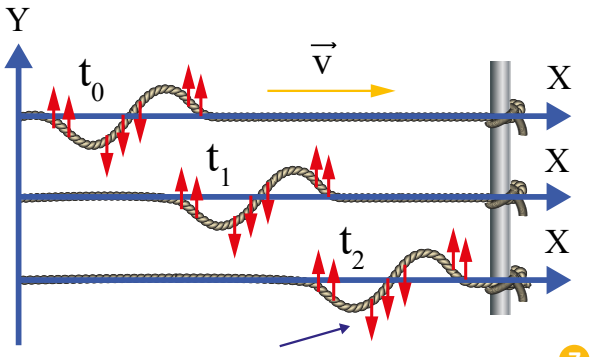
Notación...

λ, longitud de onda, en m; $\vec{v}$, la velocidad de propagación de la onda, en $\mathrm{m/s}$; $\vec{\mathrm{x}}$, la posición del elemento del medio en la dirección de propagación de la onda, en m, medida desde la fuente de vibración ($\vec{\mathrm{x}} = 0\ \mathrm{m}\hat{\imath}$); y, elongación o desplazamiento de un elemento del medio, en m, medido desde su posición de equilibrio ($\vec{\mathrm{y}} = 0\ \mathrm{m}\hat{\jmath}$).





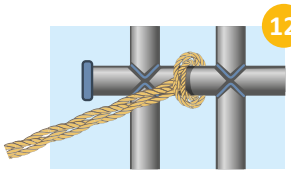
Perfil de la onda en tres instantes

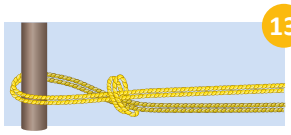


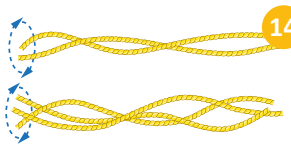
Velocidad de un segmento de cuerda

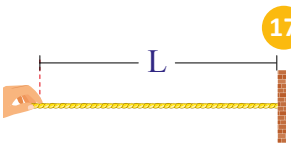
7

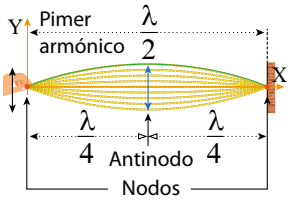


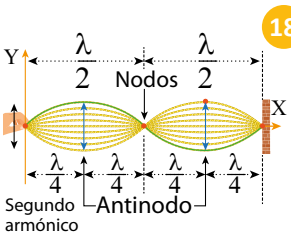












9. Sacude horizontalmente el palo varias veces a nivel del suelo. En cada cuerda se formará una **onda continua**, que es como una serie o "tren" de pulsos de ondas, una tras otra, que se alejan de la fuente de vibración.
10. Lee lo que está a continuación:
    ¿Cuántas veces te has visto en el espejo hoy? Eso es uno de los usos que hacemos de un fenómeno ondulatorio llamado **reflexión**, pero no es el único. Los sistemas de radar envían ondas que se reflejan, por ejemplo, contra un vehículo en movimiento para medir la rapidez. En estos dos usos, la onda electromagnética se reflejó porque encontró un límite o frontera a su paso (el espejo y el vehículo, respectivamente). De igual forma, el pulso o la onda que viaja por la cuerda se refleja cuando encuentra un extremo fijo o uno móvil, es decir, «rebota» ahí y regresa a lo largo de la cuerda.
11. Deshaz los nudos de las patas del pupitre y del palo.
12. Dobla en tres partes iguales la cuerda más larga y anuda con firmeza un extremo a algo fijo, como una valla de jardín, a la altura de tu cintura.
13. Dobla en dos partes iguales la cuerda más corta, ata un extremo con un nudo flojo a un tubo vertical, a la altura de tu cintura, para que pueda deslizarse sin fricción arriba y abajo.
14. Gira cada extremo suelto de las cuerdas de los *pasos 12* y *13* para que las cuerdas individuales se entrelacen.
15. Crea pulsos de onda y observa la forma que toma el pulso reflejado en el extremo fijo y en el móvil. Responde en tu Cuaderno de Trabajo.
16. Lee lo que está a continuación:
    Los instrumentos musicales de cuerda, como la guitarra o el violín, tienen cuerdas tensas entre dos extremos fijos. Cuando se pulsa la cuerda, se genera una reflexión de ondas en los extremos. El resultado es la superposición de ondas idénticas de igual amplitud, frecuencia y longitud de onda, pero viajando en direcciones opuestas. Y, ¿qué observamos en la cuerda? Un patrón de ondas que a nuestra vista parece una «deformación permanente» con un contorno estacionario que se estrecha en algunos puntos llamados **nodos (N)** y se abulta en otros puntos de la cuerda llamados **antinodos (A)**. Este patrón oscilatorio de la cuerda en el que no existe la sensación de dirección de propagación se llama **onda estacionaria transversal**, y las formas y frecuencias que van tomando estos patrones naturales discretos de oscilación se llaman modos normales, **modos de oscilación** o **armónicos**. Las figuras del *paso 18* muestran el primer armónico y el segundo armónico de una cuerda que está fija por ambos extremos.
17. Tensa la cuerda del extremo fijo o conviértela en una sola cuerda, a la longitud que desees ($1.0\ \text{m}, 2.5\ \text{m}, 5.0\ \text{m}$, etc.). Registra la longitud.
18. Agita la cuerda, varía la tensión y la frecuencia de tu mano y crea los primeros cuatro armónicos. Completa la tabla del Cuaderno de Trabajo.

p. 48

Cada modo normal de la cuerda vibra en un único valor de frecuencia (**frecuencia de resonancia**), de ahí que las frecuencias están discretas o **cuantizadas** en las ondas estacionarias. De hecho, si diferenciamos la procedencia del sonido de un instrumento o persona es por los armónicos que se forman a la vez.

Muchos fenómenos cotidianos y de la naturaleza están ligados a oscilaciones y ondas. Esta semana comenzamos a estudiar las ondas en una cuerda agitando uno de los extremos o bien punteándola. Sin embargo, las ondas y los pulsos de onda, en general, están en todas partes. Ejemplos de pulsos son la explosión de un globo inflado al estallar, un tsunami (gran onda oceánica generada por un terremoto) y el «*flash*» de una cámara. Ejemplos de ondas continuas son el sonido del diapasón y la luz del Sol.



D. Ondas en cuerdas

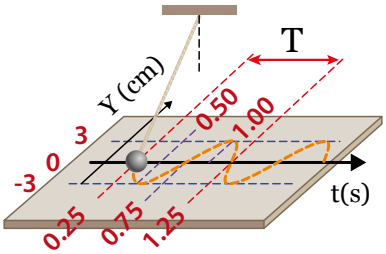
Las perturbaciones que requieren de un medio físico para propagarse se clasifican como **ondas mecánicas**. La onda de la cuerda es una onda **transversal** porque los elementos del medio (la cuerda, en este caso) vibran perpendicularmente (90°) a la dirección de propagación de la perturbación

Procedimiento:

1. Lee la siguiente información sobre la descripción gráfica de una onda transversal.

Descripción gráfica de una onda transversal. La fuente o foco oscila o vibra en MAS y en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda que viaja por la cuerda. Por esta razón, los elementos de la cuerda vibran en dirección perpendicular y en MAS. La gráfica desplazamiento contra tiempo (Y vs. t), indica la variación en el tiempo del desplazamiento vertical de un elemento de cuerda de coordenada $x = 1$ m por la cual se propaga la onda transversal.

Gráfico desplazamiento (Y) vs. tiempo (t)



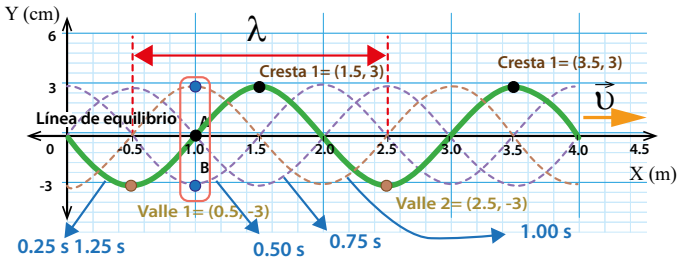
Comparación de la oscilación de un péndulo con el segmento x = 1 m.

$t_A = 0.25$ s, $t_e = 0.50$ s, $t_A = 0.75$ s, $t_c = 1.00$ s y $t_A = 1.25$ s (Finaliza una oscilación en MAS)

Periodicidad temporal. Al intervalo de tiempo $\Delta t = t_f - t_i = 1.25\text{ s} - 0.25\text{ s} = 1\text{ s}$ en que el elemento en $x = 1$ m realiza una oscilación completa se le llama **período**. Significa que cada $T = \Delta t = 1$ s, este y cada elemento de cuerda completan una oscilación.

Por otra parte, la gráfica desplazamiento contra posición (Y vs X) es la fotografía de la onda en un instante determinado de tiempo t, en este caso en $t = 1/4\text{ s} = 0.25$ s (línea continua).

Gráfico de desplazamiento (Y) vs. posición (X)



El rectángulo señala el desplazamiento transversal del segmento de cuerda ubicado en la posición x = 1 m en varios instantes de tiempo.

Periodicidad espacial. Al mínimo intervalo de distancia $\Delta x = x_f - x_i = 2.5\text{ m} - 0.5\text{ m} = 2\text{ m}$ que caracteriza la repetición de la configuración de la onda a lo largo de la dirección de propagación se le llama **longitud de onda** (λ). Cada $\lambda = \Delta x = 2$ m se repite la onda, sin importar la coordenada x que sea, la distancia $x+\lambda$ repite la onda completa.

Por ejemplo, de $x = 0$ a $0 + 2\text{ m} = 2\text{ m}$ hay una λ. Al desplazamiento máximo con que oscilan los elementos por el cual se propaga la onda en la cuerda se llama **amplitud**. La amplitud se mide desde la línea de equilibrio. La longitud de onda se identifica de valle a valle o de cresta a cresta en el gráfico Y vs x. Y el período también, pero en el gráfico Y vs t. La **cresta** es la amplitud por arriba de la línea de equilibrio y el **valle** es la amplitud por debajo de la línea de equilibrio. La frecuencia con que oscila la fuente es la misma con la que se propaga la onda.

Como en cada período la onda recorre una distancia igual a una longitud de onda, la rapidez de propagación de la onda es:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \qquad 3.8$$

Otra expresión de la rapidez en términos de las propiedades elástica e inercial de la cuerda es:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho}} \qquad 3.9$$

Los instrumentos musicales cuyas cuerdas vibran en MAS son **instrumentos armónicos**. Las longitudes de onda asociadas a las frecuencias de la serie armónica formadas en la cuerda de longitud L y de **extremos fijos** son:

$$n\left(\frac{\lambda n}{2}\right) = L, \text{ o, } \lambda_n = \frac{2L}{n} \qquad 3.10$$

donde $n = 1, 2, 3, \ldots$ es el n –ésimo **número armónico** del modo normal de oscilación. Las frecuencias de resonancia f_n que corresponden a estas longitudes de onda λ_n se hallan con $v = \lambda_n f_n$ (3.8). Al sustituir 3.10 en 3.8 queda:

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{\frac{2L}{n}} = n\,\frac{v}{2L} \qquad 3.11$$

Al sustituir $n = 1$ en 3.11 se halla el primer armónico (frecuencia fundamental): $f_1 = v/2L$. Y esta expresión en 3.11 se obtiene el resto de la serie armónica $n = 2, 3, \ldots$:

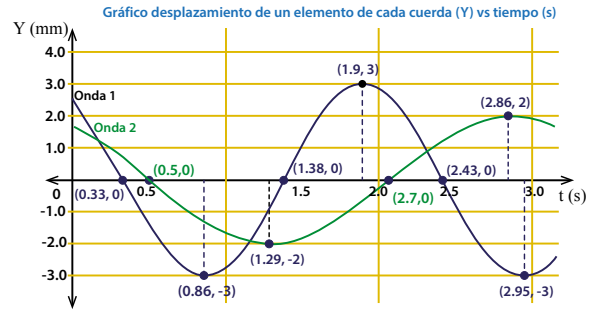
$$f_n = n\, f_1 \qquad 3.12$$

2. Revisa la sección *Así se calcula…* que se encuentra a continuación.

Así se calcula…

1. Dos ondas O1 y O2 se propagan a lo largo de las cuerdas 1 y 2, respectivamente. A partir de la información dada en los gráficos, calcular las siguientes dos propiedades de las ondas O1 y O2.

a. Período de la onda.



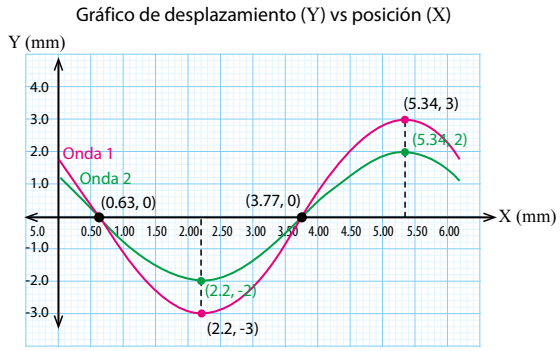
Solución a. El gráfico de la izquierda muestra los valles de la onda O1: $(0.86\text{ s}, -3\text{ mm})$ y $(2.95\text{ s}, -3\text{ mm})$. Restando coordenadas de t, su período es:

$T_{01} = 2.95\text{ s} - 0.86\text{ s} = 2.1\text{ s}$.

La onda O2 presenta el valle $(1.29\text{ s}, -2\text{ mm})$ y la cresta $(2.86\text{ s}, 2\text{ mm})$. Si notas, la operación $2.86\text{ s} - 1.29\text{ s} = 1.57\text{ s}$ da la mitad del período de esta onda. Por esta razón, tenemos que multiplicar por 2 ese resultado:

$T_{02} = 2(1.57\text{ s}) = 3.14\text{ s}$.

b. Longitud de onda.



Solución b. Las ondas O1 y O2 tienen la misma longitud de onda porque la coordenada de la posición de sus valles coincide, como lo podemos ver en el gráfico de la izquierda: $(2.2\text{ mm}, -3\text{ mm})$ en O1 y $(2.2\text{ mm}, -2\text{ mm})$ en O2. Igualmente coinciden en sus crestas: $(5.34\text{ mm}, 3\text{ mm})$ en O1 y $(5.34\text{ mm}, 2\text{ mm})$ en O2. Notemos que la operación $5.34\text{ mm} - 2.2\text{ mm} = 3.14\text{ mm}$ es la mitad de la longitud de estas ondas.

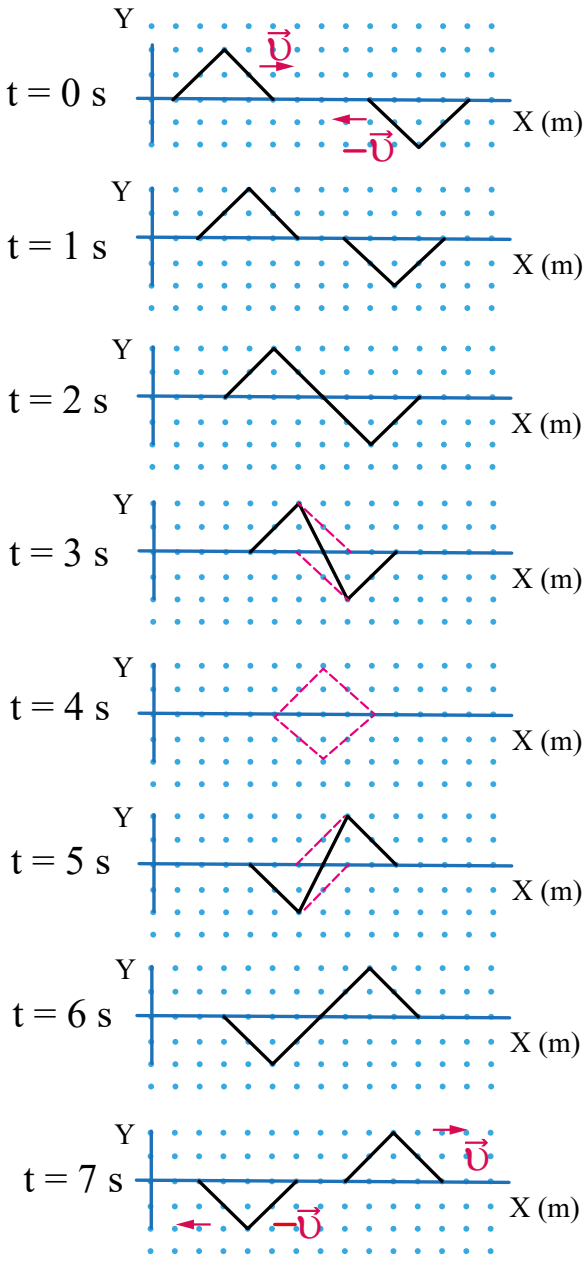
Por esta razón, tenemos que multiplicar por 2:

$\lambda_{01} = \lambda_{02} = 2(3.14\text{ mm}) = 6.28\text{ mm}$.

2. **Superposición de dos pulsos transversales**. Dos pulsos de onda se mueven en direcciones opuestas a una rapidez de $v = 1\text{ cm/s}$. Las amplitudes de los pulsos son iguales. Los pulsos se muestran en $t = 0\text{ s}$.
   a. Trazar la onda resultante en $t = 1\text{ s}, 2\text{ s}, 3\text{ s}, 4\text{ s}, 5\text{ s}, 6\text{ s}$ y 7 s.
   b. ¿En qué instante de tiempo el pulso resultante tiene la mínima amplitud?

c. ¿Qué valor tiene la mínima amplitud?

Solución a. Sumemos en cada punto los desplazamientos verticales hacia arriba (+) y hacia abajo (–). A medida que avanzan los pulsos, observa cómo se interfieren y se produce la onda resultante

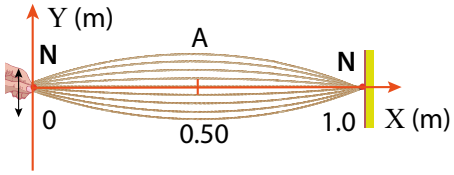


Solución b. A partir del gráfico, la interferencia completamente destructiva ocurre a los 4 s.

Solución c. Amplitud = 0 cm.

3. **Primer armónico de una cuerda**. Por un alambre de acero de $1.0\ \text{m}$ de largo, las ondas transversales viajan a $440\ \text{m/s}$ y se reflejan en extremos fijos creándose el modo fundamental (primer armónico).
   a. Dibujar el desplazamiento Y contra la posición X y escribe la ubicación de los nodos (N) y antinodos (A).
   b. Calcular la longitud de onda y la frecuencia.
   c. Escribir la coordenada x de los nodos y antinodos del primer armónico en el eje X.

Solución a. El modo fundamental consiste de 2 nodos y 1 antinodo (veamos la figura del paso 17 de la *actividad C*).



Solución b. Los datos disponibles para encontrar la longitud de onda y la frecuencia del primer armónico $\text{n} = 1$ son: la longitud del alambre $\text{L} = 1.0\ \text{m}$ y la rapidez con la que viaja la onda por el alambre $v = 440\ \text{m/s}$.

Usando la ecuación 3.10 con $\text{n} = 1$:

$$\lambda_1 = \frac{2\,\text{L}}{1}$$
$$\lambda_1 = 2(1.0\text{m})$$
$$\lambda_1 = 2.0\ \text{m}$$

Longitud de onda del modo fundamental.

Despejando la frecuencia en la ecuación 3.8 para $\text{n} = 1$:

$$\text{f}_1 = v/\lambda_1$$
$$\text{f}_1 = 440/2.0$$
$$\text{f}_1 = 220\ \text{Hz}$$

Frecuencia del modo fundamental.

Solución c. Independientemente del armónico de que se trate ($\text{n} = 1, 2, 3, \ldots$), la distancia entre un nodo y el antinodo adyacente es $\lambda/4$.

$|\Delta x_{NA}| = \lambda_1/4 = (2.0\ \text{m})/4 = 0.50\ \text{m}$. El primer nodo está en $x_{N1} = 0\ \text{m}$. El primer antinodo está en $x_{A1} = 0.5\ \text{m}$. El segundo nodo está en $x_{N2} = 1.0\ \text{cm}$.

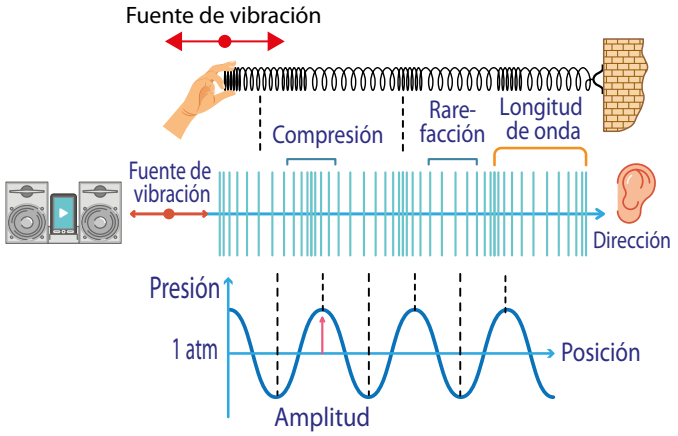
3. Resuelve los ejercicios de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 48

Indagación

Movimiento ondulatorio del sonido en el aire

Cuando abres la puerta de una habitación, ¿te has preguntado por qué las cortinas se mueven hacia afuera? La explicación está relacionada con la propiedad del aire de ser comprimido y expandido. Los sonidos que escuchamos de un sistema de música son ondas viajando por las vibraciones del aire.



El sistema de música estimula la vibración de las moléculas de aire a su alrededor. Esta vibración envía perturbaciones que comprimen y expanden el aire creando zonas o capas esféricas y concéntricas a la fuente, muy similares a las espirales del resorte «*slinky*». En las zonas donde se agrupan las moléculas aumenta la presión atmosférica (>1 atm), y en las que se distancian, disminuye (<1atm).



A. ¿Cómo se propaga el sonido en el aire?

Aprendamos cómo viaja el sonido por el aire en esta actividad. Descubramos que requiere de un medio material para su propagación y que es muy diferente a cómo se propaga en las cuerdas. ¿Qué propiedades del aire cambian?

Materiales:

- Candela
- Fósforos
- Botella plástica sin tapadera



Procedimiento:

1. Haz una fila de 10 personas colocadas hombro con hombro, de pie y con una cuarta de mano de distancia. Asegúrate que el último deje la misma distancia a la pared u otro obstáculo.
2. Empuja con el hombro el primero de la fila, el segundo al siguiente y así sucesivamente hasta llegar al último quien rebota contra la pared y regresa el empuje hasta terminar con el primero de la fila.
3. Basándote en lo observado, responde las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo. p. 50
4. Coloca una vela sobre una mesa y enciéndela. Usa fósforos.
5. Acerca la boquilla de la botella hacia la vela y golpea el otro lado de la botella con tus dedos. Intenta apagar la flama desde una distancia de medio metro.
6. Basándote en lo observado, responde las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo.

La onda de sonido causa un desplazamiento longitudinal en las moléculas de aire quienes recuperan sus posiciones originales después de que pasa la onda. Los acercamientos y alejamientos de las moléculas también causan variaciones de la presión atmosférica y de la densidad mientras la onda de sonido pasa.

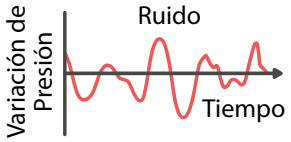
Elije el nivel y encuentra, si es que puedes, la forma de onda modificando los valores de los armónicos. Escoge «Juego de Ondas»

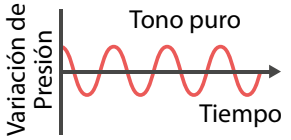
https://qrs.ly/1zfs16d

Creatividad

La mayoría de los sonidos que escuchamos a nuestro alrededor es ruido: el impacto de un objeto que cae al suelo, el portazo de una puerta, los sonidos del tráfico de la ciudad, etc. El **ruido** está asociado a un sonido con vibraciones irregulares, una mezcla de frecuencias y amplitudes.

El **sonido musical** tiene notas o tonos musicales periódicos. Aunque el ruido no tenga estas características, la línea de separación entre la música (definida como arte del sonido) y el ruido puede ser delgada y subjetiva. Una persona con pérdida total auditiva podría diferenciar entre ruido y sonido musical si observa el monitor de un **osciloscopio** las variaciones de presión de aire (eje Y) contra tiempo (eje X).





B. Armónicos en columnas de aire dentro de tubos cilíndricos

Aunque no observemos la reflexión de la onda sonora ni las formas de los armónicos tal cómo los vimos con la cuerda, describiremos en esta actividad cómo percibimos subjetivamente el sonido enfocándonos en la categoría **tono** del sonido. El tono es la percepción de lo alto o lo bajo del sonido. El trino de un perico lo percibimos alto, y el de una tortolita, bajo. Cabe destacar que las impresiones subjetivas del sonido se relacionan con las propiedades físicas de las ondas sonoras (amplitud, frecuencia, armónicos, etc.). El tono del sonido depende principalmente de la frecuencia de la onda sonora.

Materiales:

- 2 pajillas rectas
- Tijera
- Cinta adhesiva
- Regla

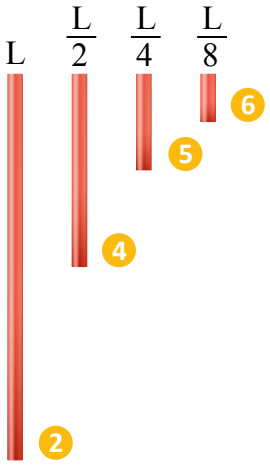
Procedimiento:

1. Forma equipos de cuatro integrantes. Uno de ellos se encargará de cortar la pajilla para repartir un trozo a cada miembro.
2. Registra la longitud, L, de la pajilla completa.
3. Asigna una pajilla entera a uno de los integrantes.
4. Corta la pajilla por la mitad, obteniendo dos trozos de longitud $L/2$. Registra la longitud y entrega uno de los trozos a un miembro del equipo.
5. Corta el otro trozo $L/2$ por la mitad para obtener dos partes de longitud $L/4$. Registra la longitud y entrega uno de los trozos a otro integrante.
6. Corta el trozo restante de $L/4$ por la mitad. Para obtener dos partes de longitud $L/8$. Registra la longitud, y quédate con uno de estos trozos.
7. Haz cuatro etiquetas de papel o cinta, identificándolas como «L», «$L/2$», «$L/4$» y «$L/8$». Pégate la etiqueta correspondiente según el trozo de pajilla que te fue asignado.
8. Sopla suavemente sobre un extremo de la pajilla en dirección perpendicular. Empieza quien tiene la mayor longitud y termina el de menor. Puedes grabar cada sonido con un teléfono.
9. Intenta identificar un patrón sonoro que escuchas en relación con las diferentes longitudes. Responde:

p. 50

Fíjate que...

Del mismo modo que la **luz blanca** es la combinación de las frecuencias de los colores del arcoíris, el **ruido blanco** es la combinación de las frecuencias del espectro de frecuencias audible. Son ruidos blancos el sonido de una cascada de agua, la lluvia cayendo sobre una ventana, un generador eléctrico en funcionamiento.



Fíjate que...

En una conversación normal a $300\ cm$ de distancia, la amplitud de las moléculas de aire es extremadamente pequeña, aproximadamente de $0.0000254\ mm$. Esta pequeña amplitud refleja lo increíblemente sutil que es la vibración de las moléculas de aire cuando el sonido de una conversación se propaga.

a. Escribe un enunciado general sobre cómo acortar la longitud de un trozo de pajilla afecta el tono para el caso de un **tubo abierto** por ambos extremos a la presión atmosférica.

10. Sopla tu pajilla (en su estado de tubo abierto) y, sin dejar de soplar, cubre el extremo inferior con un dedo. Sigue el mismo orden del *paso 8*. Ahora, tu pajilla se convierte en un **tubo cerrado** (un extremo abierto y el otro cerrado). Puedes grabar el sonido con tu teléfono. Responde:
    b. Escribe un enunciado general sobre cómo cambia el tono al pasar de un tubo abierto a uno cerrado.
11. Sopla la pajilla en su estado de tubo cerrado y, sin interrumpir el flujo de aire, destapa el extremo inferior. Sigue el orden del *paso 8*. Puedes grabar el sonido con tu teléfono. Responde:
    c. Escribe un enunciado general sobre cómo cambia la el tono al pasar de un tubo cerrado a uno abierto.
12. Sopla la pajilla en estado de tubo cerrado y repite el *paso 8*. Responde:
    d. Escribe un enunciado general sobre cómo acortar la longitud de una pajilla afecta el tono en el caso de un tubo cerrado.
    e. ¿Qué medio físico está vibrando dentro de las pajillas (tubo abierto y tubo cerrado) que genera el sonido que escuchas?

p. 51

A medida que acortaste cada vez más la longitud de la pajilla, la columna de aire dentro de ella se volvía más corta, aumentando así la rapidez de las vibraciones de las moléculas de aire. Esto hizo que el tono del sonido fuera más alto o agudo.

Cuando produjiste el primer sonido con la pajilla en tubo cerrado, este se originó por las vibraciones del aire dentro de la pajilla. Cuando retiras el dedo, ese extremo queda expuesto al aire circundante y las vibraciones del aire en esta parte de la pajilla se sumaron a las vibraciones ya presentes adentro. Esta es la causa de que percibamos el tono más alto o agudo.

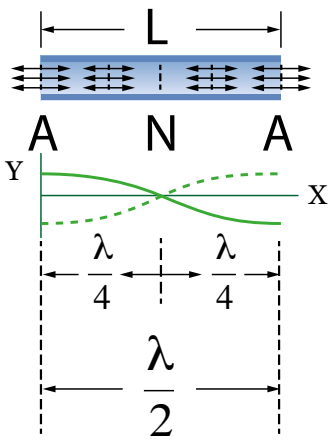
ESPECTROS AUDIBLES

Ventajas de oír: comunicación con animales de la misma especie, detección de presas o depredadores, alarma, orientación, navegación, ecolocalización.

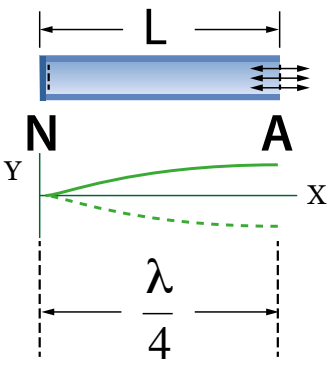
Muchos aspectos de las formas de una **onda estacionaria longitudinal** en columnas de aire son similares a los de la cuerda. En este sentido, los extremos del tubo abierto son similares al extremo móvil de una cuerda estirada, donde la oscilación o desplazamiento del aire es máximo, es decir, es un **antinodo de desplazamiento (A)**; y el extremo cerrado del tubo cerrado es similar al extremo fijo de una cuerda estirada, donde el desplazamiento o la oscilación del aire es cero, o sea, es un **nodo de desplazamiento (N)**.

En los dos gráficos de al lado, el eje Y es la amplitud de la vibración de las moléculas de aire y el eje X es la posición que ocupan las moléculas a lo largo del tubo.

El tubo abierto



El tubo cerrado



Primer armónico $(n = 1)$.

$$\frac{\lambda_1}{2} = L \qquad 3.13$$

Primer armónico $(n = 1)$.

$$\frac{\lambda_1}{4} = L \qquad 3.14$$

En las etapas anteriores experimentamos con la propagación del sonido y conocimos que las vibraciones se transmiten a través de las moléculas del aire. Además, complementamos con el estudio de los armónicos en columnas de aire dentro de tubos cilíndricos. Estos armónicos son una manifestación directa de las ondas estacionarias que se forman debido a la reflexión del sonido en los extremos del tubo, permitiendo explorar con factores que influyen la velocidad de las ondas sonora. Así, ambos experimentos ayudan a ilustrar los principios fundamentales de la transmisión del sonido en medios gaseosos.

Ojo al dato...

La rapidez del sonido es mayor en los sólidos que en los gases.

$v_{sólido} > v_{líquido} > v_{gas}$

D. Ondas en el aire

Aprendamos a calcular las propiedades del sonido cuando se propaga por el aire libre y cuando resuena dentro de los tubos cerrados y abiertos.

Procedimiento:

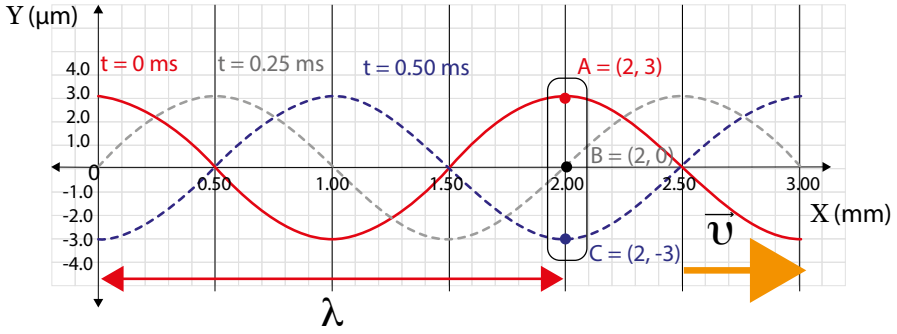
1. Lee la siguiente información.

Ondas longitudinales. La propagación del sonido requiere de un medio físico (sólido, líquido, gas o plasma) para transportar la perturbación, lo que lo clasifica como una **onda mecánica**. Tres propiedades del medio que influyen en la velocidad del sonido son: la inercia de las moléculas, la fuerza de interacción entre ellas (es decir, cuán fuertemente están unidas) y la temperatura. Por ejemplo, en los sólidos, las moléculas están mucho más cohesionadas que en los gases, lo que permite que las vibraciones se transmitan más rápidamente de una molécula a otra en sólidos que en gases. La rapidez del sonido en el aire a una temperatura en °C (T_C) se puede calcular por la expresión:

$$v = 331\ \frac{m}{s}\sqrt{1 + \frac{T_C}{273}} \qquad 3.15$$

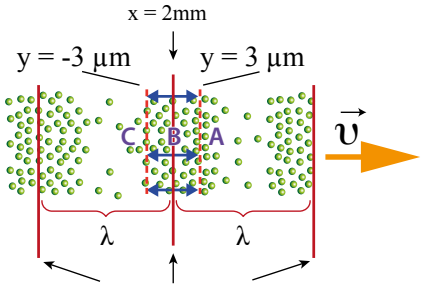
En la **onda longitudinal**, la oscilación de las moléculas de aire se propaga en la misma dirección que la de la onda sonora. Por tanto, el gráfico desplazamiento contra posición no se interpreta igual que una onda transversal.

Gráfico desplazamiento (Y) vs. posición (X)



En este gráfico Y vs X, el desplazamiento que realizan las moléculas de la posición $x = 2$ mm (puntos A, B y C, en este orden) es paralelo a la dirección +X velocidad de onda $\vec{v}$.

Así que no es la foto de la onda longitudinal. Es más, durante la propagación de la onda, la oscilación de las moléculas produce variaciones de densidad y presión en el aire.

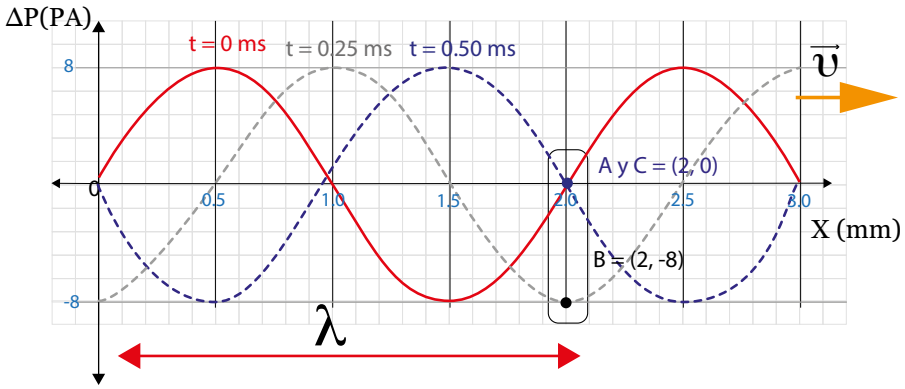


Las oscilaciones de las moléculas de aire de la posición x = 2 mm van y vienen de -3 a 3 micrómetros.

Posiciones de equilibrio

Tales cambios consisten en una región de alta presión respecto a la presión atmosférica llamada **compresión**, que alterna con otra de baja presión, llamada **rarefacción**. Dado que la fuente de la onda vibra en MAS, las variaciones de desplazamiento, de presión y de densidad del aire están también en MAS.

Gráfico variación de presión (ΔP) vs. posición (X)



Nota que en las amplitudes de desplazamiento $3\ \mu m$ (punto A y tiempo 0 ms) y $-3\ \mu m$ (punto C y 0.50 ms), las moléculas de la posición $x = 2$ mm no experimentan ninguna variación de presión (puntos A y C del gráfico ΔP contra X). Esto se debe a que, al llegar a la amplitud de la oscilación, el movimiento de las moléculas cambia de sentido (igual que la lenteja del péndulo cuando alcanza la amplitud de su oscilación); este instante no provoca ni subida ni bajada en la presión atmosférica ($\Delta P = 0$ Pa). Sin embargo, es máxima $\Delta P = -8$ Pa (punto B) en el punto de equilibrio, donde es máxima la rapidez de las moléculas. Al instrumento musical cuyo sonido se produce en una columna de aire que vibra en MAS se llama también **instrumento armónico**.

Armónicos en el tubo abierto. Obtendremos las frecuencias que forman una serie armónica.

$$na\left(\frac{\lambda_{na}}{2}\right) = L_a, \text{ o } \lambda_{na} = \frac{2L_a}{na} \qquad 3.16$$

Donde $na = 1, 2, 3, \ldots$ es el **número armónico** del na–ésimo armónico. Para encontrar las frecuencias de resonancia que corresponden a las longitudes de onda λ_{na}, se utiliza la ecuación 3.8 (acá es rapidez del sonido en el aire) en la siguiente forma y luego se sustituye 3.16 en ella.

$$f_{na} = \frac{v}{\lambda_{na}} = \frac{v}{\frac{2L_a}{na}} = na\ \frac{v}{2L_a} \qquad 3.17$$

El primer armónico (frecuencia fundamental) es $f_{1a} = v/(2L_a)$. Luego se sustituye esta expresión en 3.17 y el resto de la serie armónica $na = 2, 3, \ldots$ es:

$$f_{na} = na\ f_{1a} \qquad 3.18$$

Ten en cuenta que pueden existir **armónicos pares e impares** en un tubo abierto.

Armónicos en el tubo cerrado. Obtendremos las frecuencias que forman una serie armónica.

$$nc\left(\frac{\lambda_{nc}}{4}\right) = L_c, \text{ o } \lambda_{nc} = \frac{4L_c}{nc} \qquad 3.19$$

Donde $nc = 1, 3, 5, \ldots$ es el **número armónico** del nc–ésimo armónico. Para encontrar las frecuencias de resonancia correspondientes a las longitudes de onda λ_{nc}, utilizando la ecuación 3.8 (acá es rapidez del sonido en el aire) en la siguiente forma y luego se sustituye 3.19 en ella.

$$f_{nc} = \frac{v}{\lambda_{nc}} = \frac{v}{\frac{4L_c}{nc}} = nc\ \frac{v}{4L_c} \qquad 3.20$$

El primer armónico (frecuencia fundamental) es $f_{1c} = v/(4L_c)$. Luego se sustituye esta expresión en 3.20 y el resto de la serie armónica $nc = 3, 5, \ldots$ es:

$$f_{nc} = nc\ f_{1c} \qquad 3.21$$

Ten en cuenta que solo puede haber **armónicos impares** en el tubo cerrado.

Como podemos notar, las expresiones 3.18 y 3.21, que hemos deducido, manifiestan que, para cualquier armónico de cuerda o columna de aire, la distancia de las ubicaciones de nodos y antinodos tienen relación con la longitud de onda, de la siguiente manera:

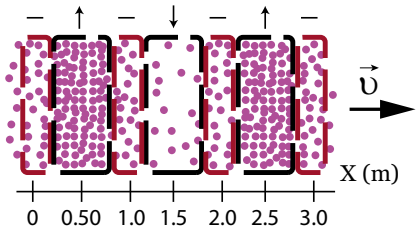
- $\lambda/2$, entre nodos adyacentes.
- $\lambda/2$, entre antinodos adyacentes.
- $\lambda/4$, entre un nodo y un antinodo adyacente.

2. Lee la sección *Así se calcula…* que se encuentra a continuación.

Así se calcula...

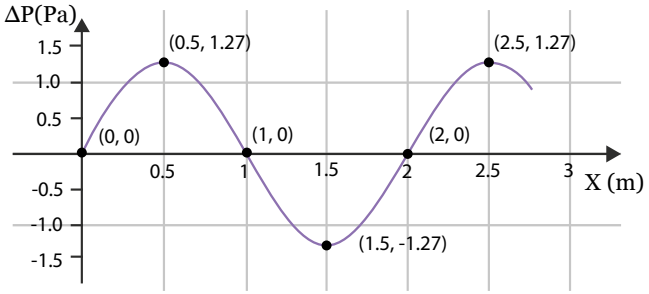
A continuación, resolveremos ejemplos de problemas que involucran el tratamiento de ondas longitudinales.

1. Una onda sonora viaja por el aire y produce variaciones de presión ΔP (por encima y por debajo de la presión atmosférica a nivel del mar, $101\,325.00$ Pa) A partir de la información dada en los gráficos, calculemos la longitud de la onda y el periodo de la onda sonora.



donde:
↑ (101325 +1.27) Pa
↓ (101325-1.27) Pa
– 101325 Pa

Gráfico variación de presión (ΔP) vs. posición (X)



Solución. Fijaremos dos puntos, donde inicia y termina un ciclo de la onda sonora, del gráfico ΔP vs X. Como podemos observar los puntos serían $(0\text{ m}, 0\text{ Pa})$ y $(2\text{ m}, 0\text{ Pa})$. Por la periodicidad espacial podemos calcular la longitud de onda por un intervalo de distancia de la siguiente manera:

$\lambda = \Delta x$

$\lambda = 2\text{ m} - 0\text{ m} = 2\text{ m}$

Para calcular el período, utilizaremos la expresión 3.8, el resultado anterior y la rapidez del sonido que en el aire es aproximadamente de 340 m/s.

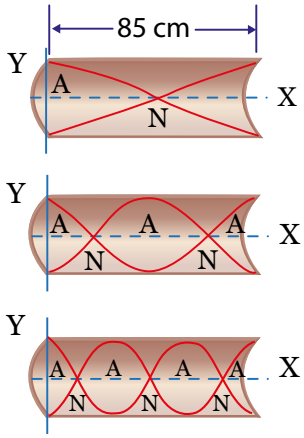
$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Despejamos T y sustituimos

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{2\text{ m}}{340\text{ m/s}}$$

$$T = \frac{1}{170}\text{ s}$$

2. Un tubo abierto tiene 85 cm de longitud. Calcula las frecuencias de los primeros tres armónicos y dibújalas. Considera la rapidez del sonido como 340 m/s.



Solución. Usemos la ecuación 3.16 para hallar el primer armónico y la 3.17 para los otros dos armónicos que se producen en un tubo abierto.

Primer armónico, $n = 1$: $f_1 = 340/(2 \times 0.85)$

$f_1 = 200\text{ Hz}$

Segundo armónico: $f_2 = 2f_1 = 2(200)$

$f_2 = 400\text{ Hz}$

Tercer armónico: $f_3 = 3f_1 = 3(200)$

$f_3 = 600\text{ Hz}$

3. Resuelve los ejercicios de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 51

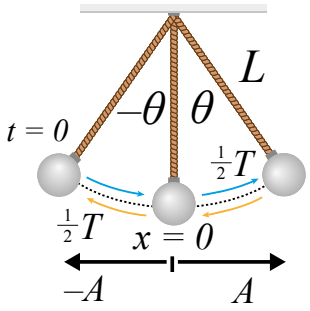
Hemos explorado cómo se generan las ondas estacionarias en tubos de aire, resaltando la importancia de los extremos abiertos y cerrados. Estas ondas son clave para entender la formación de armónicos y resonancias, esenciales en la acústica de instrumentos musicales. Por ejemplo, el **timbre** es la cualidad que distingue entre una flauta y un violín, aunque toquen la misma nota, y depende de la cantidad de armónicos presentes en la forma de la onda sonora. Este conocimiento es fundamental para comprender por qué los instrumentos suenan de manera diferente.

Resumen

Movimiento armónico simple (MAS)

El estudio de la energía mecánica del MAS se realizó través del péndulo simple. El propósito de las simplificaciones $W_{fricción} = 0$ J y $W_{gravitatorio} = 0$ J aplicadas al sistema péndulo - Tierra es no permitir el paso del flujo de energía por la frontera del sistema, en consecuencia, ningún cambio de la energía mecánica sucederá en su interior: la energía total se conserva ($\Delta E = 0$ J). Aunque las cantidades individuales de las energías cinética y potencial varían, la suma se mantendrá constante en todo momento. Por ejemplo, si la energía total del péndulo simple es $E = 10$ J, las energías $K = 3$ J y $U_g = 7$ J son posibles porque $3\text{ J} + 7\text{ J} = 10$ J, pero son imposibles las energías $K = 4$ J y $U_g = 7$ J porque la suma no es 10 J (vea, $4\text{ J} + 7\text{ J} = 11$ J).

Además de la energía, son constantes la amplitud A, la amplitud angular θ,el período T y la frecuencia f .



Las condiciones que producen MAS son: 1) la posición de equilibrio ($x = 0$), donde, $\vec{\Sigma F} = 0$ N y 2) la fuerza de restitución, $\vec{F}\alpha - \vec{x}$. El péndulo simple cumple la segunda condición si la amplitud angular es pequeña ($\theta \leq 20°$).

Ondas mecánicas

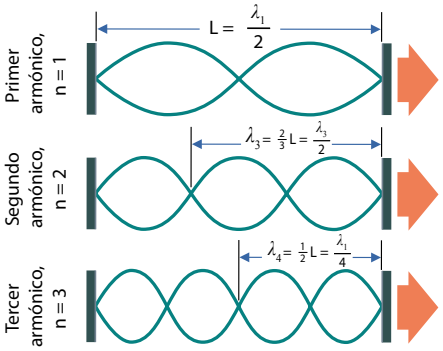
Son ondas que se propagan solo en medios físicos como el sonido y la onda en una cuerda. El sonido es una onda longitudinal, y la onda en una cuerda, una onda transversal. Se estableció que las fuentes que originan estas dos ondas vibran en MAS y por esto son ondas armónicas. Es más, mientras pasa la onda, todos los elementos del medio también vibran en MAS. Por su parte, el tono depende casi por completo de la frecuencia de la onda de sonido: a mayor frecuencia, más alto el tono. El ruido no tiene un **tono** definido porque no tiene una frecuencia definida. Por otro lado, el timbre depende de la cantidad de armónicos.

Armónicos

La mayoría de los sonidos musicales es una superposición de muchos **tonos parciales** que difieren en frecuencia. La frecuencia más baja, frecuencia fundamental f_1, determina el tono de la nota. Un tono parcial cuya frecuencia es múltiplo entero de f_1 se llama **armónico**. Mayores frecuencias crean más **armónicos**.

Los tres primeros armónicos de una cuerda con extremos fijos son:

Los tres primeros armónicos de una cuerda con extremos fijos son:



$$\frac{\lambda_1}{2} = L,\ f_1$$

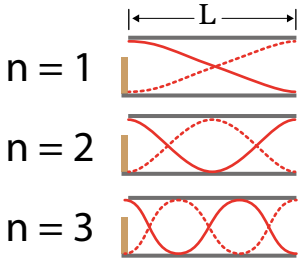
$$\lambda_2 = \frac{2L}{2} = L$$

$$f_2 = 2\,f_1$$

$$\lambda_3 = \frac{2L}{3},\ f_3 = 3f_1$$

Los tres primeros armónicos de una columna de aire son:

El tubo abierto



Cualquier armónico

$n=1:\ \frac{\lambda_1}{2} = L,\ f_1.$

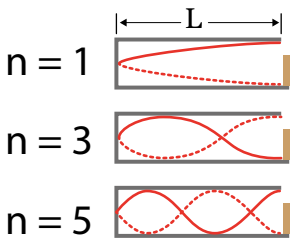
$n = 2: \lambda_2 = L,$

$f_2 = 2\,f_1.$

$n = 3: \lambda_3 = \frac{2L}{3},$

$f_3 = 3f_1.$

El tubo cerrado



Sólo tiene armónicos impares.

$n = 1:\ \lambda_1 = 4\,L,\ f_1.$

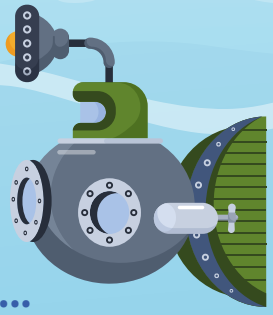
$n = 3: \lambda_3 = \frac{4L}{3},$

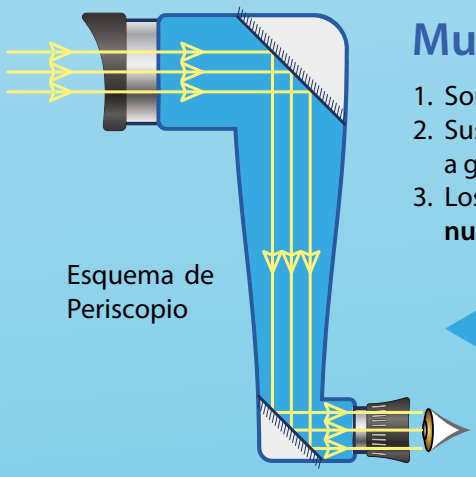
$f_3 = 3f_1.$

$n = 5: \lambda_5 = \frac{4L}{5},$

$f_5 = 5f_1.$

EL SONAR
Submarinos





Esquema de Periscopio

Muy diferentes a los barcos...

1. Son herméticos para evitar la entrada del agua al sumergirse.
2. Sus cascos son fuertes para no ser aplastados por la **presión del océano** a grandes profundidades.
3. Los submarinos modernos funcionan con **baterías eléctricas** o **energía nuclear**, sistemas que no absorben oxígeno.

Sus ojos...

Por estar los submarinos completamente cerrados, usan un dispositivo de visualización que se eleva fuera del agua para permitir a los oficiales ver lo que hay a su alrededor. Se llama periscopio.

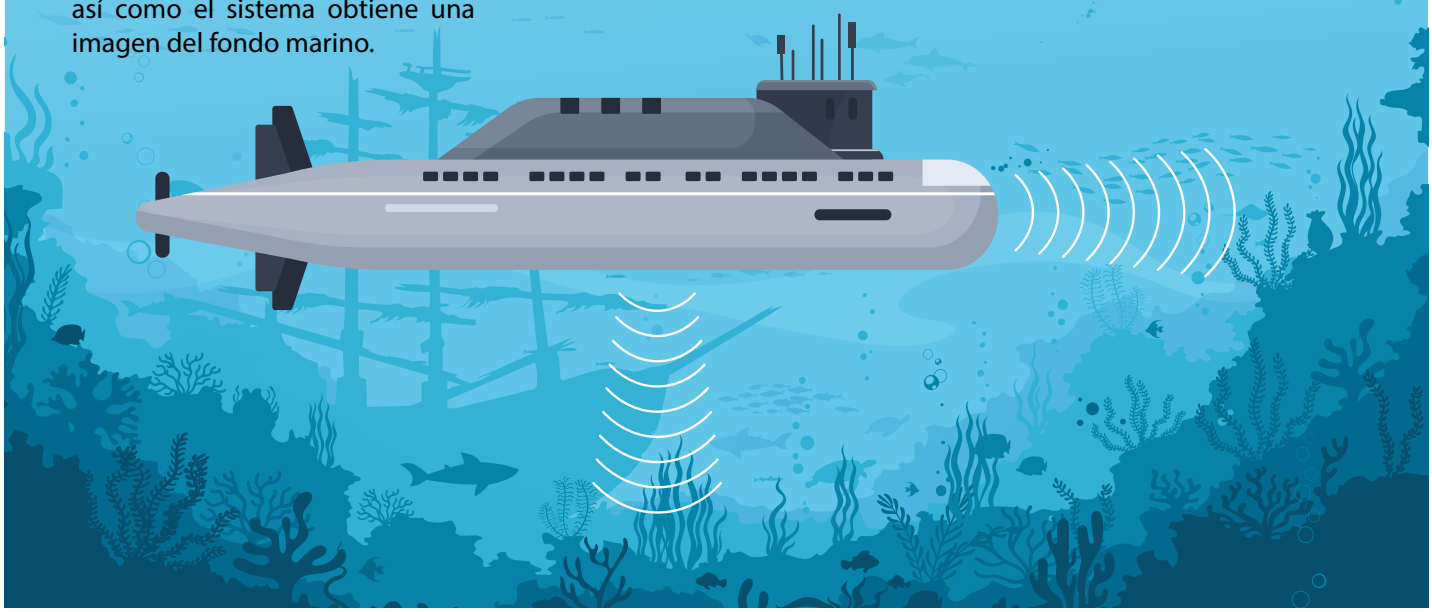
Sus oídos...

El sistema se llama **SONAR** (acrónimo de «**SOund Navigation And Ranging**») significa navegación por sonido. Con este sistema pueden "escuchar" lo que hay debajo del agua enviando ondas de sonido que rebotan en todo lo que encuentran a su paso. Estos ecos ayudan a la navegación y es así como el sistema obtiene una imagen del fondo marino.

Un descubrimiento del siglo XX...

Los submarinos han demostrado ser muy útiles. Los científicos utilizan pequeños submarinos llamados «sumergibles», para explorar los enormes fondos oceánicos y las criaturas que viven allí.

La gente también utiliza sumergibles para buscar barcos hundidos y tesoros perdidos. El lujoso transatlántico **Titanic** fue descubierto y explorado en 1985 por un sumergible, 73 años después de que se hundiera en la noche del 14 al 15 de abril de 1912 debido por la colisión con un iceberg, en el Océano Atlántico.



Quiero ser...

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

Carrera: Licenciatura en Física

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.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y 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

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, 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

Carrera: Ingeniería Eléctrica

Duración: 5 años/10 ciclos



Descripción. La Ingeniería Eléctrica hace énfasis en el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos y científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

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:

- Telecomunicaciones
- Control automático
- Energías renovables y eficiencia energética
- Diseño y construcción de sistemas de potencia
- Electrónica de potencia
- Automatización industrial
- Control automático
- Metrología eléctrica
- Seguridad y protección eléctrica

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

Unidad 4

Estequiometría y dispersiones

Eje integrador: organización

En esta unidad aprenderemos a:

- Ejecutar cálculos de concentración, gramos y moles de soluto empleando unidades físicas.
- Ejecutar cálculos de concentración, gramos y moles de soluto empleando unidades químicas.
- Identificar dispersiones químicas en sustancias de uso cotidiano.
- Clasificar las dispersiones químicas de acuerdo con sus propiedades.
- Ejemplificar los diferentes tipos de dispersiones químicas y sus aplicaciones.
- Clasificar las soluciones químicas con base en la cantidad de soluto.
- Identificar los factores que afectan la solubilidad.
- Explicar el comportamiento de las partículas según los factores que afectan la solubilidad.
- Identificar las propiedades coligativas.
- Evidenciar las propiedades coligativas.



Terrón de azúcar a punto de ser disuelto en una taza de café.

Duración: 7 semanas

Unidades físicas de concentración

Indagación

Existe una gran variedad de productos, entre ellos, los cosméticos, que para atender las distintas necesidades se presentan a diferentes concentraciones, como los tintes de cabello. Seguramente has escuchado sobre el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), conocido como agua oxigenada, usado para decolorar el cabello.

Las unidades físicas de concentración son comúnmente empleadas para la medición precisa de concentraciones en la industria alimentaria, del agua, petróleo y gas, cosméticos, limpieza, medicina, investigación científica y más.



En la industria cosmética se establece que solo puede ser usado en una concentración máxima de $12\ \%$, ya que de lo contrario puede ocasionar quemaduras o irritación en el cuero cabelludo.

Pero, ¿qué significa la concentración? Si se tiene una concentración de H_2O_2 al $12\ \%$ significa que posee $12\ \text{g}$ de H_2O_2 por cada $100\ \text{g}$ de solución. Alternativamente, también se puede expresar la concentración en términos de porcentaje de volumen, lo que significa que contiene $12\ \text{mL}$ de H_2O_2 por cada $100\ \text{mL}$ de solución.

Las unidades físicas de concentración expresan la proporción del soluto, en masa, volumen o partes; en relación con la cantidad de solvente, en forma porcentual.

Esta medida es importante porque permite controlar la eficacia y seguridad en el uso de cosméticos, medicamentos, productos de limpieza y alimentos. Realiza la siguiente actividad para identificarla en los productos de tu hogar

A. Concentración de las soluciones en la vida diaria

Las unidades físicas de concentración son tan populares en la cotidianidad en los productos de consumo que has tratado con ellos sin darte cuenta. Por ello, identificaremos estas unidades en sustancias de uso cotidiano

Materiales:

- Algunos productos de consumo del hogar, como champú, detergente para la ropa, blanqueador líquido, limpiador de vidrios, enjuague bucal, jarabe para la tos, diversos alimentos, abono para suelos, entre otros
- Etiquetas de los productos o acceso a la información de la concentración de los productos que se han recolectado



Procedimiento:

p. 56

1. Busca el componente activo o ingredientes que constituyen el producto químico en su etiqueta. Así mismo identifica la concentración.
2. Responde las preguntas que están en el Cuaderno de Trabajo y compáralas con las de tus compañeros del salón.

Además de seguir las instrucciones de uso de los productos, es importante que se conozca la relación de su concentración para verificar si es conveniente para el propósito que se desea. Ahora ¡descubramos cómo hacerlo!

Creatividad

Los productos que se compran en las tiendas suelen tener etiquetas que contienen información sobre la concentración de los componentes, como el porcentaje de masa, masa-volumen o de volumen. Inclusive hasta pueden ser empleados prácticamente para medir la cantidad de ingredientes en una receta.

Por ejemplo, la sal de mesa es una sustancia que se disuelve en agua. Pero, ¿cómo se puede medir la cantidad de sal en el agua? Una forma de hacerlo es utilizando una unidad de medida llamada **porcentaje de masa** ($\%\ m/m$). Este concepto es muy importante para ayudar a entender cuánta cantidad de una sustancia hay en una solución, como el agua salada.

Realiza la siguiente actividad para descubrir cómo funciona el porcentaje de masa ($\%\ m/m$) por medio del cálculo de la concentración de una solución salina y cómo se puede aplicar en el día a día, a través de la siguiente fórmula

$$\%\ \frac{m}{m} = \left(\frac{m_{soluto}}{m_{solución}}\right)(100) \qquad 4.1$$

La masa de solución se obtiene así:

$$m_{solución} = m_{soluto} + m_{solvente}$$

B. Porcentaje de masa ($\%\ m/m$)

La salmuera se usa comúnmente en la cocina y la producción de alimentos, por ello, es esencial conocer su concentración. La ecuación 4.1 permite calcular el porcentaje de masa de la solución. ¡Manos a la ciencia!

- 2 *beaker* de 250 mL
- 1 balanza
- 1 placa de calentamiento
- 1 cucharadita de cloruro de sodio ($NaCl$)

Procedimiento:

1. Mide la masa de un *beaker* y registra el dato.
2. Coloca la cucharadita de $NaCl$ en el *beaker del paso 1*.
3. Mezcla la solución hasta que el $NaCl$ se disuelva por completo.
4. Mide la masa de la solución y anota el dato.
5. Evapora el agua de la solución usando la placa de calentamiento, retira el beaker en el instante que se termine de evaporar el agua y déjalo enfriar.
6. Pesa el *beaker* con sal y anota el dato.
7. Calcula la masa de la sal y responde las preguntas, revisa la sección *Así se calcula…* en la página 109.

p. 57

Al evaporar el agua de la solución y pesar el residuo sólido se puede determinar la cantidad de sal presente en la solución, y a partir de ello, calcular el porcentaje de masa. La concentración de la salmuera es relevante para garantizar la seguridad alimentaria.

Notación…

El porcentaje de masa se refiere a la cantidad de soluto que está disuelto en una cantidad dada de solvente expresado como una fracción de 100.

Fíjate que…

El porcentaje de masa puede variar ampliamente entre distintas soluciones. Por ejemplo, la leche tiene un porcentaje de masa cerca del $3.5\ \%$, mientras que, el ácido clorhídrico concentrado posee alrededor del $36\ \%$.





Notación...

El porcentaje de masa-volumen expresa la cantidad de soluto que está disuelto en una solución, multiplicado por 100.

Seguramente has visto cómo el azúcar se disuelve en el café o el chocolate en la leche caliente, pero, ¿sabes que hay una manera de medir cuánto de una sustancia se ha disuelto en un líquido? ¡Así es! Esto se llama **porcentaje de masa-volumen** (% m/v) y facilita la expresión de la cantidad de una sustancia que se ha disuelto en un líquido en términos de masa y volumen.

$$\% \frac{m}{V} = \left(\frac{M_{soluto}}{V_{solcuión}}\right)(100) \qquad 4.2$$

En este caso el volumen de solución es igual al volumen de solvente.

¿Por qué es importante saber esto? El porcentaje de masa-volumen ayuda a entender la concentración de una solución y cómo podemos manipularla para diferentes propósitos. Por ejemplo, en la medicina o la industria alimentaria en la preparación de bebidas y alimentos con sabores específicos.

La etiqueta de una botella de refresco puede indicar que contiene un 10 % de azúcar en masa-volumen, lo que significa que hay 10 g de azúcar disueltos en cada 100 mL de bebida.



Este dato es importante para controlar la calidad y el sabor de los productos alimenticios y asegurarse de que cumplen con los estándares en la industria.

C. Porcentaje masa-volumen (% m/v)

En el siguiente experimento, mediremos el porcentaje de masa-volumen de una solución utilizando técnicas de medición de volumen y masa.

Materiales:

- 1 *beaker* de 1 000 mL
- 1 balanza
- Agua
- Sacarosa

Procedimiento:

1. Mide en el *beaker* $1\,000$ mL de agua y anota este dato.
2. Pesa 10 g de azúcar en la balanza y viértelos en el agua, registra el dato.
3. Mezcla hasta que el azúcar se disuelva por completo. Luego, responde las preguntas.

p. 57

Es importante comprender que la concentración de una solución puede variar, por ello es necesario medirla con precisión. También, debemos conocer las unidades de medida utilizadas, como gramos, mililitros y porcentajes.

¿Alguna vez has bebido jugo en botella o lata? Seguramente sí, pero, ¿cómo sabemos cuánto del contenido del envase es concentrado de fruta? Esto se logra calculando el **porcentaje de volumen**, que es una manera de medir la cantidad de soluto líquido que hay en un solvente líquido. Para ello, ten en consideración la siguiente fórmula:

$$\% \frac{V}{V} = \left(\frac{V_{soluto}}{V_{solución}}\right)(100) \qquad 4.3$$

Para obtener el volumen de solución se debe sumar el volumen de soluto con el de solvente, así:

$$V_{solución} = V_{soluto} + V_{solvente}$$

Notación...

El porcentaje de volumen expresa la cantidad de soluto en relación con el volumen total de la solución, multiplicado por 100.

D. Porcentaje de volumen (% v/v)

En esta actividad prepararás una mezcla deliciosa y refrescante para aprender a calcular el porcentaje de volumen. Además, será ideal para aprender acerca de la química de soluciones de manera entretenida y práctica. ¡Comencemos!

Materiales:

- Fruta (manzana, naranja, pera, piña, mango y otros)
- Envase de néctar de fruta
- 1 *beaker* de 500 mL
- 1 vaso transparente
- Mortero y pistilo
- Agitador
- Rayador
- Agua

Procedimiento:

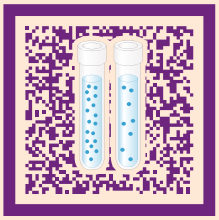
1. Extrae el néctar de la fruta, busca la técnica apropiada de acuerdo con la fruta que has llevado.
2. Mide el volumen de concentrado de fruta que has extraído en el beaker y anota el dato.
3. Agrega agua al *beaker* hasta completar los $500\ \text{mL}$ y registra el dato.
4. Mezcla bien la solución hasta homogenizar; luego, resuelve las dificultades.
5. Analiza la tabla nutricional del envase del néctar de fruta.
6. Calcula el volumen de concentrado de fruta o la concentración, de acuerdo con la información que proporciona la tabla nutricional.
7. Finalmente, completa la tabla resumen de las *actividades B, C y D.*

p. 58

Seguro que de ahora en adelante prestarás más atención a las concentraciones de los productos que compras, recuerda que es importante considerar que la concentración de un soluto depende de la aplicación para la que se elabora el producto.

Fíjate que...

En la ciudad de Nippur, ahora Irak, se han encontrado tablillas de arcilla del año $2\ 200$ a. e. c. que registran la cantidad de cebada y agua utilizada para preparar bebidas, expresada en porcentaje de volumen.



CONCENTRACIÓN QUÍMICA

Es la proporción que existe entre la cantidad de soluto y solvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve.

Así se calcula...

Hay diferentes tipos de variantes que pueden presentarse al realizar ejercicios empleando las fórmulas matemáticas de las unidades físicas de concentración.

Cambio en la cantidad total de la solución. Puede solicitarse el ajuste de la cantidad total de la solución, ya sea aumentándola o disminuyéndola. Esto implica que se modifique la cantidad de soluto y solvente en proporciones adecuadas, con la idea de que se conserve la concentración.

Ejemplo 1. Se tiene una solución de $100\ \text{g}$ al $10\ \%\ \text{g/g}$ y se quiere saber cuántos gramos de soluto son necesarios para preparar una solución de $200\ \text{g}$, a la misma concentración.

Solución. Se calcula la masa de soluto en la solución de $200\ \text{g}$ al $10\ \%\ \text{g/g}$. Entonces, al despejar la masa de soluto usando la fórmula del porcentaje de masa (ecuación 4.1), se obtiene:

$$\%\ \frac{\text{m}}{\text{m}} = \left(\frac{\text{m}_{\text{soluto}}}{\text{m}_{\text{solución}}}\right)(100)$$

$$\text{m}_{\text{solución}} = \left(\frac{\%\ \frac{\text{m}}{\text{m}}}{100}\right)(\text{m}_{\text{solución}})$$

$$\text{m}_{\text{solución}} = \left(\frac{10\ \%\ \text{g/g}}{100}\right)(200\ \text{g}) = 20\ \text{g}$$

Cambio en la cantidad de soluto. En algunos problemas, se puede pedir que se efectúen ajustes a la cantidad de soluto manteniendo constante el volumen de la solución.

Esto va a necesitar cálculos para determinar la masa necesaria del soluto requerido para alcanzar una concentración; sin embargo, hay que considerar que se afectará la concentración final.

Ejemplo 2. ¿Cuántos gramos de soluto deben añadirse a una solución de $100\ \text{mL}$ al $10\ \%\ \text{g/mL}$, para obtener una solución de $200\ \text{mL}$ al $15\ \%\ \text{g/mL}$?

Solución. Se calcula la cantidad de soluto en la solución de $100\ \text{mL}$ al $10\ \%$. Si la concentración de solución es de $10\ \%$, significa que hay $10\ \text{g}$ de soluto en cada $100\ \text{mL}$ de solución.

$$10\ \%\ \text{g/mL} = \left(\frac{m_{soluto}}{100\ \text{mL}}\right)(100)$$

$$m_{soluto} = \left(\frac{10\ \%\ \text{g/mL}}{100}\right)(100\ \text{mL})$$

$$m_{soluto} = 10\ \text{g}$$

Igualmente, se calcula la cantidad de soluto que se necesita para una solución de $200\ \text{mL}$ al $15\ \%$.

$$15\ \%\ \text{g/mL} = \left(\frac{m_{soluto}}{200\ \text{mL}}\right)(100)$$

$$m_{soluto} = \left(\frac{15\ \%\ \text{g/mL}}{100}\right)(200\ \text{mL})$$

$$m_{soluto} = 30\ \text{g}$$

La cantidad de soluto que se necesita añadir a la solución será la diferencia entre la cantidad de soluto que necesita para la solución final y la cantidad de soluto que tiene la solución inicial:

$$30\ \text{g} - 10\ \text{g} = 20\ \text{g}$$

Diluciones. Puede haber situaciones en las que se solicite preparar una solución de menor concentración, a partir de una más concentrada, esto se realiza tomando una muestra de la solución de mayor concentración y agregando a esta el volumen necesario de solvente para alcanzar la concentración deseada, para esto se puede aplicar la siguiente ecuación:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \qquad 4.4$$

Donde:

C_1 es la concentración de la solución madre o de mayor concentración.

C_2 es la concentración a la que se debe preparar la solución diluida.

V_1 es el volumen que se debe tomar de la solución madre.

V_2 es el volumen al que se debe preparar la dilución.

Ejemplo 3. Se debe preparar una solución de $150\ \text{mL}$ al $5\ \%\ \text{mL/mL}$ a partir de una solución al $10\ \%\ \text{mL/mL}$. ¿Cuántos mililitros se deben tomar de la solución concentrada?

Solución. Hay que calcular el volumen (V_1) de solución concentrada que se debe tomar para preparar la dilución. Como ya se conocen las $C_1 = 10\ \%\ \text{mL/mL}$ y $C_2 = 5\ \%\ \text{mL/mL}$ y también el $V_2 = 150\ \text{mL}$ se puede despejar la ecuación 4.4 y sustituir los datos.

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{(5\ \%\ \text{mL/mL})(150\ \text{mL})}{10\ \%\ \text{mL/mL}}$$

$$V_1 = 75\ \text{mL}$$

Uso de diferentes unidades de medida. Al utilizar diferentes unidades de medida para expresar la cantidad de soluto o solvente presente, es posible que sea necesario considerar la densidad ($\rho = m/V$) de la sustancia.

Ejemplo 4. Es necesario conocer los mililitros de ácido sulfúrico (H_2SO_4) que hay en una solución de $250\ \text{g}$ y concentración de $36\ \%\ \text{g/g}$. La densidad del H_2SO_4 es $\rho = 1.83\ \text{g/mL}$. ¡Veamos!

Solución. Deben calcularse los g de H_2SO_4 que hay en la solución.

$$m_{soluto} = \left(\frac{36\ \%\ \text{g/g}}{100}\right)(250\ \text{g})$$

$$m_{soluto} = 90\ \text{g}$$

Con la fórmula de la densidad se calculan los mL de soluto presentes en la solución.

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad 4.5$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{90\ \text{g}}{1.83\ \text{g/mL}} = 49.18\ \text{mL}$$

Comunicación

Las unidades físicas de concentración ayudan a medir la concentración en porcentajes. Existen otras unidades importantes en la ciencia y la industria para medir concentraciones muy pequeñas.

Las concentraciones muy bajas se expresan como **partes por millón** (ppm) o **partes por mil millones o billón** (ppb). Las ppm y las ppb pueden definirse en términos de masa, volumen o unidades mixtas de masa y volumen. ¡Conozcámoslas!

$$\text{ppm} = \left(\frac{\text{cantidad de soluto}}{\text{volumen de la solución}}\right) 10^6 \qquad 4.6$$

$$\text{ppb} = \left(\frac{\text{cantidad de soluto}}{\text{volumen de la solución}}\right) 10^9 \qquad 4.7$$

Notación...

Las ppm indican que hay una parte de la sustancia por cada millón de partes de la solución. Por otro lado, las ppb indican que hay una parte de la sustancia por cada mil millones de partes de la solución.

Es posible convertir los ppm a ppb multiplicando por mil:

$$\text{ppp} = (\text{ppm})\ (1\ 000)$$

Estas unidades de medida se usan comúnmente en química y otras disciplinas, para expresar la concentración de una sustancia en una muestra o solución. La *actividad E* te ayudará a aprender más sobre estas unidades de concentración.

E. Partes por millón (ppm)

Ayudan a informar sobre las concentraciones de contaminantes en trazas, por tanto, se analizará cómo la concentración de un colorante disminuye a medida que se diluye con agua, como ocurre en el agua potable o el aire.

Materiales:

- Colorante líquido
- Jeringa de 10 mL
- 7 vasos plásticos
- Agua

Procedimiento:

1. Numera los vasos del 1 al 7.
2. En el vaso 1 coloca 10 mL de agua y unas tres o cuatro gotas de colorante líquido. Mezcla bien.
3. Toma 1 mL de la solución del vaso 1 y vacíala en el vaso 2.
4. Agrega 9 mL de agua. Esto resulta en una dilución de 1 :10. Mezcla bien.
5. Toma 1 mL de la solución del vaso 2 y transfiere la muestra al vaso 3.
6. Añade 9 mL de agua y mezcla bien. Esto resulta en una dilución de 1 1:00.
7. Repite el procedimiento hasta alcanzar una dilución de 1 1:000 000.
8. Responde lo que se indica en el Cuaderno de Trabajo.

p. 59

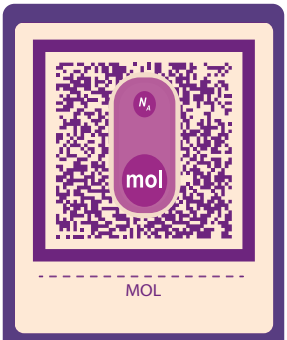
Escanea el código para conocer el Reglamento Técnico Salvadoreño 13.02.01:14 sobre los requisitos de calidad e inocuidad del agua de consumo humano.
https://qrs.ly/v8fs16f

Las ppm y ppb son útiles para expresar la concentración de solutos en soluciones muy diluidas, estas pequeñas cantidades de soluto también son llamadas trazas. La dilución gradual de la solución permitió reducir la concentración hasta las ppm. A medida que la concentración bajaba el colorante se volvía cada vez más difícil de detectar, lo que ilustra cómo las concentraciones muy bajas pueden ser difíciles de medir.

Mol y constante de Avogadro

Indagación

Cuando compramos huevos en el supermercado, los podemos hallar en diferentes presentaciones: media docena, docena, 15 unidades, etc. Al igual que contamos los huevos en docenas, en eventos masivos, conciertos o desfiles, solemos contar a las personas en miles o decenas de miles. Incluso, al cocinar arroz, es común medir la cantidad de granos que empleamos para obtener una porción determinada. Así, de forma similar, en química podemos contar átomos o moléculas, en cantidades aún más grandes, incluso llegando a trillones o cuatrillones de partículas.



Es la unidad con que se mide la cantidad de partículas que hay en una determinada cantidad de masa.

Cada 23 de octubre se celebra el Día Mundial del Mol entre las 6:02 a. m. y 6:02 p. m. La forma de expresión de las horas y fechas hace referencia a la forma decimal del N_A con tres cifras significativas: $6.02 \times 1\ 0^{23}$.









Emplear una unidad para describir una cantidad de objetos, no es nuevo, ha sido una práctica común. Así, en química se emplea el **mol**, la unidad de medida del Sistema Internacional que permite contar la cantidad de átomos o moléculas en una muestra de una sustancia, ayudando a manejar y comparar cantidades extremadamente grandes de partículas de una manera más precisa y eficientemente posible.

En la siguiente actividad, se simulará el proceso que realizan los químicos para determinar el número de átomos o moléculas en sus experimentaciones, ya que estas partículas son tan pequeñas que no se pueden ver a simple vista, y tan numerosas que contarlas una a una sería una tarea imposible. ¡Veamos!

A. Determinación de un número de objetos sin contarlos

En esta actividad, se aplicará el concepto de mol para determinar el número aproximado de objetos pequeños e idénticos que hay en una bolsa grande. Se empleará la masa de la bolsa y la masa promedio de cada objeto para calcular el número de objetos en la bolsa. ¡Así que prepara la calculadora y comienza a descubrir el mundo de los moles!

Materiales:

- Bolsas transparentes
- Balanza
- Una taza de objetos pequeños, puede ser de frijoles, botones, arroz, maíz, canicas o clips

Procedimiento:

1. Cuenta una pequeña cantidad de frijoles, colócalos en la bolsa y anota la cantidad.
2. Mide la masa de la bolsa en la balanza. Anota el valor obtenido.
3. Llena la bolsa por completo con frijoles y ciérrala.
4. Mide su masa y registra el dato que se ha obtenido.
5. Responde lo que se indica en el Cuaderno de Trabajo.

p. 60

Existe una relación directa entre la masa de los objetos individuales y el número de objetos presentes en la bolsa, ya que, a medida que se agregan más objetos a la bolsa, su masa total aumenta proporcionalmente. Así, utilizando la relación entre la masa total de la bolsa llena y la masa de los objetos individuales, puede determinarse aproximadamente el número de objetos en la bolsa, sin contarlos uno por uno.

Así como se utiliza la masa de un número determinado de frijoles y la masa total de la bolsa llena de frijoles para estimar el número de objetos, como verás, el concepto de mol está relacionado con la idea de contar y medir grandes cantidades de partículas en una muestra.



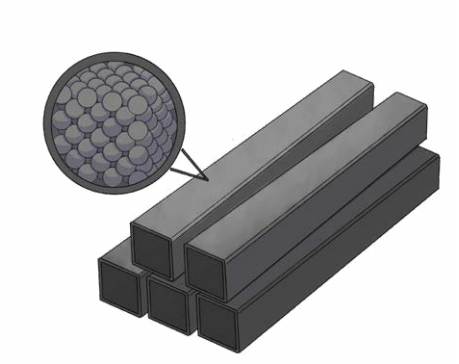
Cada tubo contiene un mol de átomos del elemento. De izquierda a derecha: silicio (Si), carbono (C), fósforo (P), azufre (S), magnesio (Mg) y plomo (Pb).

El mol es equivalente a 6.022×10^{23} partículas, esto es denominado como **constante de Avogadro** en honor al químico italiano Amedeo Avogadro. Por ello, podemos decir que, un mol de partículas (que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones y otras partículas) posee un número de partículas igual a la constante de Avogadro ($N_A = 6.022 \times 10^{23}$).

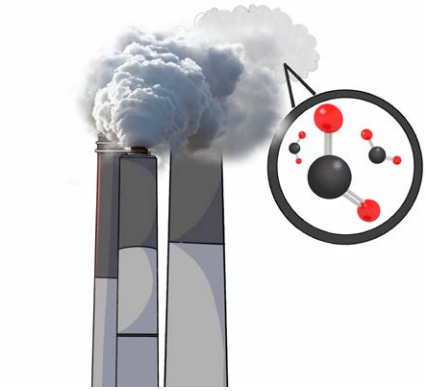
Notación...

En el SI, un mol se define como «la cantidad de una sustancia que posee tantas entidades elementales como el número de átomos que hay en 12 g del isótopo de carbono-12, isotópicamente puro». El número real de átomos en 12 g de carbono-12 ha sido determinado experimentalmente y se conoce como constante de Avogadro.

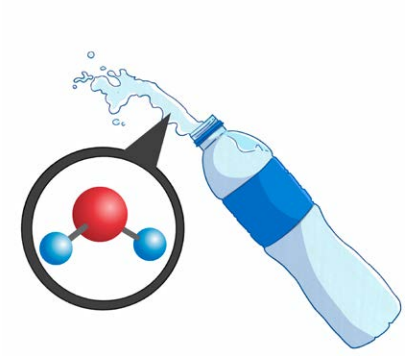




1 mol de hierro (Fe) tiene 6.022×10^{23} átomos de este elemento.



3 mol de dióxido de carbono (CO_2) tiene 3 (6.022×10^{23}) $= 18.066 \times 10^{24}$ moléculas de este compuesto.



1 mol de agua (H_2O) tiene 6.022×10^{23} moléculas de este compuesto.

Creatividad

Si ya se conoce el número de partículas, entonces se puede calcular cuántos moles corresponden solamente planteando una relación de proporcionalidad, considerando $1\ \text{mol} = 6.22 \times 10^{23}$ que partículas. Pon mucha atención, porque enseguida se desarrollará un emocionante juego de mesa donde demostrarás tus habilidades de conversión.

Notación...

La notación científica expresa números extremadamente grandes o pequeños de manera concisa y fácil de manejar. Por ejemplo, el número 300 000 000 se escribe así 3×10^{8}, o el número 0.000056 se expresa como 5.6×10^{-5}, donde el número se escribe como el producto de dos partes: el coeficiente, que es un número decimal mayor o igual a 1 pero menor que 10, y la potencia de 10, que indica cuántas veces se va a multiplicar el coeficiente por 10.

Recorta el molde del dado, las tarjetas y las fichas. Puedes pegarlas sobre papel más resistente o cartulina. ¡Suerte en tu camino hacia la victoria!



B. El juego de las conversiones químicas

Diviértete con este emocionante juego de mesa que desafía a realizar distintas conversiones de moles y a utilizar la constante de Avogadro para avanzar a una asombrosa aventura química. Debes demostrar tus habilidades de conversión y conocimientos sobre los moles para superar desafíos y alcanzar la victoria.

Materiales:

- 2 dados
- Tablero del juego
- 1 ficha de jugador
- Tarjetas de preguntas y respuestas

Procedimiento:

1. Analiza los ejemplos de conversiones químicas de la sección *Así se calcula*... p. 61
2. Busca en el Cuaderno de Trabajo las fichas de jugador, las tarjetas y el dado, para recortarlas e iniciar el juego con el tablero.
3. Forma un equipo.
4. Elige una ficha y ubica la ficha en la casilla de inicio.
5. Lanza los dados para determinar quién comienza. El jugador con la puntuación más alta comenzará.
6. Lanza los dados por turnos y avanza el número de casillas que indiquen.
7. Avanza hasta la casilla superior si caes en una casilla con una escalera.
8. Retrocede hasta la casilla inferior si caes en una casilla con una serpiente.
9. Toma una «Tarjeta de pregunta y respuesta» si llegas a una casilla especial marcada con un signo de interrogación. Si respondes incorrectamente quedas en la posición actual.
10. Gana el juego siendo el primero en llegar a la casilla final del tablero.

Este divertido juego refuerza el conocimiento sobre las conversiones de moles y el número de Avogadro, promueve el pensamiento lógico y el cálculo rápido.

Es importante destacar que estos cálculos nos permiten relacionar la cantidad de partículas en una muestra química con la cantidad de moles y viceversa. Esto es crucial para comprender la estequiometría y las proporciones en las reacciones químicas, así como para entender cómo las sustancias interactúan.

Además, la constante de Avogadro nos ayuda a establecer relaciones cuantitativas entre partículas y moles. Por tal razón, es recomendable realizar ejercicios prácticos y actividades donde se apliquen estos cálculos. ¡Explora el mundo de los moles y las partículas en la *actividad B*!

Así se calcula...

¿Cómo se relacionan los moles con la constante de Avogadro? Piensa en la constante de Avogadro como una clave que permite convertir entre moles y partículas. Imagínate que vas a la tienda buscando huevos y te entregan una caja, así que en vez de contarlos uno por uno, ¡cuentas en moles! Es como tener una fórmula para abrir la caja gigante de huevos y saber exactamente cuántos hay dentro. ¡Veamos algunos ejemplos de conversiones!

Moles a partículas. Se puede convertir una cantidad dada de moles de una sustancia en el número correspondiente de partículas (átomos, moléculas, iones, etc.). Esto se realiza multiplicando la cantidad de moles por la constante de Avogadro (6.022×10^{23}). Imagina 2 mol de naranjas. Con el N_A se puede determinar cuántas naranjas hay exactamente en esos 2 mol. ¡Resulta que hay aproximadamente 1.2044×10^{24} naranjas!

$$(2 \text{ mol de naranjas}) \left(\frac{6.022 \times 10^{23} \text{ naranjas}}{1 \text{ mol de naranjas}}\right) = 1.2044 \times 10^{24} \text{ naranjas}$$

Partículas a moles. Si se conoce la cantidad de partículas de una sustancia, pueden convertirse a moles dividiendo la cantidad de partículas por la constante de Avogadro. Por ejemplo, si se tienen 5.6×10^{23} moléculas de agua, con la N_A se convierten esas moléculas en moles. ¡Descubriendo que se tienen cerca de 0.93 mol de agua!

$$(5.6 \times 10^{23} \text{ moléculas de agua}) \left(\frac{1 \text{mol } de\ H_2O}{6.022 \times 10^{23} \text{ moléculas de agua}}\right) = 0.93 \text{ mol de } H_2O$$

Moles a volúmenes de gas (bajo condiciones estándar). Pueden convertirse moles de un gas en un volumen ocupado por dicho gas bajo condiciones estándar ($P = 1$ atm y $T = 273.15$ K). Esto se realiza utilizando el volumen molar de un gas ideal, que es igual a 22.414 L/mol. ¡Veamos un ejemplo! ¿Cuál es el volumen que ocuparían 0.5 mol de un gas en condiciones estándar? Resulta en aproximadamente 11.207 L.

$$(0.5 \text{ mol}) \left(\frac{22.414 \text{ L}}{\text{mol}}\right) = 11.207 \text{ L}$$

Volúmenes de gas a moles. Si se conoce el volumen ocupado por un gas bajo condiciones estándar, puede convertirse en moles dividiendo el volumen por el volumen molar de un gas (22.414 L/mol). Por ejemplo, el volumen de 50 L de gasolina puede convertirse en moles utilizando el volumen molar de un gas.

$$(0.5 \text{ L}) \left(\frac{1 \text{ mol}}{22.414 \text{ L}}\right) = 2.23 \text{ mol de gasolina}$$



¡Haz los cálculos adecuados para reforzar tus conocimientos de la conversión de moles y la constante de Avogadro!

Comunicación

Imagina que tienes una caja llena de pequeños bloques de construcción y cada bloque simboliza un átomo, una molécula o un ion, dependiendo de la sustancia. Ahora, piensa el mol como una medida que indica el total de bloques en esa caja. En el caso de los átomos, un mol representa a una cantidad enorme: 6.022×10^{23} átomos. Es como si tuvieras una caja gigante llena de bloques y cada uno de ellos es un átomo. ¡Eso es muchísimo!

Escanea el código para aprender en la calculadora cómo convertir a notación científica para facilitar los cálculos.
https://qrs.ly/thfs16g

Si consideramos moléculas, la cantidad en un mol no depende de la sustancia específica. Por ejemplo, en un mol de dióxido de carbono se tienen 6.022×10^{23} moléculas de dióxido de carbono. En un mol de cualquier sustancia, se tiene la cantidad de moléculas igual a la constante de Avogadro.

Si se habla de iones, también se tendría la misma cantidad dada en un $\mathbf{mol}$. Por ejemplo, en un mol de cloruro de sodio, se tendrían 6.022×10^{23} iones cloruro y 6.022×10^{23} iones sodio. La constante de Avogadro nos permite medir y comparar la cantidad de partículas en una escala macroscópica.

Pero si consideramos las sustancias compuestas, la cantidad de moles de átomos de los elementos que la componen sí dependen de la sustancia específica. En la *actividad C* se podrá explorar y comprender mejor esta relación.

C. Parejas de moles y átomos

Pasa un momento de diversión junto a tus compañeros de clase con el juego de «Moles y átomos», que permitirá interpretar que en un mol de una sustancia hay cierta cantidad de partículas (átomos, moléculas o iones).

Se trata de un juego divertido para dos o más jugadores, perfecto para la clase y las tardes en casa, donde se efectuarán cálculos para determinar el número de partículas en un mol de distintas sustancias.



El objetivo de este juego será emparejar la casilla del tablero con el número de átomos en un mol de cada sustancia. Considera el ejemplo: en un mol de H_2O hay 2 (6.022×10^{23}) átomos de hidrógeno (ya que hay 2 moles de hidrógeno) y 6.022×10^{23} átomos de oxígeno (ya que hay 1 $\mathbf{mol}$ de oxígeno), en total hay 1.806×10^{24} . Aplica este ejemplo para emparejar las fichas de cada sustancia con la cantidad de átomos que contiene.

Materiales:

- 2 dados
- Tablero del juego
- Fichas de jugador: 10 parejas de objetos de diferentes colores o formas pueden ser semillas, botones, rocas pequeñas, entre otros.

Procedimiento:

p. 64

1. Usa el tablero del juego que se encuentra en el Cuaderno de Trabajo.
2. Con cada pareja de fichas empareja los datos de la parte superior del tablero con el que le corresponde en la parte inferior del tablero, después de efectuar los cálculos que detalla el *paso 4*.
3. Lanza los dados para determinar quién comienza. El jugador con la puntuación más alta comenzará.

4. Determina el número de átomos en un mol de cada una de las sustancias. Como en el ejemplo del agua. Si te equivocas, entonces, perderás un turno.
5. Gana el juego quien termine primero y grite «¡Moles y átomos!». Aunque, debes considerar que se trata de un juego colaborativo y el objetivo es resolver el tablero entre todos los participantes.

Como verás, la naturaleza de las sustancias afectará la cantidad de partículas en un mol. Además, las conversiones de moles y la constante de Avogadro tienen varias aplicaciones en diversos campos de la ciencia, la industria y la vida diaria. ¡Conozcámoslas!

Dosificación de medicamentos. En el campo de la medicina y la farmacia, las conversiones de moles y la constante de Avogadro son empleadas para calcular las dosis exactas de medicamentos. Por ejemplo, los profesionales de la salud calculan las dosis adecuadas en función de su concentración y la cantidad que se necesita para obtener el efecto terapéutico necesario.

Control de calidad en la industria. En la industria, especialmente en el sector farmacéutico, químico y alimentario, se efectúan análisis y pruebas de control de calidad para garantizar que los productos cumplan con todos los estándares establecidos. Las conversiones de moles y la constante de Avogadro determinan la cantidad de sustancias presentes para compararla con los niveles aceptables.

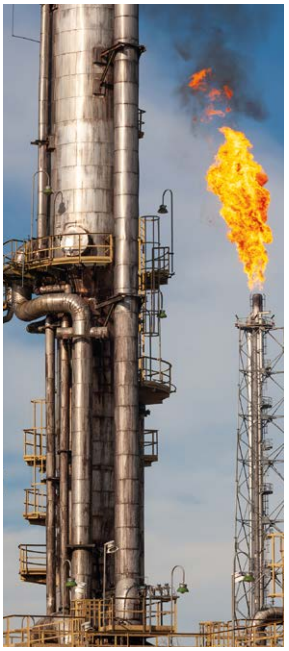
Análisis de contaminantes ambientales. En el estudio de la contaminación del ambiente, las conversiones de moles y la constante de Avogadro son empleadas para medir la concentración de sustancias tóxicas en el aire, el agua o el suelo. Los científicos solicitan recolectar muestras y efectuar análisis químicos para determinar la cantidad de contaminantes presentes.

Producción y consumo de energía. Las conversiones de moles y la constante de Avogadro son utilizadas para analizar la eficiencia y el rendimiento de procesos relacionados con la generación y el consumo de energía. Por ejemplo, para la combustión de combustibles fósiles, el conocimiento de estas conversiones permite calcular la cantidad de oxígeno que se requiere para la reacción completa y determinar la eficiencia energética del proceso.

Como ves, los moles y la constante de Avogadro están más cerca de nosotros de lo que podríamos haber pensado y esto ayuda a tomar decisiones informadas sobre el uso de productos químicos, al comprender cómo las sustancias que las conforman interactúan entre sí y cómo se pueden cuantificar de una manera más precisa.









Masa molar

Indagación

Al cortar los frutos del café, es posible contarlos uno por uno, pero a medida que el número de granos aumenta, el conteo se torna difícil. Esto hace necesario el cambio de técnica de conteo a la medida de masa (kilogramos), la cual, permite contar muchos granos con un total de masa pequeño, lo que lo hace más fácil de manejar e interpretar.





Es la masa que hay en un mol de una sustancia.

En química, se emplea un concepto similar denominado **masa molar**, que se refiere a la masa de un mol de sustancia y se expresa en gramos por mol ($\mathrm{g/mol}$). Así como con los granos de café, contar un gran número de partículas individuales, como átomos o moléculas, puede ser complicado. Por eso, en vez de contarlas una por una, se usa la medida de masa y la relación de masa molar para determinar la cantidad de partículas presentes en un mol de sustancia.

Pero ¿que es la masa molar? es una propiedad específica de cada sustancia, por ello, es muy importante en diferentes procesos. En la tabla periódica se encuentran las masas atómicas relativas (u) de los elementos químicos, que para convertirse a masa molar se multiplican por la constante de masa molar $(1\ \mathrm{g/mol})$







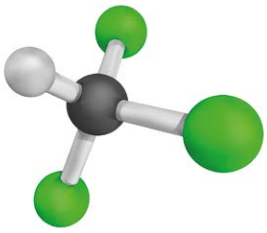
La masa molar $(\mathrm{g/mol})$ de un elemento equivale numéricamente a su masa atómica relativa (u). La masa atómica de los elementos carbono (C), aluminio (Al) y antimonio (Sb) es $12.01\ \mathrm{u}$, $26.982\ \mathrm{u}$ y $121.76\ \mathrm{u}$, respectivamente, y equivale a sus correspondientes masas atómicas: $12.01\ \mathrm{g/mol}$, $26.982\ \mathrm{g/mol}$ y $121.76\ \mathrm{g/mol}$.

Algunos elementos se hallan generalmente como moléculas, como el hidrógeno (H_2), cloro (Cl_2), fósforo (H_4) y azufre (S_8). Por tanto, la masa molar de las moléculas de estos elementos es la masa molar de los átomos multiplicada por el número de átomos de cada molécula, así:

$$H_2 = 2 \times 1.008\ \mathrm{g/mol} = 2.016\ \mathrm{g/mol}$$
$$P_4 = 4 \times 30.974\ \mathrm{g/mol} = 123.896\ \mathrm{g/mol}$$
$$S_8 = 8 \times 32.065\ \mathrm{g/mol} = 256.52\ \mathrm{g/mol}$$

Tal vez ahora te preguntes ¿cómo se calcula la masa molar de una sustancia compuesta? para calcular la masa molar, se multiplican las masas atómicas relativas de los elementos que conforman al compuesto por la cantidad de átomos presentes, luego se suman los resultados, veamos un ejemplo para el cloroformo ($CHCl_3$):

Elemento químico	Cantidad de átomos		Masa molar		Subtotal
C	1	×	$12.01\ \text{g/mol}$	=	$12.01\ \text{g/mol}$
H	1	×	$1.008\ \text{g/mol}$	=	$1.008\ \text{g/mol}$
Cl	3	×	$35.45\ \text{g/mol}$	=	$106.35\ \text{g/mol}$
			Masa molar del $CHCl_3$		$119.37\ \text{g/mol}$



La masa molar del cloroformo es $119.37\ \text{g/mol}$, esto significa que un mol de cloroformo contiene $119.37\ \text{g}$. A partir de esta explicación, vamos a realizar el cálculo de la masa molar de varios compuestos.

Cuando se realizan cálculos por etapas, es importante abstenerse de redondear los resultados de los cálculos intermedios, ya que puede dar lugar a errores de redondeo en el resultado final.



A. Masa molar de un compuesto

Esta actividad te permitirá explorar cómo calcular la masa molar de diferentes sustancias y cómo este concepto es fundamental para la química. Usando la tabla periódica como herramienta principal, descubrirás cómo se obtiene la masa molar sumando las masas atómicas relativas de los elementos que constituyen un compuesto. ¡Prepárate para sumergirte en el mundo de los elementos y sus masas atómicas!

Materiales:

- Tabla periódica
- Calculadora

Procedimiento:

1. Identifica los elementos presentes en estos compuestos: agua (H_2O), óxido nítrico (NO), ácido sulfúrico ($H_2\ SO_4$), ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) y ácido cloroacético ($C_2H_3ClO_2$), y anota sus símbolos en la primera columna. p. 65
2. Coloca la cantidad de átomos presentes en cada compuesto en la columna 2.
3. Busca la masa atómica relativa de cada elemento en la tabla periódica.
4. Escribe la masa molar de cada elemento en la casilla correspondiente.
5. Multiplica la masa molar de cada elemento por el número de átomos que están presentes en el compuesto (indicado por los subíndices). Esto dará la masa de cada elemento en el compuesto.
6. Suma las masas de todos los elementos del compuesto para obtener la masa molar total; luego, responde la pregunta.

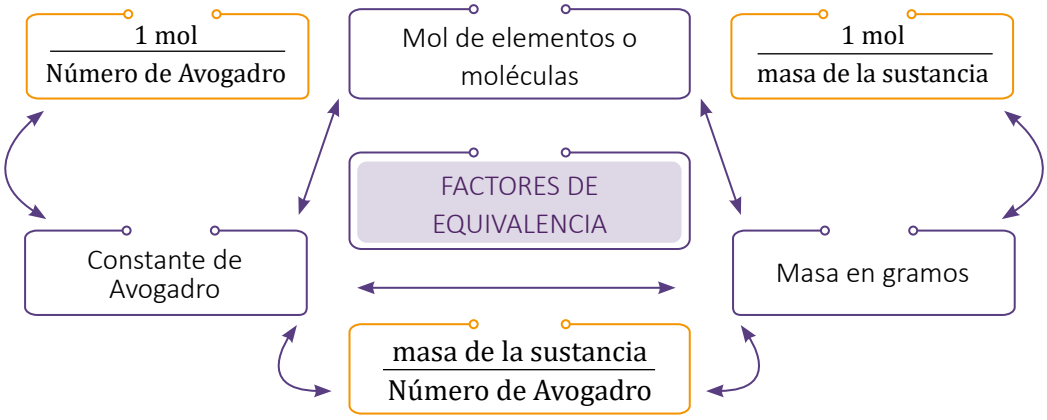


La importancia de los elementos químicos individuales radica en que cada uno posee una masa única y contribuye de manera específica a la masa total de un compuesto, la cual, se utiliza en diversos cálculos químicos.

Por ejemplo, en una gota de agua hay aproximadamente 3×10^{19} moléculas de agua. Esta cifra se ha obtenido del cálculo aproximado empleando la masa molar del agua ($18.015\ \text{g/mol}$) y la masa estimada de una gota de agua ($0.05\ \text{g}$). Aunque, tiene que saberse que la estimación puede variar ligeramente, ya que dependerá del tamaño exacto de la gota y las condiciones ambientales.

Creatividad

Como habrás notado, existe una gran interrelación entre los moles, la masa molar y la constante de Avogadro, que establece la relación cuantitativa entre las partículas en una muestra de una sustancia y su masa. La interrelación entre estos tres conceptos se detalla en el diagrama de bloques a continuación:



Ojo al dato...

El concepto de mol forma un puente entre la masa y el número de partículas. Los conceptos de masa molar y constante de Avogadro se usan como factores de conversión entre masa y moles y entre moles y número de partículas.

El valor de la constante de Avogadro es constante para todas las sustancias, pero la masa molar es específica y se determina con la tabla periódica.

Para fortalecer las habilidades de conversión entre masa, moles y número de partículas, imagina que eres un químico en un laboratorio, una de tus tareas es medir diferentes cantidades de sustancias y hacer conversiones, ¿qué factores de conversión emplearías?

Fíjate que...

La estequiometría es un área de la química que se ocupa de los cálculos implicados en las reacciones químicas, como conversiones entre moles y gramos, por ejemplo. El objetivo de esto es determinar las cantidades exactas de un reactivo para obtener la cantidad deseada de un producto.

Para visualizar fácilmente el proceso se emplea un diagrama de flujo. Veamos una situación común. Se sabe que la masa molar del agua es $18.02\ \text{g/mol}$. Si se tiene una muestra de $36\ \text{g}$ de agua, ¿cuántos moles de agua hay en la muestra? Y ¿Cuántas moléculas?

Primero, se calculan los moles de agua, para esto, se divide la masa de la muestra entre la masa molar del agua. ¡Observa el diagrama de flujo!

Masa	**Factor de conversión**	**Cantidad de sustancia**

$$36\ \text{g de } H_2O \left(\frac{1\ \text{mol de } H_2O}{18.02\ \text{g de } H_2O}\right) = 2\ \text{mol de } H_2O$$

Luego, se determina el número de moléculas de agua en 2 moles empleando la constante de Avogadro (6.022×10^{23}) como factor de conversión.

Cantidad de sustancia	**Factor de conversión**		**Número de partículas**

$$(2\ \text{mol de } H_2O) \left(\frac{6.022 \times 10^{23}\ \text{moléculas de } H_2O}{2\ \text{mol de } H_2O}\right) = 1.204 \times 10^{24}\ \text{moléculas de } (H_2O)$$

Esto permite calcular cuántas partículas están presentes en la muestra y es crucial para tomar decisiones en el laboratorio. A través de ejercicios como este, puedes fortalecer tus habilidades. ¡Trabaja más en ello en la *actividad B*!

B. Detective de sustancias

En esta actividad utilizarás una técnica gravimétrica para eliminar el agua de una sal a través del secado y mediciones de masa. Con los resultados, harás cálculos para convertir los gramos a moles y luego, determinar el número de partículas empleando la constante de Avogadro. Con esto, practicarás las conversiones entre la masa, moles y número de partículas.

Materiales:

- Espátula
- Calculadora
- $CuSO_4.5\,H_2O$
- Vidrio de reloj
- Tabla periódica
- Balanza analítica
- Pinza para crisol
- Agitador de vidrio
- Cápsula de porcelana
- Placa de calentamiento

Procedimiento:

1. Lava muy bien la cápsula de porcelana y sécala.
2. Coloca la cápsula de porcelana en la placa de calentamiento usando la pinza.
3. Calienta la cápsula de porcelana durante 10 minutos a $60°\ C$ para que seque completamente. Mientas esperas revisa la sección Así se calcula...
4. Permite que la cápsula de porcelana se enfríe.
5. Determina la masa de la cápsula de porcelana con la balanza analítica y anota el dato.
6. Coloca $1\ g$ de $CuSO_4.5\,H_2O$ en la cápsula de porcelana.
7. Registra el dato de la masa exacta que has colocado de $CuSO_4.5\,H_2O$.
8. Coloca la cápsula de porcelana en la placa de calentamiento usando la pinza.
9. Calienta la cápsula de porcelana durante $10\ min$ a 300 °C o hasta que el $CuSO_4$ cambie a color blanco.
10. Remueve la sal con el agitador de vidrio durante el calentamiento para que este sea uniforme.
11. Determina la masa del vidrio de reloj, mientras se está calentando el $CuSO_4$.
12. Cubre la cápsula de porcelana con el vidrio de reloj, con mucho cuidado y deja que se enfríe.
13. Determina la masa de la cápsula de porcelana, con el vidrio de reloj y el $CuSO_4$ anhidro y anota el dato.
14. Calcula la masa del $CuSO_4$ anhidro y anota el dato.
15. Resuelve las dificultades que se encuentran en el Cuaderno de Trabajo.

p. 66

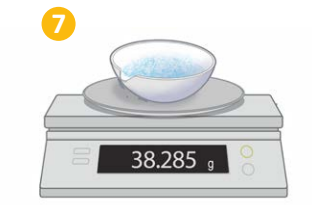
En esta actividad hemos aplicado conceptos fundamentales de la estequiometría para calcular los moles y el número de partículas en una muestra.

Ahora, en el Así se calcula... se empleará el diagrama de bloques para explicar el cálculo de los gramos y los átomos de un mol de amoxicilina ($C_{16}\,H_{19}N_3O_5\,S$).













Así se calcula...

Para calcular los gramos de $1\ \text{mol}$ de amoxicilina, vamos a necesitar la masa molar de la amoxicilina. A continuación, se van a mostrar los pasos para calcularla:

1. Obtén la fórmula química de la amoxicilina. La fórmula química de la amoxicilina es $C_{16}H_{19}N_3O_5\,S$.

2. Determina las masas molares para cada elemento de la fórmula química. Solo debes multiplicar las masas atómicas relativas por la constante de masa molar:

   - Carbono (C): $12.01\ \text{g/mol}$
   - Hidrógeno (C): $1.008\ \text{g/mol}$
   - Nitrógeno (C): $14.007\ \text{g/mol}$
   - Oxígeno (C): $15.999\ \text{g/mol}$
   - Azufre (C): $32.065\ \text{g/mol}$

3. Determina la cantidad de átomos de cada elemento. La fórmula química indica la proporción de átomos de cada elemento en una molécula de amoxicilina. Entonces, hay 16 átomos de C, 19 de H, 3 de N, 5 de O y 1 átomo de S en una molécula.

4. Calcula la masa molar del compuesto. Multiplica la cantidad de átomos de cada elemento por la masa molar y luego, suma todas las contribuciones.

	Masa molar	Subtotal
C	$(16)\ (12.01\ \text{g/mol})$	$192.16\ \text{g/mol}$
H	$(19)\ (1.008\ \text{g/mol})$	$19.152\ \text{g/mol}$
N	$(3)\ (14.007\ \text{g/mol})$	$42.021\ \text{g/mol}$
O	$(5)\ (15.999\ \text{g/mol})$	$79.995\ \text{g/mol}$
S	$(1)\ (32.065\ \text{g/mol})$	$32.065\ \text{g/mol}$
Masa molar del $C_{16}H_{19}N_3O_5S$		$365.39\ \text{g/mol}$

5. Calcula los gramos de un mol de amoxicilina. La masa molar de la amoxicilina es $365.39\ \text{g/ mol}$, por tanto, la masa de un mol de amoxicilina es de $365.39\ \text{g}$

Cantidad de sustancia	Factor de conversión	Masa
$(1\ \text{mol de}\ C_{16}H_{19}N_3O_5\ S)$	$\left(\frac{365\ \text{g de}\ C_{16}H_{19}N_3O_5\ S}{1\ \text{mol de}\ C_{16}H_{19}N_3O_5\ S}\right)$	$365\ \text{g de}\ C_{16}H_{19}N_3O_5\ S$

6. Calcula los átomos en un mol de amoxicilina. Para calcular los átomos en un mol de este compuesto químico, se emplea el factor de conversión correspondiente:

Cantidad de sustancia	Factor de conversión	Número de partículas
$(1\ \text{mol de}\ C_{16}H_{19}N_3O_5\ S)$	$\left(\frac{3.022\times10^{23}\ \text{átomo de}\ C_{16}H_{19}N_3O_5\ S}{1\ \text{mol de}\ C_{16}H_{19}N_3O_5\ S}\right)$	6.022×10^{23} átomos de $C_{16}H_{19}N_3O_5\ S$

La conversión entre masa, moles y número de partículas puede ser de mucha ayuda en la vida cotidiana, ya sea al cocinar, en aplicaciones farmacéuticas al realizar mediciones precisas o en otros campos científicos.

Comunicación

La interrelación de estas tres propiedades (mol de un elemento, masa molar de una sustancia y la constante de Avogadro) se basa en conceptos fundamentales de la química y la teoría atómica. Por ello, puede establecerse la relación de estas propiedades de la siguiente manera:

1. La constante de Avogadro establece que existen 6.022×10^{23} partículas en un mol de cualquier sustancia, lo cual, significa que un mol de cualquier elemento contiene este número de átomos, un mol de una sustancia molecular contiene este número de moléculas, y así sucesivamente.
2. La masa molar de una sustancia indica la masa en gramos de un mol de esa sustancia. Al conocer la masa molar de una sustancia y la masa en gramos, se puede obtener la cantidad de moles, dividiendo los gramos entre la masa molar.
3. Al combinar el número de moles de una sustancia y la constante de Avogadro, podemos determinar el número de partículas presentes, solo multiplicando el número de moles por la constante de Avogadro.

Escanea el código para ver un video que te guiará en el cálculo de moles, masa molar y moléculas.
https://qrs.ly/dxfs16j

Ahora, imagina por un momento que estás preparando una receta, y al medir los ingredientes, te das cuenta de que tienes una gran cantidad de moléculas de agua (H_2O) en la muestra. Te preguntas, ¿cuántos moles de agua hay en esa muestra y cuál sería su masa correspondiente? ¡Aquí es donde entran en juego las conversiones adecuadas y los cálculos precisos!

C. Desafíos de conversión en química

Esta actividad te ayudará a comprender mejor la composición de las sustancias y la relación con las cantidades de partículas, pero a la inversa de la *actividad B*. ¡Manos a la ciencia!

Materiales:

- Calculadora
- Tabla periódica

Procedimiento:

1. Calcula la masa y los moles correspondientes, dado el número de partículas en la muestra de varias sustancias, empleando las conversiones adecuadas. Efectúa los cálculos con estos datos:
   a. Número de átomos de $O_2 = 3.011 \times 10^{23}$ átomos de O_2 .
   b. Número de moléculas de $H_2O = 8.34 \times 10^{23}$ moléculas de H_2O
   c. Número de iones de $NaCl = 0.4$ mol de iones de $NaCl$.

p. 67

Asegúrate de utilizar la constante de Avogadro para convertir entre moles y número de partículas y entre moles y gramos. Además, presta atención a las unidades en las que se te dan los valores (átomos, moléculas o moles) y asegúrate de que las unidades sean coherentes en tus cálculos.



Al adquirir las habilidades de conversión e interpretación de los resultados de los cálculos estequiométricos, estarás preparado para enfrentar desafíos más complejos y comprender el mundo que nos rodea, desde una simple receta de cocina hasta fenómenos químicos en un nivel más profundo. ¡Te invitamos a seguir explorando y aplicando estos conceptos en tu aprendizaje!

Unidades químicas de concentración

Indagación

¿Sabías que algunas frutas tienen más agua que otras? Por ejemplo, las naranjas tienen un 87 % de agua, ¡son bombas de jugo! Mientras que, las pasas, contienen solo un 15 % de agua. Esto significa que, si se extrae el jugo de una naranja y el de un puñado de pasas del mismo tamaño se obtendrá más jugo de la naranja. Es como si la naranja tuviera una piscina en ella y las pasas solo tuvieran un vaso pequeño de agua.



La cantidad de agua puede variar significativamente en distintos alimentos y esto puede influir en su composición y propiedades.

Esto nos hace pensar en cómo podemos medir y comparar la cantidad de agua (u otra sustancia) en diferentes soluciones. Aquí es donde entran en juego las **unidades químicas de concentración**. Recuerda que estas son formas de expresar cuánto soluto hay en relación con el solvente.

Haz la *actividad A* para experimentar y descubrir cómo varían las concentraciones de algunas sustancias comunes que utilizamos. ¡Adelante!

A. ¡Desafío de concentración química!

En esta actividad prepararás soluciones y compararás cómo varían sus propiedades de acuerdo con la concentración.

Materiales:

- Agua
- Embudo
- 3 sobres de polvo para refresco de diferentes sabores (naranja, piña, uva, etc.)
- 4 etiquetas adhesivas
- Cucharas medidoras
- 4 botellas vacías y limpias
- Colores o plumones
- Recipiente medidor de volúmenes

Como ves en la *actividad A* la cantidad de soluto añadido determina la concentración de la solución. Esto se ve reflejado en las propiedades observadas.



Procedimiento:

1. Pega las etiquetas adhesivas en cada botella y numéralas del 1 al 4.
2. Colorea la etiqueta del mismo color del polvo para refresco que utilizarás.
3. Vierte una cantidad diferente de agua en las botellas del 1 al 3, esto dependiendo de la capacidad de las botellas que has elegido, define la cantidad de agua para la botella 1, duplícala en la 2 y triplícala en la 3.
4. Coloca una cucharada de cada polvo para refresco en cada botella.
5. Agita la solución hasta que el polvo se disuelva completamente.
6. Compara las propiedades como el sabor, la dulzura y el color.
7. Completa la tabla y elabora esquemas de cada mezcla.
8. De la solución con menor cantidad de agua toma la mitad y colócala en la botella 4.
9. Agrega una cantidad igual de agua y prueba la nueva mezcla para compararla con la anterior.
10. Resuelve las preguntas.
    a. Al preparar los refrescos, ¿qué estrategias empleaste para asegurarte de utilizar la cantidad de soluto requerida?
    b. Durante la comparación de las propiedades físicas, ¿estableciste alguna correlación entre la concentración y las características de las soluciones diluidas?
    c. Si se te pidiera hacer una dilución con una concentración más baja, ¿cómo aplicarías lo aprendido en esta actividad para lograr la nueva concentración?

p. 68

Creatividad

En la *actividad A* se utiliza una medida cuantitativa para agregar la sustancia (cucharadas). Sin embargo, en el contexto científico, es preferible usar unidades de medida más precisas y estandarizadas, como el mililitro (mL) o el gramo (g), para obtener mediciones más exactas y reproducibles. Las unidades químicas de concentración, como la molaridad (M), molalidad (m), normalidad (N) y fracción molar (X), también son ejemplos de unidades de medida más precisas y específicas.

Las unidades químicas de concentración se basan en valores numéricos y brindan información cuantitativa de la cantidad exacta de soluto presente en una solución, las cuales están dadas por las expresiones matemáticas siguientes:

Molaridad: es una unidad de concentración útil que se define como el número de moles de soluto en exactamente un litro de la solución (mol / L).

$$M = \frac{\text{Moles de soluto}}{\text{Volumne de solución}} = \frac{n}{V} \qquad 4.8$$

La cantidad de soluto en mol (n_{sto}) se obtiene dividiendo la masa en gramos del soluto entre la masa molecular del mismo, como en la siguiente expresión:

$$n = \frac{\text{Masa de soluto}}{\text{Masa molar de soluto}} = \frac{m}{MM} \qquad 4.9$$

Normalidad: es una medida de concentración que se expresa en **número de equivalentes** de soluto por litro de solución. Un **equivalente** es una entidad que corresponde a la transferencia de un protón (H^+) en una reacción de neutralización, de un electrón en una reacción de oxidación-reducción o la magnitud del número de carga igual a 1 en iones.

$$N = \frac{\text{No Equivalente de soluto}}{\text{Volumen de solución}} = \frac{\text{No. Eq.}}{V} \qquad 4.10$$

El número de equivalentes se calcula teniendo en cuenta la cantidad de sustancias en gramos, y el valor del equivalente gramo (Eq – g) de la sustancia.

$$\text{No. Eq.} = \frac{\text{Masa de soluto}}{\text{Eq.} - g} = \frac{m}{\text{Eq.} - g} \qquad 4.11$$

Los equivalentes en gramos se determinan así:

$$\text{E.q.} - g = \frac{MM}{\text{No .Eq /mol}} \qquad 4.12$$

Es importante determinar la relación existente entre la molaridad (M) y la normalidad (N), la cual viene expresada por:

$$N = (M)\ (\text{No. Eq/mol}) \qquad 4.13$$

Ojo al dato...

¿Cómo determinamos el No .Eq/mol? ¡Veamos!

Para los ácidos: es el número de moles de H^+ que puede ceder 1 mol de ácido. Ej.: para el H_3PO_4 (ácido fosfórico) es 3 eq/mol.

Para las bases o hidróxidos: es el número de moles de OH^- proporcionados por 1 mol de base. Ej.: para el $Ca(OH)_2$ (hidróxido de calcio) es 2 eq/mol.

Para las sales: es el número de moles de cargas positivas proporcionadas por un 1 mol de sal. Ej.: para el AlF_3 (trifluoruro de aluminio), el aluminio (Al^{+3}) tiene 3 cargas positivas, por tanto, es 3 eq/mol.



MOLARIDAD

Es una unidad de concentración que expresa la cantidad en moles de una sustancia en un litro de solución.

Molalidad: esta expresa el número de moles de soluto contenidos en la masa de solvente en kilogramos (mol/kg). Se expresa de la siguiente manera:

$$\mathrm{m} = \frac{\text{Moles de soluto}}{\text{kg de solvente}} = \frac{\mathrm{n}}{\text{kg de solvente}} \qquad 4.14$$

Fracción molar: es la fracción de moles que, con cada componente, el soluto y el solvente, contribuye al número total de moles de los que consta la solución, es decir, es la relación matemática entre los moles de cada componente y el número total de moles de la solución.

Una fracción molar es un número fraccionario, por eso, la suma de las fracciones de los componentes es igual a uno. Si una solución está formada por los componentes A y B, al conocer el número de moles de A y B, para determinar la fracción molar de cada uno, pueden ser planteadas así:

$$\mathrm{X_A} = \frac{\text{Moles de A}}{\text{Moles de A} + \text{moles de B}} = \frac{\text{Moles de A}}{\text{Moles totales}} = \frac{\mathrm{n_A}}{\mathrm{n_t}} \qquad 4.15$$

$$\mathrm{X_B} = \frac{\text{Moles de B}}{\text{Moles de A} + \text{moles de B}} = \frac{\text{Moles de B}}{\text{Moles totales}} = \frac{\mathrm{n_B}}{\mathrm{n_t}} \qquad 4.16$$

El uso de las unidades químicas de concentración facilita la comunicación e intercambio de información en el campo de la química, ya que es crucial para llevar a cabo cálculos y experimentos precisos, además, conocer la concentración de una sustancia nos permite manejarla de la forma adecuada. ¡Veamos ejemplos aplicativos de las expresiones matemáticas presentadas!

Así se calcula...

Se presentan ejemplos de cálculos empleando molaridad, normalidad, molalidad y porcentaje en masa, con el fin de obtener resultados cuantitativos relacionados con la composición y la preparación de soluciones.

Ejemplo 1. Preparar una solución acuosa de sulfato de sodio (Na_2SO_4) 1 M.

Solución. Se necesita conocer la masa molar del compuesto. La masa molar del Na_2SO_4 se calcula solo sumando las masas molares de sus átomos. La fórmula química indica que tiene 2 átomos de sodio (Na), 1 átomo de azufre (S) y 4 átomos de oxígeno (O).

	Masa molar	Subtotal
Na	(2) (22.999 g/mol)	45.998 g/mol
S	(1) (32.065 g/mol)	32.065 g/mol
O	(4) (15.999 g/mol)	63.996 g/mol
Masa molar del Na_2SO_4		142.06 g/mol

Traduciendo la indicación, la pregunta sería, ¿qué cantidad de sustancia se necesitaría para preparar una solución 1 M? Una solución 1 M implica que hay 1 mol de soluto disuelto en 1 litro de solución, resulta que:

$$\mathrm{M} = \frac{\text{Moles de soluto}}{\text{Volumen de solución}} = \frac{\mathrm{n}}{\mathrm{V}} = \frac{\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{MM}}\right)}{\mathrm{V}}$$

$$\mathrm{M} = \frac{\mathrm{m}}{(\mathrm{MM})\,(\mathrm{V})}$$

Despejando la masa en gramos de soluto:

$$\mathrm{m} = (\mathrm{M})\,(\mathrm{MM})\,(\mathrm{V})$$

$$\mathrm{m} = \left(\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{L}}\right)\left(142.06\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}\right)(1\mathrm{L})$$

$$\mathrm{m} = 142.06\ \mathrm{g}$$

Para preparar 1 L de solución 1 M de Na_2SO_4 se necesitan de 142.06 g de Na_2SO_4

Para preparar la solución se miden los gramos y se disuelven en una porción de agua inferior al volumen total, luego, se adiciona agua hasta completar el volumen total en un balón volumétrico, finalmente, se tapa el balón y se agita para homogenizar.

Ejemplo 2. ¿Cuántos gramos se necesitan para preparar $250\ \text{mL}$ de una solución $1.5\ \text{N}$ de hidróxido de sodio ($NaOH$)?

Solución. A partir del dato de normalidad y volumen se encuentra el número de equivalentes:

$$\text{N} = \frac{\text{No. Eq.}}{\text{V}}$$

$$\text{No. Eq.} = (\text{N})(\text{V})$$

$$\text{Eq.} = (1.5\ \text{eq/L})(0.25\ \text{L})$$

$$\text{No. Eq.} = 0.375\ \text{eq}$$

A continuación, se calculan los $\text{Eq.} - \text{g}$:

	Masa molar	Subtotal
Na	(1) (22.999 g/mol)	22.999 g/mol
O	(1) (15.999 g/mol)	15.999 g/mol
H	(1) (1.008 g/mol)	1.008 g/mol
Masa molar del Na_2SO_4		39.997 g/mol

$$\text{Eq.} - \text{g} = \frac{\text{MM}}{\text{No. Eq/mol}}$$

$$\text{Eq.} - \text{g} = \frac{39.997\ \text{g/mol}}{1\ \text{eq/mol}}$$

$$\text{Eq.} - \text{g} = 39.997\ \text{g/eq}$$

Con estos datos se calculan los gramos de soluto:

$$\text{No. Eq.} = \frac{\text{m}}{\text{Eq.} - \text{g}}$$

$$\text{m} = (\text{No. Eq.})(\text{Eq.} - \text{g})$$

$$\text{m} = (0.375\ \text{eq})(39.997\ \text{g/eq})$$

$$\text{m} = 14.998\ \text{g}$$

Ejemplo 3. Calcula la molalidad de una solución que se preparó disolviendo $100\ \text{g}$ de carbonato de magnesio ($MgCO_3$) en $1\ 500\ \text{g}$ de agua.

Solución. Para calcular la molalidad se debe convertir la masa del solvente a kilogramos.

$$(1\ 500\ \text{g})\left(\frac{1\ \text{kg}}{1\ 000\ \text{g}}\right) = (1.5\ \text{kg})$$

Ahora se puede calcular la molalidad empleando las ecuaciones 4.9 y 4.14, y la masa molar del $MgCO_3$ que es de $84.31\ \text{g/mol}$.

$$\text{n}_{MgCO_3} = \frac{\text{Masa de } MgCO_3}{\text{Masa molar de } MgCO_3} = \frac{100\ \text{g}}{84.31\ \text{g/mol}}$$

$$\text{n}_{MgCO_3} = 1.186\ \text{mol}$$

$$\text{m} = \frac{\text{Moles de soluto}}{\text{Masa de solvente}} = \frac{1.186\ \text{mol}}{1.5\ \text{kg}} = 0.791\ \text{mol/kg}$$

Así, la molalidad de la solución es de $0.791\ \text{mol/kg}$.

Ejemplo 4. Una solución tiene $5.8\ \text{g}$ de $NaCl$ y $100\ \text{g}$ de H_2O. Determina la fracción molar de las sustancias.

Solución. Se convierten los gramos de cada sustancia a moles, utilizando la ecuación 4.9, y efectuando los cálculos necesarios para determinar la masa molar del $NaCl$ ($58.45\ \text{g/mol}$) y el H_2O ($18.015\ \text{g/mol}$), así:

$$\text{n}_{\text{NaCl}} = \frac{\text{Masa de } NaCl}{\text{masa molar de } NaCl} = \frac{5.8\ \text{g}}{58.45\ \text{g/mol}}$$

$$\text{n}_{\text{NaCl}} = 0.09\ \text{mol}$$

$$\text{n}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{masa de } H_2O}{\text{masa molar de } H_2O} = \frac{100\ \text{g}}{18.015\ \text{g/mol}}$$

$$\text{n}_{\text{H}_2\text{O}} = 5.55\ \text{mol}$$

Seguidamente, se encuentra la fracción molar tanto para el cloruro de sodio (NaCl) como para el agua (H_2O):

$$\text{X}_{\text{NaCl}} = \frac{\text{n}_{\text{NaCl}}}{\text{n}_{\text{H}_2\text{O}} + \text{n}_{\text{NaCl}}}$$

$$\text{X}_{\text{NaCl}} = \frac{0.09\ \text{mol}}{0.09\ \text{mol} + 5.55\ \text{mol}}$$

$$\text{X}_{\text{NaCl}} = \frac{0.09\ \text{mol}}{5.64\ \text{mol}} = 0.0159$$

$$\text{X}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{n}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{n}_{\text{H}_2\text{O}} + \text{n}_{\text{NaCl}}}$$

$$\text{X}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5.55\ \text{mol}}{0.09\ \text{mol} + 5.55\ \text{mol}}$$

$$\text{X}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5.55\ \text{mol}}{5.64\ \text{mol}} = 0.984$$

Resultando que, 0.0159 corresponde a la fracción molar del $NaCl$ y 0.984 a la del H_2O.

Ojo al dato...

«Aforar» es un término utilizado para referirse al proceso de medir con precisión un volumen específico de líquido en un recipiente de vidrio graduado, como un balón volumétrico. Entonces, implica ajustar la cantidad de líquido hasta alcanzar un volumen predefinido.



Para llevar este conocimiento a la práctica, se realizará un experimento de laboratorio para calcular la concentración de distintas sustancias. ¡Empecemos!

B. Cálculo de concentraciones químicas

En esta actividad se prepararán soluciones de concentraciones diversas, para conocer las formas de expresar la concentración y preparar las mismas.

Materiales:

- Agua
- Vidrio de reloj
- Espátula
- Gotero
- Balanza analítica
- Balón volumétrico 100 mL
- Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)
- Frasco ámbar 100 mL

Procedimiento:

1. Calcula la masa del soluto, en gramos, para cada sustancia de la siguiente tabla, utilizando las ecuaciones correspondientes a las concentraciones asignadas.

p. 69

Sustancia	Volumen	Concentración
$MgSO_4.7H_2O$	45 mL	0.1 M
$NaHCO_3$	100 mL	0.1 m
$NaCl$	15 mL	2.5 N
$Na_2B_4O_7.10H_2O$	20 mL	0.4 M

2. Mide la cantidad de $NaHCO_3$ que has calculado, usando la balanza.
3. Introduce el soluto en el balón volumétrico. Puedes usar un embudo pequeño si es necesario. Asegúrate de que el balón volumétrico que se emplee esté limpio y seco antes de empezar.
4. Añade un poco de agua al balón con el soluto. Agita suavemente para asegurarte de que el soluto se disuelva por completo.
5. Llena el balón casi hasta donde inicia el cuello, dejando un pequeño espacio en la parte superior para facilitar la mezcla.
6. Tapa el balón e inviértelo suavemente varias veces para mezclar el contenido de manera homogénea. Asegúrate de que el soluto esté bien disuelto y distribuido.
7. Afora el balón, añadiendo agua, con el gotero, hasta que el menisco del líquido alcance la marca de aforo. La marca de aforo es el punto exacto hasta el cual debe llenarse el matraz para obtener el volumen deseado.
8. Almacena la solución, en el frasco ámbar, etiquetándola con el nombre de la sustancia, fórmula química, concentración y fecha de preparación.

Durante la preparación de las soluciones químicas es importante considerar la realización de los cálculos correctos de la cantidad de soluto y solvente que se va a utilizar, pero también, es necesario emplear las técnicas correctas durante la elaboración de la solución, la colocación adecuada de los componentes, su homogenización y aforo correctos aseguran que la solución que se ha preparado tiene las propiedades deseadas.

Escanea el código y observa cómo preparar una disolución, garantizando una concentración exacta.
https://qrs.ly/v8fs16k

Comunicación

Para preparar la solución de la *actividad B* a la concentración deseada, se tuvo que asegurar la exactitud, tanto para medir la masa como el volumen. Esto fue posible una vez que los cálculos pertinentes se llevaron a cabo. Con esta misma rigurosidad con la que se trabajó en el aula, también se realizan los procesos y control de calidad en una amplia gama de industrias.

En la industria salvadoreña, las unidades químicas de concentración tienen varias aplicaciones esenciales. Algunas de estas aplicaciones incluyen la industria alimentaria, textil y de confección, productos de limpieza, farmacéutica y cosmética, productos agroquímicos y tratamiento de aguas. Efectúa la *actividad C* para aplicar las unidades químicas de concentración en estos procesos.

Recuerda que las formas para expresar la concentración de una solución están referidas siempre al soluto. Las unidades físicas de concentración toman en cuenta las magnitudes de masa y volumen de los componentes de la solución, mientras que, las unidades químicas expresan la concentración del soluto en función de sus moles.



C. Desafíos de concentración en la industria salvadoreña

Resuelve los problemas relacionados con las unidades químicas de concentración en diferentes procesos industriales relevantes para El Salvador.

Materiales:

- Calculadora
- Tabla periódica

Procedimiento:

1. Lee cuidadosamente el enunciado de los problemas en el Cuaderno de Trabajo, y asegúrate de comprender qué información se proporciona y qué se está pidiendo calcular. Toma en cuenta las siguientes recomendaciones:
   - Identifica la unidad de concentración que se requiere para el problema, que puede ser la molaridad (M), molalidad (m), normalidad (N) y fracción molar (X).
   - Asegúrate de que todas las unidades estén en el mismo sistema adecuado para el cálculo. Si es necesario, convierte las unidades utilizando las masas molares correspondientes.
   - Utiliza la fórmula correspondiente para calcular la cantidad de sustancia requerida, según lo que se esté pidiendo en el problema.
   - Asegúrate de que las unidades de tu respuesta coincidan con lo que se pide. Si es necesario, haz conversiones adicionales para asegurarte de que estás presentando la respuesta en la unidad correcta.
   - Presenta tu respuesta de manera clara y concisa, asegurándote de incluir la cantidad calculada y la unidad correspondiente. Si es relevante, puedes incluir alguna interpretación adicional del resultado.
   - Tómate un momento para revisar los cálculos y asegurarte de que no existan errores matemáticos.

p. 70

Siguiendo este procedimiento general, podrás abordar con confianza cualquier problema que involucre las unidades químicas de concentración en diversos procesos industriales y obtener respuestas precisas y consistentes.

Dispersiones químicas. Parte 1

Indagación

Un día, decides preparar un batido de frutas. Utilizas fresas, guineos y arándanos. Al licuarlas con la batidora, observas que las frutas se mezclan rápidamente y se convierten en una mezcla colorida y uniforme. Pero no te detienes allí. Agregas trozos de chocolate para darle un toque especial y lo mezclas. Al mirar el batido, notas que no se disolvieron por completo, sino que crearon pequeñas manchas en el batido.



Emocionado por la creación, decides añadirle un último toque. Agarras nueces y las arrojas sobre el batido. Sin embargo, a medida que miras el batido, notas que las nueces se hunden lentamente hacia el fondo. Las nueces son tan pesadas y grandes, que no se pueden mantener suspendidas en la mezcla.

Te has dado cuenta de que has creado un laboratorio de dispersiones químicas en el batido, con las frutas disueltas, los trozos de chocolate en suspensión y las nueces hundiéndose poco a poco. ¡Ahora, te convertirás en un alquimista moderno y harás tus propias creaciones con las dispersiones químicas!

A. Explorando dispersiones en pociones mágicas

Es momento de llevar tus habilidades al siguiente nivel y elaborar mezclas con sustancias caseras poco convencionales, esto te permitirá observar el comportamiento de las partículas en distintos contextos.

Si te sientes más aventurero, puedes realizar experimentos con otros líquidos caseros inusuales, como café, bebidas carbonatadas, pasta dental, jalea, miel o incluso salsa de tomate.



Materiales:

- Agua
- Tiza o crayón
- Jugo de limón
- Aceite de cocina
- Gelatina en polvo (sin sabor)
- Leche
- Cucharas
- Vasos transparentes
- Gel de sílice (agente desecante que se encuentra en paquetes)

Procedimiento:

1. **Mezcla 1**. Llena un vaso con aceite de cocina y coloca un pequeño paquete de gel de sílice en el aceite. Identifica algún cambio en el gel de sílice.
2. **Mezcla 2**. Combina jugo de limón con agua en partes iguales y adiciona un poco de gelatina en polvo. Mezcla todo y observa cómo se forma la mezcla.
3. **Mezcla 3**. Agrega trozos de tiza o crayón al aceite en otro vaso. Observa la interacción de ambos, notando si se mezclan o permanecen separados.
4. **Mezcla 4**. Vierte una cantidad de leche en un vaso y adiciona unas gotas del jugo de limón. Mezcla suavemente y observa lo que sucede.
5. Responde las preguntas del Cuaderno de Trabajo.

p. 71

Desde la interacción entre el aceite y el gel de sílice hasta la mezcla inusual de la leche con jugo de limón, has descubierto que las partículas en las mezclas pueden comportarse de forma diferente. Entonces, ¿qué son las dispersiones químicas? ¿Influye el tamaño de las partículas en las dispersiones? ¡Veamos!

Creatividad

Las dispersiones químicas reciben su nombre debido a la forma en que las partículas de distintas sustancias se distribuyen o dispersan en un medio, como un líquido, gas o sólido. El término «dispersión» se refiere a la distribución de las partículas y «químicas» se agrega porque esta distribución se relaciona con las propiedades químicas y físicas de las sustancias involucradas.

Las dispersiones químicas se clasifican según el tamaño que tienen las partículas en tres categorías: soluciones, coloides y suspensiones. Cada una tiene propiedades únicas. ¡Conozcámoslas!

B. ¡Bienvenidos a «Diorama de partículas»!

En esta actividad crearás un diorama interactivo en miniatura inspirado en un entorno marino, donde se representará la playa, el océano y el cielo. El diorama tendrá tres secciones: una para mostrar una suspensión, otra para figurar un coloide y la tercera, una solución. Se utilizarán materiales y técnicas para simular cómo las partículas interactúan en cada tipo de mezcla.

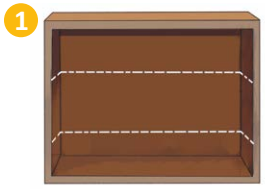
Materiales:

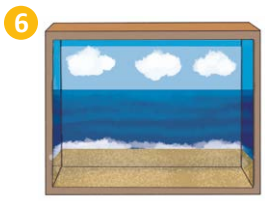
- Figuras decorativas de playa y océano
- Papel en diferentes tonos de azul
- Caja o recipiente transparente
- Cinta adhesiva o pegamento
- Papel con efecto de arena
- 2 recipientes pequeños
- Papel blanco
- Cucharita medidora
- Plastilina o arcilla
- Pinturas acrílicas
- Colorante azul
- Sal de mesa
- Arena
- Agua

Procedimiento:

1. Divide la caja en tres secciones, porque servirá para crear los entornos.
2. Pega papel azul claro en la mitad superior del fondo y las paredes de la caja para crear el cielo.
3. Agrega nubes blancas.
4. Coloca papel azul de un tono más oscuro en la mitad inferior del fondo y las paredes de la caja.
5. Agrega detalles pintados, como olas y reflejos del sol.
6. Pega papel con efecto de arena para simular la playa.
7. Modela plastilina para formar figuras de palmeras y conchas en la playa.
8. Llena un recipiente con agua y agrega una pequeña cantidad de arena.
9. Agítalo con mucha rapidez, para simular el agua turbia de la playa.
10. Llena otro recipiente con agua y agrega una cucharadita de sal.
11. Mezcla bien hasta que la sal se disuelva por completo.
12. Agrega una gota de colorante azul y mezcla muy bien para que simule el agua del océano.
13. Crea etiquetas para cada sección del diorama para identificarlas. Coloca «suspensión» en el entorno de la playa, «coloide» en las nubes y «solución» en el océano.
14. Responde las preguntas del Cuaderno de Trabajo.

p. 72

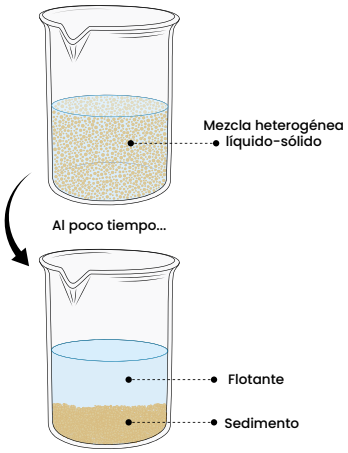












SEDIMENTACIÓN

En la playa, vimos cómo las partículas de arena se asentaban en el fondo, mostrándonos una suspensión, en las nubes se encuentran pequeñas gotas de agua suspendidas formando un coloide, en cambio, en el océano, las sales se encuentran completamente disueltas en el agua. Ya sea que las partículas se sedimenten o dispersen, lo que está en juego es la naturaleza de las sustancias y las fuerzas intermoleculares. ¡Veamos qué caracteriza a estas sustancias!

Las suspensiones son dispersiones heterogéneas en las que las partículas sólidas o líquidas se dispersan en un líquido o gas. A diferencia de los coloides, las partículas en una suspensión son lo suficientemente grandes como para poder verlas a simple vista ($> 1\,000$ nm) y tienden a sedimentarse, cuando están en reposo, por la fuerza de gravedad, lo que resulta en la separación de fases.







Un charco de agua después de la lluvia en el que las partículas de tierra y lodo están suspendidas en el agua, pero finalmente se depositan en el fondo, es un ejemplo de suspensión. Así como, el refresco de tamarindo y frambuesa, en el que las partículas están suspendidas en el líquido, pero eventualmente tienden a asentarse en el fondo del vaso. Inclusive, los medicamentos en polvo que se mezclan con agua para formar una mezcla antes de ser administrados se consideran suspensiones, porque las partículas sólidas del medicamento no se disuelven completamente, sino que se quedan suspendidas en el líquido, necesitando la agitación constante para mantener las partículas suspendidas.

El aceite es apolar y tiende a agruparse en gotas más grandes que no se dispersan uniformemente en el vinagre, formando un coloide. Aunque se agite la mezcla, las gotas no se disuelven en el vinagre y tienden a separarse. Esta emulsión es característica típica de los coloides.



Ahora, piensa en una vinagreta típica. Aunque el aceite y el vinagre no se mezclan completamente por sus propiedades químicas y físicas diferentes, las gotas de aceite son lo suficientemente pequeñas como para no asentarse en el fondo del recipiente. A las mezclas que no sedimentan como las suspensiones, se les llama «coloides».

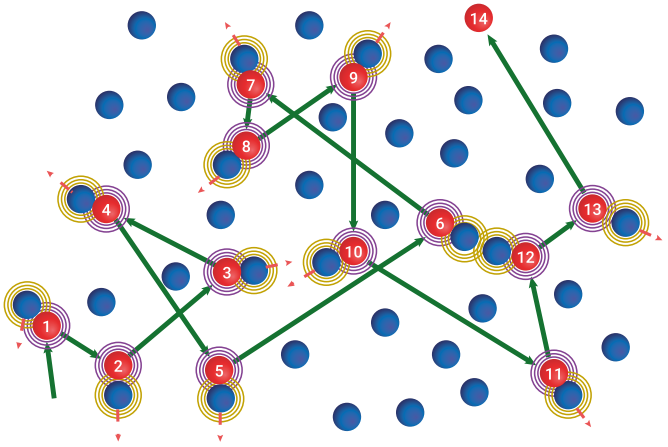
Los coloides son dispersiones donde las partículas dispersas son más grandes que las moléculas, pero más pequeñas que una suspensión (1-$1\,000$ nm). Son mezclas estables que no se separan espontáneamente. Si se deja la vinagreta en reposo, notarás que las gotas de aceite tienden a elevarse a la parte

superior, mostrando las características propias de un coloide, donde las partículas no están completamente disueltas ni completamente sedimentadas a causa de la gravedad.

Una característica de los coloides es el movimiento browniano, pero, ¿qué significa? Imagina una pista de baile llena de personas. Cada persona se mueve de manera individual y espontánea, sin seguir un patrón específico. A medida que todos bailan y se cruzan entre sí, ocasionalmente chocan unos con otros, causando cambios en sus direcciones y trayectorias.

Este escenario se iguala al movimiento browniano en un mundo microscópico. Las partículas en una mezcla coloidal, como gotas de aceite en agua, se comportan de manera similar a las personas en la pista de baile. Las partículas se encuentran en constante movimiento aleatorio debido a los impactos de las moléculas circundantes del líquido.

Cada colisión cambia su dirección y velocidad, haciendo que su trayectoria sea impredecible y única.

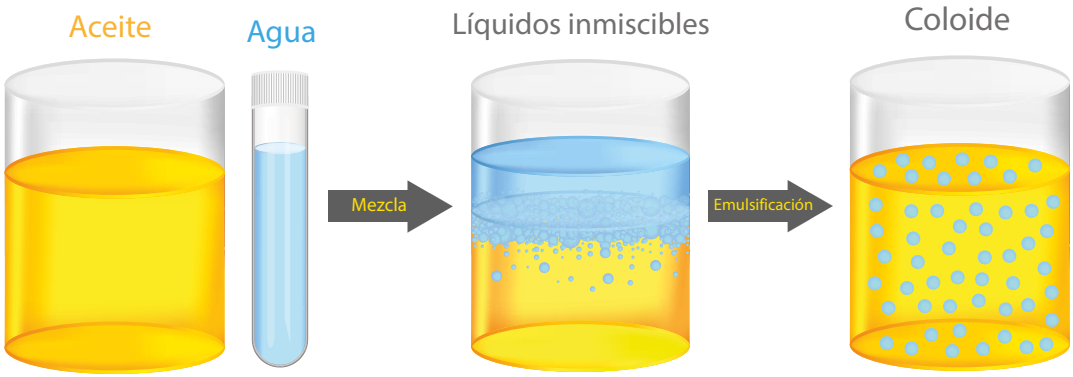


El movimiento browniano es una evidencia concreta de la cinética molecular, porque demuestra cómo las moléculas interactúan y transfieren energía a las partículas suspendidas, lo que conlleva a su movimiento errático en todas las direcciones.

MOVIMIENTO BROWNIANO

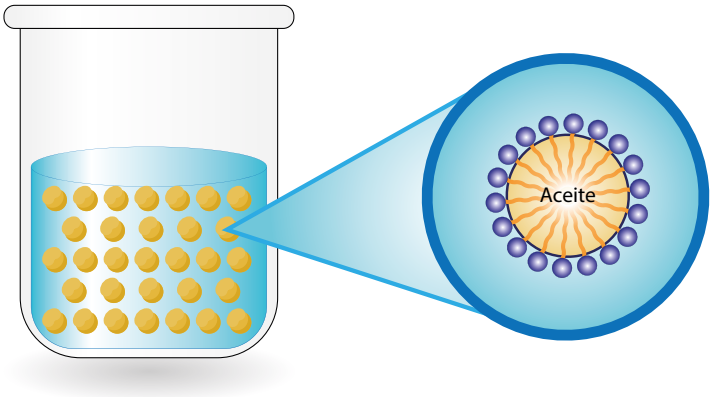
Movimiento aleatorio de las partículas cuando se encuentran en un medio fluido.

El movimiento browniano brinda información sobre las fases que componen el coloide: la fase dispersa y la fase dispersante. La fase dispersa es la que contiene las partículas suspendidas, mientras que, la fase dispersante es el medio en el que se encuentran dispersas esas partículas.



El movimiento browniano característico de la emulsión de aceite y agua nos permite observar directamente cuál es su fase dispersa (partículas suspendidas: gotas de aceite) que interactúa con la fase dispersante (medio circundante: agua).

Los coloides se pueden clasificar en varios tipos según la naturaleza de su fase dispersa y su fase dispersante, dándoles un nombre definido. En la siguiente tabla podremos conocerlos:







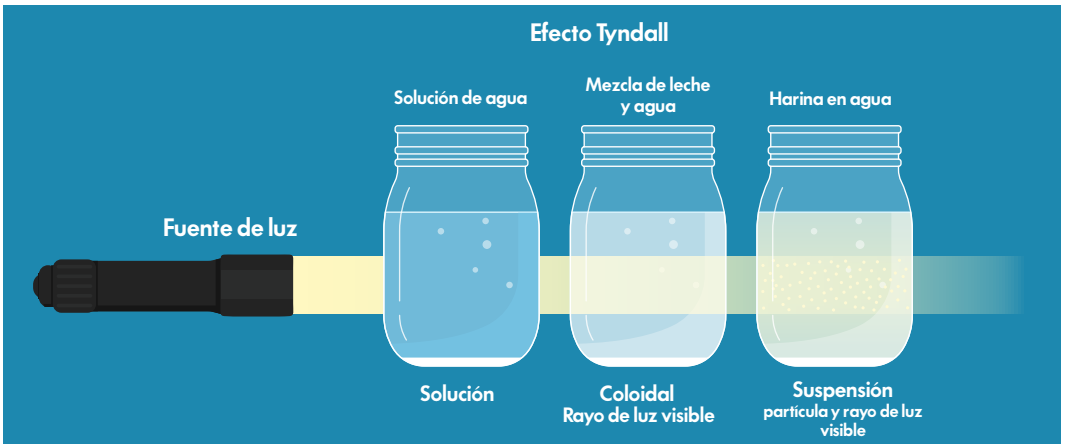






Fase dispersante	Fase dispersa	Nombre	Ejemplos
Líquido	Sólido	Sol líquido o gel	Pintura, engrudo, jalea, gelatina, plasma sanguíneo, papilla de maicena, barro, etc.
	Líquido	Emulsión líquida (emulsión)	Mayonesa, leche, asfalto, aderezo, crema corporal, etc.
	Gas	Espuma	Crema batida, espuma de bebida, espuma para rasurar, espuma de jabón, etc.
Sólido	Sólido	Sol sólido	Aleaciones, piedras preciosas, fibra de vidrio, etc.
	Líquido	Emulsión sólida	Queso, mantequilla, etc.
	Gas	Espuma sólida	Piedra pómez, esponja, caucho, malvavisco, espuma de poliestireno expandido, etc.
Gas	Sólido	Aerosol sólido	Humo, polvo, virus en aire, etc.
	Líquido	Aerosol líquido	Neblina, nube, desodorante en aerosol, fijador para el cabello, etc.

Para la caracterización de coloides, ya sea que se desee identificar la presencia de partículas coloidales en una mezcla, se emplea el «efecto Tyndall». Este es un fenómeno óptico que ocurre cuando se ilumina un coloide con una fuente de luz intensa, como un rayo de luz o un rayo láser.



Cuando la luz pasa a través de un coloide, las partículas suspendidas en la fase dispersa interfieren con el paso de la luz. Esto causa la dispersión de la luz en múltiples direcciones en lugar de seguir una trayectoria recta. Las partículas en el coloide actúan como pequeños dispersores de luz, haciendo que la luz sea visible en todas las direcciones. *La actividad C* demuestra el efecto Tyndall en coloides, y ayuda a comprender cómo la dispersión del haz de luz revela la naturaleza coloidal en una mezcla.

C. Exploración coloidal con el efecto Tyndall

En esta actividad te divertirás participando en un juego en parejas para descubrir coloides con el efecto Tyndall y observar mezclas ocultas creadas por ambos miembros de la pareja. ¡Manos a la ciencia!

Materiales:

- Linterna o láser brillante
- Vasos transparentes etiquetados con números
- Tarjetas con las palabras «coloide» y «no coloide»
- Materiales para crear mezclas coloidales y no coloidales (leche, gelatina, tinta, agua, harina, aceite, sal, jugo de frutas, gel de sílice, brillantina, etc.)

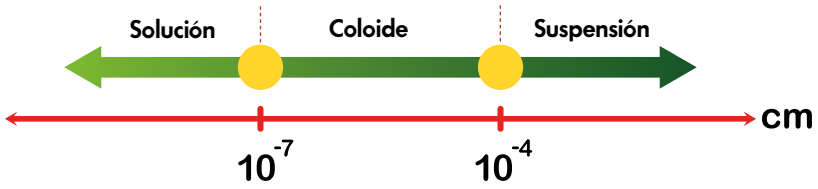
Procedimiento:

1. Identifica quién hará el rol de «creador» de las mezclas y el de «observador». El «creador» deberá elaborar las mezclas en un vaso, utilizando los materiales dados, pero no deberá revelar la composición de estas al «observador». Si se desea, al finalizar el juego, la pareja puede intercambiar los roles y repetir el juego con nuevas mezclas.
2. Cada «observador» analizará la mezcla con una linterna o láser brillante. Basándose en el efecto Tyndall, el «observador» decidirá si la mezcla es un coloide o no, y colocará frente a la mezcla, la tarjeta correspondiente.
3. El «creador» revelará la composición de las mezclas después de que se hayan registrado las respuestas.
4. Responde las preguntas del Cuaderno de Trabajo.

p. 73

El efecto Tyndall nos ha permitido identificar coloides al observar cómo las partículas dispersas en una mezcla coloidal diseminan la luz y la hacen visible. Pero las suspensiones y las soluciones no presentan el mismo efecto debido a sus diferencias en cuanto al tamaño de las partículas y la dispersión en el medio.

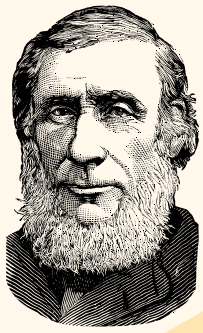
Cuando la luz incide en una suspensión, las partículas más grandes bloquean parte de la luz, creando una sombra, impidiendo que la luz se disperse de forma uniforme. Por eso, las suspensiones no exhiben el efecto Tyndall de manera clara. Por otro lado, en las «soluciones», las partículas disueltas son más pequeñas $(0.01 - 1\ \text{nm})$ y están uniformemente dispersas en el solvente. Debido a su pequeño tamaño, estas partículas no pueden dispersar la luz de manera visible, lo que resulta en la ausencia del efecto Tyndall.



En resumen, el efecto Tyndall nos brinda una forma visual y tangible de discernir entre mezclas coloidales, suspensiones y soluciones, permitiéndonos comprender la importancia de las propiedades de las partículas en cada mezcla.

Ojo al dato...

El efecto Tyndall recibe su nombre en honor a John Tyndall, un destacado científico irlandés del siglo XIX, que realizó investigaciones pioneras en la dispersión de la luz y la interacción de partículas con la luz en diferentes tipos de mezclas.



Ojo al dato...

Se llama solución (disolución) a la mezcla donde la composición y apariencia son uniformes. Cuando se usa el término «disolver», se está indicando el proceso de producción de una solución.

Comunicación

Las soluciones son dispersiones homogéneas que se clasifican según el estado físico de sus componentes. En este sentido, las soluciones pueden estar compuestas por un solvente y un soluto que pueden ser sólidos, líquidos y gases. En la siguiente tabla los conoceremos mejor. ¡Pon atención!

Ojo al dato...

En una solución, el componente que se disuelve se llama «soluto» y el medio en el que se disuelve se llama «solvente».



Tipo de solución	Solvente	Soluto	Ejemplos
Sólido	Sólido	Sólido	Aleaciones metálicas, caramelos, dulces, cerámicas vidriadas, etc.
		Líquido	Amalgama dental (aleación de mercurio y plata).
		Gas	Hidrógeno en paladio.
Líquido	Líquido	Sólido	Agua salada, jarabes, bebidas deportivas, lubricantes para motor, tinta para bolígrafos, etc.
		Líquido	Vinagre, gasolina, perfumes y colonias.
		Gas	Bebidas carbonatadas.
Gaseoso	Gas	Sólido	Humo.
		Líquido	Aire húmedo, aerosol de cocina adherente, aerosol medicinal, etc.
		Gas	Aire atmosférico.

Dependiendo de los estados de agregación de las sustancias, se obtienen distintos tipos de soluciones que juegan un papel fundamental en numerosos aspectos de nuestra vida cotidiana y en diversos campos científicos y tecnológicos. Descubre el papel fundamental que desempeñan en la siguiente actividad.

D. Aplicaciones industriales de las dispersiones químicas

Con esta actividad investigarás y comprenderás diversas aplicaciones industriales de las suspensiones, coloides y soluciones en diferentes sectores. Antes de iniciar, selecciona un sector industrial, como alimentación, farmacéutica, cosmética, química, minería, etc.

Procedimiento:

1. Investiga sobre el sector elegido y encuentra ejemplos específicos de cómo se utilizan las soluciones, coloides y suspensiones en ese campo. Debes identificar aplicaciones concretas y cómo estas mezclas afectan la calidad del producto o el proceso industrial.
2. Prepara una presentación corta en la que expongas los hallazgos, ejemplos y aplicaciones industriales. Puedes utilizar imágenes, diagramas y ejemplos visuales para ilustrar el punto.
3. Responde las preguntas del Cuaderno de Trabajo basándote en tu investigación. p. 73

Esta experiencia ha permitido apreciar cómo el conocimiento de las características y usos de las soluciones, coloides y suspensiones es fundamental para el avance y la innovación en la industria moderna.



Extracción de caucho

Dispersiones químicas. Parte 2

«Este café está ralo, debería haber puesto más café a cocer», «el refresco de uva está bien fuerte, parece que le vertieron todo el sobre», «la salsa de tomate está espesa, seguro le añadieron más tomates», «esta sopa está bien cargada de sal», «el jugo de naranja sabe ligero, parece que le pusieron más agua que fruta», «el café está al punto, tiene la cantidad justa de azúcar».

Aunque entendemos estas expresiones en el habla cotidiana para describir la concentración de diferentes sustancias, es importante señalar que estas expresiones no son técnicamente precisas en el contexto químico. Las palabras «ralo», «fuerte», «espeso», «cargado», «ligero» y «al punto» son utilizadas de manera informal para comunicar la percepción de la concentración de las soluciones en alimentos y bebidas.

Para desmitificar las expresiones incorrectas que a menudo utilizamos para la descripción de las concentraciones, es esencial hacer una actividad que permita comprender la verdadera naturaleza de las soluciones químicas.

A. De la dilución a la sobresaturación

En esta actividad podrás clasificar las soluciones químicas al determinar la cantidad de soluto en relación con el solvente en diferentes mezclas. Al comparar tus observaciones con las expresiones coloquiales, comprenderás cómo estas últimas pueden ser ambiguas y subjetivas en comparación con la verdadera clasificación según la cantidad de soluto.

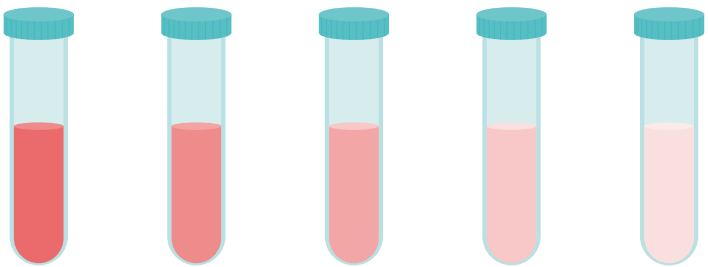
Materiales:

- Polvo para refresco
- 4 vasos transparentes
- Agua
- Cuchara

Procedimiento:

1. Numera los vasos del 1 al 4.
2. Llena los vasos del 1 al 3 con agua, hasta un 75 % de su capacidad.
3. Coloca 2 cucharadas de polvo para refresco en el vaso.
4. Mezcla hasta que todo se disuelva, si quedan partículas sin disolver estará lista, de lo contrario, agrega un poco más de polvo hasta que quede una parte que no se disuelva, así tienes lista la solución sobresaturada.
5. Agrega una cucharada de polvo para refresco en el vaso 2.
6. Mezcla hasta que se disuelva todo el polvo, con esto has preparado la solución saturada.
7. Adiciona media cucharada de polvo para refresco en el vaso 3.
8. Mezcla hasta homogenizar y ya tienes lista la solución insaturada.
9. Compara las propiedades de las soluciones preparadas y resuelve las dificultades en el Cuaderno de Trabajo.
10. Transfiere la mitad de la solución del vaso 1 al vaso 4.
11. Agrega una cantidad igual de agua en el vaso 4, así has preparado una dilución.

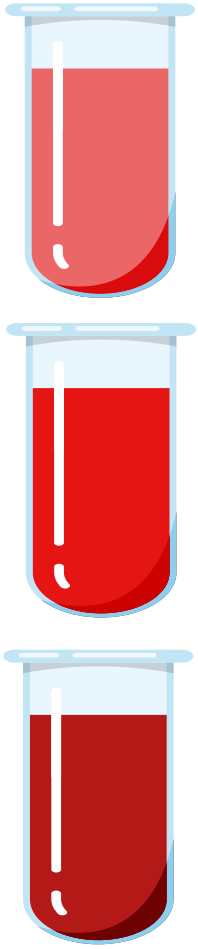
p. 74



Ojo al dato...

El término «concentración» se usa para designar la cantidad de soluto que está disuelta en una cantidad determinada de solvente o solución. Aunque el término es intuitivo, cuanto más soluto esté disuelto en una cantidad dada de solvente, más concentrada será la solución y viceversa.

En esta actividad has formado y clasificado distintos tipos de soluciones utilizando polvo para refresco y agua. A medida que ajustabas la cantidad de soluto y solvente, las propiedades de las soluciones cambiaban. A partir de esta experiencia, podemos concluir que las soluciones se clasifican en sobresaturadas, saturadas e insaturadas, donde la diferencia radica en la cantidad de soluto disuelto en relación con el solvente.



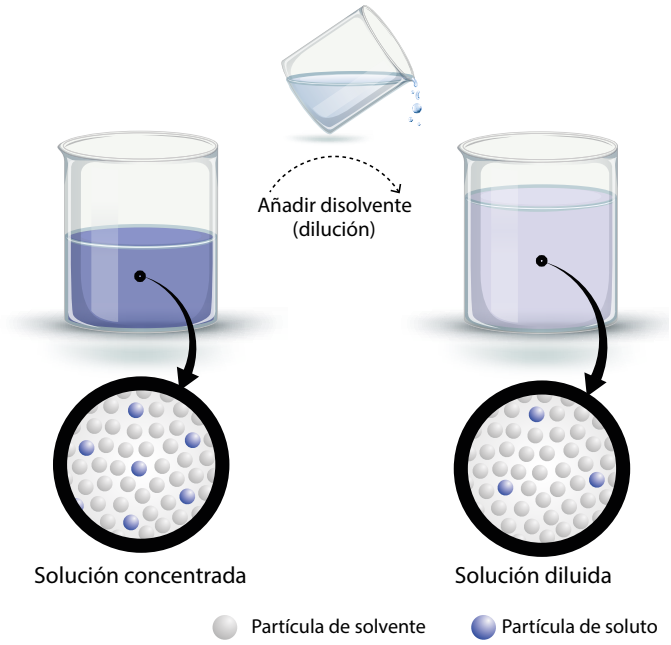
Según sea la naturaleza del soluto y el solvente, la temperatura y la presión a la que se lleve a cabo la solución, puede llegar un momento en el que luego de añadir una cantidad considerable de soluto ya no es posible disolver más. Entonces, se estaría tratando con una solución saturada, definida simplemente cómo la solución que ha alcanzado la máxima concentración.

En este punto, el equilibrio se ha alcanzado entre las moléculas de soluto que se disuelven y las moléculas que se precipitan. Esto sucede al disolver azúcar en un vaso de agua. Llegará un punto en el que no podrá disolverse más azúcar y cualquier azúcar adicional que se agregue solo se acumulará en el fondo. Existen tablas de datos sobre la máxima cantidad de diferentes sustancias que se disuelve en agua a determinadas temperaturas.

Por otra parte, si la temperatura aumenta es posible disolver una mayor cantidad de azúcar. Si se pausa el calentamiento y se deja enfriar la solución, no sería una solución saturada, sino una solución sobresaturada, ya que contendría más soluto del que normalmente podría disolverse a una temperatura específica.

Respecto a la solución insaturada, es la que contiene una menor cantidad de soluto que la máxima que puede disolverse en un volumen determinado de un solvente.

Por ejemplo, si disuelves tres cucharadas de azúcar en un vaso de agua, la cantidad de soluto es menor que la que se disuelve completamente en esa cantidad de agua (seis cucharadas de azúcar), formando una solución insaturada.



Una solución diluida es aquella que se prepara tomando una porción de una solución de mayor concentración y agregándole más solvente. Piensa en el refresco que preparas en casa: cuando ya hay una cantidad muy pequeña y le añades agua para que sea suficiente, has preparado una solución diluida, pues agregaste más solvente (agua) conservando la cantidad de soluto (jugo de fruta).

En cambio, una solución concentrada es aquella donde la cantidad de soluto puede ser próxima a la máxima cantidad que el solvente puede disolver en las mismas condiciones de presión y temperatura.

Creatividad

Hemos estudiado la capacidad que tiene una sustancia (soluto) para dispersarse homogéneamente en otra (solvente) y formar una solución. A eso se le conoce como solubilidad. La solubilidad es una propiedad que indica la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en una cantidad dada de solvente a una presión y temperatura específicas. Además, depende de factores como la naturaleza química de las sustancias involucradas, las condiciones de temperatura y presión, la superficie de contacto y la agitación.



La solubilidad de un medicamento es esencial para determinar la rapidez y la eficacia con la que se disuelve en el sistema digestivo y se absorbe en el torrente sanguíneo.



La solubilidad de los productos de limpieza permite lograr la eficacia deseada en la eliminación de grasa y suciedad.



Al mezclar pigmentos con un disolvente, se genera una solución que se utiliza para pintar, la solubilidad de los pigmentos en el solvente afecta la consistencia y el color de la pintura.

Unidad 4

Estos ejemplos ilustran cómo la solubilidad afecta nuestra vida diaria. Así, hay sustancias muy solubles en un solvente, pero existen otras que no son solubles en ese mismo solvente y entre estos dos casos límite hay toda una variedad, por ejemplo, las grasas son insolubles en agua, pero son solubles en alcohol, y por tal razón, para limpiar las manchas de grasa en las prendas de vestir o en alguna superficie suele utilizarse alcohol.

A través de una serie de experimentos, exploraremos cómo diferentes factores afectan la solubilidad de las sustancias. A medida que avancemos en estas actividades, obtendremos una comprensión más profunda de cómo las condiciones pueden cambiar el comportamiento de las soluciones.

B. ¡La solubilidad en acción!

En esta actividad se realizarán una serie de experimentos para explorar cómo distintas condiciones pueden cambiar la solubilidad y cómo este conocimiento puede aplicarse en situaciones cotidianas.

Materiales:

- 5 vasos plásticos transparentes
- 1 cucharita medidora
- 1 hoja de papel bond
- Placa de calefacción
- 2 vasos de vidrio
- 1 marcador
- 1 agitador
- Agua
- Dulces pequeños
- 1 sobre de polvo para refresco
- 1 tablilla de chocolate
- 1 bebida carbonatada
- Aceite para bebé
- Aceite de cocina
- Hielo



Es la medida de la capacidad que tiene una sustancia para disolverse en otra y formar un sistema homogéneo.

Fíjate que...

El almíbar es una solución sobresaturada de azúcar en agua, calentada hasta que tiene la consistencia, que va desde un líquido apenas viscoso hasta un caramelo duro, la cual, depende de la saturación de azúcar en agua y tiempo de cocción. Se emplea en conservas de frutas, para cubrir pasteles y formar la base de ciertos postres, como el sorbete y merengue.



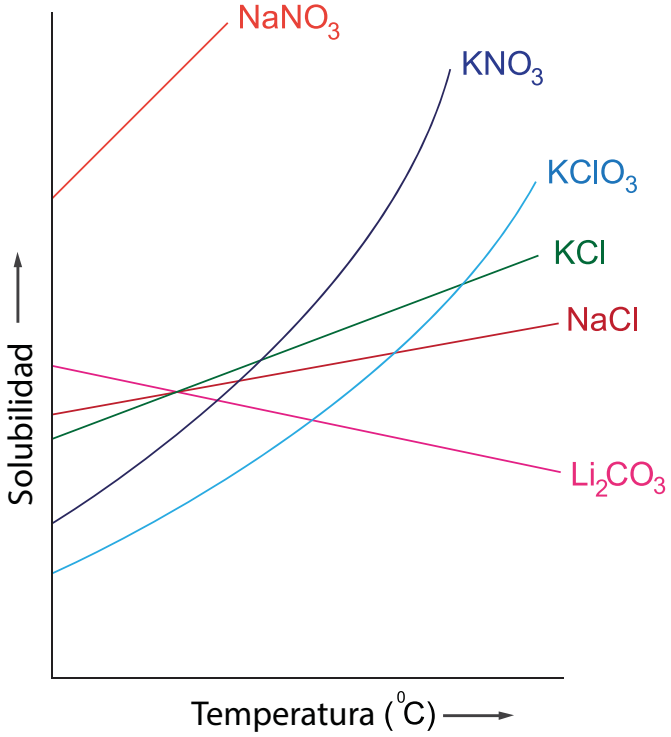
Procedimiento:

1. Prepara un vaso de vidrio con agua caliente y un vaso plástico con agua fría; en un tercer vaso, coloca agua a temperatura ambiente, llénalos aproximadamente a la mitad.
2. Empleando el marcador, rotula cada vaso: «fría», «caliente» y «ambiente».
3. Coloca los tres vasos sobre una hoja de papel bond.
4. Tira un dulce al centro de cada vaso al mismo tiempo y déjalos reposar.
5. Agita cada vaso y observa en cual se ha disuelto la mayor cantidad de dulce, responde las preguntas en el Cuaderno de Trabajo. p. 75
6. Toma dos vasos adicionales y llénalos hasta la mitad con agua a temperatura ambiente.
7. Añade a cada vaso una cucharadita de polvo para refresco.
8. Mezcla suavemente uno de los vasos y el otro, agítalo vigorosamente durante unos minutos; luego, responde las preguntas.
9. Divide la tablilla de chocolate en dos partes iguales.
10. Coloca una mitad en un vaso.
11. Divide la otra mitad en trozos pequeños y colócalos en otro vaso.
12. Vierte agua caliente en los dos vasos, en igual cantidad.
13. Agita ambos vasos y observa en cuál se disuelve más rápido el chocolate; luego, resuelve las preguntas.
14. Agita suavemente la bebida carbonatada.
15. Destápala y viértela rápidamente en un vaso. Observa cómo se produce la liberación repentina de gas y responde.
16. Vierte agua en un vaso hasta llenar una tercera parte; luego, adiciona una cucharadita de polvo para refresco, aceite de cocina y aceite de bebé.
17. Revuelve, déjalo reposar y responde las preguntas en el Cuaderno de Trabajo.

Como hemos visto, el grado en que una sustancia se disuelve en otra depende de distintos factores, ¡conozcámoslos!

Temperatura. La temperatura tiene un efecto sobre la solubilidad de la mayoría de las sustancias. En el caso de los solutos sólidos disueltos en agua, «la solubilidad aumenta al incrementarse la temperatura de la solución», porque se incrementa el movimiento de las moléculas de soluto y de solvente, por lo tanto, aumenta el número de interacciones, que resulta en una mayor solubilidad. Por ejemplo, en la actividad B se evidenció que la recubierta de dulce (*paso 5*) se disolvió más rápido en el vaso con agua caliente.

El azúcar y el colorante contenidos en la recubierta del dulce se disuelven más rápido en agua caliente, porque aumenta el movimiento molecular de los solutos y el solvente. Este incremento de movimiento permite que la interacción entre el azúcar y el agua sea mayor y que las fuerzas intermoleculares de atracción que rompen los enlaces de las moléculas de azúcar sean más rápidas, aumentando la solubilidad del azúcar.



Cuando se incrementa la temperatura de una solución líquida que contiene un gas, las partículas de líquido ganan energía cinética y se mueven más rápido. Esto resulta en una mayor agitación molecular en la solución. Por tanto las partículas de gas en contacto con el líquido también tienen más energía cinética y van a escapar hacia la fase gaseosa. En otras palabras, el aumento de temperatura agita las partículas de gas y las hace menos propensas a permanecer disueltas en el líquido.

Esto significa que, si la presión parcial del gas aumenta la solubilidad en el líquido también aumentará.

Presión. A consecuencia de que los líquidos y los sólidos son casi incompresibles, la presión tiene poco efecto en la solubilidad. En cambio, tiene un efecto importante en la solubilidad de los gases, ya que esta aumenta al incrementar la presión del gas sobre el solvente.

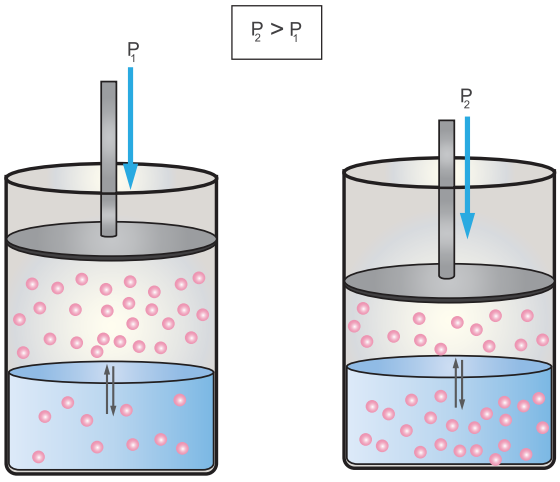
Lo anterior se debe a un principio fundamental conocido como **ley de Henry**. Esta ley establece que, a una temperatura constante, la solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas.

$$C = k\,P \qquad 4.17$$

Donde: C, es la concentración de gas disuelto en el líquido (por lo general mol/L); k, es una constante de proporcionalidad que depende de la naturaleza del gas, el líquido y la temperatura; P, es la presión parcial del gas sobre la solución.

Para entender mejor este factor, recordemos el *paso 14* de la *actividad B*, al abrirse el envase de la bebida carbonatada, se produjo burbujeo por el escape de las moléculas de dióxido de carbono (CO_2), puesto que la bebida estaba sometida a una presión mayor que la atmosférica.

¿Cómo así? ¡Veamos! Inicialmente las moléculas se encuentran en equilibrio a una presión determinada, algunas moléculas gaseosas están disueltas en la solución y algunas moléculas disueltas en la solución también escapan a la fase gaseosa debido al equilibrio dinámico.



Fijate que...

Al aumentar la temperatura de las aguas naturales se presenta la menor capacidad para suministrar oxígeno a la vida acuática y oxidar los contaminantes orgánicos en la época de calor.



Fijate que...

Para fabricar bebidas carbonatadas, el dióxido de carbono (CO_2) se disuelve a presión elevada. Para mantenerlo así, las bebidas se embotellan bajo una presión un poco mayor a la presión atmosférica $(1\ atm)$.

Cuando las botellas se abren, la presión se reduce y la solubilidad disminuye liberándose en forma de burbujas.



Ojo al dato...

Cuanto mayor sea la superficie de contacto entre el soluto y el solvente, mayor será la capacidad de disolución. Esto es porque una mayor superficie permite una mayor interacción entre las partículas, facilitando su dispersión y disolución.



La agitación desempeña también un papel crucial en la solubilidad de las soluciones porque se promueve la interacción entre las partículas al romper las fuerzas de atracción entre ellas, acelerando el proceso de dispersión.

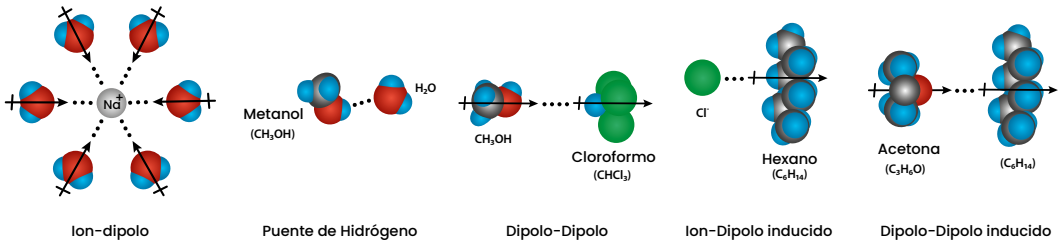


Al incrementar la presión y comprimir el gas, las moléculas en la fase gaseosa poseen mayor probabilidad de chocar con la superficie del líquido y ser atrapadas por él, lo que aumenta la cantidad de gas disuelto en la solución. Este proceso continúa hasta que se restablece un nuevo equilibrio en el que la velocidad de las moléculas que entran en la solución es igual a la velocidad de las moléculas que escapan de la solución a la fase gaseosa, pero ahora con una mayor cantidad de gas disuelto, debido al aumento de presión.

En conclusión, un aumento en la presión conduce a un aumento en la solubilidad de un gas en un líquido, y esto se debe a la mayor frecuencia de colisiones entre las moléculas de gas y la superficie del líquido. Según la ley de Henry, si se aumenta la presión sobre una solución gaseosa, más gas se disolverá en el líquido. Del mismo modo, si se disminuye la presión, menos gas se disolverá.

Interacciones entre el soluto y solvente. En química se señala «Lo semejante disuelve a lo semejante» y significa que cuánto mayores sean las atracciones entre las moléculas del soluto y solvente, mayor será la solubilidad. Y es que la tendencia natural de las sustancias a mezclarse unas en otras se ve afectada por la interacción o las fuerzas de atracción entre las partículas del soluto y el solvente.

Para tal finalidad, las fuerzas intermoleculares de los componentes de la solución deben ser similares, es decir, ambos componentes de la solución deben tener un carácter polar o no polar. Así, el agua al ser una molécula polar puede disolver compuestos iónicos a través de fuerzas atractivas ion-dipolo y con puente de hidrógeno a otros compuestos polares como el metanol; pero no puede disolver sustancias no polares como la gasolina.



Las fuerzas de atracción entre el soluto y solvente en una solución son lo que permite que sean solubles entre sí. Puedes revisar este tema en la *Semana 18 de 6.º*.

En general, las sustancias no polares son solubles en solventes no polares, en cambio, los solutos iónicos y polares en solventes polares. Los sólidos de red covalente como el diamante y el cuarzo son insolubles tanto en solventes polares como no polares a causa de sus intensas fuerzas de enlace.

En resumen, hemos explorado los factores que inciden en la solubilidad de una solución, y hemos comprendido que la interacción entre el soluto y el solvente desempeña un papel esencial en este proceso. Cada uno de los factores, desde la temperatura hasta la superficie de contacto y la agitación, contribuye a la capacidad de una sustancia para disolverse en un medio dado.

Comunicación

Ahora que ya conoces el comportamiento de las partículas en los tipos de soluciones químicas de acuerdo con su concentración y cuánta incidencia tienen en los distintos factores que afectan la solubilidad, es importante representarlos esquemáticamente y es lo que harás en la siguiente actividad.

C. Un viaje molecular a través de la solubilidad

El objetivo de esta actividad es comprender cómo cambia el comportamiento de las partículas en una solución al variar su concentración y bajo la influencia de los factores que afectan la solubilidad. A medida que se efectúen las representaciones se explorarán las interacciones entre el soluto y el solvente.

Materiales:

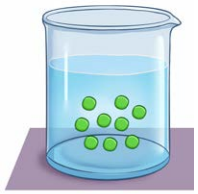
- Lápices de colores o marcadores
- Cartulina o cartoncillo
- Pegamento
- Tijera

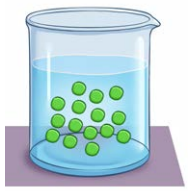
Procedimiento:

1. Dibuja tres recipientes en la cartulina. Cada recipiente representará una solución diferente.
2. Recorta círculos pequeños de papel para figurar las partículas de las sustancias. La cantidad de círculos dependerá de la concentración que se desee representar en cada recipiente. Por ejemplo, puedes usar más círculos para una solución concentrada y menos para una solución diluida.
3. Colorea los círculos para representar diferentes sustancias. Puedes emplear distintos colores para diferentes tipos de solutos.
4. Comienza a llenar los recipientes con los círculos de moléculas. Coloca más círculos en los recipientes que representen soluciones concentradas y sobresaturadas y menos en las soluciones diluidas e insaturadas.
5. Introduce los factores que afectan la solubilidad. Por ejemplo, puedes simbolizar el aumento de temperatura dibujando llamas cerca de algunos recipientes y la agitación dibujando líneas onduladas. Mueve los círculos para simbolizar cómo cambia el movimiento de las moléculas en respuesta a estos factores.
6. Discute con tus compañeros lo que observas y resuelve lo que se te indica en el Cuaderno de Trabajo.

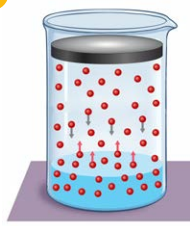
p. 76

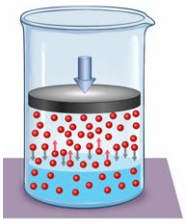
4





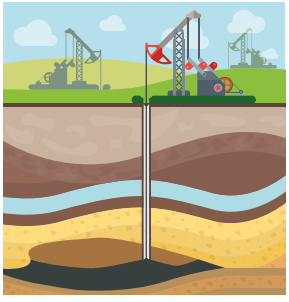
5





Ya que se han sentado las bases sobre cómo las moléculas interactúan en diferentes tipos de soluciones, es hora de explorar algunas aplicaciones prácticas de este conocimiento. ¡Veamos!

- Los solventes se utilizan para extraer petróleo y gas natural de formaciones subterráneas. Cambiar la presión y la temperatura puede aumentar la solubilidad de los hidrocarburos, facilitando su extracción.
- En la industria alimentaria, la solubilidad de ingredientes como los almidones y proteínas se ajusta para cambiar la textura de los alimentos, como la gelificación de una salsa o la clarificación de un caldo.



Propiedades coligativas de las soluciones

Indagación

¿Sabes por qué el sorbete de carretón no se derrite por completo en un día caluroso? ¿Alguna vez notaste que la sopa o la pasta con sal se cocinan más rápido? ¿Por qué es eso? ¿Te has preguntado por qué en los lugares con nevadas usan sal para derretir el hielo en las calles y aceras durante la temporada de invierno? Estas preguntas nos llevan al fascinante mundo de las propiedades coligativas. Realiza la *actividad A* para identificarlas y posteriormente, descubrir cómo estas propiedades afectan el sorbete, la seguridad de las carreteras nevadas y muchas otras situaciones de la vida cotidiana.

Fíjate que...

El químico y filósofo Friedrich Wilhelm Ostwald introdujo el concepto de propiedades coligativas en 1891. La palabra «*coligativo*» proviene de la palabra latina *colligatus* («unidas»), refiriéndose a la forma en que las propiedades de los solventes están ligadas a la concentración de solutos en una solución.



A. Desafío del sorbete, ¡que no se derrita!

Esta actividad nos ayudará a entender cómo ciertas sustancias pueden modificar las propiedades de una solución, en este caso, cómo afectan la resistencia al derretimiento de un sorbete en un día caluroso.

Materiales:

- Agua
- Hielo
- 3 vasos
- 3 sorbetes en empaque plástico
- Termómetro de cocina
- Reloj o cronómetro
- Sal de mesa

Procedimiento:

1. Llena un vaso con agua y coloca un sorbete en él, asegurándote de que esté vertical. Este será el grupo de control. Etiqueta el vaso como «control».
2. Llena otro vaso con agua, agrega sal (azúcar u otra sustancia que se supone afecta la resistencia al derretimiento del sorbete).
3. Coloca un sorbete en él, de manera vertical. Este será el grupo experimental. Etiqueta el vaso como «experimental».
4. Llena otro vaso con agua, agrega hielo y, esta vez, agrega una cantidad significativa de sal de mesa al agua.
5. Coloca un sorbete en el vaso inclinado a $45°$. Etiqueta el vaso como «hielo con sal».
6. Mide la temperatura del agua en cada vaso con un termómetro y anota las temperaturas iniciales.
7. Coloca todos los vasos en un lugar soleado o bajo la luz directa del sol. Incluso puedes utilizar una lámpara caliente.
8. Mide los tiempos que transcurren hasta que los sorbetes estén medio derretidos, también mide las temperaturas.
9. Mide los tiempos transcurridos y las temperaturas finales cuando los sorbetes se derritan por completo.
10. Observa lo que sucede con los sorbetes en cada vaso y resuelve lo que se te indica en el Cuaderno de Trabajo.

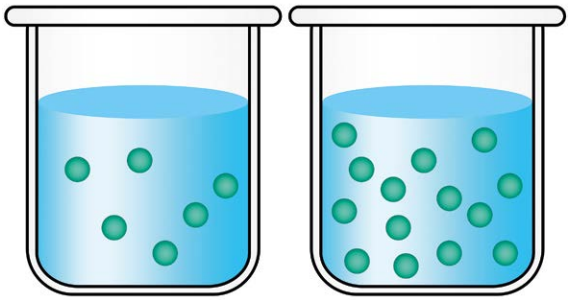
p. 77

La diferencia principal entre estos vasos radica en los componentes que contienen, los cuales, se utilizan para comparar y analizar cómo diferentes condiciones afectan la resistencia al derretimiento del sorbete. En la siguiente sección, profundizaremos en las propiedades coligativas y conectaremos los resultados con conceptos químicos fundamentales.

Creatividad

Es hora de descubrir por qué algunas sustancias como la sal, pueden influir en los puntos de fusión, tal como lo experimentamos en la *actividad A*, entendiendo el papel fundamental de las propiedades coligativas. Pero, ¿qué son las propiedades coligativas de una solución? Son aquellas que dependen del número de partículas (por lo tanto, la cantidad) de soluto disuelto en una cantidad dada de solvente, independientemente de la naturaleza química de esas partículas. En la imagen de abajo, hay dos soluciones, ambas contienen el mismo número de partículas, entonces, cualquier propiedad coligativa de las soluciones resulta ser idéntica para ambas, a pesar de que contienen diferentes solutos.

Esta definición usualmente se cumple para soluciones diluidas con la concentración inferior a $0.02\ \mathrm{M}$ y para solutos no volátiles. Además, las propiedades coligativas no guardan relación con otras propiedades del soluto o solutos que se encuentran en la solución (ni con el tamaño de las partículas en la solución), ya que solo dependen de la cantidad de partículas disueltas.



Las propiedades coligativas son **disminución de la presión de vapor, aumento de la temperatura de ebullición, disminución de la temperatura de congelación y presión osmótica,** que comprobaremos enseguida.

B. Propiedades coligativas

En esta actividad, exploraremos las cuatro propiedades coligativas a través de una serie de experimentos, observando cómo estas propiedades cambian en función de la concentración de solutos en una solución.

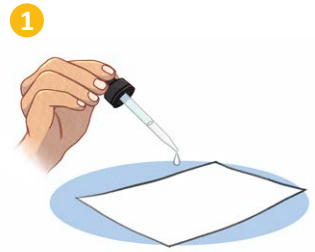
Materiales:

- Hielo
- 1 huevo
- Ácido acético (vinagre)
- Cloruro de sodio (sal común)
- Alcohol isopropílico o etílico
- Acetona (removedor de esmalte)
- Cocina eléctrica u hornilla
- 4 vasos de vidrio transparentes
- Balanza analítica
- 1 olla pequeña
- Termómetro
- Papel toalla
- 3 goteros
- Agitador

Procedimiento:

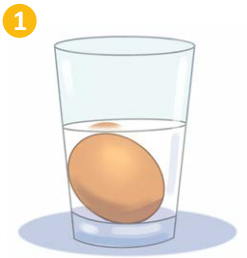
1. Coloca una gota de agua, de alcohol y de acetona en tres papeles limpios separados. Espera por unos minutos y observa el orden en que se evaporan.
2. Prepara una mezcla de alcohol y sal en un vaso. Asegúrate de saber la cantidad de sal que agregaste. Coloca una gota de esta mezcla en un papel limpio y otra gota de alcohol puro en otro papel limpio. Observa unos minutos.
3. Responde en tu Cuaderno de Trabajo lo siguiente:
   a. ¿Puedes identificar cuál de las sustancias (agua, alcohol y acetona) se volatilizó en primer lugar para el primer experimento? Explica o hipotetiza este fenómeno.
   b. Respecto al segundo experimento, ¿cuál crees que podría ser la razón detrás de las diferencias que notaste en el proceso de evaporación entre la mezcla de alcohol y sal, y el alcohol puro?

p. 78









Parte II. Punto de ebullición

1. Llena la olla con agua y ponla a hervir.
2. Mide la temperatura del agua cuando esté hirviendo.
3. Añade un poco de sal y espera a que hierva nuevamente.
4. Mide la temperatura de nuevo, anota los datos y responde la pregunta:
   a. ¿Cómo explicas ese cambio de temperatura?

p. 78

Parte III. Temperatura de congelación

1. Coloca hielo en un vaso de vidrio.
2. Mide su temperatura.
3. Agrega un poco de sal y toma nuevamente la temperatura. Anota los datos y responde:
   a. Después de tomar la temperatura inicial del hielo, ¿cómo puedes explicar el cambio en la temperatura después de agregar la sal?

Parte IV. Presión osmótica

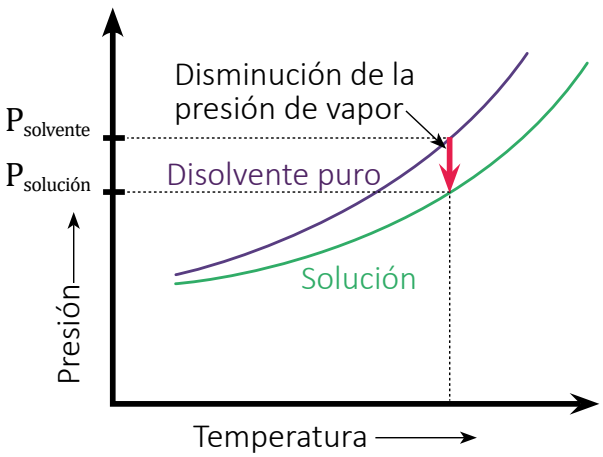
1. Llena un vaso con vinagre hasta la mitad y coloca el huevo en él.
2. Deja reposar por tres días.
3. Revisa cada día lo que le está sucediendo al huevo.
4. Retira el huevo del vaso al tercer día y mide su masa con una balanza.
5. Llena otro vaso con agua y coloca el huevo en él.
6. Déjalo allí por 24 horas. Al cabo de ese día, observa lo que le sucedió y mide su masa de nuevo.
7. Resuelve en el Cuaderno de Trabajo lo siguiente:
   a. ¿Qué cambios observaste en el huevo después de sumergirlo en vinagre por tres días y cómo explicarías estos cambios?
   b. ¿Qué diferencias notas en el huevo luego de estar 24 h en agua?

p. 79

Notación...

La presión de vapor de un líquido es la presión ejercida por su fase de vapor cuando la condensación y la vaporización ocurren a la misma velocidad (están en equilibrio).

Descenso de la presión de vapor. Cuando a un solvente volátil se le adiciona un soluto no volátil la presión de vapor del solvente tiende a descender. Este fenómeno se debe a que el número de moléculas del solvente en la superficie de la solución disminuye por la presencia del soluto no volátil. Aparecen fuerzas atractivas entre las moléculas del soluto y el solvente, haciendo más difícil el paso de las moléculas a la fase gaseosa (vapor). La presión de vapor del solvente puro será siempre mayor a la de la solución con el soluto no volátil.



La disminución en la presión de vapor puede determinarse por la **ley de Raoult** (1887) que establece que «la presión de vapor de cada componente en una solución ideal es igual a su fracción molar multiplicada por la presión de vapor del componente cuando está puro y a la misma temperatura de la solución», como puede verse en las siguientes ecuaciones:

$$P_A = X_A P_A^* \qquad P_B = X_B P_B^* \qquad 4.18$$

Donde, P_A y P_B son las presiones de vapor parciales del soluto y el solvente, X_A y X_B son las fracciones molares del soluto y del solvente en la solución, P_A y P_B son las presiones de vapor del soluto y del solvente, cuando ambos están puros. Cuando el soluto es sólido y el solvente es líquido, la presión de vapor del soluto se considera insignificante y se asume como cero, ya que los sólidos no tienen una presión de vapor apreciable a temperaturas normales, por lo que la presión de vapor sobre la solución disminuye y se debe solo al solvente. La presión total de una mezcla es igual a la suma de las presiones parciales de todos los componentes:

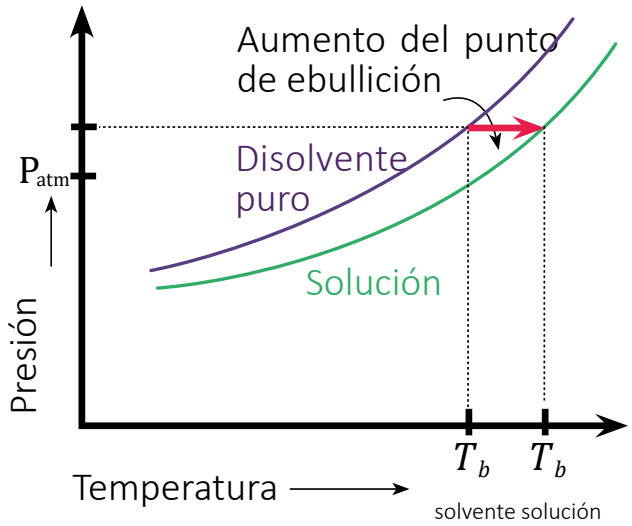
$$P_{solución} = (X_A P_A^*) + (X_B P_B^*) + \cdots$$

La presión de vapor del soluto crece linealmente con su fracción molar, para una solución con un soluto se tiene que $X_B = 1 - X_A$ entonces:

$$P_B = (1 - X_A) P_B^*$$
$$P_B = P_B^* - X_A P_B^*$$
$$P_B^* - P_B = X_A P_B^*$$
$$\Delta P = X_A P_B^* \qquad 4.19$$

La ecuación 4.19 permite calcular la disminución de la presión de vapor.

Aumento del punto de ebullición. Debido a que la presión de vapor de una solución disminuye por la presencia de solutos no volátiles, es lógico que el punto de ebullición de la solución aumente posteriormente. La presión de vapor aumenta con la temperatura, por lo que una solución con solutos no volátiles requerirá de una temperatura más alta que la del solvente puro para alcanzar cualquier presión de vapor, incluso una equivalente a la de la atmósfera.



El aumento de la temperatura de ebullición (o **elevación ebulloscópica**) de una solución se relaciona con la concentración molal de dicha solución y la constante molal del punto de ebullición del solvente.

El agua tiene una constante molal de elevación del punto de ebullición de $0.52\ °C\ kg/mol$, de manera que, una solución $1\ m$ hierve a $100.52\ °C$ a $1\ atm$, es decir, $0.52\ °C$ por encima del punto de ebullición normal del agua ($100\ °C$ a $1\ atm$).

$$\Delta T_e = T_{e(sln)} - T_{e(ste)} = k_e\, m \qquad 4.20$$

Donde ΔT_e es el cambio en la temperatura de ebullición, que es solo la diferencia entre la temperatura de ebullición de la solución y la del solvente puro, k_e es la constante molal de elevación del punto de ebullición del solvente utilizado o la **constante ebulloscópica** ($°C/m$) y m es la concentración molal de la solución (mol/Kg) k_e depende solo del solvente.

Como se ha descrito en la *Semana 6* de 6.º, el punto de ebullición de un líquido es la temperatura a la cual su presión de vapor se iguala a la presión atmosférica.



Descenso del punto de congelación

La temperatura de congelación de una solución con solutos no volátiles es más baja que la temperatura de congelación de un solvente puro, por ejemplo, el agua de mar se congela a una temperatura inferior a la del agua dulce debido a las sales disueltas, por ello, es que los océanos Ártico y Antártico permanecen sin congelar a temperaturas inferiores a $0\ °C$.

La disminución del punto de congelación (**descenso crioscópico**) se relaciona con la molalidad de la solución y la constante molal de congelación del solvente. El agua posee una constante de congelación de $1.853\ °C\ kg/mol$, la cual indica que una solución $1\ m$ se congela a $-1.853\ °C$, es decir, abajo del punto de congelación normal del agua ($0\ °C$).). Para calcular el descenso crioscópico, se usa la siguiente ecuación:

$$\Delta T_c = T_{c\,(sln)} - T_{c(ste)} = k_c m \qquad 4.21$$

Donde, ΔT_c es la variación en el punto de congelación, k_c es la constante molal de congelación para el solvente, también denominada como constante del descenso crioscópico o **constante crioscópica** ($°C/m$) y m es la molalidad de la solución (mol/kg).

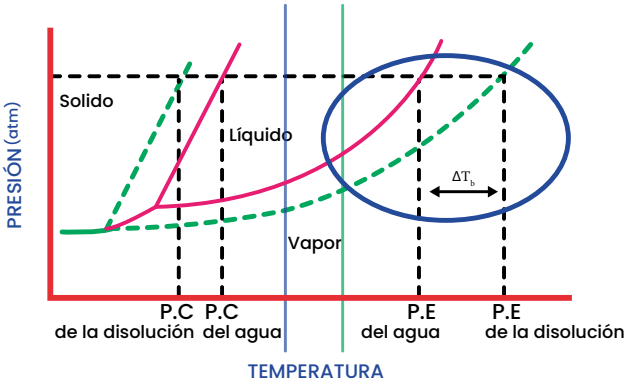


Diagrama de fases que muestra el aumento del punto de ebullición y la disminución del punto de congelación de soluciones acuosas: las curvas punteadas pertenecen a la solución y las continuas, al solvente puro. Como se observa, el punto de ebullición de la solución es mayor que el del agua y el punto de congelación de la solución es menor que el del agua.

La tabla presenta el punto de ebullición, el punto de congelación, la constante ebulloscópica (k_e) y la constante crioscópica (k_c) de algunos solventes:

Solvente	Punto de ebullición ($°C$ a 1 atm)	k_e ($°C/m$)	Punto de congelación ($°C$ a 1 atm)	k_c ($°C/m$)
Agua	100.0	0.512	0.0	1.853
Tolueno	110.6	3.40	−95.0	3.55
Cloroformo	61.26	3.63	−63.5	4.68
Ácido acético	118.5	2.93	16.6	3.9



Paso de solvente a través de una membrana semipermeable desde una solución diluida hacia una más concentrada.

Presión osmótica

Ósmosis es el proceso de paso de solvente a través de una membrana semipermeable, cuando hay una diferencia de concentración de soluto a ambos lados de la membrana. La presión necesaria para detener el flujo se denomina **presión osmótica**. Esta presión es directamente proporcional a la concentración molar de la solución. Por ello, cuanto más soluto se disuelva en el solvente, mayor será la presión osmótica de la solución. La expresión matemática que la describe puede escribirse así:

$$\Pi = MRT \qquad 4.22$$

Donde Π es la presión osmótica (atm), M es la molaridad (mol/L), R es la constante universal de los gases $\left(0.082\ \frac{atm\ L}{K\ mol}\right)$, donde T es la temperatura en K.

Las propiedades coligativas son fenómenos cruciales que ocurren cuando se agregan solutos a un solvente. Por medio de los experimentos has descubierto cómo afectan la presión de vapor, el punto de congelación, el punto de ebullición y la presión osmótica.

Comunicación

Las propiedades coligativas desempeñan un papel esencial en una variedad de aplicaciones prácticas, las cuales, ayudan a entender mejor cómo funcionan las soluciones en nuestra vida diaria, pero antes de describirlas, nos sumergiremos en los cálculos y ecuaciones que respaldan las propiedades coligativas.

C. Aplicaciones industriales de las propiedades coligativas

Esta actividad ayuda a familiarizarse con las propiedades coligativas por medio de la realización de cálculos en ejemplos de producción o usos industriales.

Procedimiento:

1. Revisa la sección *Así se calcula…*
2. Desarrolla los ejercicios en el Cuaderno de Trabajo.

p. 79

Así se calcula...

¡Aprende cómo utilizar fórmulas específicas para determinar los cambios ocurridos en la *actividad B*!

Presión de vapor

Para calcular el cambio en la presión de vapor (ΔP) utilizando la ley de Raoult, primero se necesita conocer la presión de vapor del alcohol puro (P^*) y la presión de vapor del alcohol en la mezcla con sal (P). Asumiremos valores hipotéticos como ejemplo. Supongamos que la presión de vapor del alcohol puro es de $100\ \text{mmHg}$ y la presión de vapor del alcohol en la mezcla con sal es de $75\ \text{mmHg}$. Empleando la ecuación 4.19 resulta:

$$\Delta P_{alcohol} = P_{alcohol} - P_{alcohol}$$

$$\Delta P_{alcohol} = (100-75)\ \text{mmHg} = 25\ \text{mmHg}$$

Punto de ebullición

Para calcular el cambio de la temperatura de ebullición (ΔT_e) debido a la adición de sal al agua, primero se necesita conocer las temperaturas de ebullición antes (T_{e0}) y después (T_{e1}) de agregar la sal. Asumiremos valores hipotéticos como ejemplo, en la ecuación 4.20.

$$\Delta T_e = T_{e1} - T_{e0} = 105\ °C - 100\ °C = 5\ °C$$

Temperatura de congelación

El cambio de la temperatura de congelación (ΔT_c) se calcula restando la temperatura de congelación de la solución (T_c con sal) de la temperatura de congelación del disolvente puro (T_c sin sal).

Si la temperatura de congelación del agua pura es de $0\ °C$ (T_c sin sal) y, después de agregar sal, la temperatura de congelación disminuye a $-10\ °C$ (T_c con sal), entonces, usando la ecuación 4.21 resulta que:

$$\Delta T_c = 0\ °C - (-10\ °C) = 10\ °C$$

Presión osmótica

Calcula la molaridad de las soluciones implicadas con la ecuación 4.8 y luego, aplica la ecuación 4.22. Supongamos que la concentración de ácido acético es $5\ \%\ m/m$ y la masa molar de $60.05\ g/mol$.

$$M = \frac{n_{sto}}{V_{sln}} = \frac{5\ g/60.05\ g/mol}{0.1\ L} = 0.83\ M$$

Para calcular la presión osmótica en el vinagre tendrá que convertirse la temperatura a kelvin. Supongamos que la temperatura ambiente es de $25\ °C$ ($298\ K$).

$$\Pi = MRT$$

$$\Pi_{vinagre} = (0.083\ M)\left(0.082\ \frac{atm\ L}{K\ mol}\right)(298\ K)$$

$$\Pi_{vinagre} = 2.46\ atm$$

Unidad 4

Resumen

En el estudio de las soluciones y sus concentraciones, uno de los aspectos clave es comprender las unidades físicas de concentración. Las unidades, como el porcentaje en masa-masa (% m/m), volumen-volumen $\% v/v$, masa-volumen (% m/v), así como las partes por millón (ppm) y partes por mil millones (ppb), nos permiten expresar la cantidad de soluto en relación con el solvente o la solución en distintas proporciones. Con esto, entramos en el ámbito de las relaciones estequiométricas.

Un mol representa una cantidad fija de sustancia, aproximadamente 6.022×10^{23} entidades, y la constante de Avogadro. Asimismo, la masa molar, expresada en gramos por mol (g/mol), nos proporciona la masa de un mol de una sustancia. Esto es esencial para calcular la cantidad de sustancia en una muestra y entender cómo se relacionan las masas y las cantidades de sustancias en reacciones químicas.

Pasando a las dispersiones químicas, estas se dividen en suspensiones, coloides y soluciones. Una suspensión consiste en partículas sólidas suspendidas en un líquido, pero tienden a sedimentarse con el tiempo. Los coloides son sistemas intermedios, donde las partículas son más pequeñas que en las suspensiones y no sedimentan fácilmente. Las soluciones son mezclas homogéneas de solutos y solventes, donde las partículas de soluto se dispersan uniforme en el solvente.

La concentración también se expresa en unidades químicas como la molalidad (mol/kg), la normalidad (eq/L), la molaridad (mol/L) y la fracción molar.

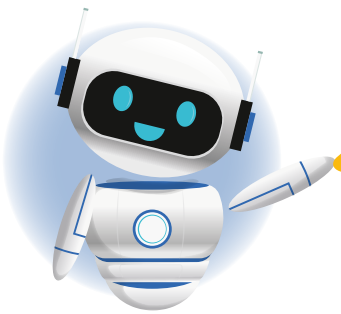
Una solución alcanza un estado saturado, cuando tiene la máxima cantidad de soluto que puede disolverse a una temperatura dada. Si se incrementa la temperatura y se disuelve más soluto, resulta una solución sobresaturada. Si la solución se prepara con menos soluto es insaturada.

La solubilidad incrementa con el aumento de la temperatura en soluciones sólido-líquido. Pero, este no ocurre en el caso de gases disueltos en líquidos, donde la solubilidad disminuye con el aumento de la temperatura. Caso contrario con la presión, donde un aumento de esta puede incrementar la cantidad de gas que puede disolverse en un líquido.

Finalmente, las propiedades coligativas de las soluciones son fenómenos relacionados con la presencia de solutos en un solvente. Estas propiedades incluyen la disminución de la presión de vapor y la ley de Raoult, que describe cómo la presión de vapor de una solución es menor que la de su solvente puro por la presencia del soluto.

También, se incluye el descenso del punto de congelación, donde agregar un soluto no volátil reduce la temperatura a la que el líquido se solidifica, y el aumento del punto de ebullición, que implica que la presencia de un soluto no volátil incrementa la temperatura de ebullición.

Además, el descenso crioscópico es la disminución en el punto de congelación de una solución, y la presión osmótica es la presión necesaria para detener el flujo neto de solvente a través de una membrana semipermeable hacia una solución más concentrada.



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

- **Mol**
- **Masa molar**
- **Concentración**
- **Solubilidad**
- **Constante de Avogadro**
- **Propiedad coligativa**

Síntesis de materiales avanzados

La síntesis de materiales avanzados es una rama de la ciencia de los materiales que se enfoca en la creación y producción de materiales con propiedades específicas y altamente deseables para aplicaciones tecnológicas avanzadas. La estequiometría desempeña un papel fundamental en este proceso, al ayudar a determinar las relaciones cuantitativas precisas entre los reactivos necesarios para fabricar estos materiales.

Diseño preciso de la composición

En la síntesis de materiales avanzados, es importante lograr una composición química específica en el material final. Esto se logra con el diseño preciso de las proporciones estequiométricas de los reactivos. La estequiometría se usa para calcular la cantidad exacta de cada reactivo que se necesita para obtener la composición deseada.

Optimización de las propiedades

La estequiometría también se aplica para optimizar las propiedades del material avanzado. Por ejemplo, si se busca mejorar la conductividad eléctrica de un material, es necesario calcular la cantidad precisa de dopantes o aditivos que deben agregarse en función de la estequiometría.

Evitar excesos o deficiencias

Un aspecto esencial en la síntesis de materiales avanzados es evitar el exceso o la deficiencia de reactivos, ya que esto puede llevar a la formación de impurezas o a la falta de las propiedades deseadas. La estequiometría asegura que los reactivos se utilicen en las cantidades adecuadas.

Control de los procesos

Los parámetros de reacción, como la temperatura, presión y tiempo de reacción deben ajustarse según las cantidades estequiométricas de los reactivos, para obtener un producto final de alta calidad.

Síntesis de nanopartículas metálicas

La estequiometría se emplea para determinar la relación precisa entre los precursores metálicos y los agentes reductores en la síntesis de nanopartículas metálicas. Esto permite controlar el tamaño y la forma de las nanopartículas, lo que es esencial para aplicaciones como la catálisis y la nanotecnología.

Polímeros conductores

La estequiometría se usa para calcular las cantidades exactas de monómeros que deben combinarse para lograr la conductividad eléctrica deseada, en la fabricación de polímeros conductores.



Materiales compuestos avanzados

En la síntesis de materiales compuestos avanzados como los compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras de carbono, es clave determinar la cantidad precisa de fibra de carbono y matriz polimérica que debe mezclarse.



La estequiometría desempeña un papel esencial en la síntesis de materiales avanzados al permitir un control preciso de la composición y las propiedades de los materiales. Esto es fundamental para desarrollar materiales con aplicaciones tecnológicas avanzadas en campos como la electrónica, la energía, la medicina y la nanotecnología.

Quiero ser...

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

Carrera: Licenciatura en Química y Farmacia



Bachilleratos sugeridos:
General.

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Química y Farmacia es una carrera profesional donde se desarrollan habilidades científicas, técnicas y sociales. El estudiante de esta carrera utilizará las herramientas analíticas y tecnológicas para adquirir una formación profesional orientada al conocimiento integral de las ciencias aplicadas a la salud y el bienestar, a los alimentos y al medioambiente. En esta carrera, el estudiante podrá desempeñarse en diversas áreas, como las siguientes:

- Química legal y análisis toxicológico
- Procesos industriales: alimentos, fertilizantes y plaguicidas
- Responsabilidad sanitaria de establecimientos de salud, farmacias comunitarias y públicas

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

Carrera: Ingeniería Química



Bachilleratos sugeridos:
general

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Química se enfoca en el desarrollo, diseño, operación, monitoreo, optimización y control de los procesos de fabricación a nivel industrial, buscando la mayor eficiencia y calidad, respetando el medio ambiente. En esta carrera, el estudiante podrá desempeñarse en áreas como las siguientes:

- Investigación
- Diseño y desarrollo de procesos industriales
- Análisis y control de calidad
- Gestión ambiental y seguridad e higiene
- Dirección y administración

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

Unidad 5

Minerales

Eje integrador: organización

En esta unidad aprenderemos a:

- Ejemplificar objetos comunes elaborados a partir de minerales.
- Caracterizar a los minerales con base en sus propiedades físicas.
- Reconocer combinaciones de elementos químicos que conforman los minerales.
- Explicar el proceso de formación de cristales.
- Determinar el hábito cristalino de un mineral preparado experimentalmente.
- Reconocer las estructuras cristalinas de los minerales.
- Reconocer los minerales presentes según el tipo de roca.
- Ubicar los yacimientos minerales en El Salvador.
- Argumentar el balance de los impactos de la minería.



Cueva de Naica, Chihuahua, México.

Duración: 3 semanas

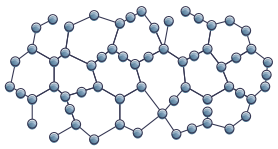
Indagación

Propiedades de los minerales

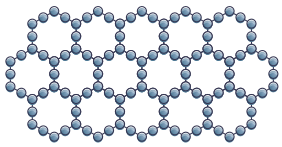
Las joyas han sido usadas desde la prehistoria para mostrar riqueza, estatus y belleza. Las primeras joyas se elaboraron con conchas, huesos, dientes y rocas, y luego se empezó a crear piezas con cobre. En la época actual se elaboran con una gran variedad de materiales de diversas formas y colores que las hacen muy atractivas. En su mayoría, estos materiales son minerales, pero entonces, ¿qué es un mineral? Descubrámoslo con la siguiente actividad.

Fíjate que...

Principalmente existen dos tipos de materiales sólidos: los cristalinos que poseen una estructura ordenada a nivel atómico, y los **amorfos**, que son desordenados.



Sólido amorfo



Sólido cristalino

A. Descubramos minerales

Los minerales, además de ser hermosos, tienen una gran diversidad de aplicaciones en distintos campos, y se encuentran distribuidos por todo el planeta. El siguiente experimento nos permitirá comprobarlo.

Materiales:

- 3 muestras de rocas
- Lupa o microscopio estereoscópico.

Procedimiento:

1. Explora en tu entorno cercano y busca tres muestras de diferentes rocas. Pon especial atención a aquellas rocas en las que puedas notar que están formadas por más de un componente.
2. Observa la roca con la lupa o el estereoscopio. Identifica si es una mezcla homogénea o heterogénea.
3. Busca diferentes colores o patrones, puedes auxiliarte del tacto para buscar texturas o granos. Registra tus observaciones en la tabla.
4. Observa las propiedades de las rocas que se muestran en las siguientes imágenes y completa la tabla. Responde:
   a. ¿Qué crees que es un mineral?

p. 82

A



B



C



Como te has dado cuenta, las rocas pueden estar formadas por un solo componente o pueden ser una mezcla de diversos componentes, como se ilustra en las imágenes anteriores. En la imagen A vemos que la roca está formada por fases de granos de diferentes tamaños; en la imagen B, por una combinación de roca compacta con vetas naranja y cristales alargados; y en la imagen C, una roca compacta con vetas de color blanco. En ocasiones estos componentes no son perceptibles a simple vista, pero es importante comprender su naturaleza.

Pero ¿qué son exactamente estos componentes? Si recuerdas, las rocas están conformadas por sustancias químicas denominadas minerales. Estos minerales son sustancias naturales, sólidas e inorgánicas, que poseen una composición química y una estructura cristalina definidas. A continuación, exploraremos algunos ejemplos de sus aplicaciones.



Implantes dentales elaborados con titanio y zirconia.



Joyas constituidas por metales y rocas.



Celdas solares construidas con óxidos de silicio.



Lentes elaborados con fluorita.

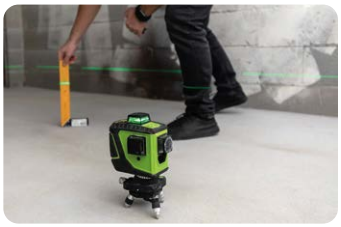
Estos son ejemplos de aplicaciones directas de los minerales, pero estos también se emplean como componentes principales de otros dispositivos o de sustancias sintéticas; por ejemplo, el dióxido de titanio se emplea en el maquillaje; el coltán, en la fabricación de dispositivos electrónicos; y los rubies, en los láseres de estado sólido. Por otra parte, también hay materiales que se preparan a partir de minerales, como es el caso de los fertilizantes.



Polvos de maquillaje



Coltán



Láser de estado sólido



Fertilizantes

Como puedes observar, los minerales son una parte fundamental de nuestro entorno, ya que constituyen muchos de los objetos que hacen nuestra vida diaria más cómoda en la actualidad. Sin embargo, ¿alguna vez te has preguntado de qué están hechos los ladrillos de piso? ¿O un cuchillo?

p. 82

5. Busca en tu casa, escuela o comunidad algunos materiales u objetos que contengan o estén elaborados con minerales. Para esto, investiga su composición y completa la tabla de tu Cuaderno de Trabajo como el ejemplo que se presenta.
6. Selecciona cuatro minerales que te llamen la atención e investiga su fórmula química e identifica los elementos que constituyen dicha fórmula; consulta el código QR para esta investigación y sigue el ejemplo que se te brinda.

Existe una extensa variedad de minerales, desde sustancias elementales como el diamante, que está constituido por átomos de carbono, hasta **soluciones sólidas**, en las que un tipo de átomos sustituye a otros que constituyen la red cristalina u ocupa los huecos en la red, como ocurre en las aleaciones metálicas y en ciertos materiales cerámicos. Estas sustancias poseen diversas aplicaciones, ya sea en su estado natural o procesadas para obtener otros materiales con propiedades y aplicaciones muy específicas.

Escaneando para conocer más sobre la composición y propiedades de los minerales al dar clic en cada nombre.
https://qrs.ly/gbfs16m

Fíjate que...

La obsidiana es un sólido amorfo, por lo que a menudo se le clasifica como un **mineraloide** y no como mineral.

Creatividad

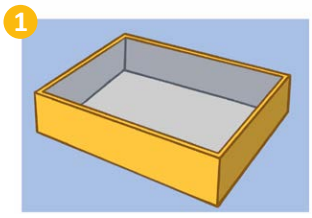
Ahora vamos a estudiar las propiedades que permiten identificar gran parte de los minerales de manera macroscópica por su apariencia, incidencia de luz, aplicación de fuerza o incluso por emitir radiaciones. Prepárate para realizar los diversos experimentos para descubrir las propiedades de los minerales.

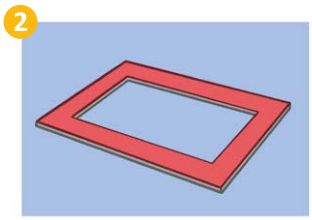
B. Observatorio de minerales

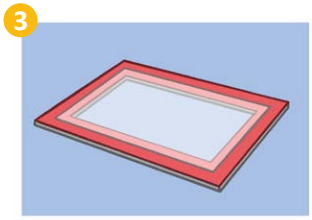
Con esta actividad aprenderemos las propiedades físicas de los minerales, utilizando rocas que puedes encontrar en ferreterías, en mercados, en librerías, en tu hogar, en tu institución educativa, o simplemente observando los alrededores donde te encuentras cotidianamente.

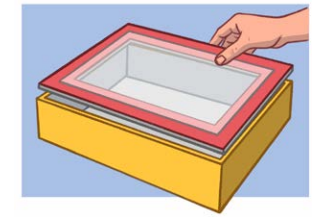
Materiales:

- Escala cromática
- Probeta de 100 mL
- Balanza
- Lupa
- Laja
- Navaja de acero
- Agua
- Lámpara
- Caja de zapatos
- Tirro
- Papel encerado
- Piedra de acrílico o vidrio









Procedimiento

Parte I. Elaboración de caja luminiscente

1. Quita la tapa de la caja de zapatos.
2. Corta un rectángulo del interior de la tapa, dejando un marco de al menos 2 cm.
3. Cubre el marco con papel vegetal y tapa la caja.

Parte II. Mesas de trabajo

1. Forma grupos de trabajo. A continuación se muestran algunos ejemplos de rocas y minerales que puedes conseguir; para el experimento es necesario conseguir al menos seis muestras.
2. Elije una roca o mineral y consigue la muestra; la cantidad debe ser suficiente para que cada grupo pueda hacer las pruebas.



Roca caliza



Roca de río



Grava



Mármol decorativo



Trozos de ladrillo



Yeso



Conchas de mar



Granito



Sal de Epsom



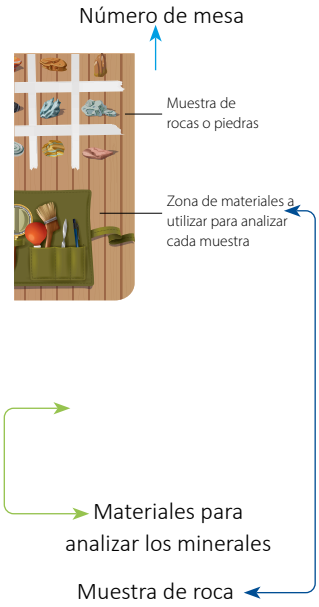
Grava volcánica



Trozos de arcilla



Gemas



3. Prepara seis mesas de observación. Coloca en cada mesa muestras de cada mineral o roca. Dispón los elementos como se muestra en el esquema.
4. Coloca en cada mesa los siguientes materiales.
   Mesa 1: escala de colores
   Mesa 2: balanza y probeta de 100 mL
   Mesa 3: lupa
   Mesa 4: laja
   Mesa 5: martillo
   Mesa 6: caja luminiscente

Parte III. Observación de rocas y minerales

p. 83

1. Lee la infografía de la página 158.
2. Recorre desde la mesa 1 hasta la 6.
3. Efectúa en cada mesa las siguientes pruebas para cada una de las muestras y anota tus observaciones en el Cuaderno de Trabajo.
4. Mesa 1: compara cada muestra con la escala cromática.
5. Mesa 2: mide la masa de cada muestra. Luego, con la probeta y agua, determina el volumen desplazado y aplica la ecuación $\rho = m/V$ para obtener la densidad.
6. Mesa 3: observa las muestras con la lupa y clasifícalas como rocas o minerales.
7. Mesa 4: raspa o fricciona las seis muestras elegidas sobre la laja, observa y anota el color de raya que deja sobre la laja.
8. Mesa 5: trata de rayar las muestras con la navaja y observa si es fácil o es difícil de rayarlas.
9. Mesa 6: coloca un teléfono con la luz encendida dentro de la caja y tapa con cuidado, pon la piedra de acrílico sobre el papel encerado y observa si la luz la atraviesa. Haz esta prueba para las muestras.

Recuerda la diferencia entre rocas y minerales: las rocas son masas conformadas por la combinación entre uno o más minerales. No tienen composición química definida, ya que son el resultado de agregados minerales y no minerales. Se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas. Los minerales son sustancias naturales inorgánicas que normalmente se encuentran en estado sólido, tienen una composición química definida y una estructura cristalina determinada.

Los minerales poseen varias propiedades que los caracterizan. Para determinarlas se hacen los análisis en laboratorio, con materiales y equipos básicos.



Propiedades de los minerales



Color

Por el color se distinguen dos grupos de minerales: idiocromáticos, que tienen colores característicos según su composición, y alocromáticos, que presentan un rango de colores debido a la presencia de impurezas o de inclusiones en su estructura.

Densidad

Número relativo que indica cuántas veces es más pesado o más ligero comparado con la misma cantidad de agua a 4 °C (temperatura en la que la densidad del agua es máxima).





Diafanidad

Es la propiedad de un mineral de poder transmitir la luz. Se clasifican en transparentes aquellos que dejan ver los objetos a través de ellas, traslúcidas las que al pasar la luz permiten ver los objetos con cierta dificultad y opacas cuando no transmiten la luz, aunque las capas sean muy finas.

Rayado

Determina el color del polvo fino del mineral, que suele ser constante incluso si varía el color del trozo.





Fractura

Se entiende por fractura de un mineral a la rotura aleatoria, sin ninguna relación con la estructura interna del mismo.

1	**Talco** Se raya fácilmente con la uña	6	**Ortoclasa** Se raya con una lija de acero
2	**Yeso** Se raya con la uña con dificultad	7	**Cuarzo** Raya el vidrio
3	**Calcita** Se raya con una moneda de cobre	8	**Topacio** Raya a todos los anteriores
4	**Fluorita** Se raya con un cuchillo	9	**Carindón** Zafiro y rubí son de corindón
5	**Apatito** Se raya difícilmente con un cuchillo	10	**Diamante** Es el mineral más duro

Dureza

Resistencia que ofrece la superficie lisa de un mineral a ser rayada; la dureza se mide de acuerdo con la escala de Mohs.

Comunicación

La clasificación de los minerales se basa en su composición química y su estructura interna, que en conjunto representan la esencia de un mineral y determinan sus propiedades físicas.

C. Clasificación de los minerales

De acuerdo con la composición química, los minerales se dividen en clases según el anión o grupo aniónico dominante. Veamos cuáles son estas clases.

Procedimiento

1. Lee la información de la infografía que se presenta a continuación.
2. Busca con cuáles clases de minerales has trabajado durante la semana. ¿Qué elementos poseen?

Elementos nativos
Minerales constituidos por átomos de un solo elemento que se encuentran en la naturaleza en estado nativo, como el diamante y el grafito.



Sulfuros
En este grupo están los minerales formados por combinaciones de metales o metaloides con azufre, como la pirita y la galena.



Halogenuros
Los aniones característicos son los halógenos F, Cl, Br, L, que están combinados con cationes metálicos (Na, K, Ca, Mg). Por ejemplo, la silvina y la fluorita.



Óxidos
En estos minerales el oxígeno y el grupo hidroxilo, respectivamente, aparecen en combinación con uno o más metales. Son ejemplos de óxidos la hematita y la magnetita.





Carbonatos
Contienen carbonato (CO_3). Suelen ser incoloros, excepto los que contienen metales de transición, y tienen un aspecto vidrioso. Un carbonato es la calcita.



Sulfatos
Son minerales que se forman cuando los grupos aniónicos se unen a los cationes metálicos. El yeso es un ejemplo.



Fosfatos
Minerales de fósforo y oxígeno formados por grupos aniónicos unidos por enlaces covalentes. Por ejemplo, la apatita.



Silicatos
Se trata del grupo más abundante de formadores de roca. Todo silicato contiene oxígeno y silicio. El cuarzo es un silicato.



PIRITA

La pirita, un mineral del grupo de los sulfuros, de fórmula FeS_2, tiene una apariencia muy similar al oro, por lo que muchos se engañan al encontrarla.

Fíjate que...

Los colores tan llamativos de los minerales se deben a la presencia de pequeñas cantidades de elementos **cromóforos** o que absorben energía a diferentes longitudes de onda, particularmente elementos de transición como hierro, cobre, cromo y titanio, que son los más abundantes.

Indagación

Estructura de los minerales

En el año 2000, dos trabajadores caminaban en los alrededores de la zona minera de Naica, al sureste de Chihuahua (México), y se encontraron con una abertura en la tierra. Al ingresar se dieron cuenta de que era una cueva gigantesca, con impresionantes columnas de cristal atravesadas de piso a techo.

El descubrimiento de los cristales de Naica promovió desde el 2014 la creación de nuevas tecnologías para medición geológica y con ello se determinó que las columnas más jóvenes databan de al menos 250 mil años. Las más antiguas podrían haberse originado durante el periodo Cretácico, en la prehistoria. Esto quiere decir que la cueva subterránea seguramente convivió con algunas de las especies de dinosaurios más grandes que dominaron el actual norte de México.

Los científicos definen a la cueva como «un gran despliegue de belleza mineral», ya que es una cueva subterránea con cristales de hasta 11 metros de longitud.

Al observar estos ejemplos de formación de hermosos cristales podrías preguntarte de dónde proviene los cristales. Trata de dar responder a partir de tus saberes previos y luego discute con tus compañeros.







Los minerales cristalinos se llaman así porque en su formación intervienen diversas condiciones que hacen que adquieran formas geométricas.

Veamos con el siguiente experimento cuáles pueden ser las condiciones que provocan que los minerales puedan crecer desde formas muy pequeñas hasta otras muy grandes como en la zona minera de Naica.

Al observar estos ejemplos de formación de hermosos cristales podrías preguntarte de dónde proviene los cristales. Trata de responder a partir de tus saberes previos y luego discute con tus compañeros.

A. Cristales del mar

En esta actividad establecerás las condiciones propicias para el crecimiento de cristales de un mineral que utilizamos en el día a día: el cloruro de sodio.

Materiales:

- Fuente de calor (cocina)
- Cloruro de Sodio ($NaCl$)
- Frasco de vidrio con tapa
- Agua destilada
- Papel toalla
- Olla
- Paleta de madera
- Plato pequeño
- Papel filtro
- Hilo o madeja
- Pinza

Procedimiento:

p. 86

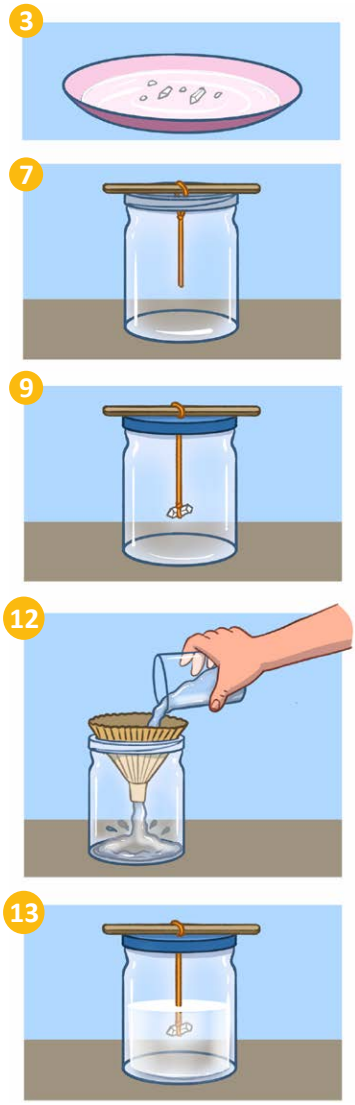
1. Elabora unos $50\ \text{mL}$ de solución sobresaturada de $NaCl$.
2. Vierte la solución caliente en el plato.
3. Coloca el plato a la luz del sol y deja que el agua se evapore, pero no lo toques. Observarás la formación de cristales de unos 2 a 3 mm.
   a. Identifica los factores que intervienen en la formación de estos cristales.
4. Retira con cuidado algunos cristales con ayuda de la pinza y colócalos sobre papel toalla. Estos servirán como «semilla» para hacer crecer más cristales.
5. Toma el hilo y amárralo al centro de la paleta de madera.
6. Abre un orificio en la tapa del frasco.
7. Atraviesa el otro extremo del hilo en el agujero de la tapa.
8. Amarra un cristal semilla en el extremo libre del hilo.
9. Coloca la tapa al frasco de vidrio, de tal manera que el cristal quede suspendido en el centro del frasco.
10. Calcula el volumen aproximado de solución que deberías preparar para sobrepasar (dejar sumergido) el cristal semilla.
11. Elabora tanta solución sobresaturada de $NaCl$ como el volumen calculado.
12. Destapa el frasco de vidrio y filtra la solución sobresaturada dentro de él, con esto eliminarás el material no disuelto y las impurezas en la solución.
13. Introduce nuevamente el hilo con el cristal «semilla» y tapa.
14. Deja reposar algunos días y observa, pero debes ser paciente.
15. Desarrolla lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo.

La **cristalogénesis** es el proceso de formación de un cristal que consta de varias etapas. La primera es la **nucleación**, en la cual se origina el cristal a través de la aparición de un núcleo; este está compuesto por partículas dispuestas ordenadamente que actúan como semilla para el desarrollo futuro del cristal.

La siguiente etapa es la de crecimiento, durante la cual el núcleo continuará creciendo siempre que haya un suministro adecuado de materia y espacio. Se produce una adición constante de partículas en la superficie del cristal, contribuyendo al aumento de su tamaño. El crecimiento es esencial para la formación completa y la estructura final del cristal.

Fíjate que...

La disciplina científica que estudia los cristales se denomina **cristalografía**. En ella intervienen de forma conjunta la geología y la química



Creatividad

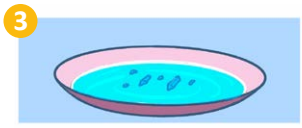
Dando respuesta a la pregunta ¿de dónde proviene los cristales? En la naturaleza, la mayoría de los cristales se forman mediante el depósito químico de una solución en un espacio abierto. La cristalización natural ocurre cuando soluciones, fundidos o vapores con átomos en estado desordenado experimentan cambios en condiciones como temperatura, presión o concentración, resultando en la agrupación de átomos en una disposición interna ordenada, característica del estado cristalino.

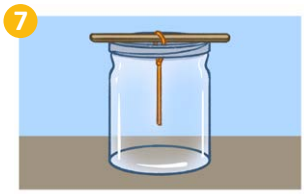
B. Cristales azules

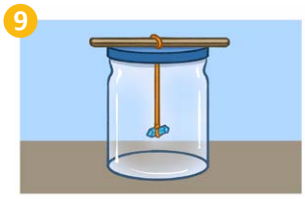
En esta actividad propiciaremos nuevamente el crecimiento de cristales, pero con un mineral diferente, y luego determinaremos la forma que tienen estos cristales.

Materiales:

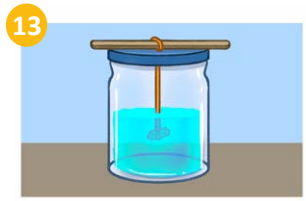
- Sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)
- Fuente de calor (cocina)
- Frasco de vidrio con tapa
- Paleta de madera
- Agua destilada
- Plato pequeño
- Hilo o madeja
- Papel toalla
- Papel filtro
- Pinza
- Olla











Procedimiento:

1. Elabora aproximadamente $50\,mL$ de una solución sobresaturada de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.
2. Vierte la solución caliente en el plato.
3. Deja enfriar la solución, observarás que se forman cristales o láminas pequeñas de unos 2 o 3 mm.
   a. ¿Qué sucede al disminuir la temperatura de la solución?
4. Retira algunos con la ayuda de la pinza y colócalos sobre papel absorbente. Estos cristales serán usados como «semilla».
5. Toma el hilo y amárralo al centro de la paleta de madera.
6. Abre un orificio en la tapa del frasco.
7. Atraviesa el otro extremo del hilo en el agujero de la tapa.
8. Amarra un cristal semilla en el extremo libre del hilo.
9. Coloca la tapa al frasco de vidrio, de tal manera que el cristal quede suspendido en el centro del frasco.
10. Calcula el volumen aproximado de solución que deberías preparar para sobrepasar (dejar sumergido) el cristal semilla.
11. Elabora tanta solución sobresaturada de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ como el volumen calculado.
12. Destapa el frasco de vidrio y filtra la solución sobresaturada dentro de él.
13. Introduce el hilo con el cristal «semilla» y tapa.
14. Deja reposar algunos días y observa, pero debes ser paciente.
15. Responde las preguntas en el Cuaderno de Trabajo.

p. 86

La cristalografía se divide en morfológica, centrada en la forma externa de los cristales, e interna, dedicada al estudio de la estructura cristalina. En el experimento obtuviste cristales de $NaCl$ (halita) y $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ a partir de sales y agua. Al permitir la evaporación del agua, la concentración de los respectivos iones aumenta en la solución.

La evaporación controlada conduce a la formación gradual y ordenada de los cristales. ¿Qué forma tienen los cristales que obtuviste? Desarrolla la siguiente actividad para encontrar la respuesta.

C. Determinando el hábito de los cristales

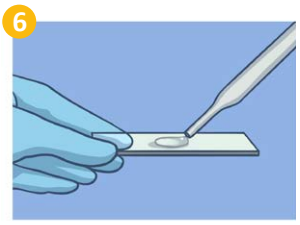
Ahora experimentaremos para evidenciar que los cristales poseen diferentes formas que dependen del orden interno de las partículas que los conforman.

Materiales:

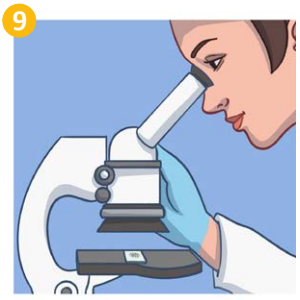
- Cristales de bórax $(Na_2\,[B_4\,O_5\,(OH)_4\,].8H_2O)$
- Cristales de alumbre $\mathrm{KAl}(SO_4\,)_2{\cdot}12H_2O$
- Cristales de $NaCl$ (obtenidos en la *actividad A*)
- Cristales de $CuSO_4{\cdot}5H_2O$ (obtenidos en la *actividad B*)
- Estereoscopio o lupa
- Mortero y pistilo
- 4 tubos de ensayo pequeños
- 4 portaobjetos
- 4 goteros
- Agua destilada
- Fósforos
- Pinza
- Espátula
- Mechero

Procedimiento:

1. Forma un grupo de trabajo.
2. Toma una muestra de los cristales de $NaCl$.
3. Tritúralos utilizando el mortero y el pistilo.
4. Extrae una porción e introdúcela en un tubo de ensayo.
5. Agrega unas gotas de agua y agita hasta disolver la mayor parte.
6. Toma una pequeña muestra de la solución con un gotero y coloca unas gotas sobre un portaobjeto.
7. Enciende el mechero y acerca el portaobjetos con la muestra a la llama, moviéndolo de lado a lado hasta evaporar el agua. Ten cuidado de mantener el portaobjetos lo bastante alejado de la llama para prevenir fracturas.
8. Permite que la muestra se enfríe, mientras tanto, prepara el estereoscopio. p. 87
9. Identifica tu muestra y obsérvala en el estereoscopio.
10. Registra tus observaciones.
11. Repite los *pasos* del *2* al *10* para los cristales de $CuSO_4{\cdot}5H_2O$, bórax y alumbre.
12. Lee el texto a continuación y el de la página 164.
13. Determina el hábito cristalino de los minerales observados en el estereoscopio.









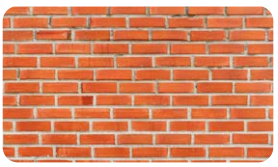
El cuarzo, un mineral del grupo de los silicatos, de fórmula SiO_2, presenta un hábito cristalino ideal de un prisma de seis caras.

Los cristales son materiales con constituyentes (átomos, moléculas o iones) que se organizan de manera regular y periódica, formando una red tridimensional. Estos constituyentes se unen mediante diversos tipos de fuerzas interatómicas, como enlaces metálico, iónico y covalente, así como fuerzas de Van der Waals, entre otras.

Este orden periódico permite que los cristales tengan formas simétricas macroscópicas. El término correcto para describir el aspecto externo de los cristales es **hábito cristalino**, que se refiere al desarrollo de caras planas dispuestas regularmente bajo la influencia de factores fisicoquímicos durante la cristalogénesis. Ejemplos de estos factores son: temperatura, presión, radiación y viscosidad. En los cristales podemos encontrar los siguientes tipos de hábitos:

Escanea para acceder al compendio de mineralogía, en el que conocerás más sobre la estructura y las propiedades de los minerales.
https://qrs.ly/t1fs16n







Las imágenes anteriores nos dan una idea de cómo se disponen los constituyentes de un cristal.





Un sólido cristalino exhibe propiedades como la **periodicidad**, donde las partículas están dispuestas en intervalos regulares desde cualquier punto de referencia, la **homogeneidad**, donde cada partícula está rodeada por un número fijo de partículas en una posición constante, y la **anisotropía**, que implica tener diferentes propiedades físicas en direcciones distintas, resultando en variaciones en los índices de refracción y propiedades mecánicas en diferentes planos y la presencia de elementos de simetría.

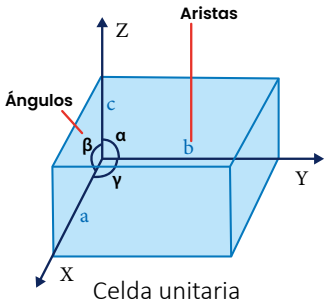
La mayoría de los sólidos naturales son cristalinos, lo que implica una disposición ordenada de átomos, moléculas o iones en el espacio, de forma similar como se muestran en las imágenes a la izquierda, donde la tela, la pared de ladrillos y los cartones de huevos siguen un patrón secuencial en la ubicación de los elementos que los componen.

En algunos sólidos, la estructura de los cristales puede no ser evidente a simple vista debido a que son materiales **policristalinos**, es decir, están conformados por un agregado de microcristales de forma irregular. Los hay de origen natural y algunos sintéticos, como las aleaciones metálicas y los materiales cerámicos. Por otra parte, cuando un mineral carece de estructura cristalina, se denomina amorfo.

El vidrio es también llamado cristal, pero esto es incorrecto, pues el vidrio es un material amorfo, que se obtiene por un proceso de calcinación de minerales como óxido de silicio (SiO_2), carbonato de sodio (Na_2CO_3) y caliza ($CaCO_3$).

Comunicación

Las redes cristalinas se caracterizan por su orden y periodicidad, representadas internamente por la celda unitaria que se repite en las tres direcciones del espacio, cuyo tamaño y forma se determinan por las longitudes y ángulos de sus aristas. Es decir, el tamaño de la celda unitaria viene determinado por la longitud de sus tres aristas (a, b, c), y la forma por el valor de los ángulos entre dichas aristas (α, β, γ).



Celda unitaria

Hay siete sistemas cristalinos que se diferencian según los parámetros de la celda unitaria, incluyendo las longitudes de sus lados y los ángulos que forman. Para caracterizar completamente la estructura cristalina de un sólido, además de definir la forma geométrica de la red, es esencial determinar las posiciones de los átomos o moléculas en la celda, conocidas como **puntos reticulares.** Las disposiciones son las siguientes:

- P. La celda primitiva o simple (CS) tiene puntos reticulares únicamente en los vértices del paralelepípedo.
- F. La celda centrada en las caras (FCC) tiene puntos reticulares en las caras y vértices. Si solo hay puntos reticulares en las bases, se designan con las letras A, B o C, según las caras que tengan ambos puntos reticulares.
- B. La celda centrada en el cuerpo (BCC) tiene un punto reticular en el centro de la celda, además de los vértices.
- C. Hexagonal simple (HS) con ejes y ángulos iguales o hexagonal compacta (HCP) doblemente centrada en el cuerpo, además de los vértices.

Sistema Cristalino	Redes de Bravais			
Triclínico	P			
Monoclínico	P	C		
Ortorrómbico	P	C	B	F
Tetragonal	P	B		
Romboédrico (Trigonal)	P			
Hexagonal	P			
Cúbico	P	B	F	

Combinando los siete sistemas cristalinos con las disposiciones de los puntos de red se obtendrían 28 redes cristalinas posibles. En realidad, solo existen 14 configuraciones básicas, y el resto se obtienen a partir de ellas. Estas estructuras se denominan **redes de Bravais**

D. Sistemas cristalinos

En esta actividad elaboraremos los sistemas cristalinos denominados redes de Bravais.

Materiales

- Plastilina
- palillos

p. 87

Procedimiento:

1. Forma grupos de trabajo.
2. Elabora un sistema cristalino e identifícalo.
3. Preséntalo en el salón de clases.
4. Dibújalo o coloca una fotografía.

Indagación

Minerales en El Salvador

Los minerales han sido cruciales a lo largo de la historia humana, a tal punto que algunos períodos históricos toman su nombre en honor a los materiales utilizados en armas y herramientas. En la actualidad, los minerales se emplean en diversas aplicaciones. Veamos algunas de ellas.



Puntas de flecha fabricadas en sílex



Mena de hierro



Escayola



Anillo de oro y rubí

Minerales que constituyen la mena de metales útiles para el ser humano. A los minerales que contienen concentraciones altas y aprovechables de un elemento metálico de interés se les llama **menas** de esos metales. Por ejemplo, la hematita es una mena del hierro.

Minerales usados como materia prima para elaborar sustancias de utilidad para el ser humano. Son ejemplos el yeso para fabricar escayola, la tiza, y otros; la calcita para cemento; el cuarzo para vidrio.

Minerales usados en joyería. El oro, la plata y el platino se usan en joyería por ser blandos y fáciles de trabajar. Las piedras preciosas también se emplean en joyería y son muy apreciadas por su color, dureza y cualidades ópticas. Ejemplo: el rubí (rojo) y el zafiro (azul), que se obtienen del corindón.

A. Formación de rocas

Hasta este momento ya sabes qué es un mineral, sus propiedades y sus estructuras, y que los minerales se extraen de las rocas; por tanto, debes recordar que las rocas son asociaciones de uno o varios minerales. Ante esto puede que te surjan diversas preguntas. Abordemos algunas de ellas.

Procedimiento:

1. Lee las siguientes preguntas guía e intenta responderlas desde tu presaber, es decir, de lo que hasta ahora sabes o has escuchado.
   a) ¿Cómo se forman las rocas?
   b) ¿Qué es y de qué está compuesto el magma?
   c) ¿Cuántos tipos de rocas existen?
2. Forma grupos de trabajo y discute las respuestas de tus compañeros.
3. Tu docente te indicará que expongas tus conclusiones grupales con la clase.

Existen rocas que han sido formadas por restos de seres vivos; son casos emblemáticos el carbón, que proviene de restos vegetales, y el petróleo, procedente del plancton marino, que poseen un enorme interés económico dado su poder calorífico y de generación de energía por su combustión.







Creatividad

Las rocas constituyen la mayor parte de la Tierra y contienen el registro geológico del tiempo en el que se formaron. **La petrología** se dedica a investigar las rocas, abarcando aspectos como su origen, formación, composición, clasificación y su relación con los eventos geológicos.

B. Minerales presentes en cada tipo de roca

Las rocas se clasifican según el entorno en el que se forman, agrupándose en tres categorías principales: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Estas participan en un ciclo que comienza con la cristalización del magma y, a través de procesos tanto exógenos como endógenos, se originan los diversos tipos de rocas.

Procedimiento:

1. Lee la información que se presenta a continuación.



El ciclo de las rocas comienza con el magma que da origen a las rocas ígneas. Estas, combinadas con otras, pueden generar diversos sedimentos que al compactarse forman rocas sedimentarias. Posteriormente, tanto las rocas sedimentarias como las ígneas pueden dar origen a las rocas metamórficas, las cuales tienen la capacidad de fundirse nuevamente para originar rocas ígneas.



El magma es un fluido rocoso incandescente compuesto principalmente por silicatos y óxidos fundidos, se genera en las capas inferiores de la corteza y en el manto exterior del planeta. Estas capas exhiben propiedades de un fluido plástico y, debido a su naturaleza conectiva, contienen predominantemente los siguientes elementos: oxígeno ($_{8}O$), silicio ($_{14}Si$), aluminio ($_{13}Al$), hierro ($_{26}Fe$), calcio ($_{20}Ca$), sodio ($_{11}Na$), potasio ($_{19}K$) y magnesio ($_{12}Mg$).

La composición química del magma es compleja, y debido a ello el proceso de cristalización es fraccionado. A medida que la temperatura desciende, los silicatos se forman en una secuencia específica. Inicialmente, se generan **ferro-magnesianos** y **plagioclasas cálcicas**, seguidos por el **feldespato potásico**, la **moscovita** y, finalmente, el cuarzo (considerado como un silicato en lugar de un óxido).

p. 88

2. Analiza la siguiente tabla y responde las preguntas en tu Cuaderno de Trabajo.



OBSIDIANA

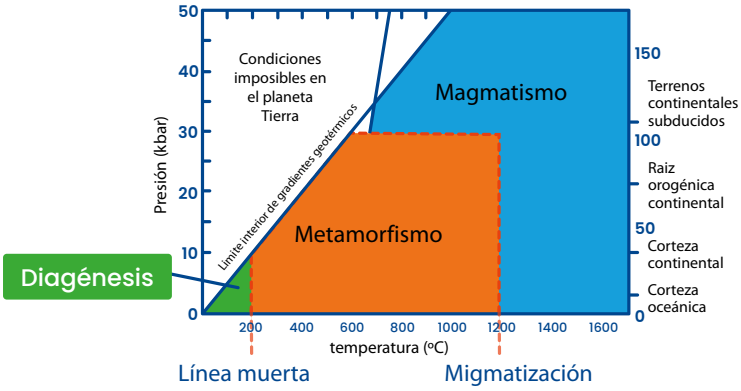
La obsidiana, conocida como vidrio volcánico, es un mineral del grupo de los silicatos que utilizaron las poblaciones nativas para fabricar navajas.

Tabla comparativa de la composición de las rocas

Rocas sedimentarias	Detríticas	Conglomerados, areniscas, arcillas, calcarenitas, calizas oolíticas y calizas litográficas.	
	De precipitación química	Caliza, tobas, travertinos, sal gema, yeso, silvina y dolomía.	
	De origen orgánico	Creta, caliza conchífera, caliza fosilífera, caliza coralina, carbón, turba, lignito, hulla y petróleo.	
Rocas ígneas	Plutónicas o intrusivas	Peridotita, gabro, diorita, sienita y granito.	
	Volcánicas o extrusivas	Riolita, andesita, basalto, toba volcánica, escoria volcánica	
metamórficas	Rocas Metamórficas	Pizarra, esquito, micaesquito, gneis, mármol, cuarcita y antracita.	

Las condiciones de formación de las rocas metamórficas se representan en la gráfica de la derecha, que indica la presencia de diversas fases metamórficas en relación con las distintas presiones y temperaturas a las que están sometidas.

Por otra parte, para la clasificación de las rocas ígneas comunes se usa el método Streckeisen (1976), también conocido como QFAP. Basado en un triángulo equilátero, asigna la letra Q al cuarzo, las letras FA a los feldespatos alcalinos, y la letra P a las plagioclasas.



Condiciones de formación de las rocas metamórficas

C. Clasifica rocas ígneas.

Para el uso de diagrama de Streckeisen, los porcentajes de minerales que tiene una roca ígnea han sido determinados mediante un conteo utilizando un microscopio petrográfico. Si $Q+FA+P$ es mayor al $10\ \%$, se hace un recálculo de los porcentajes de $QFAP$, que llegaría a un total de $100\ \%$ o próximo. Pero ¿cómo es que los científicos clasifican las rocas ígneas utilizando el diagrama de Streckeisen? En esta actividad clasificarás las rocas en **intrusiva** y **extrusiva.**

Materiales:

- Calculadora
- Colores
- Regla

Procedimiento:

1. Lee el *Así se calcula…* de la página 170.
2. Haz el recálculo para la muestra Y.
3. Traza las líneas en el triángulo equilátero correspondientes a Q, FA y P, con el color de tu preferencia para ambas muestra se identifica el punto de intercepción.
4. Identifica los componentes intrusivo y extrusivo de las rocas.
5. Repite los pasos 2, 3 y 4 para la muestra Z.

p. 88

Un dato interesante es que el territorio salvadoreño alberga depósitos de minerales notables, siendo cuna de la **fingerita**. Este mineral, descubierto en el volcán de Izalco, en Sonsonate, se forma en condiciones extremadamente raras, involucrando elementos como el vanadio, el cobre y el oxígeno.

No obstante, la fingerita desaparece al entrar en contacto con la lluvia, convir-tiéndola en uno de los minerales más singulares en el planeta y el universo. Larry W. Finger fue el científico que la descubrió y la Asociación Mineralógica Internacional la registró en 1985. Este descubrimiento, junto con los 2550 minerales raros en la Tierra, proporciona una huella dactilar única que distingue al planeta de los demás en el cosmos.

Ahora ya sabes que nuestro país no está exento de la presencia de minerales en todo su territorio, lo que ha llevado a la búsqueda y explotación de estos recursos desde la época colonial, aproximadamente desde 1780. Esta explotación se centraba en metales como la plata y el oro. El Salvador cuenta con yacimiento y explotación de minerales metálicos y no metálicos.

En El Salvador, la minería no metálica se enfoca en la explotación de canteras para la producción de minerales destinados a la construcción, especialmente obtenidos de rocas calcáreas para la fabricación de cemento y cal. Estas actividades representan la principal industria minera en el país, incluyendo la extracción de materiales esenciales para la elaboración de materiales de construcción como ladrillos, bloques y adoquines, provenientes de diversas canteras. Además, se lleva a cabo la explotación de yacimientos de cuarzo, piedra caliza, dolomía y fluorita.

Para clasificar las rocas se hace un análisis de los porcentajes de los principales minerales que las componen y luego se comparan con una tabla donde se identifican los componentes intrusivos y extrusivos.





Fingerita



Cantera San Diego
Puerto de la Libertad



Cartera Metapán
Santa Ana

Así se calcula...

Los porcentajes de minerales en una muestra X, recolectada en el campo, son los siguientes:

Plagioclasa	32 %
Cuarzo	12 %
Feldespato alcalino	25 %
Total	69 %

Como Q+FA+P es mayor al 10 %, se hace un recálculo del porcentaje para encontrar el factor de multiplicación dividiendo el 100 % entre el porcentaje de la suma de Q+FA+P así:

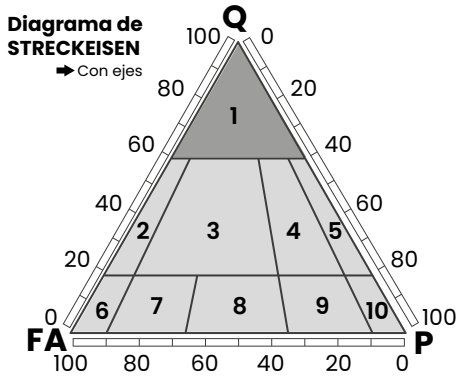
$$Fm = \frac{100}{69}$$

$$Fm = 1.45$$

El factor de multiplicación se multiplica con cada uno de los porcentajes para QFAP:

Plagioclasa	(32 %)(1.45)	46.4 %
Cuarzo	(12 %)(1.45)	17.4 %
Feldespato alcalino	(25 %)(1.45)	36.2 %
Total		100 %

Después se emplea el diagrama de Streckeisen, un triángulo equilátero dividido en 10 partes iguales expresadas en porcentajes, que corresponden a 10 clases de rocas, tanto extrusivas como intrusivas (listados a la derecha); la distribución de cuarzo (Q), plagioclasas (P) y feldespatos alcalinos (FA) sigue una progresión antihoraria, donde el extremo inicial de cada componente es 0 %, y en el extremo opuesto del triángulo alcanza el 100 % para Q, FA y P.

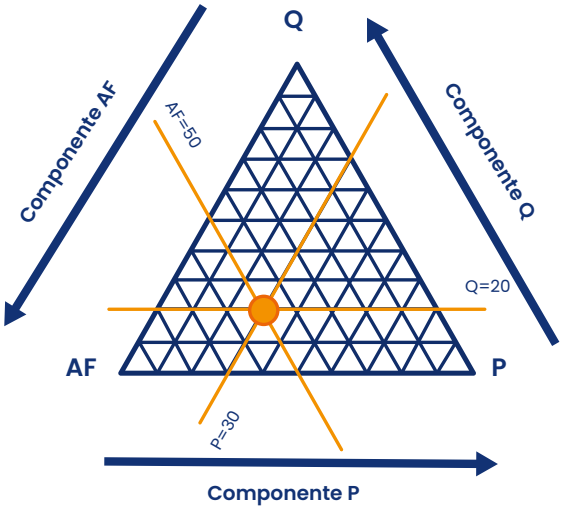


Rocas extrusivas

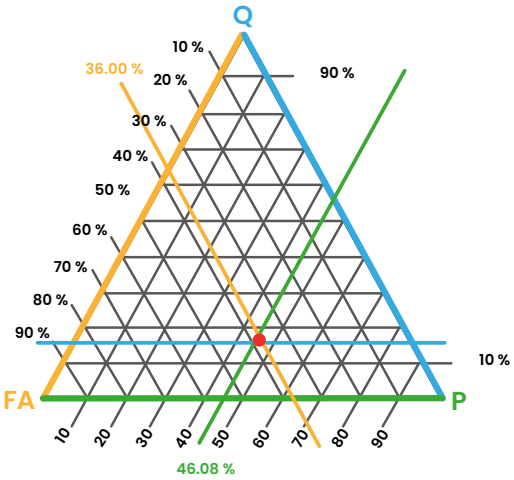
1. No se conoce
2. Riolita de F. A.
3. Riolita
4. Dacita
5. Cuarzo-andesita
6. Traquita de F. A.
7. Traquita
8. Latita
9. Latitandesita/Basalto
10. Andesita/Basalto

Rocas intrusivas

1. No se conoce
2. Granito de feldespato alcalino
3. Granito
4. Granodiorita
5. Tonalita
6. Sienita de F. A.
7. Sienita
8. Monzonita
9. Monzonita/monzogabro
10. Diorita/gabro



Se grafican los porcentajes obtenidos de la muestra:



La ubicación del intercepto de las líneas de las componentes QFAP permite identificar los componentes de la roca como extrusivos (latita) e intrusivos (monzonita).

Comunicación

La minería metálica tiene impactos positivos como generación de materias primas de alto valor, empleo y ganancias económicas; y negativos como deforestación, erosión, contaminación y modificación del relieve.

D. Ley de la minería en El Salvador

En nuestro país hay una gran riqueza de minerales metálicos. ¿Qué tan beneficiosa puede llegar a ser su extracción? Analicemos las ventajas y desventajas de esto.

Procedimiento:

1. Analiza las tablas a continuación y completa en el Cuaderno de Trabajo.
2. Escanea el QR de la página 91 en el Cuaderno de Trabajo y lee el documento.
3. Realiza una discusión en clase y elabora un ensayo sobre el documento.

Registro de canteras autorizadas

Nombre de cantera	Departamento	Municipio	Tipo de material
Cantera El Colorado	Santa Ana	Metapán	Piedra caliza
Cantera El Tonto			
Cantera El Zapote			
Cantera Tecomapa			
Cantera La Esperanza			
Cantera Pedrera Gravacentro	San Salvador	Panchimalco	Piedra en bruto, material selecto y gravas
Cantera El Jope	Santa Ana	Texistepeque	Piedra en bruto, grava de diferentes granulometría, chispa y material selecto
Cantera Los Amates	San Salvador	San Martín	Piedra cuarta y piedra en bruto
Cantera Pedrera Protersa	La Libertad	Sacacoyo	Material selecto, grava y chispa
Cantera Las Lajas	La Libertad	Colón	Laja, grava, piedra cuarta y piedra en bruto
Cantera La Hulera	Usulután	Usulután	Piedra, piedra cuarta, grava, arena triturada

Registro de yacimientos metálicos en El Salvador

Nombre de la mina	Departamento	Municipio	Fecha de operación	Cantidades producidas
San Juan	Santa Ana	Metapán	1949-1952	48 855 toneladas oro y plata
Tabanco	La Unión	santa Rosa de Lima	1907-1917	900 000 onzas oro
			1953	236 000 onzas oro
San Sebastián			1973-1981	29 416.06 onzas de oro y 1 545 166 de plata
Montecristo	Morazán	Jocoro	1934-1960	5 029 246 onzas de plata y 104 007 de oro
			1970-1981	1 547 388 onzas de plata y 21 413 de oro
Carolina-Protectora (Divisadero)			1905-1936	5 657 000 onzas de plata y 93 971 de oro
Hormiguero	San Miguel	San Miguel	1909-1918	607 062 onzas plata 72 142 onzas oro 607 062 onzas plata
Potosí	San Miguel	Chapeltique	1890-1952	60 000 onzas oro 60 000 onzas oro
El Dorado	Cabañas	Sensuntepeque	1948-1953	354 6 onzas plata 72 008 onzas de oro

Resumen



La corteza terrestre está formada por

Rocas

Constituidas por Minerales

Elementos

Si Fe Ca

Compuestos



SiO_3 Cuarzo



CaO_3 Calcita

Se clasifican en

Ígneas

Plutónicas o intrusivas



Sienita

Volcánicas o extrusivas



Riolita

Sedimentaria



Caliza

Metamórfica



Esquito

De las que se obtienen

Mena de minerales



Azurita

Materia prima para



Construcción

Propiedades que poseen



El color de los minerales se debe a la absorción selectiva de ciertas longitudes de onda de la luz blanca por algunos de los átomos del mineral.





La Raya es el color que deja el mineral al ser frotado sobre una superficie de porcelana no vidriada

Brillo
esta relacionado con la reflexión de la luz que incide sobre un mineral



Metálico



No metálico



Diafanidad es la capacidad que tiene un mineral de dejar pasar la luz a través de el.



La fractura es la capacidad de algunos minerales para romperse en formas irregulares en direcciones específicas cuando se someten a esfuerzos.

Dureza es la resistencia a ser rayado y se mide por la escala de Mohs

Escala de **Dureza**
1. Talco
2. Yeso
3. Calcita
4. Fluorita
5. Apatito
6. Ortoclasa
7. Cuarzo
8. Topacio
9. Corindon
10. Diamante



1 2 3 4 5

6 7 8 9 10

Minerales y tecnología

Los minerales juegan un papel fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías ya que son la materia prima para la fabricación de todas las cosas que utilizamos desde vasos térmicos hasta naves espaciales.

MEDICINA

En 2014, investigadores de la Universidad Nacional de Seúl crearon un parche inteligente cubierto con nanopartículas porosas de sílice cargadas de medicamento para tratar enfermedades como el Parkinson o la diabetes.



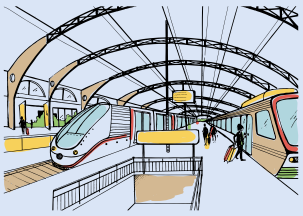


URBANISMO

Nuevos materiales de construcción como la piedra acrílica (compuesta por hidróxido de aluminio $(Al(OH)_3)$, resinas y pigmentos), se utiliza por sus propiedades repelentes a virus y bacterias, muy útil en el sector sanitario y de alimentos.

ENERGÍA

Un equipo de investigadores de la Universidad de Rochester creó un material con superconductividad a temperatura ambiente. Se trata de un hidruro de azufre carbonoso (CSH_8) cuyas aplicaciones irían desde mejorar la eficiencia en la transmisión eléctrica hasta los trenes de alta velocidad.



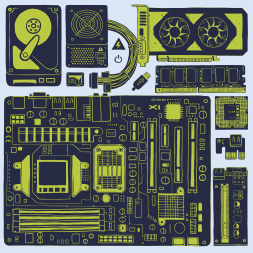


SUPERFICIE SOLIDA

Son materiales compuestos por 2/3 de minerales naturales, principalmente hidróxido de aluminio extraído de la bauxita, y una proporción de resina acrílica o poliéster, se emplean para modelar lavabos, bañeras, mostradores, mesas y superficies de fachadas ventiladas. Además, son fácilmente termoformables, mecanizables y coloreables.

TECNOLOGIAS EMERGENTES

Entre ellas se encuentran los microcondensadores (antimonio), las baterías de iones de litio y los combustibles sintéticos (cobalto). También se mencionan los módulos fotovoltaicos de capa delgada, los circuitos integrados y los diodos emisores de luz blanca (galio), junto con el cable de fibra óptica y las tecnologías ópticas infrarrojas (germanio). Otros ejemplos incluyen las pantallas (indio), las pilas de combustible y los catalizadores, los imanes permanentes y la tecnología láser (neodimio, una tierra rara).



Quiero ser...

Te gusta esta área, descubre los diferentes campos de ejercicio profesional.

Carrera: Ingeniería Geológica



Bachilleratos sugeridos:
General, Mecánica General, Electricidad y Electrónica.

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Geológica trata los procesos geológicos que interactúan de forma indirecta y directa con las actividades humanas, enfocada en la búsqueda de los recursos naturales no renovables, la prevención de riesgos y la conservación del medioambiente.

Esta carrera ofrece las bases para desempeñarse en los proyectos e iniciativas en donde interactúa el medio natural con las obras civiles, en campos de estudio co-mo los siguientes:

- Hidrogeología
- Geomorfología
- Geología estructural
- Petrología
- Geotecnia
- Gestión de peligros naturales

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

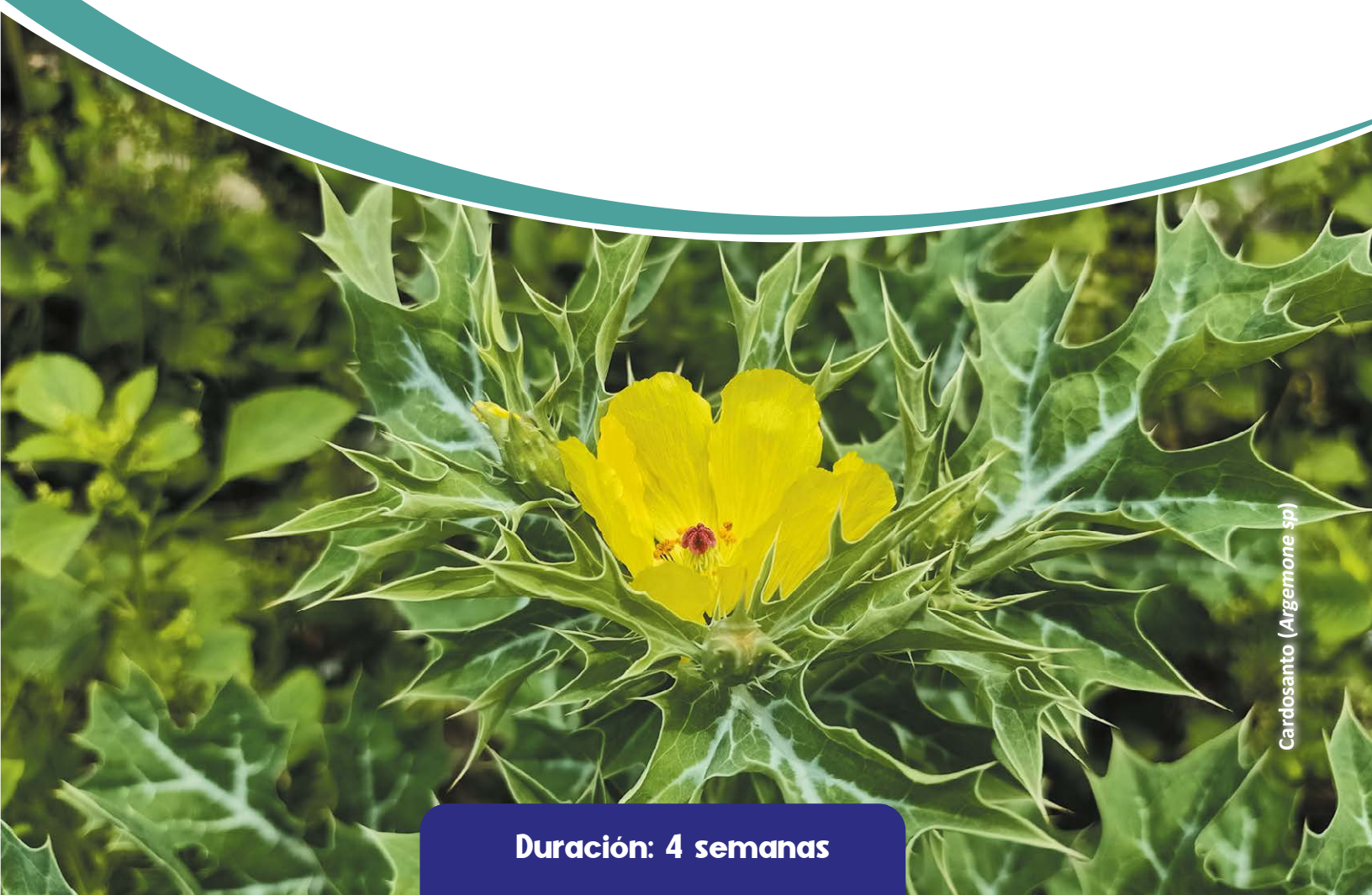
Unidad 6

Anatomía y fisiología vegetal

Eje integrador: organización

En esta unidad aprenderemos a:

- Identificar propiedades físicas o químicas de los principales tejidos vegetales.
- Comparar adaptaciones estructurales de las células vegetales dentro de los tejidos.
- Ejemplificar estructuras vegetales para la conducción y el almacenamiento de sustancias.
- Elaborar un catálogo histológico vegetal a partir de muestras, micrografías o esquemas.
- Ejemplificar variables que inciden en la germinación y el crecimiento de plantas.
- Identificar las características y ubicación de las regiones meristemáticas.
- Efectuar un experimento para evidenciar los procesos de transpiración y fotosíntesis en plantas.
- Explicar con lenguaje científico las principales funciones fisiológicas de las hojas.



Cardosanto (*Argemone sp*)

Duración: 4 semanas

Los tejidos vegetales

Las plantas están compuestas por órganos y tejidos que les permiten llevar a cabo funciones vitales. ¿Alguna vez te has preguntado cómo absorben y transportan los nutrientes o cómo adquieren agua? Comprobemos esta propiedad por medio de la siguiente actividad.









A. Potencial hídrico en tejidos vegetales

Experimentemos con el intercambio de agua que ocurre en un trozo de papa cuando se modifican las condiciones del medio que lo rodea y comprobemos el almacenamiento de almidón en los vegetales.

Materiales:

- Papa
- Azúcar
- Papel toalla
- Tintura de yodo
- Agua desmineralizada
- Balanza digital (en gramos)
- 2 vegetales
- 6 frascos transparentes con tapadera

Procedimiento:

1. Adiciona $100\ ml$ de agua a cada uno de los frascos.
2. Agrega azúcar según las cantidades que se indican en la columna dos en la tabla de tu Cuaderno de Trabajo, y mezcla hasta disolverla.
3. Pela una papa y corta seis trozos de aproximadamente $2\ cm$ de largo.
4. Lava cada trozo con agua y sécalos con papel toalla.
5. Mide la masa de un trozo de papa y anota el resultado en la tabla.
6. Introduce el trozo de papa en el primer frasco. Repite los *pasos 5 y 6* para el resto de los frascos.
7. Deja reposar los trozos de papa dentro de los frascos por 1 hora.
8. Corta un trozo de los vegetales y agrega unas gotas de tintura de yodo.
9. Escribe tus observaciones y explica por qué cambia de color el yodo.
10. Extrae el trozo de papa del primer frasco y sécalo con papel toalla.
11. Mide nuevamente la masa y anota los resultados en la tabla. Repite los *pasos 7 y 8* para el resto de los frascos.
12. Responde las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo

p. 94

El potencial hídrico se define como la energía libre del agua en un sistema, y es muy importante en la fisiología vegetal porque se utiliza para describir y predecir la dirección del flujo de agua en plantas y suelos. El potencial hídrico también es una medida de la capacidad de una célula de absorber agua por ósmosis; por lo tanto, el movimiento del agua puede explicarse por una diferencia de potencial hídrico. Cuando en el agua se disuelven solutos, disminuye la energía libre en ella, lo que significa que los solutos disueltos reducen el potencial hídrico a un valor negativo. Así que el agua se desplaza desde una región de mayor potencial hídrico (solución diluida) a otra de menor potencial hídrico (solución concentrada).

En este video verás cómo funciona el potencial hídrico.
https://qrs.ly/k1fs16q

Creatividad

En la actividad anterior observamos cómo los tejidos vegetales absorben agua, y ahora exploraremos la clasificación de estos tejidos. Se dividen principalmente en cuatro tipos: **meristemáticos, de protección, fundamentales** y **vasculares**; cada uno desempeña funciones específicas cruciales para el desarrollo de la planta. En las siguientes actividades aprenderemos a reconocerlos.

B. Reconociendo tejidos meristemáticos y de protección

En esta actividad identificaremos las características principales de varios tipos de tejidos vegetales mediante la observación de los órganos de una planta.

Materiales:

- Lupa

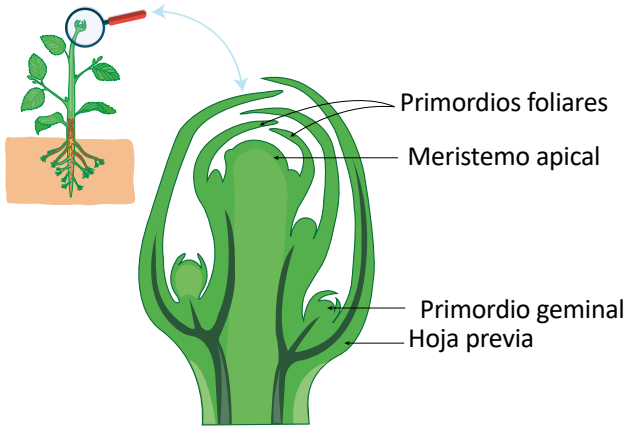
Procedimiento

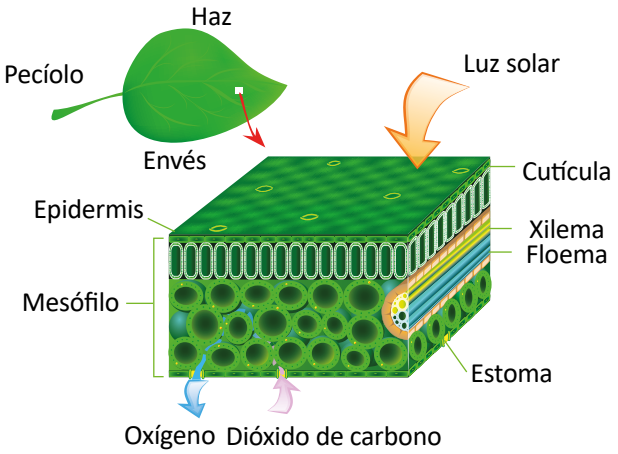
1. Recorre el área verde del centro educativo en busca de plantas que tengan brotes.
2. Toma la lupa y observa los brotes que están surgiendo en las plantas. Recuerda que cuando no puedas mover lo que deseas ver, acerca la lupa al ojo y acércate o aléjate hasta que puedas verlo claramente.
3. Esquematiza el brote que observas y responde en tu Cuaderno de Trabajo. p. 95
4. Observa ahora con la lupa la superficie de los tallos y las hojas para identificar sus estructuras.
5. Crea esquemas de las estructuras observadas en tallos y hojas y responde.

El tejido meristemático está compuesto por células en división activa, responsables del crecimiento y la diferenciación celular en plantas. Se localiza en los ápices de tallos y raíces (meristemos apicales), a lo largo de los lados de tallos y raíces (meristemos laterales), y en la base de internodos y hojas (meristemos intercalarios). El tejido de protección incluye la epidermis y el peridermis. La epidermis es una capa externa de células que cubre hojas, tallos y raíces jóvenes, protegiendo contra deshidratación y daño. El peridermis reemplaza a la epidermis en plantas leñosas, proporcionando una protección adicional contra lesiones y patógenos.

Escanea el código para observar los estomas de una planta al microscopio.
https://qrs.ly/gqfvj66

Observa en el video los tricomas de una planta al microscopio.
https://qrs.ly/3ufvj68





C. Tejidos fundamentales

La mayor parte del cuerpo vegetal está formado por el sistema de tejidos fundamentales: tejido **parenquimatoso, colenquimatoso y esclerenquimatoso**. Este sistema exhibe una variedad de funciones, incluyendo la fotosíntesis, el almacenamiento y el sostén. Identifiquemos características de algunos de ellos con la actividad siguiente.

La parte comestible de una manzana consta principalmente de parénquima.



Materiales:

- Jacinto de agua *(Eichhornia crassipes)*
- Planta herbácea (*Coleus*, celosía, balsamina, begonia)
- Planta leñosa (croto, duranta, Ixora, cinco negritos)
- Lupa
- Tijeras de jardinería
- Recipiente con agua
- Cactus *(Mammillaria)*

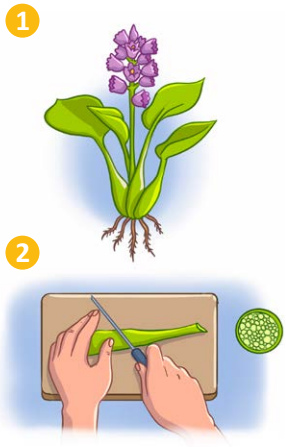
Parte I. Conozcamos los parénquimas

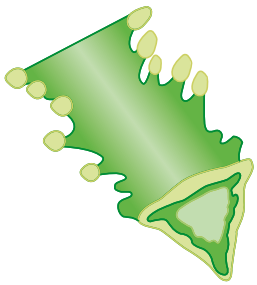
Conozcamos la estructura del tejido parenquimatoso observando diversos tallos.

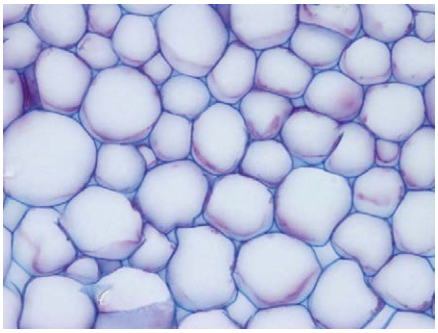
Procedimiento

1. Observa los bulbos que sobresalen del agua en el jacinto de agua.
   a. ¿Por qué flotan?
2. Corta un tallo del jacinto de agua de manera transversal y observa su estructura.
   b. ¿Qué características observas?
   c. ¿Crees que esta disposición del tejido le ayuda a flotar a la planta?
3. Haz un corte transversal del tallo del cactus y observa su estructura.
   d. ¿Qué características observas en este corte?
   e. ¿Observas diferencias con respecto al tallo del jacinto de agua?
   f. ¿Cómo crees que sobrevive a ambientes desérticos sin deshidratarse?
4. Observa las micrografías de la anatomía del parénquima aerífero o aerénquima y el parénquima acuífero o hidrénquima para comprender sus características y compararlo con las estructuras observadas.

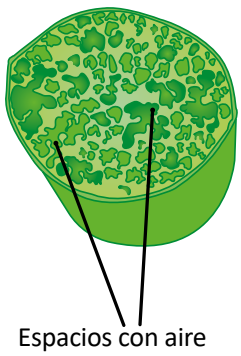
p. 96



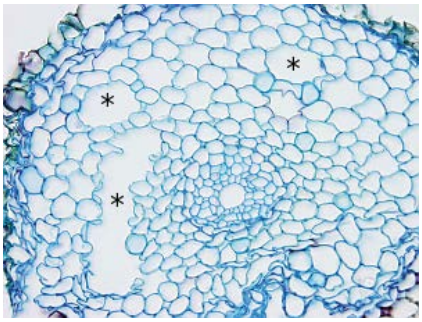




Parénquima acuífero o hidrénquima



Espacios con aire



Parénquima aeífero o aerénquima

El **parénquima** o tejido parenquimatoso es un tejido simple que se encuentra en todo el cuerpo vegetal y es el tipo más común de célula y tejido en la planta. El parénquima aerífero es un tejido que contiene grandes espacios intercelulares vacíos, por donde circulan gases que permiten la aireación de los órganos de la planta. Este tipo de parénquima le permite flotar a los órganos de las plantas acuáticas y mantenerse en la superficie para hacer la fotosíntesis. Por su parte, las células del parénquima acuífero son grandes y de paredes celulares delgadas y con una gran vacuola donde se acumula y almacena el agua. Las paredes son capaces de plegarse y replegarse para alternar entre periodos de sequía y humedad.

Parte II. Colénquima y esclerénquima: los pilares de la planta

Veamos las características morfológicas y anatómicas de dos de los tejidos fundamentales para identificarlos mediante el tacto.

Procedimiento:

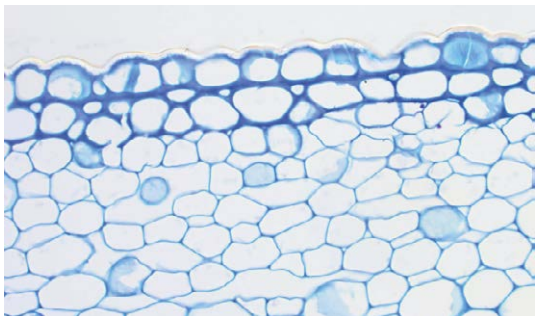
1. Realiza un corte transversal del tallo de la planta herbácea y del tallo de la planta leñosa.
2. Observa cada tallo cortado y toca cuidadosamente para percibir la consistencia de cada uno.
   a. ¿Qué diferencias logras notar en cada uno?
3. Esquematiza los cortes de los tallos.
4. Lee la siguiente información y escribe tres diferencias entre ambos tipos de tejido.

p. 96

Dentro de los tejidos fundamentales de las plantas, además del parénquima, se encuentran el **colénquima** y el **esclerénquima**, ambos con la función principal de proporcionar sostén. El **colénquima** es un tejido flexible conformado por células vivas que da soporte a los órganos vegetales blandos y no leñosos, lo cual es crucial para que las plantas crezcan erguidas y puedan acceder a la luz solar en áreas con densa vegetación. Por otro lado, el esclerénquima está compuesto por dos tipos de células: esclereidas y fibras. Las paredes celulares de las células esclerenquimatosas se vuelven fuertes y duras debido a su engrosamiento. En su madurez funcional, cuando el tejido esclerenquimatoso sostiene el cuerpo vegetal, sus células a menudo están muertas.



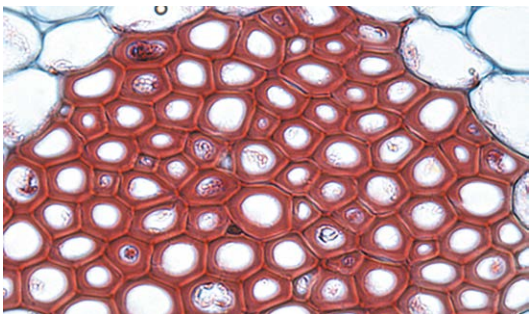
Tallos de Coleus



Colénquima Célula viva, paredes celulares primarias irregularmente engrosadas.



Tallos de Ixora



Esclerénquima Célula viva o muerta en la madurez, paredes celulares secundarias gruesas y ausencia de pared celular secundaria en las depresiones.

Un tipo de célula que conforma al esclerénquima es la fibra esclerenquimatosa, que tiene gran importancia comercial, como el cáñamo, el lino y el yute.



Lee el texto acerca de los tejidos vegetales de sostén.
https://qrs.ly/oefvj6a

TEJIDOS VEGETALES

Los tejidos vegetales se agrupan en cuatro tipos: meristemáticos, fundamentales, vasculares y de protección.

Comunicación

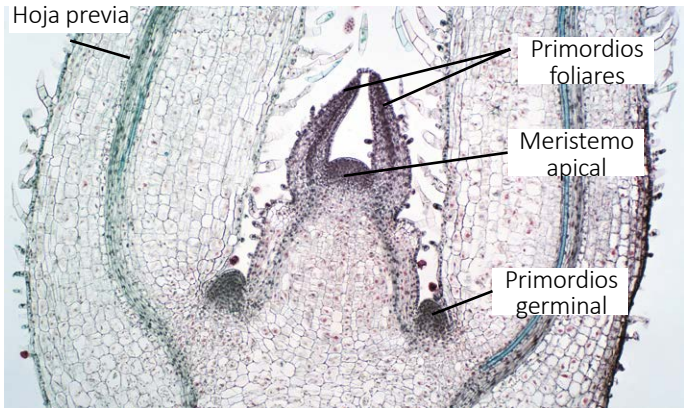
En el transcurso de la evolución, las plantas han desarrollado una diversidad de tipos celulares, cada uno especializado en funciones específicas. Esto les ha permitido adaptarse y establecerse en diversos ambientes; por ejemplo, las partes aéreas, como tallos y hojas, deben controlar la pérdida de agua, y para ello las células epidérmicas secretan una capa cerosa llamada cutícula sobre su superficie externa, reduciendo significativamente la pérdida de agua.

D. Adaptaciones estructurales

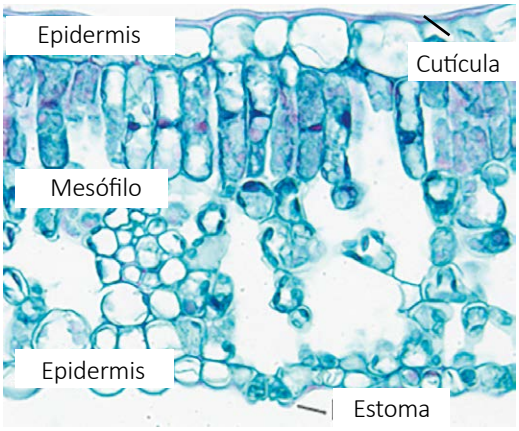
Compartamos la información adquirida sobre los tejidos vegetales, las adaptaciones estructurales de las células dentro de estos tejidos en distintas plantas y algunas de sus funciones principales.

Procedimiento:

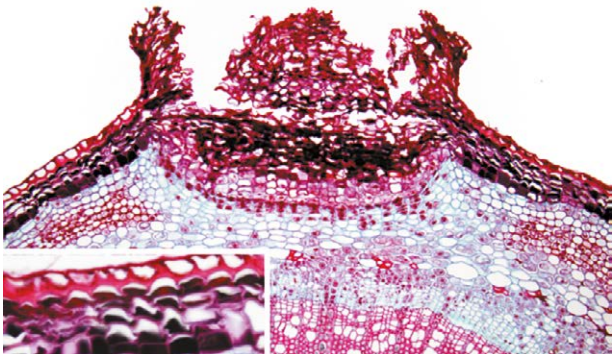
1. Observa y analiza las estructuras celulares en las siguientes micrografías.



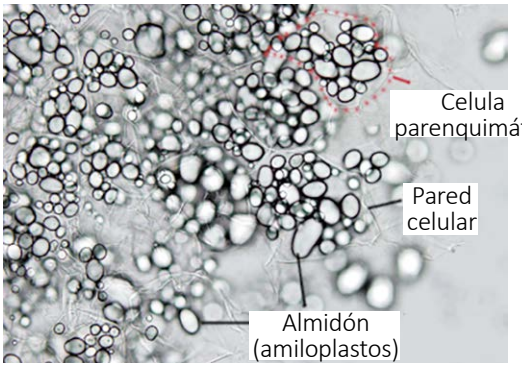
Yema terminal. Células meristemáticas dispuestas de manera regular.



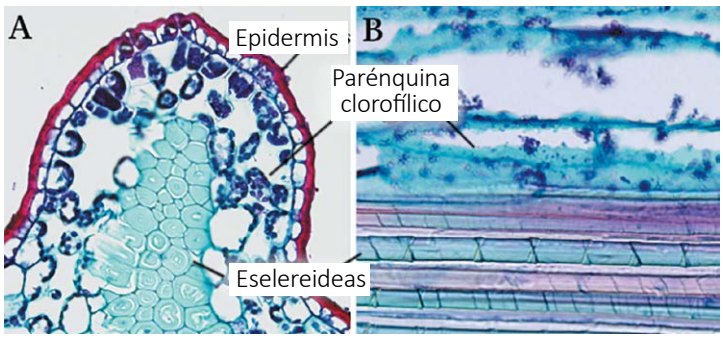
Epidermis de una hoja de roble.



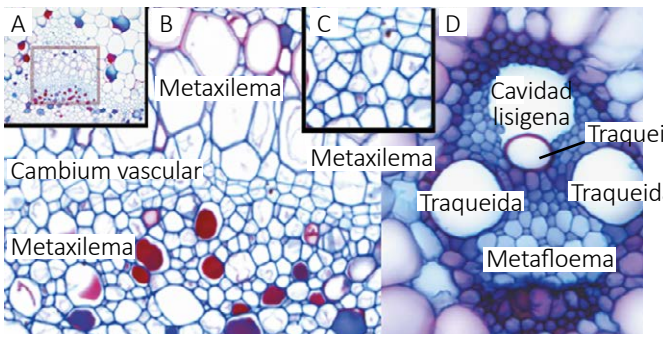
Peridermis en un tallo de *Sambucus nigra*.



Parénquima de reserva en el tallo de una papa.



Esclereidas de un tallo de *Ulex*.



Xilema y floema.

2. Lee la siguiente información sobre las estructuras celulares en los diferentes tejidos y sus funciones.

Tipo de tejido	Tipo celular	Descripción	Función
Meristemático	Célula meristemática (meristemo apical)	Conservan la capacidad de dividirse por mitosis.	Crecimiento primario.
Dérmico	Célula epidérmica	Célula viva con pared primaria delgada, pared externa a menudo más gruesa y cubierta con una capa cerosa (cutícula).	Cubierta protectora sobre la superficie del cuerpo vegetal que ayuda a reducir la pérdida de agua.
	Células del corcho (peridermis)	Muere en la madurez, y las paredes celulares están impregnadas de materiales impermeables.	Reduce la pérdida de agua e impide la penetración de organismos patógenos.
	Tricoma	Pelo u otra prolongación epidérmica. Puede ser unicelular o multicelular, existe en variedad de formas y tamaños.	Absorción, secreción, excreción, protección; reduce la pérdida de agua.
Fundamental	Célula parenquimatosa	Célula viva con metabolismo activo y paredes celulares primarias delgadas.	Almacenamiento, fotosíntesis, secreción.
	Célula colenquimatosa	Célula viva con paredes celulares primarias irregularmente engrosadas.	Sostén en plantas con crecimiento primario (plantas herbáceas).
	Esclereida (célula del esclerénquima)	Puede estar viva o muerta en la madurez; paredes celulares secundarias gruesas; ausencia de pared secundaria en las depresiones.	Resistencia: el tejido rico en esclereidas es duro y rígido. Brinda sostén a frutos, semillas hojas y tallos.
Vascular	Traqueidas (xilema)	Muere en la madurez; carece de paredes celulares secundarias en las depresiones.	Conducción de agua y minerales.
	Miembro de tubo criboso (floema)	Célula viva, pero carece de núcleo y otros organelos en la madurez; los extremos de las paredes celulares son placas cribosas.	Conducción de azúcar en solución.

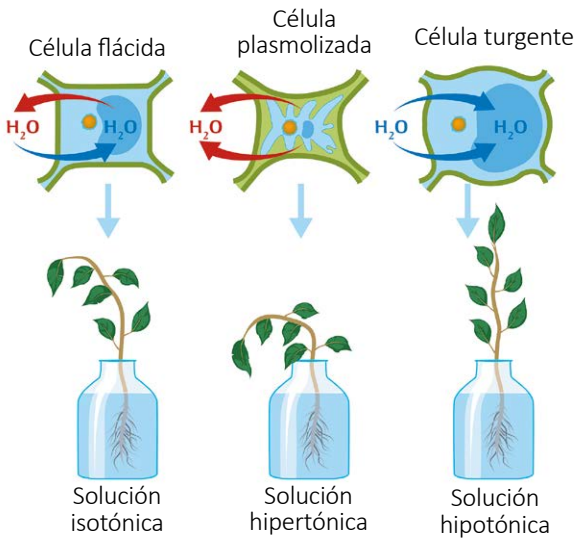
3 Elabora un esquema de clasificación.
4. Completa la tabla de las adaptaciones estructurales de las células en los diferentes tipos de tejidos vegetales y haz una exposición.

p. 97

Como vimos, las diferentes estructuras celulares de los tejidos vegetales brindan a las plantas las funciones necesarias para adaptarse a los sitios donde se establecen. Por ejemplo, la pared celular relativamente rígida de las células vegetales les permite soportar sin estallar un ambiente externo muy diluido, con concentraciones muy bajas de solutos.

Debido a las sustancias disueltas en el citoplasma, las células son hipertónicas respecto a su entorno. El agua pasa a las células por ósmosis, con lo que se llenan las vacuolas centrales y extiende las células. Estas se hinchan, con lo que se acumula la llamada presión de turgencia contra la pared celular rígida de celulosa. La presión de turgencia es un factor importante para el cuerpo de plantas no leñosas.

Por ejemplo, la lechuga pierde turgencia con un aderezo salado y la flor que se corta de la planta se marchita a causa de la falta de agua.



Estas adaptaciones estructurales de la célula vegetal y otros mecanismos de transporte interno de sustancias las veremos más a detalle en la siguiente lección.

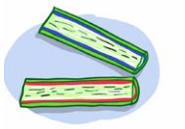
Transporte de sustancias

Indagación

Anteriormente aprendimos sobre los tejidos vasculares de las plantas (xilema y floema). Pero ¿te has preguntado cómo es el proceso de conducción de sustancias en las plantas? Imagina que en tu comunidad hay una ceiba. ¿Cómo se transporta el agua desde las raíces hasta las hojas más altas?

2 

3 

5 

6 

A. Xilema y floema: el sistema de transporte de las plantas

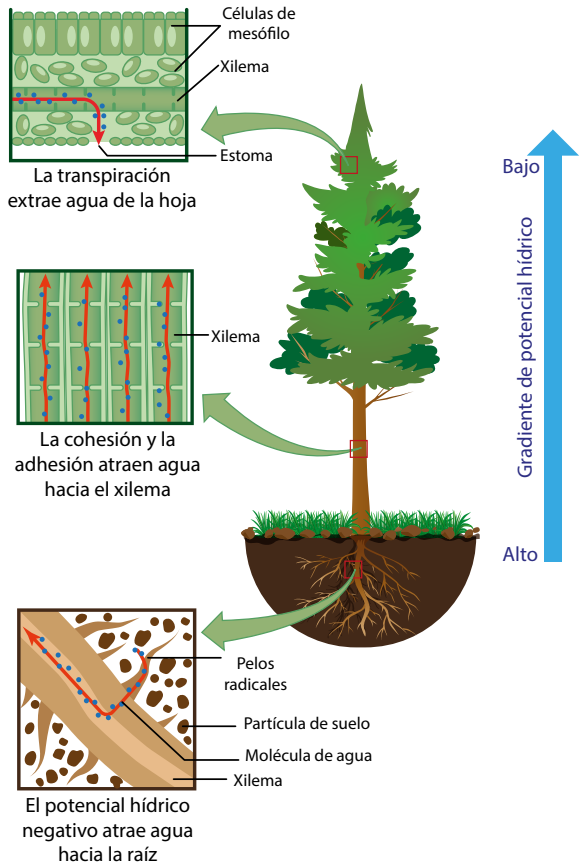
Integra equipos de trabajo para comprobar el transporte de sustancias de las plantas utilizando tallos comestibles.

Materiales:

- 2 tallos frescos de apio con sus hojas
- Colorante alimenticio rojo y azul
- Cuchara
- Agua potable
- Azúcar
- 2 vasos trasparentes

Procedimiento

1. Toma los vasos y agrega agua hasta llegar a la mitad.
2. Añade a un vaso 10 gotas de colorante azul e introduce un tallo de apio.
3. Luego, en el otro vaso, una cucharada de azúcar y 10 gotas de colorante rojo. Mezcla e introduce el otro tallo.
4. Anota tus observaciones y déjalos reposar por 24 horas. p. 98
5. Haz cortes longitudinales de los tallos y observa.
6. Saborea las hojas del apio del vaso con colorante rojo.
7. Escribe tus observaciones en el Cuaderno de Trabajo.
8. Observa la ilustración, lee la siguiente información y responde.



Los tejidos conductores son esenciales para el crecimiento y la supervivencia de las plantas, ya que permiten el transporte eficiente de agua, nutrientes y productos de la fotosíntesis. El xilema transporta agua y minerales disueltos (savia bruta) desde las raíces hasta los tallos; el floema conduce los carbohidratos formados durante la fotosíntesis (savia elaborada) desde las hojas a otras partes de la planta.

Según el mecanismo tensión-cohesión o modelo transpiración-cohesión, una «tensión» producida en la parte superior de la planta tira del agua. Esta «tensión», parecida a la que resulta cuando se bebe un líquido con una pajilla, es causada por la tracción evaporativa de la transpiración. La transpiración es la evaporación de agua en las plantas que ocurre a través de los estomas (poros microscópicos) presentes en las superficies de hojas y tallos. Además, las propiedades cohesivas y adhesivas del agua le permiten formar una columna ininterrumpida que es elevada por el xilema. Por otro lado, el transporte en el floema es explicado por la hipótesis de flujo a presión que veremos más adelante.

Creatividad

En la fotosíntesis se producen azúcares que luego son transportados en solución a través del floema. Estos azúcares se convierten en disacárido sacarosa (azúcar común, constituido por una molécula de glucosa y una de fructosa). El desplazamiento de este líquido dentro del tejido floemático es tanto de manera ascendente como descendente. La sacarosa se transporta por tubos cribosos individuales desde una «fuente», una zona con abundantes azúcares (por lo común una hoja) hacia un «sumidero», un lugar de almacenamiento (de almidón, insoluble) o de metabolismo, como raíces, meristemos apicales, frutos o semillas.

B. Estructuras vegetales de almacenamiento

Existen organelos denominados plastidios o plastos, que producen y almacenan materiales alimenticios en las células vegetales. Exploremos estas estructuras vegetales y su capacidad de almacenamiento en diferentes muestras de plantas.

Mira el video sobre el transporte de agua en los árboles.
https://qrs.ly/1ifvj6g

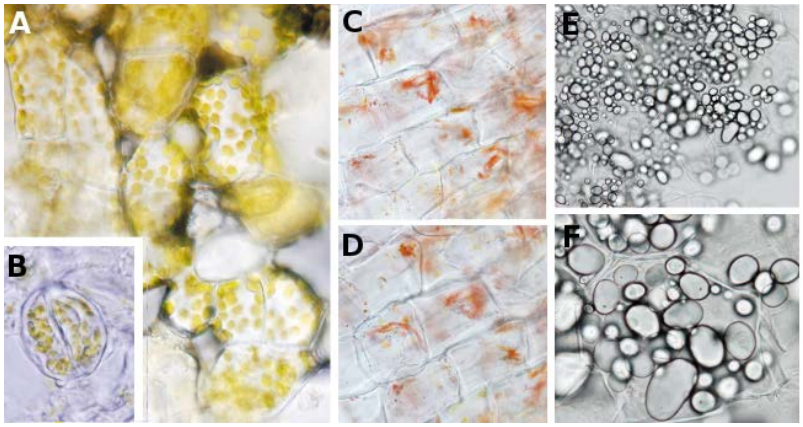
Materiales:

- Hojas de *Coleus*
- Zanahoria y tomate
- Semilla de almendra (o cualquier otro fruto seco)
- Mechero
- Mortero y pistilo
- Lugol
- Alcohol
- *Beaker*
- Lámina y laminilla
- Microscopio
- Papel filtro

Procedimiento:

1. Haz una preparación al fresco de la hoja de Coleus, observa al microscopio.
2. Corta 2 o 3 hojas de Coleus y colócalos en un beaker, añade alcohol hasta cubrir las hojas y ponlo a hervir.
3. Agrega más alcohol y retira hasta que veas que las hojas han perdido color.
4. Haz una preparación de la hoja decolorada y observa al microscopio.
5. Haz una preparación de un trozo de zanahoria y otro de tomate y observa al microscopio.
6. Agrega a un trozo de zanahoria una gota de lugol y observa.
7. Tritura la semilla de almendra y coloca el triturado en un papel filtro.
8. Elabora esquemas de lo observado y responde en tu Cuaderno de Trabajo

p. 99



Plastos. A. Parénquima clorofílico (cloroplastos), B. Estoma. C y D. Cromoplastos del tomate. E y F. Amiloplastos de la papa.



Mira el video explicativo del flujo de nutrientes a través de la planta
https://qrs.ly/thfvj6h

Comprobamos que las plantas contienen diferentes clases de plastidios que cumplen diversas funciones.

Todos los plastidios se derivan de proplastidios, organelos precursores presentes en las células vegetales menos especializadas. De acuerdo con las funciones especiales a que esté destinada una célula, sus proplastidios madurarán para convertirse en una variedad de plastidios. Por ejemplo, los cloroplastos son organelos que contienen el pigmento verde clorofila, que capta energía luminosa para la fotosíntesis. Los cromoplastos, como el licopeno en el tomate o los carotenoides que tienen pigmentos de color rojo o anaranjado, también participan en la fotosíntesis y confieren el color característico a flores y frutos que atraen animales polinizadores o dispersores de semillas. Por su parte, los leucoplastos no tienen pigmentos, y entre ellos están los amiloplastos, que almacenan almidón en las células de semillas, raíces y tubérculos.

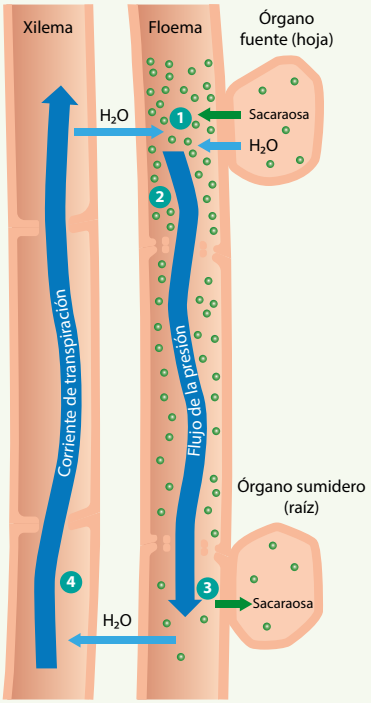
Transporte de savia elaborada

La savia elaborada fluye de las zonas fuente (órganos donde la planta fabrica azúcares) hasta los sumideros (órganos donde se usa o se almacena). La hipótesis del flujo por presión explica que hay una presión hidrostática más elevada en la célula fuente que en la célula sumidero.

Es la diferencia en la concentración de azúcar entre la fuente y el sumidero lo que causa la transposición en el floema a medida que el agua y los azúcares disueltos fluyen por efecto del gradiente de presión, el cual empuja la solución de azúcar por el floema, de forma muy similar a la manera en que el agua es forzada a fluir por una manguera.

En ocasiones las estructuras que son sumidero se convierten en estructuras fuente, o viceversa; por tal motivo, los tubos del floema deben ser capaces de transportar productos en cualquier dirección. Algunos ejemplos de estructuras «fuente» pueden ser tejidos fotosintéticos, como hojas verdes maduras y tallos verdes, o tejidos de almacenamiento como semillas que germinan o raíces o tubérculos en períodos de crecimiento.

Entre las estructuras «sumidero» están raíces en crecimiento, partes de las plantas que están creciendo como semillas y frutos en desarrollo, hojas en crecimiento o raíces y tubérculos en desarrollo.



1. El incremento de concentración de soluto en el tubo criboso reduce el potencial de agua dentro del tubo. A medida que se acumulan los azúcares en el floema, el agua entra por ósmosis.
2. Esta absorción de agua genera una presión hidrostática que obliga a la savia a fluir a lo largo del tubo criboso.
3. La presión se alivia mediante la descarga de azúcar y la consiguiente pérdida de agua del tubo.
4. El xilema recicla el agua desde el sumidero hasta la fuente.

Comunicación

Hemos hablado de las funciones del xilema y del floema en el transporte de agua y nutrientes, así como de su papel en el soporte estructural y en el almacenamiento de la planta. Ahora exploraremos la anatomía de estas estructuras vegetales y cómo se integran con el resto de los tejidos de la planta.

C. Catálogo histológico

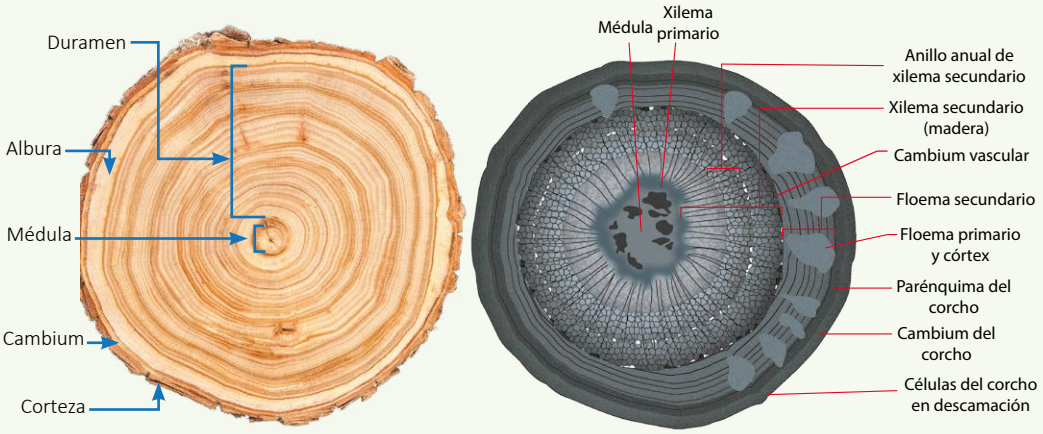
Desde el punto de vista fisiológico, las plantas necesitan a los tejidos conductores para su crecimiento, ya que distribuyen agua y sustancias orgánicas, pero también sirven de soporte, como un esqueleto, de las partes aéreas y subterráneas de la planta.

Procedimiento:

1. Lee la información sobre los tejidos conductores y completa el cuadro en el Cuaderno de Trabajo. p. 100

Tejidos conductores

En el crecimiento primario de la planta se originan el xilema (protoxilema) y el floema (protofloema) primarios a partir del meristemo procámbium, luego aparecen el metaxilema y metafloema, que dejan de ser funcionales si la planta tiene crecimiento secundario.



A medida que crecen, los arbustos y los árboles siguen formando un conjunto de tejidos conductores en los bordes exteriores. Las células de xilema y floema más nuevas realizan la mayor parte del trabajo de transporte. El xilema más antiguo se puede encontrar en el centro del árbol, y ya no mueve tantos materiales como los conjuntos más nuevos que están en el exterior, sino que sirve más como almacenamiento.

En el xilema nos encontramos cuatro tipos celulares principales: los elementos de los vasos, las traqueidas, las células parenquimáticas y las células de sostén (fibras de esclerénquima y esclereidas).



TEJIDOS DE CONDUCCIÓN

En el tronco de una planta se pueden diferenciar varias zonas desde el exterior al interior: corteza, cambium, albura, duramen y médula.

Fijate que...

El duramen no es funcional, por lo que es menos permeable al agua y más duro y resistente; esto hace que el duramen tenga gran importancia en la industria de la madera.

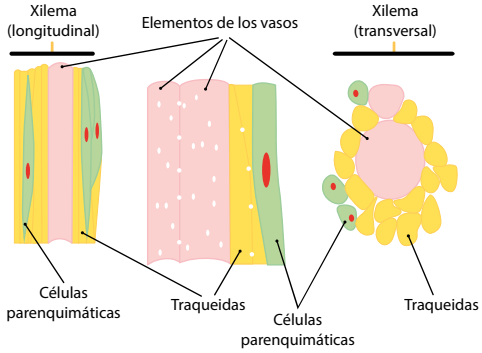
Ojo al dato...

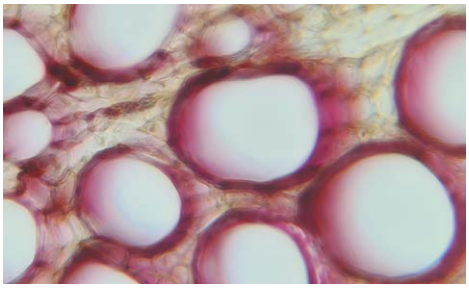
Las células del xilema cuando llegan a su madurez se encuentran muertas. Las células del floema, en cambio, cuando llegan a la madurez permanecen vivas, y solo pierden el núcleo.

Mira la teleclase de tejidos vegetales. Parte 1 en el siguiente enlace.
https://qrs.ly/zpfvj6c

Mira la teleclase de tejidos vegetales. Parte 2 en el siguiente enlace.
https://qrs.ly/bifvj6d

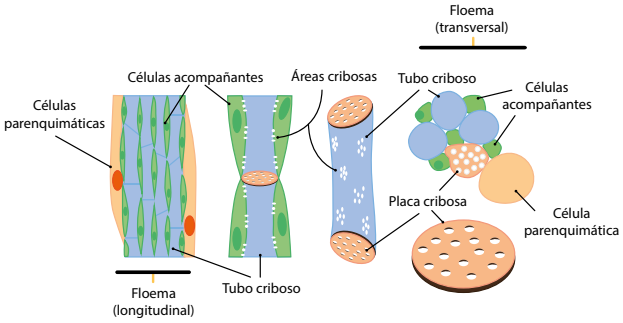
Los elementos de los vasos son células de mayor diámetro y más achatadas que las traqueidas. El agua circula por el interior de las células y pasa de una a otra célula por las perforaciones de sus paredes transversales.

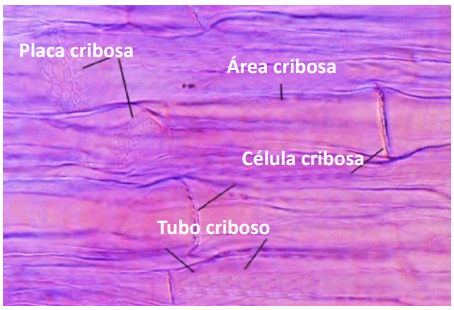



Corte transversal de elementos del vaso

El floema está constituido por los elementos conductores: tubos cribosos y células cribosas, por y los elementos no conductores: células parenquimáticas o acompañantes y células de soporte (fibras de esclerénquima y esclereidas).

Los tubos cribosos pierden su núcleo durante la maduración, por lo que el núcleo de las células acompañantes debe ejercer el control sobre ambos tipos celulares. Los tubos cribosos aparecen claros, como sin contenido, con una pequeña cantidad de citoplasma pegado a la pared.





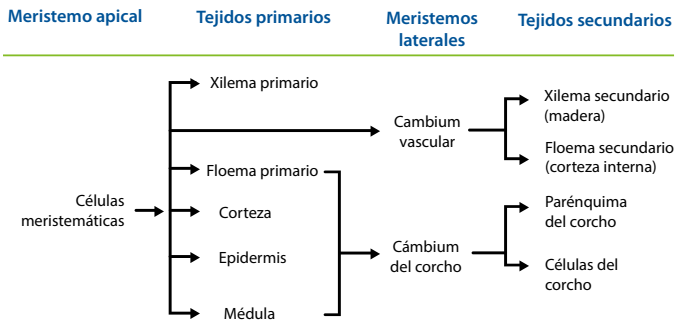
Todas las plantas experimentan crecimiento primario, y algunas tienen tanto crecimiento primario como secundario. Recordemos que los tallos que solo presentan crecimiento primario son los de las plantas herbáceas, y los que tienen crecimiento primario y secundario son leñosos.

Las plantas leñosas experimentan crecimiento secundario, es decir, un aumento en el diámetro de tallos y raíces; este crecimiento es el resultado de la actividad de dos meristemos laterales: el cambium vascular y el cambium del corcho.

Las células del cambium vascular se dividen y producen dos tejidos de conducción y sostén: xilema secundario (madera) para sustituir al primario, y floema secundario (corteza interna), que sustituye al floema primario. El xilema y el floema primarios no son capaces de transportar materiales por tiempo indefinido, por lo que deben ser sustituidos para que la planta sobreviva a largo plazo.

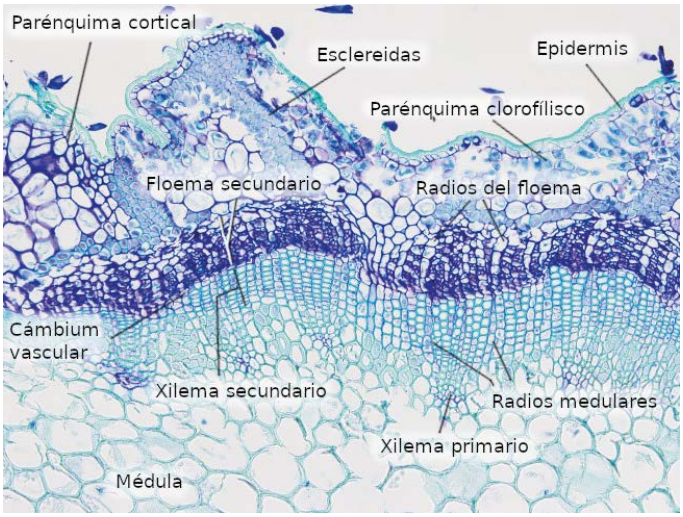
Las células del segundo meristemo lateral, el cambium del corcho, se dividen para producir células y parénquima corchosos. El cambium del corcho y los tejidos que produce se denominan en conjunto peridermo (corteza externa), que funciona como reemplazo de la epidermis.

Veamos las relaciones anatómicas entre meristemos y tejidos en un tallo de planta leñosa:



Cuando comienza a aumentar el espesor del tallo, la orientación de los tejidos primarios originales cambia. Por ejemplo, el xilema y el floema secundarios se producen entre el xilema y el floema primarios dentro de cada haz vascular.

Los tejidos primarios localizados fuera del cilindro de crecimiento secundario (esto es, floema primario, corteza y epidermis) están sometidos a las presiones producidas por el crecimiento secundario, y gradualmente se separan y desprenden o descaman, de tal manera que los tejidos secundarios asumen las funciones de los primarios.



El xilema secundario conduce agua y minerales disueltos desde las raíces hasta las hojas en las plantas leñosas y contiene los mismos tipos celulares presentes en el xilema primario: traqueidas conductoras de agua y elementos de vaso, además de células parenquimatosas y fibras. La disposición de los diferentes tipos celulares en el xilema secundario produce las características distintivas de la madera en cada especie vegetal.

El floema secundario transporta azúcar disuelto, por ejemplo, desde su lugar de producción (hojas) hasta un lugar de almacenamiento (las raíces). Los mismos tipos celulares observados en el floema primario (miembros de tubo criboso, células acompañantes, células parenquimatosas y fibras) también se encuentran en el tejido secundario, aunque suele haber más fibras en el secundario que en el primario.

2. Recopila todas las imágenes de tejidos vegetales que hemos visto desde el inicio de la unidad.
3. Elabora un álbum con fotografías o dibujos para representar los diferentes tejidos vegetales y sus funciones. Puedes apoyarte en el *Atlas de histología vegetal* en el QR de la página 179.

p. 100

Como vimos, los tallos brindan sostén a las plantas, y la posición erecta de la mayor parte de los tallos y la disposición de las hojas en ellos permiten a cada hoja absorber luz para usarla en la fotosíntesis. Además, los tallos se encargan del transporte interno, conduciendo sustancias esenciales para el desarrollo y sobrevivencia de las plantas.

Por otro lado, los tallos producen nuevo tejido, que sigue creciendo durante toda la vida de la planta, produciendo yemas (o brotes) que se convierten en tallos con nuevas hojas y estructuras reproductivas. Dichas estructuras reproductivas se localizan en los tallos en lugares accesibles para insectos, aves y corrientes de aire, que transfieren el polen de flor en flor o ayudan a dispersar las nuevas semillas y frutos.

Desarrollo y reproducción vegetal

Indagación

Has observado que las plantas se reproducen diferentes maneras. En sexto grado, cuando estudiamos desarrollo vegetal, aprendimos que se reproducen de forma asexual por injertos, estacas, bulbos, entre otros, y en la mayoría de los casos de manera sexual por medio de semillas. Conozcamos los procesos de germinación de algunas semillas.

Ojo al dato...

La función de la semilla es alimentar, proteger y diseminar al embrión. Este embrión, cuando ya ha emergido de la semilla, se conoce como plántula.

GERMINACIÓN

La germinación es el proceso por el cual el embrión se desarrolla y sale de la semilla para dar lugar a una plántula.

A. Germinación de semillas

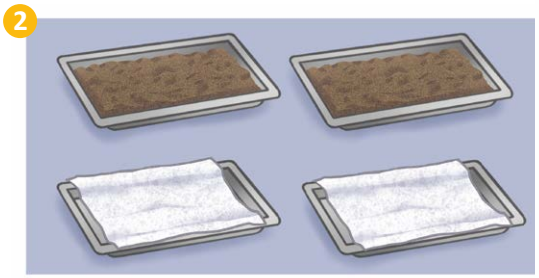
A las plantas que producen semillas se les conoce como espermatofitas. Las semillas que se encuentran en óptimas condiciones germinarán, es decir, darán lugar a una plántula; de lo contrario, no lo harán. Conozcamos el porcentaje de germinación de semillas en diferentes condiciones por medio de la siguiente actividad.

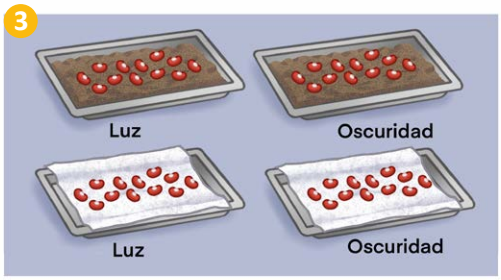
Materiales:

- 100 semillas de frijol
- 100 semillas de maíz
- 4 bandejas
- Papel filtro
- Tierra

Procedimiento:

1. Integra equipos, unos trabajarán con semillas de frijol y el otro con semillas de maíz.
2. En dos de las bandejas agreguen tierra y humedézcanla; en las otras dos, coloquen papel filtro humedecido.
3. En cada bandeja deben colocar 25 semillas de frijol o de maíz.





4. De las bandejas con tierra humedecida, ubiquen una en la luz y otra en la oscuridad; hagan lo mismo con las bandejas con papel filtro humedecido.
5. Hagan observaciones diarias durante una semana y recuerden regar cada día las bandejas para mantener la humedad del sustrato.
6. Calculen los porcentajes de germinación (PG) de cada bandeja:

p. 101

$$PG = [(N° \text{ semillas germinadas}) / (N° \text{ semillas sembradas})] \times 100$$

7. Respondan en el Cuaderno de Trabajo.

Con el experimento comprobamos que varios factores influyen para que una semilla germine o no. Muchos de estos factores son ambientales, como la presencia de agua, luz, oxígeno, etc. El agua es importante porque en una semilla madura el embrión está deshidratado y para el metabolismo activo se requiere un ambiente acuoso. La temperatura también es significativa, ya que cada especie vegetal tiene una temperatura óptima a la que germina la mayor proporción de semillas.

Creatividad

En el proceso de germinación de las semillas observaste su crecimiento y la formación de las partes de la planta. A estas zonas de crecimiento se les conoce como zonas meristemáticas, es decir, tejidos que permiten el crecimiento y diferenciación en la planta. Anteriormente conocimos la función principal del meristemo, esta información nos ayudará a identificarlos en una plántula.

B. Identificación de meristemos

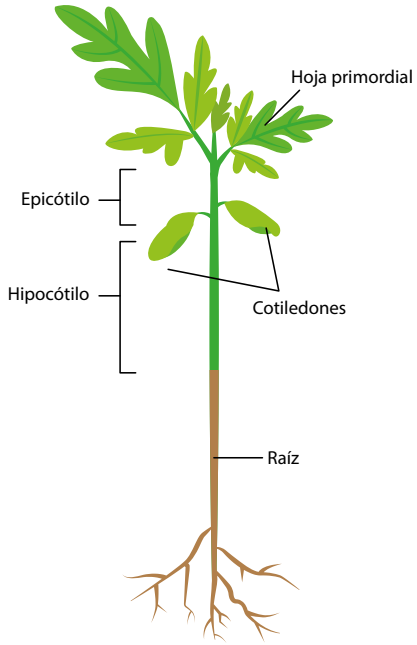
Una vez que se han dado las condiciones adecuadas para la germinación, la primera parte que emerge de la semilla es la radícula o raíz embrionaria y el siguiente en emerger es el sistema aéreo. Para esta actividad, toma las plántulas germinadas de la actividad anterior e identifica las zonas meristemáticas.

Materiales:

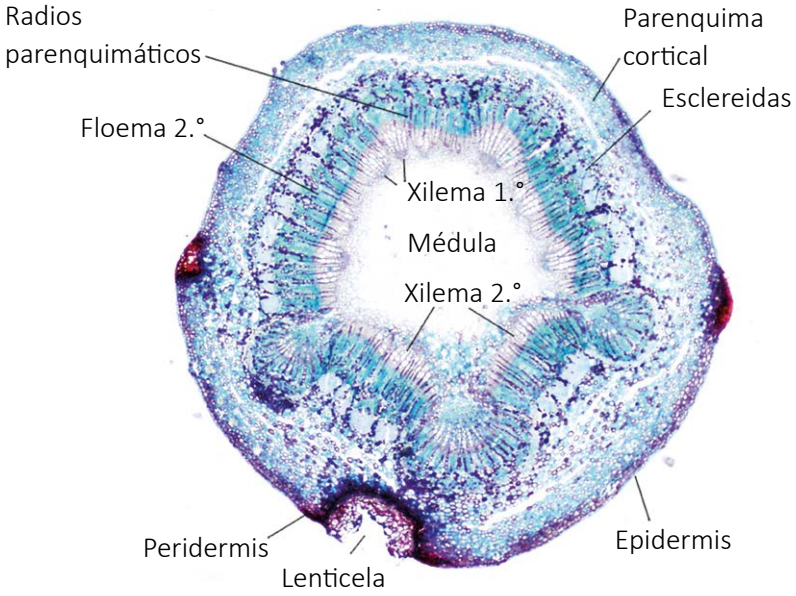
- Plántulas germinadas
- Alfileres de colores

Procedimiento:

1. Observa detenidamente una plántula de cada especie.
2. Identifica las diferentes partes de la plántula y coloca un alfiler en cada una de ellas.
3. Esquematiza las zonas meristemáticas de la plántula en el Cuaderno de Trabajo. p. 102
4. Responde:
   a. ¿Por qué consideras que estas partes de la planta son zonas meristemáticas?
   b. Explica la función de cada una de las zonas meristemáticas identificadas.
   c. ¿Todas las plantas tienen meristemo apical y meristemo lateral? Explica.



En las plantas ocurren dos tipos de crecimiento meristemático el crecimiento primario en la longitud de tallos y raíces, y el crecimiento secundario en el aumento del diámetro, el cual ocurre en zonas llamadas meristemos laterales, que ya no experimentan alargamiento y abarcan toda la longitud de tallos y raíces, excepto las puntas.



Ojo al dato...

El crecimiento es un proceso que incluye la división, alargamiento y diferenciación celular. Aunque la diferenciación no contribuye al incremento de tamaño, es importante para la formación de tejidos.

Observa cómo se realiza una preparación de meristemo apical.
https://qrs.ly/tmg2art

C. Caracterización de regiones meristemáticas

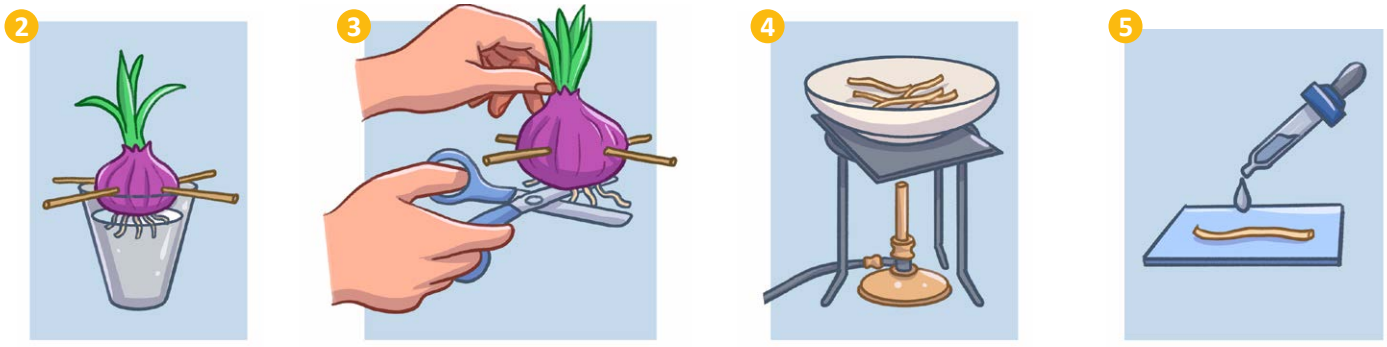
La división celular es parte esencial del crecimiento y da por resultado un incremento en el número de células. Algunas de estas células se diferenciarán para especializarse en los diversos tipos celulares que constituyen el cuerpo de la planta.

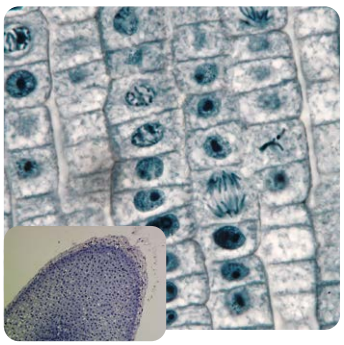
Materiales:

- Bulbo de cebolla
- Pinzas
- Tijeras
- Palillos
- Mechero
- Vidrio de reloj
- Microscopio
- Láminas portaobjeto y cubreobjeto
- Orceína A al 2 % y orceína B al 1 %

Procedimiento

1. Integra equipos.
2. Llenen un vaso con agua y coloquen un bulbo de cebolla sujeto con dos o tres palillos de manera que la parte inferior quede inmersa en el agua. Entre 3 a 4 días aparecerán numerosas raicillas en crecimiento de unos 3 o 4 cm de longitud.
3. Corten con la tijera unos 2-3 cm del extremo de la raíz y colóquenlo en un vidrio de reloj en el que se han vertido 2-3 ml de orceína A al 2 %.
4. Calienten suavemente el vidrio de reloj a la llama del mechero (si no hay mechero pueden utilizar una vela de cajuela) durante unos minutos, evitando la ebullición, hasta la emisión de vapores tenues.
5. Con las pinzas tomen uno de los ápices o extremos de la raíz y colóquenla sobre un portaobjetos, añadan una gota de orceína B al 1 % y dejen actuar durante 1 minuto.
6. Coloquen el cubreobjetos con mucho cuidado sobre la raíz, presionen suavemente de modo que la raíz quede extendida y observen en el microscopio.
7. Elaboren esquemas de lo observado y respondan en el Cuaderno de Trabajo. p. 102





Meristemo apical

Cuando las plantas crecen sus células se dividen en zonas específicas, los meristemos. Las células meristemáticas conservan la capacidad de dividirse por mitosis, rasgo que muchas otras células diferenciadas pierden. Determinadas partes de la planta tienen un crecimiento indeterminado, es decir, la capacidad de crecer por tiempo indefinido, característico de tallos y raíces, que se originan en meristemos apicales. Otras partes vegetales, como hojas y flores, tienen crecimiento determinado: dejan de crecer luego de alcanzar ciertas dimensiones. El tamaño de estas estructuras varía de una especie a otra y de un individuo a otro conforme a la programación genética de la planta y a las condiciones ambientales.

D. Maduración de frutos

La producción de **hormonas**, que está bajo control tanto genético como ambiental, regula muchos aspectos del desarrollo y el crecimiento vegetales, incluyendo la germinación y el crecimiento de las plántulas hasta individuos maduros.

Materiales:

- plátanos verdes
- 1 manzana madura
- 3 bolsas de papel
- Termómetro

Procedimiento

1. Formen equipos de trabajo.
2. Coloquen un grupo de 3 plátanos en dos de las bolsas; en la otra bolsa introduzcan 3 plátanos y una manzana madura.
3. Coloquen una de las bolsas de 3 plátanos en la refrigeradora.
4. Dejen las otras dos bolsas en un lugar a temperatura ambiente.
5. Esperen por una semana y revisen los cambios que han tenido.
6. Anoten diariamente la temperatura y la apariencia (color, olor, consistencia) de cada grupo de frutas. p. 103
7. Respondan en el Cuaderno de Trabajo:
   a. ¿Cuál fue la temperatura promedio de cada grupo de plátanos?
   b. ¿Qué grupo de plátanos tuvo una maduración más acelerada?
   c. ¿Qué efecto tiene la temperatura en la maduración de los frutos?
   d. ¿Qué efecto causó la manzana en el grupo de plátanos?
   e. ¿Por qué se escogió una manzana madura y no una verde?
   f. ¿Qué aplicabilidad en la industria alimentaria le darías a este procedimiento?

Fíjate que...

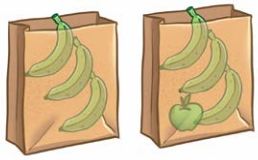
Las hormonas vegetales son compuestos orgánicos producidos en una parte de la planta y transportados a otra, donde provocan algún tipo de reacción o respuesta fisiológica.

3



Adentro de la refrigeradora

4



En un lugar a temperatura ambiente

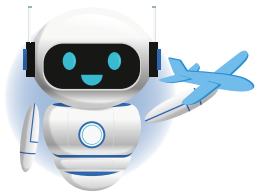
Existen dos tipos principales de frutos según su maduración: los frutos climatéricos, que pueden seguir madurando una vez que hayan sido cortados, y los frutos no climatéricos, que interrumpen su maduración una vez que han sido cortados.

Los frutos climatéricos siguen su proceso de maduración después de ser colectados porque producen etileno. El etileno es un hidrocarburo que tiene funciones hormonales en los vegetales. Tiene muchas funciones importantes en la planta, como promover el alargamiento y el grosor en tallos jóvenes, inducir a la formación de raíces y producir la maduración de frutos.

El etileno es una hormona que puede obtenerse en gran cantidad de frutos climatéricos justo antes de su etapa de maduración; por esta razón la manzana madura ayudó a madurar a los guineos.

Existen otras hormonas vegetales de importancia en el proceso de maduración de los frutos, como el ácido abscísico, las citoquininas, entre otras. El balance y la interacción entre estas hormonas determinan el momento y la calidad de la maduración de los frutos, influenciando propiedades como el color, la textura, el sabor y la durabilidad poscosecha.

Ejemplos de frutos climatéricos son el guineo y la manzana, y de no climatéricos, la uva y la piña.



Comunicación

Cada especie vegetal se adapta al medio en el que vive, y para ello desarrolla estructuras y mecanismos que le permitan sobrevivir y reproducirse. Entre esos mecanismos se pueden mencionar las formas de dispersión.

Lee el artículo sobre la dispersión de las semillas y sus principales formas.
https://qrs.ly/rpfvj6o

E. Semillas viajeras

Las plantas tienen diversos métodos de dispersión que incrementan las probabilidades de que sus semillas lleguen a sitios propicios. Las plantas con flores hacen uso del viento, el agua, los animales y la **deshiscencia** explosiva, cuando el fruto se abre de manera repentina para dispersar sus semillas. Estos métodos han permitido a algunas plantas ampliar su distribución geográfica.

Procedimiento

1. Lee la información de los mecanismos de dispersión de las semillas y los factores que ayudan a su crecimiento y desarrollo.

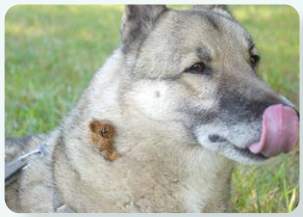
Mecanismos de dispersión de las semillas y factores de crecimiento y desarrollo

Las plantas tienen diferentes formas de dispersar las semillas: la anemocoría es por medio del viento, la zoocoría es por medio de animales, la hidrocoría es cuando la dispersión se da por medio del agua, y está la autocoría, donde las semillas son dispersadas por medios propios del fruto, sin intervención de agentes externos.



Algunas semillas o frutos tienen alas llamadas **sámaras**, que favorecen su dispersión por el viento.

Algunas plantas tienen estructuras como espinas y ganchos, que se prenden al pelaje de animales y son dispersados en los sitios donde estos se desplazan.





Dos plantas que dispersan sus semillas por medio de hidrocoría son el mangle y el cocotero.

Junto a las formas de dispersión de las semillas hay otros factores que influyen para que una semilla germine, tales como la presencia de agua y oxígeno y la temperatura adecuada. Para la germinación y el posterior crecimiento también se requiere energía, que las plantas jóvenes obtienen de las moléculas almacenadas en el endospermo o los cotiledones de la semilla. La temperatura es otro factor ambiental que influye en la germinación, ya que en la mayoría de las plantas la temperatura óptima de germinación se encuentra entre 25 y 30 °C.

En determinadas semillas, los factores internos que están bajo control genético impiden la germinación, aunque todas las condiciones externas sean favorables. Entre estos factores internos se encuentran las hormonas que controlan el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Los biólogos han identificado cinco clases de hormonas vegetales: auxinas, giberelinas, citocinas, etileno y ácido abscísico.

El estudio de las hormonas vegetales y sus efectos es un gran desafío, ya que son eficaces en cantidades extremadamente pequeñas y cada hormona causa muchas respuestas diferentes, en contraste con las hormonas animales, que suelen ser muy específicas. Asimismo, las hormonas pueden estimular una reacción o inhibirla, dependiendo de sus concentraciones.

El siguiente cuadro muestra algunas interacciones entre hormonas vegetales.

Actividad fisiológica	Auxina	Giberelina	Citocinina	Etileno	Ácido abscícico
Germinación de semillas		Induce la germinación.		Promueve la germinación.	Inhibe la germinación.
Crecimiento de la plántula hasta convertirse en planta madura	Alargamiento celular, promueve la diferenciación de xilema y floema.	División y alargamiento celular, promueve la transición de raíz embrionaria a adulta.	División y diferenciación celular, promueve el desarrollo de cloroplastos.	Inhibe el alargamiento de raíz y tallo.	
Dominancia apical	Inhibe el desarrollo de yemas laterales.		Induce el desarrollo de yemas laterales.		
Inicio de la reproducción (floración)		Estimula la floración en algunas plantas. Estimula la diferenciación de estructuras masculinas.		Estimula la floración en algunas plantas y la diferenciación de estructuras femeninas.	
Desarrollo y maduración del fruto	Desarrollo frutal, demora la sobremaduración.	Desarrollo frutal.		Induce la maduración.	

2. Busca frutos o semillas de al menos cinco especies diferentes.
3. Extrae las semillas de los frutos que recolectaste e identifícalas con el nombre de la planta de la que provienen.
4. Elabora una colección de semillas como se muestra en la imagen y utiliza la información que se encuentra en el Cuaderno de Trabajo para mencionar el tipo de dispersión de las semillas.

p. 103



A: anemocoría en semilla de diente de león.
B: anemocoría en semilla de arce.
C: hidrocoría en fruto de coco.
D: germinación de la semilla de coco después de haberse dispersado por hidrocoría.
E: ganchos en el fruto de Xanthium, que le permiten dispersarse por zoocoría.
F: fruto de Datura, que también tiene ganchos para la zoocoría.

La dispersión y la germinación son fundamentales para la propagación y la supervivencia de las plantas en la naturaleza, ya que al encontrar condiciones favorables de luz, temperatura, agua, ente otros, estas son capaces de establecerse en otras zonas geográficas.

Indagación

La hoja y sus funciones

Las hojas son los órganos más evidentes de las plantas; presentan formas y texturas muy variadas según la especie, pero algo que se mantiene más o menos constante son las funciones básicas de éstas.

A. Las hojas y sus funciones

Existe diversas formas y tamaños de hojas, que cumplen con las funciones básicas de las plantas, entre las que podemos mencionar la **fotosíntesis**, la **transpiración** y la **respiración.** Pero hay otros tipos de hojas que cumplen funciones de reproducción, protección y almacenamiento. Hagamos la siguiente actividad para observar los diferentes tipos de hojas.

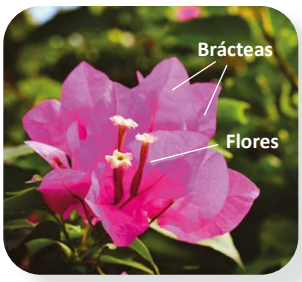
Materiales:

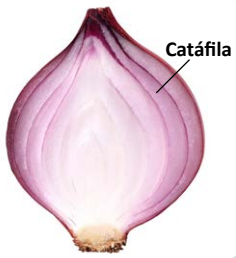
- Planta de veranera (con flores)
- 1 cebolla
- Frijoles germinados
- Lupa

Procedimiento:

1. Realiza un recorrido por la zona verde o por lugares con plantas en tu centro educativo.
2. Busca diferentes especies de plantas y observa detenidamente sus hojas.
3. Elabora esquemas y describe las características de las hojas: forma, tamaño, color.
   a. ¿Consideras que la forma de las hojas y su disposición en el tallo influyen para recibir luz solar?
   b. ¿Cuál es la función principal de las hojas?
4. Examina las muestras de planta de veranera, la cebolla y los frijoles germinados con la lupa y haz esquemas.
   c. ¿Observas hojas típicas en las muestras?
   d. ¿Identificas otras estructuras parecidas a hojas?
   e. ¿Qué función consideras que tiene cada uno de estos tipos de hojas modificadas?

p. 104



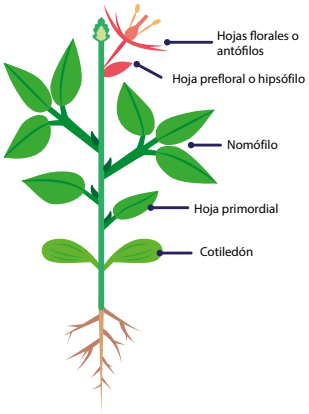




Como vimos, las hojas típicas de las plantas realizan las funciones básicas de las plantas. Sin embargo, hay otro tipo de hojas que cumplen otras funciones y reciben el nombre de hojas modificadas. Por ejemplo, las brácteas o hipsófilos en la veranera sirven para proteger a las flores de insectos o de efectos climáticos para asegurar la reproducción y también para llamar la atención de polinizadores.

Ojo al dato...

Al tipo de hoja típica que conforma el follaje de las plantas se le denomina nomófilo.



Fíjate que...

Las espinas son un tipo de hojas modificadas que cumplen la función de proteger a la planta, y también de reducir la transpiración en plantas que viven en zonas desérticas, como los cactus.



Creatividad

En las hojas se realizan funciones muy importantes como la transpiración, proceso por el cual las plantas regulan su temperatura; la fotosíntesis, proceso con el que sintetizan nutrientes por medio de la energía solar, y la respiración, proceso para obtener energía a partir de los nutrientes. Realicemos algunas actividades para evidenciar algunas de estas funciones, específicamente los nomófilos.

B. La luz y la transpiración en las plantas

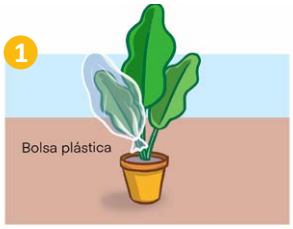
Las plantas, al igual que los animales, necesitan regular su temperatura, y lo hacen por medio del fenómeno fisiológico llamado **transpiración**. Además, este proceso también le permite a la planta movilizar sustancias nutritivas y agua a través de su organismo.

Materiales:

- 3 plantas de hojas grandes en maceta (palo de hule, croto, almendro, entre otras)
- Bolsas plásticas transparentes
- Tirro
- Rotulador
- Lámpara
- Cinta adhesiva
- Báscula digital

Procedimiento:

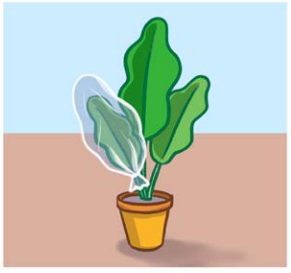
1. Cubre una hoja de cada planta (sin cortarla) con una bolsa transparente y sujétala con cinta adhesiva, pero dejando un pequeño espacio para permitir la entrada de aire.
2. Rotula cada planta, mide la masa y registra en el Cuaderno de Trabajo. p. 105
3. Coloca una planta bajo la luz directa y otra bajo luz indirecta, es decir, alejada de la lámpara, pero siempre recibiendo luz; y la tercera, en la oscuridad. Déjalas en esas condiciones por 1 hora.
4. Luego, vuelve a medir la masa de las plantas y llena el cuadro de tu Cuaderno de Trabajo con los resultados.
5. Responde:
   a. ¿A qué se ha debido el cambio de masa en las plantas?
   b. Explica el fenómeno fisiológico que ha ocurrido.
   c. ¿Qué relación existe entre la intensidad de la luz y la transpiración?







Luz directa



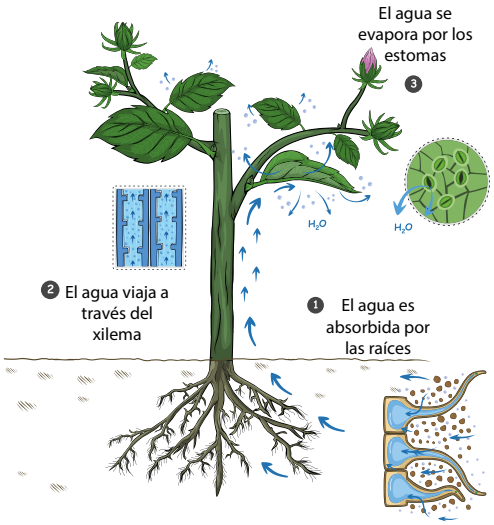
Luz indirecta



Oscuridad

La mayor parte de la transpiración ocurre por los estomas abiertos, que constituyen una vía de escape de vapor de agua. Con el experimento anterior comprobamos que la pérdida de agua por evaporación se da en las partes aéreas de las plantas.

Alrededor del 99 % del agua que una planta absorbe del suelo se pierde por evaporación en las hojas y en menor medida en los tallos.



2



3



C. Observando la fotosíntesis

La fotosíntesis es uno de los fenómenos fisiológicos más importantes. Por medio de la fotosíntesis las plantas producen su propio alimento, con lo cual cumplen la función de productores en la pirámide trófica.

Materiales:

- Planta *Elodea*
- Envase grande transparente con capacidad de 1 L (que tenga espacio para introducir la parte ancha de un embudo)
- Embudo
- Tubo de ensayo
- Lámpara
- Regla
- Cronómetro
- Sobre de bicarbonato de sodio

Procedimiento:

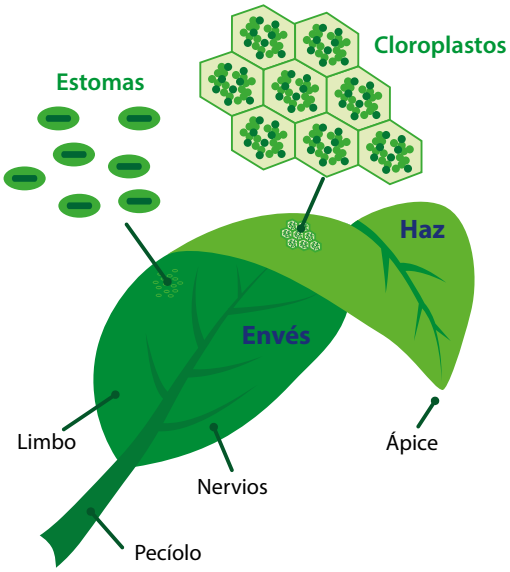
1. Llena el envase con agua y disuelve dos cucharadas de bicarbonato de sodio.
2. Coloca la *Elodea* en la boca ancha del embudo y sumerge completamente el embudo en el envase de manera que la boca ancha quede en el fondo.
3. Llena completamente de agua el tubo de ensayo y cubre con este la boca estrecha del embudo, evitando que quede aire en el interior.
4. Coloca todo esto debajo de la lámpara para que la *Elodea* reciba luz y observa lo que sucede.
   a. Describe lo que está sucediendo en las hojas de la planta.
5. Ahora traslada el vaso con la Elodea hacia un lugar obscuro y observa
   b. ¿Qué cambios hubo?
   c. ¿Por qué ocurrieron tales cambios?
   d. Relaciona la exposición de la Elodea a la luz con el fenómeno observado en el experimento.
   e. ¿Qué importancia ecológica encuentras en este fenómeno?

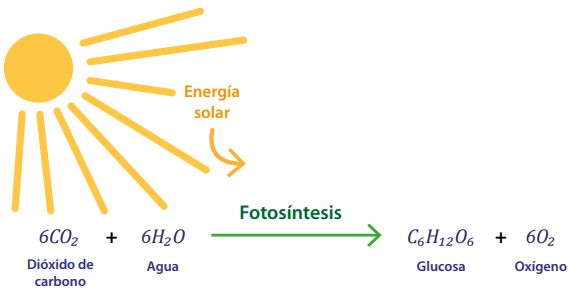
p. 105

La ecuación de la fotosíntesis indica que cuando la energía solar incide sobre moléculas de dióxido de carbono y moléculas de agua se sintetiza glucosa, que es el nutriente de donde obtiene energía la planta liberando oxígeno como subproducto de este proceso.



Hemos comprobamos que todas las partes verdes de la planta pueden realizar fotosíntesis, pero la mayor parte de la fotosíntesis ocurre en las hojas. Las células de una capa intermedia del tejido foliar llamado mesófilo contiene organelos llamados **cloroplastos**, donde se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis.





D. La respiración vegetal

El proceso de respiración en las plantas es aquel mediante el cual estas intercambian gases con su entorno, utilizando el oxígeno producido mediante la fotosíntesis y liberando dióxido de carbono. Este proceso se da en todos los organismos vivos, como plantas, animales, hongos, bacterias y otros microorganismos.

Conoce el proceso de respiración en las plantas.
https://qrs.ly/ajfvj6q

Materiales:

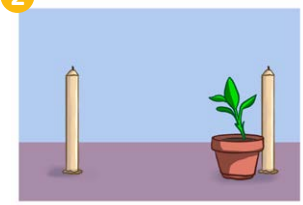
- 1 planta en maceta
- 2 frascos grandes de vidrio (en el cual quepa la maceta)
- 2 velas pequeñas
- Fósforos
- Cronómetro

Procedimiento:

1. Busca un lugar oscuro para colocar los frascos de vidrio.
2. Coloca uno de los frascos de vidrio de manera invertida sobre la planta en maceta.
3. Enciende las velas e introduce cada una en cada frasco de vidrio. En el frasco donde está la planta en maceta introduce la vela con cuidado para no dañar la planta.
4. Inmediatamente introduce las velas, activa el cronómetro para medir el tiempo que permanezcan encendidas las velas.
5. Resuelve las dificultades en tu Cuaderno de Trabajo.
   a. ¿En qué frasco duró menos la vela encendida y por qué?
   b. ¿Por qué se escogió un lugar oscuro para realizar el experimento y cómo se sabe si la planta está liberando oxígeno o dióxido de carbono?
   c. Observa el esquema a continuación y deduce la ecuación de la respiración celular.
   d. Describe con tus palabras los procesos de fotosíntesis y respiración celular y explica por qué son procesos inversos.

p. 106

2

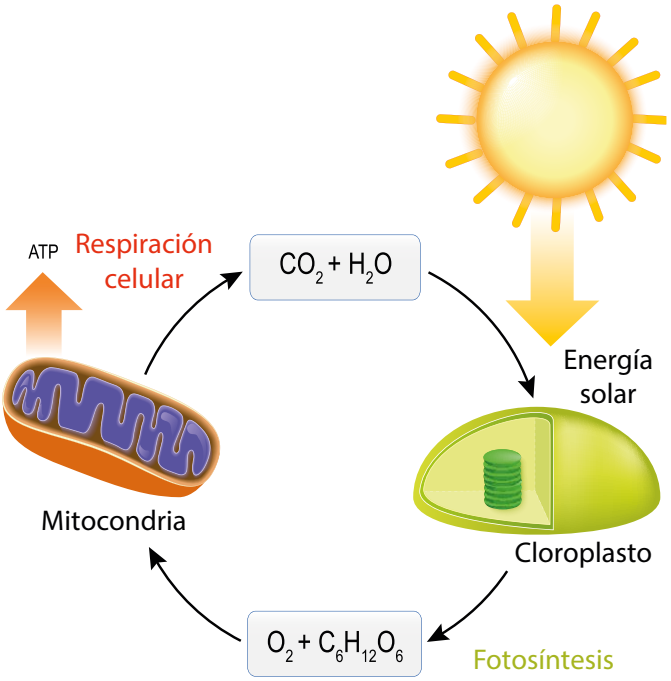


3



La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas, por medio de la energía solar, convierten sustancias inorgánicas como el agua y el CO_2 y lo convierten en sustancias orgánicas como la glucosa; por otro lado, la respiración es el proceso mediante el cual las plantas oxidan la glucosa, que han elaborado durante la fotosíntesis, para obtener la energía necesaria y mantener sus funciones fisiológicas.

Prácticamente la fotosíntesis es la función antagónica de la respiración: la primera se realiza en los cloroplastos y sintetiza glucosa, y la segunda se realiza en las mitocondrias y degrada la glucosa sintetizada.



Comunicación

Las hojas colectan la energía solar necesaria para la fotosíntesis, el proceso biológico que convierte energía radiante del sol en energía química de azúcares que las plantas aprovechan como materia prima para sintetizar todos los demás compuestos orgánicos y combustible que proporciona energía para sus procesos metabólicos.

FOTOSÍNTESIS

La fotosíntesis es el proceso fisiológico por el cual las plantas captan la energía solar y convierten la materia inorgánica en nutrientes orgánicos.

Conoce más del proceso de fotosíntesis.
https://qrs.ly/dsfvj6r

Visualiza el video de las reacciones químicas de la fotosíntesis.
https://qrs.ly/jlfvj6u

E. Explicación de la función de las hojas

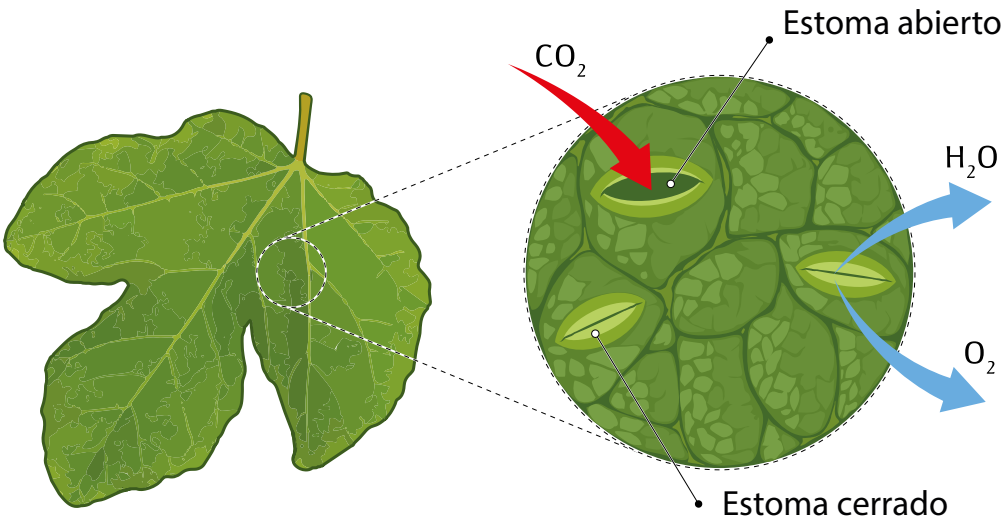
La hoja es un órgano complejo formado por varios tejidos, todos organizados para optimizar la fotosíntesis, la transpiración y la respiración de las plantas.

Procedimiento:

1. Investiga sobre las funciones de los tipos de hoja y llena el cuadro en el Cuaderno de Trabajo. p. 106
2. Lee la información de las funciones fisiológicas de las hojas para explicar los resultados de los experimentos y haz una exposición de estos.

La estructura se relaciona con la función de las hojas

La epidermis foliar es relativamente transparente y deja penetrar la luz al interior de la hoja, donde se localiza el tejido fotosintético (el mesófilo). Los estomas permiten el intercambio gaseoso entre la atmósfera y los tejidos foliares internos. El dióxido de carbono utilizado en la fotosíntesis se difunde hacia el interior de la célula a través de los estomas y el oxígeno de desecho se difunde hacia afuera del mismo.



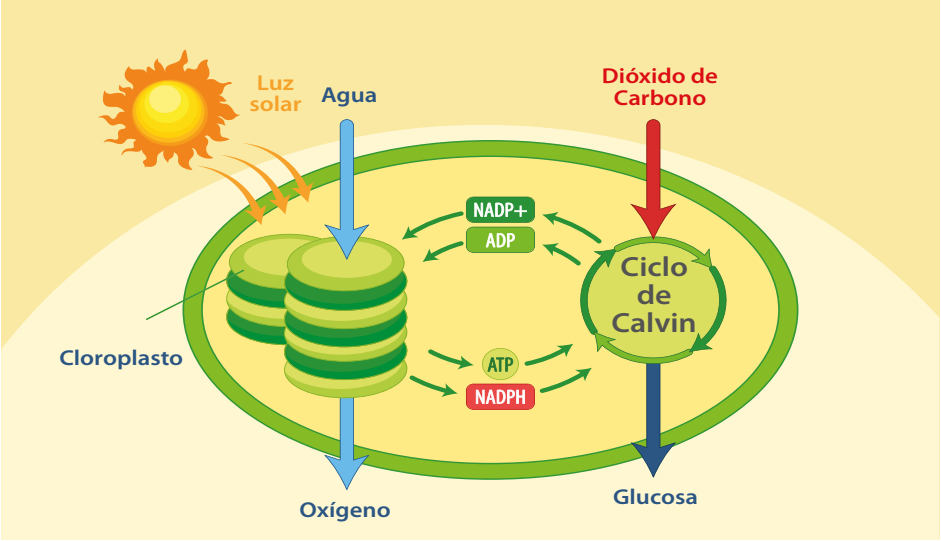
El agua se obtiene del suelo y es transportada por el xilema a la hoja, donde humedece las superficies de las células del mesófilo.

Los numerosos poros estomáticos son eficaces en el intercambio de gases para la fotosíntesis, pero constituyen vías para el escape de vapor de agua. Sin embargo, la transpiración se encarga del movimiento de agua en las plantas, y sin ella no llegaría a las hojas desde el suelo.

La gran cantidad de agua que las plantas pierden por transpiración aporta beneficios como su efecto enfriador en las hojas y en los tallos, con lo cual impide que la planta se sobrecaliente, en especial si se encuentra expuesta a la luz solar directa. Otro efecto favorable es que aporta a la planta minerales esenciales que provienen del suelo. Sin embargo, la transpiración excesiva daña a la planta.

Los estomas suelen estar abiertos durante el día, cuando está ocurriendo la fotosíntesis. La fotosíntesis ocurre en las células parenquimatosas del mesófilo que contienen cloroplastos. Dentro de los cloroplastos se encuentra la clorofila, principal pigmento fotosintético que absorbe la energía solar.

La fotosíntesis se divide en dos etapas: la **fase luminosa** y la **fase oscura**. En la fase luminosa, la cual es dependiente de la luz, se producen los siguientes compuestos: ATP, NADPH, H^+ y O_2. En esta etapa se da la absorción de la luz, los procesos de oxidación y reducción, y la síntesis del ATP. En la fase oscura, la cual es independiente de la luz, se utilizan los productos elaborados en la fase anterior, produciendo los siguientes compuestos: glucosa, $NADP^+$, ADP y Pi. En esta etapa se da la fijación de CO_2 para producir glucosa.



La planta utiliza de dos maneras el azúcar formado durante la fotosíntesis. Primero, el azúcar es degradado en la respiración aerobia para liberar la energía química almacenada en sus enlaces y aprovecharla en otras actividades celulares. Segundo, las moléculas de azúcar aportan a la célula materiales de construcción básicos; la célula modifica los azúcares y los convierte en todos los compuestos orgánicos necesarios para la planta, como almidón y celulosa, aminoácidos, lípidos, ácidos nucleicos, etc.

Durante la fotosíntesis se libera oxígeno como producto de desecho, que constituye entre el 50 y el 85 % del oxígeno atmosférico, y proviene de las algas y de las cianobacterias. Por esta razón, el océano constituye un gran pulmón para el planeta. Por supuesto que no debemos desestimar a las plantas terrestres, que producen un 28 % aproximadamente de oxígeno, y además contribuyen con muchas funciones ecológicas importantes para el planeta: son productores primarios, sumideros de CO_2, reguladores de clima, entre otros.

Conoce sobre el proceso del intercambio de gases que sucede en las plantas.
https://qrs.ly/cpfvj6v

Existen otros pigmentos fotosintéticos en las plantas, llamados pigmentos accesorios, que capturan longitudes de ondas que la clorofila no logra absorber. Entre estos están los carotenoides y las xantofilas.



Resumen

Los tejidos en las plantas se dividen en cuatro grandes grupos: tejidos meristemáticos, tejidos fundamentales, tejidos vasculares y tejidos de protección.

El tejido meristemático o meristemo es aquel capaz de diferenciarse en otros tipos de tejidos. Existen dos principales tipos de meristemos: el apical y el meristemo lateral. Los meristemos apicales permiten el crecimiento primario y están ubicados en el brote y en la punta de las raíces. Los meristemos laterales son áreas que abarcan toda la longitud de tallos y raíces, excepto las puntas. Dos meristemos laterales, el cambium vascular y el cambium del corcho, se encargan del crecimiento secundario, que consiste en la formación de tejidos secundarios: xilema secundario, floema secundario y peridermo.

Los tejidos fundamentales constituyen la mayor parte del cuerpo primario de la planta. Se dividen en tres tipos: parénquima, colénquima y esclerénquima.

El parénquima se divide a su vez en varios tipos: clorénquima, parénquima amilífero, aerénquima e hidrénquima. El clorénquima se encarga de realizar la fotosíntesis, ya que contiene gran cantidad de cloroplastos. El parénquima amilífero se encarga del almacenamiento de nutrientes elaborados durante la fotosíntesis.

El aerénquima se caracteriza por estar compuesto de espacios que contienen aire; está presente en plantas acuáticas, que necesitan flotabilidad. El hidrénquima se caracteriza por almacenar agua, y está presente en plantas que viven en zonas áridas o que requieren de un almacén de agua.

Los otros dos tipos de tejidos fundamentales son el colénquima y el esclerénquima.

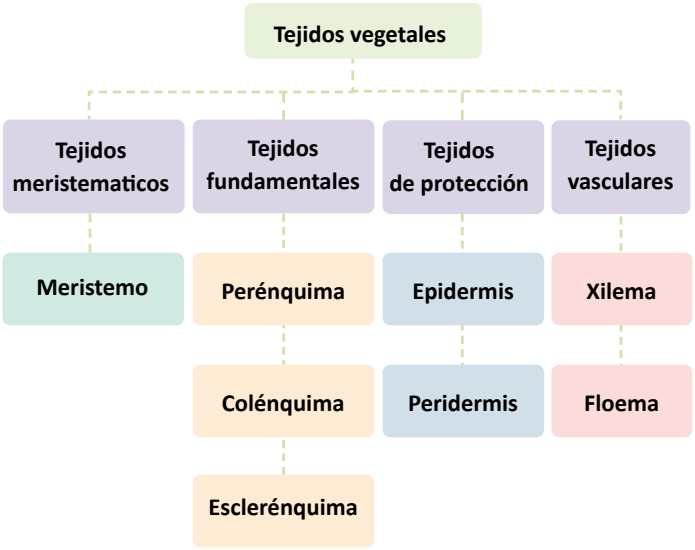
El colénquima es el tejido de sostén que se encuentra en plantas jóvenes y en las plantas herbáceas, mientras que el esclerénquima es el tejido de sostén que se halla en plantas leñosas. El esclerénquima está formado por dos tipos de células: las fibras esclerenquimatosas y las esclereidas.

Los tejidos protectores son aquellos que se encargan de aislar a los demás tejidos del medio circundante. Son dos los tipos de tejidos protectores: la epidermis y la peridermis.

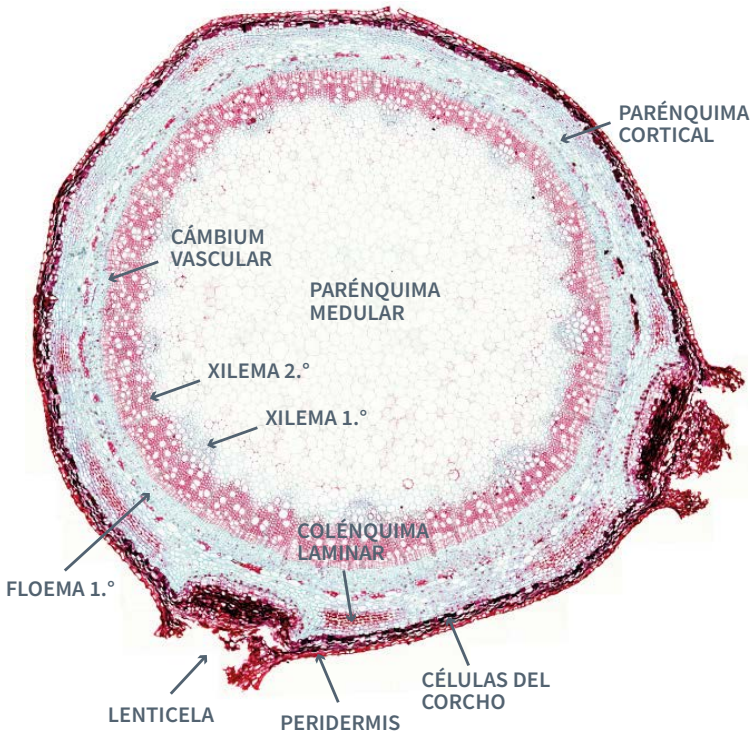
La epidermis se encuentra como tejido de protección en las plantas con crecimiento primario, mientras que la peridermis se halla en las plantas con crecimiento secundario.

Los tejidos vasculares son aquellos encargados de la circulación de agua y de nutrientes a través del cuerpo de la planta. Existen dos tipos de tejido vascular: el xilema y el floema.

El xilema es el tejido vascular encargado de transportar la savia bruta, que es aquella formada por agua y minerales, mientras que el floema se encarga de transportar la savia elaborada, que está constituida por agua y por las sustancias sintetizadas durante la fotosíntesis.



El xilema y el floema pueden ser primarios cuando forman parte del cuerpo primario de la planta, y también pueden secundarios cuando forman parte del cuerpo secundario de la planta. El tronco es el tallo con crecimiento secundario que se desarrolla en las plantas leñosas como los árboles.



Las plantas leñosas experimentan crecimiento secundario, que ocurre como resultado de la actividad de dos meristemos laterales: el cambium vascular y el cambium del corcho.

Las células del corcho son impermeables a agua y a los gases, aunque los tejidos internos vivos del tallo leñoso requieren oxígeno y deben ser capaces de intercambiar gases con la atmósfera circundante.

A medida que el tallo aumenta de diámetro por crecimiento secundario, la epidermis muere, incluyendo los estomas que permitieron el intercambio gaseoso en el tallo herbáceo, de tal modo que los estomas son sustituidos por lenticelas, por las cuales se realizará el intercambio gaseoso.

La semilla es la estructura de reproducción sexual de las plantas espermatofitas (plantas que producen semilla). La semilla protege y nutre el embrión, además de encargarse de su diseminación. La germinación es el proceso por el cual la semilla absorbe agua y se abre, permitiendo al embrión emerger. A partir de este momento, el embrión pasa a llamarse plántula.

Las semillas son albergadas por el fruto, que tiene la función de proteger y diseminar a la semilla. Existen dos tipos de frutos según su tipo de maduración: fruto climatérico y fruto no climatérico. El fruto climatérico es aquel que sigue madurando después de haber sido cortado, tal como sucede con el guineo, y el fruto no climatérico es el que cesa de madurar una vez ha sido cortado, como la uva. El etileno es una hormona gaseosa, específicamente un hidrocarburo alifático, que se encarga de promover la maduración en los frutos.

Según la forma en que son diseminadas las semillas, se distinguen los siguientes tipos de dispersión: zoocoría, anemocoría, hidrocoría.

La zoocoría es el tipo de dispersión llevada a cabo por animales, como sucede en los frutos de mozote, que se pegan al pelaje de animales o a la ropa de las personas. La anemocoría es el tipo de dispersión llevada a cabo por el viento, como sucede con los frutos y las semillas del diente de león. La hidrocoría es la dispersión a causa del agua, y como ejemplo está el fruto de coco y la candelilla (semilla germinada) del mangle.

Las hojas son órganos muy importantes en las plantas: se encargan de llevar a cabo funciones primordiales como la fotosíntesis, la transpiración y el intercambio gaseoso.

Las hojas que conforman el follaje reciben el nombre de nomófilos y tienen como funciones principales las que se acaban de mencionar. También existen hojas

modificadas, dentro de las que podemos encontrar cotiledones, catáfilas, antófilos e hipsófilos.

Los cotiledones son hojas embrionarias que proveen alimento al embrión y a la plántula en sus primeros estadios. Las catáfilas son un tipo de hojas que se encargan de almacenamiento de nutrientes y de proteger yemas; estas se encuentran principalmente en bulbos y rizomas.

Los antófilos son un tipo de hojas que constituyen a las estructuras florales. Existen dos tipos: los antófilos estériles, que son los sépalos y los pétalos, y los antófilos fértiles, que son los carpelos y los estambres.

Las brácteas o hipsófilos son un tipo de hoja modificada que acompañan a los antófilos y tienen como función principal proteger a la flor. Algunas también pueden cumplir la función de atraer polinizadores.

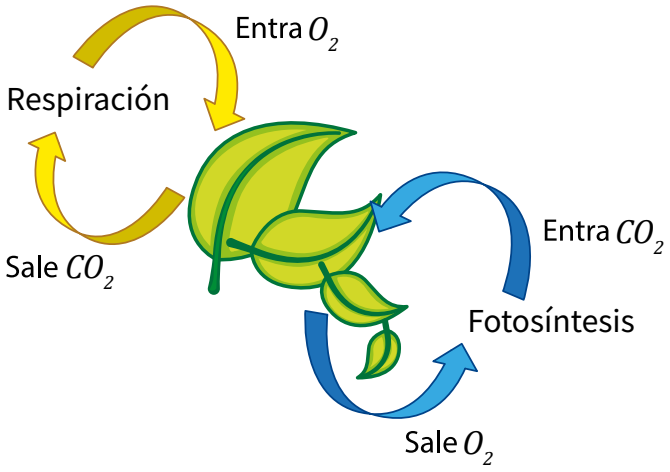
La transpiración es el proceso fisiológico que le permite a la planta regular su temperatura corporal por medio de la eliminación de agua en forma de vapor a través de los estomas y las lenticelas. Al conjunto formado por la transpiración de las plantas y la evaporación del suelo se le llama evapotranspiración.

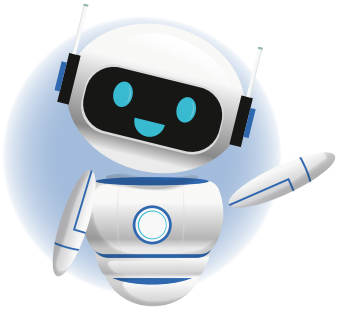
La fotosíntesis es el proceso fisiológico más destacable de las plantas. Consiste en la síntesis de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas empleando la energía luminosa.

La sustancia orgánica formada durante la fotosíntesis es la glucosa, y un subproducto de esta síntesis es el oxígeno. Las sustancias inorgánicas empleadas para fabricar la glucosa son el O_2, el dióxido de carbono y el agua.

La fotosíntesis se divide en dos grandes fases: la fase clara, donde se producen reacciones de oxidación y reducción y generación de ATP, y la fase oscura, donde se da la síntesis de glucosa.

La respiración es un proceso antagónico al de la fotosíntesis en plantas, y consiste en la oxidación de la glucosa para producir energía. Específicamente este proceso utiliza el O_2 para oxidar la glucosa, para generar energía y como subproducto se forman CO_2 y agua.





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

- **Potencial hídrico**
- **Tejidos vegetales**
- **Savia**
- **Germinación**
- **Semilla**
- **Clorofila**
- **Transpiración**
- **Fotosíntesis**
- **Respiración**

Árboles artificiales

A estos árboles artificiales se los llama biourban y consisten en una estructura metálica de 4.3 metros de altura, en cuyo interior hay tubos llenos de microalgas. Han sido desarrollados por la empresa BioMitech. Cada estructura cuesta aproximadamente USD 50 000.

El proceso que realizan consiste en la filtración del aire, absorbiendo el CO_2, el nitrógeno y partículas en suspensión, y expulsando O_2. La capacidad de filtrado de estos árboles artificiales equivale a 368 árboles naturales.

El proyecto no busca el reemplazo de los árboles naturales, sino que constituye una alternativa para aquellas zonas donde la reforestación es difícil de implementar, tal y como sucede en las zonas urbanas.



Conozcamos a...



José Yader Sageth Ruíz Cruz

Originario del departamento de La Libertad, cursó sus estudios de Licenciatura en Biología en la Universidad de El Salvador. Encaminó sus estudios en el área de la botánica y ha trabajado con plantas epífitas, especialmente en orquídeas, bromelias y helechos.

Posteriormente llevó estudios de posgrado con la Organización para Estudios Tropicales y una pasantía de investigación en el Instituto Smithsonian para Estudios Tropicales, donde estudió los aspectos del establecimiento en cuanto a pH y rugosidad de la corteza de los árboles que albergan epífitas. Ha realizado estudios botánicos con epífitas, trabajando especialmente en su ecología y distribución en El Salvador.

Actualmente se desempeña como docente de botánica y anatomía y morfología vegetal en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador. Sus investigaciones están encaminadas a conocer los aspectos ecológicos y la conservación de las especies de vainillas del país, así como descubrimientos de nuevos registros de flora y su conservación.

Quiero ser...

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

Carrera: Licenciatura en Biología



Bachilleratos sugeridos:
General, Salud, Agropecuario

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Biología estudia la clasificación, la estructura el funcionamiento y los procesos ecológicos de los seres vivos. También hace énfasis en áreas aplicadas como el manejo de recursos naturales y la evaluación del impacto ambiental producido por las actividades humanas.
La Licenciatura en Biología ofrece los fundamentos para desempeñarse en la investigación, en la aplicación del conocimiento y enseñanza en las siguientes áreas:

- Gestión de recursos naturales
- Evaluación de impacto ambiental
- Biotecnología vegetal y microbiana
- Cultivos vegetales
- Enseñanza de la biología
- Investigación científica

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	▬▬▬▬

Carrera: Ingeniería Agronómica



Bachilleratos sugeridos:
General, Agropecuario

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Agronómica se encarga del estudio de los procesos agropecuarios y forestales, auxiliándose de los recursos tecnológicos. Entre sus objetivos están la utilización adecuada de los recursos naturales, la productividad agrícola y ganadera y la seguridad alimentaria.
La Ingeniería Agronómica ofrece las bases para desempeñarse en investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico, y docencia en distintas áreas, tales como:

- Agricultura
- Mejoramiento vegetal
- Manejo de recursos naturales
- Investigación aplicada
- Procesos agroindustriales
- Control de plagas

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	▬▬▬▬

Unidad 7

Anatomía y fisiología animal

Eje integrador: sistemas

En esta unidad aprenderemos a:

- Identificar las principales características estructurales y funcionales de los tejidos animales fundamentales.
- Explicar con lenguaje científico las características y funciones de los tejidos animales fundamentales.
- Identificar las estructuras principales del sistema musculoesquelético.
- Explicar con sus palabras cómo se relaciona el intercambio de gases y la circulación.
- Identificar las principales características estructurales de los sistemas digestivos.
- Comparar los procesos de ingestión y digestión en vertebrados.
- Ejemplificar los procesos generales que realizan los sistemas excretores.
- Explicar las funciones principales de los riñones.
- Identificar diferentes mecanismos de excreción en animales.



Rana de ojos rojos *Agalychnis callidryas*

Duración: 5 semanas

Indagación

Tipos de tejidos animales

Recordemos que en los organismos unicelulares (como las bacterias) una única célula es capaz de realizar todas las funciones vitales. En cambio, en los organismos multicelulares (como las plantas y los animales) las células se agrupan formando tejidos, que cumplen una función específica. Por ejemplo, las células epiteliales forman el tejido epitelial.

Seguramente te preguntes cómo están conformados los tejidos y qué funciones cumplen dentro de un organismo. ¿Qué te parece si desarrollamos la siguiente actividad para observar y reconocer algunos tejidos de muestras de animales?

En los animales vertebrados hay cuatro tipos de tejidos fundamentales: epitelial, conectivo, muscular y nervioso.



Puedes acceder a imágenes de otros tipos de tejidos en el Atlas de histología animal.
https://qrs.ly/vxfvj6x

A. Reconociendo tejidos

Con esta actividad identificarás las principales características estructurales y funcionales de algunos tejidos animales y cómo se relacionan unos con otros.

Materiales:

- Bandeja o recipiente poco profundo
- Bisturí o cuchillo
- Lupa o microscopio
- Porciones de pollo (muslo, pierna, pechuga)
- Porción de hueso de res

Procedimiento:

1. Conforma un equipo de trabajo de cuatro integrantes.
2. Coloquen las muestras de pollo y de res en la bandeja o recipiente.
3. Tomen una porción de pollo y observen los músculos y los huesos.
4. Repitan el proceso para cada una de las porciones.
5. Observen las características, como forma, textura y estructuras de unión entre los tejidos.
6. Identifiquen algunas funciones de los tejidos, tales como revestimiento, protección, reserva de grasas y unión de tejidos.
7. Elaboren esquemas de las estructuras de unión de los diferentes tejidos en el Cuaderno de Trabajo. p. 110
8. Hagan cortes transversales de piel, cartílago y hueso con ayuda de un bisturí.
9. Observen bajo el microscopio o con una lupa cada uno de los cortes transversales.
10. Respondan las preguntas del Cuaderno de Trabajo. p. 111

Los tejidos epiteliales realizan una amplia variedad de funciones, como protección, absorción, secreción y sensación. La capa epitelial de la piel, la epidermis, cubre todo el cuerpo y lo protege de lesión mecánica, agentes químicos, bacterias y pérdida de líquidos. Los tejidos conectivos unen otras estructuras corporales y les dan sostén. Casi todo órgano tiene una armazón de tejido conectivo (o conjuntivo) que lo soporta y lo amortigua. Cartílago y hueso son ejemplos de tejidos conectivos que soportan el cuerpo de los vertebrados y protegen órganos como el corazón y pulmones. Por su parte, el tejido muscular se especializa en la contracción. Los movimientos de la mayor parte de los animales son resultado de la contracción de las células del tejido muscular.

Como vimos, cada tejido posee características distintivas, y sus estructuras están estrechamente relacionadas con su función, contribuyendo al funcionamiento general del organismo.

Creatividad

Como vimos, un conjunto de células con una estructura similar y función específica conforman un tejido; del mismo modo, varios tejidos conforman un órgano, y un conjunto de órganos, un sistema.

Ciertas disciplinas como la **anatomía** estudian la estructura, la forma, la ubicación, la disposición y la relación entre los órganos, y la **fisiología** se centra en el estudio de las funciones de cada uno de los órganos que conforman un organismo. Imagina que eres un anatomista y desarrolla la siguiente actividad para observar al microscopio algunos tejidos animales.

B. Observando tejidos

En esta actividad podrás observar algunas características microscópicas de los tejidos animales.

Materiales:

- Microscopio
- Trozo de carne o pollo (crudo y con grasa)
- Portaobjeto
- Cubreobjeto
- Bisturí o cuchillo
- Pinzas

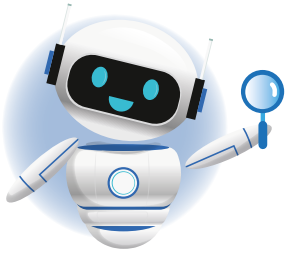
Procedimiento:

1. Toma el trozo de carne o pollo, separa una parte de la membrana traslúcida que lo recubre y colócala en el portaobjeto.
2. Agrega una gota de agua sobre la muestra de membrana y coloca el cubreobjeto.
3. Observa al microscopio e ilustra las características de la muestra.
4. Corta una porción de la capa de grasa que se forma sobre la piel del trozo de carne o pollo y colócala en el portaobjeto.
5. Agrega una gota de agua sobre la muestra de la capa de grasa y coloca el cubreobjeto.
6. Observa al microscopio, haz anotaciones e ilustraciones de la capa de grasa.

p. 111

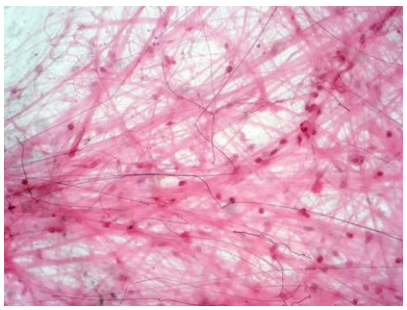
p. 112

El anatomista y fisiólogo Marie François Xavier Bichat utilizó por primera vez la palabra «tejido» para describir las fibras musculares, pero fue hasta años más tarde que se introdujo la palabra histología como la ciencia que estudia a los tejidos.



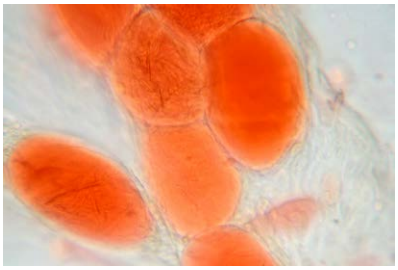
Tejido conectivo laxo con fibras de elastina





Tejido conectivo adiposo





El tejido conectivo, como indica su nombre, sirve de conexión y soporte, por esa razón contiene fibras de elastina, una proteína que permite resistencia y elasticidad a los tejidos entrelazados. El tejido conectivo también almacena grasa y ayuda a desplazar nutrientes y otras sustancias entre los tejidos y órganos.

Fíjate que...

Las células epidérmicas producen una proteína llamada **queratina**, que es muy resistente, flexible e impermeable; constituye el componente principal de las **faneras**, estructuras complementarias de la piel de animales vertebrados (p. ej. pelos, uñas, plumas, pezuñas, escamas y cuernos).



Los epitelios funcionan de barrera y protección física y también regulan la temperatura corporal. Por tener receptor sensorial, sirven de terminaciones nerviosas.



C. Tejidos creativos

Hasta ahora hemos visto características macroscópicas y microscópicas de los tejidos animales y algunas de sus funciones.

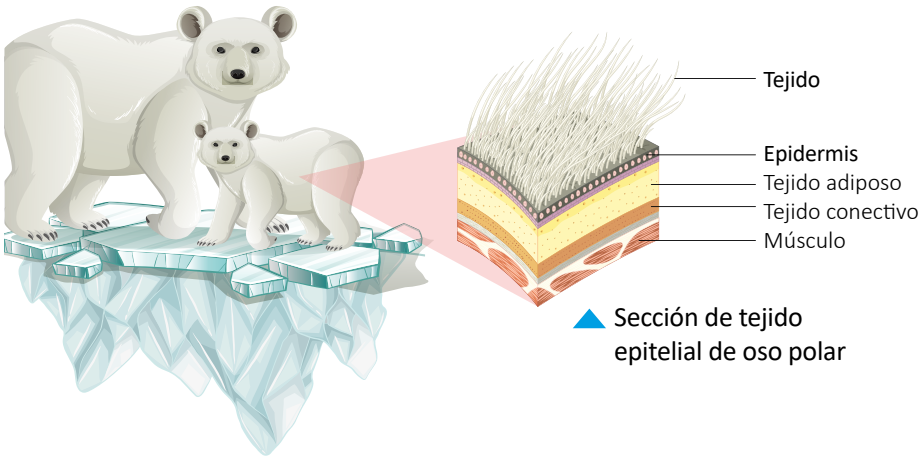
Ahora hagamos una representación de los tejidos animales fundamentales. Con esta actividad podrás crear y representar los diferentes tejidos animales utilizando tu creatividad.

Materiales:

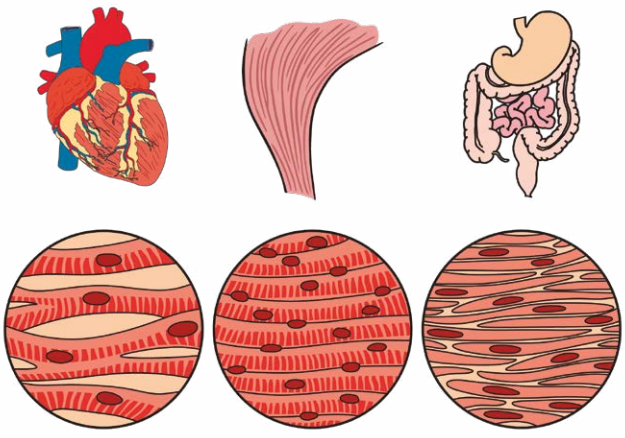
- Cartulina
- Cartón
- Colores
- Plumones
- Papel crespón
- Esponjas
- Lana
- Plastilina
- Pegamento
- Tijeras
- Hules

Procedimiento

1. Integra equipos de trabajo y elijan al azar el tipo de tejido que elaborarán.
2. Utilicen los materiales que se han solicitado para representar el tipo de tejido animal.
3. Pueden observar las imágenes de abajo para inspirar tu creación y leer la información que se presenta en la etapa de Comunicación.



▲ Sección de tejido epitelial de oso polar



Comunicación

Los organismos multicelulares, como los animales vertebrados, poseen diversos tipos de células, y un grupo de células similares en estructura y función constituyen un tejido.

D. Cartas informativas

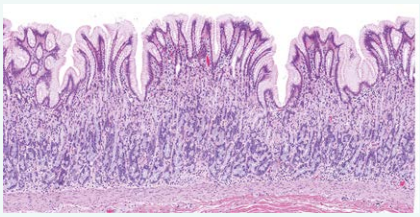
Los tejidos tienen diferentes característica y funciones específicas. Conozcamos más de los tejidos animales por medio de la lectura de unas fichas informativas.

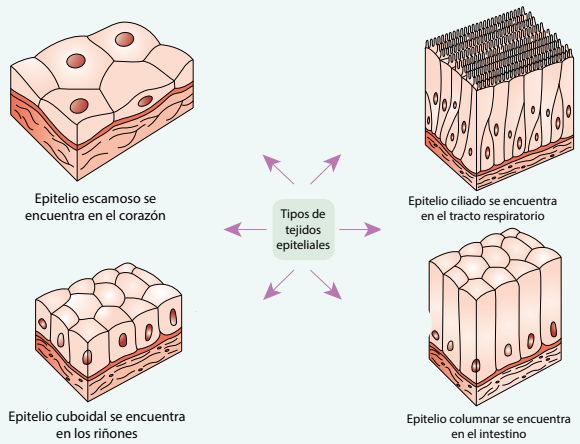
Procedimiento:

1. Integra equipos de trabajo y lean la siguiente información sobre los tipos de tejidos animales.

Tejido Epitelial

Está formado por una o varias capas de células unidas entre sí que recubren todas las superficies del organismo y sirven de revestimiento interno de los órganos huecos (intestino). También se especializa formando las mucosas y las glándulas.

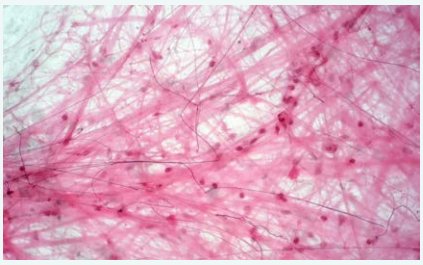


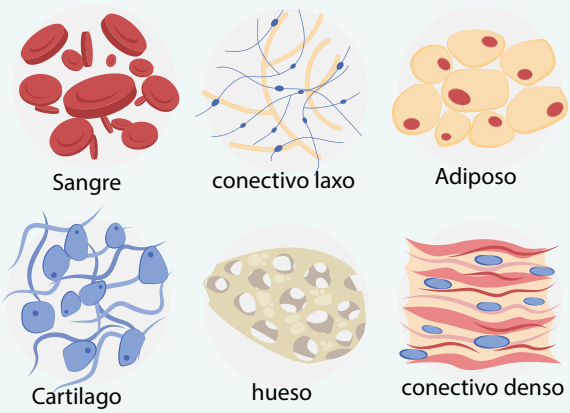


Se subdividen en **epitelios de revestimiento** y **epitelios glandulares**. Los epitelios de revestimiento se clasifican en **simples** (una capa de células) y **estratificados** (más de una capa de células). Además, de acuerdo con la forma de sus células, se clasifican en planas o escamosas, cúbicas, cilíndricas o columnares. Asimismo, algunos epitelios pueden presentar modificaciones en su superficie, como los **cilios**, que son vellosidades que cumplen diferentes funciones.

Tejido conectivo

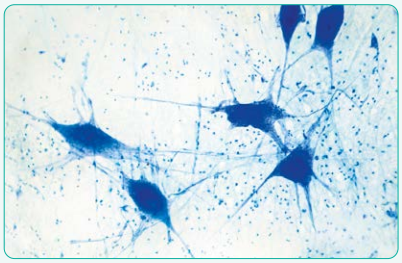
Se encuentra en muchas partes del cuerpo. En comparación con las células epiteliales, las células de este tejido se encuentran bastante separadas e inmersas en la matriz extracelular. Estos tejidos sirven de sostén y proveen nutrientes y protección a otros tejidos.

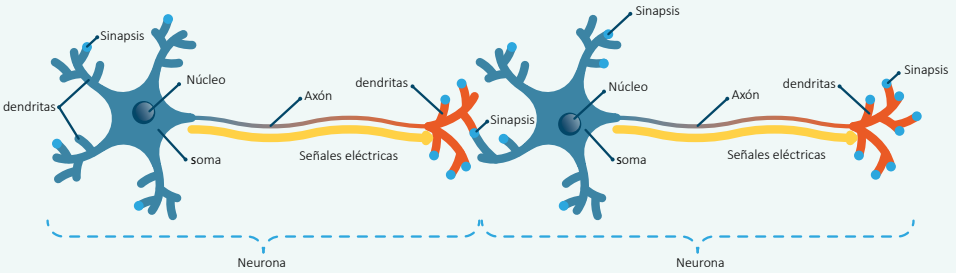




Los tejidos conectivos se encuentran en muchas partes del cuerpo. Sus componentes principales son fibras, matriz celular y células especializadas. Además, poseen fibras de colágeno y elastina. El tejido conectivo se divide en **tejido conectivo** propiamente dicho, que se subdivide en laxo y denso, y **tejido conectivo especializado**, que se subdivide en reticular, adiposo, óseo, cartílago y sangre.

Tejido nervioso

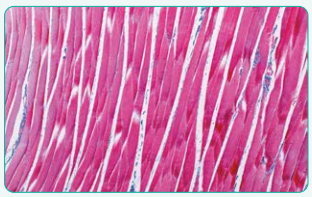




Está formado por las neuronas y las células de la glía. Las neuronas tienen receptores para recibir diferentes estímulos (p. ej. mecánicos, químicos, térmicos), que provocan una reacción transmitiendo información a los órganos efectores (músculos o glándulas).

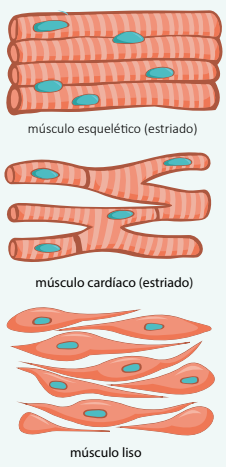
Las neuronas tienen un cuerpo celular llamado **soma** del cual salen prolongaciones de dos tipos: las **dendritas** y los **axones**. Las dendritas son extensiones ramificadas cortas que se conectan a las dendritas de otras neuronas; estas conexiones entre dendritas se llama sinapsis. Los axones son prolongaciones largas que se encargan de conducir los impulsos nerviosos; poseen vainas de mielina, una proteína que actúa como capa aislante y permite que los impulsos eléctricos se transmitan de manera rápida y eficiente. Las células de la glía son diferentes tipos de células que sostienen y nutren a las neuronas.

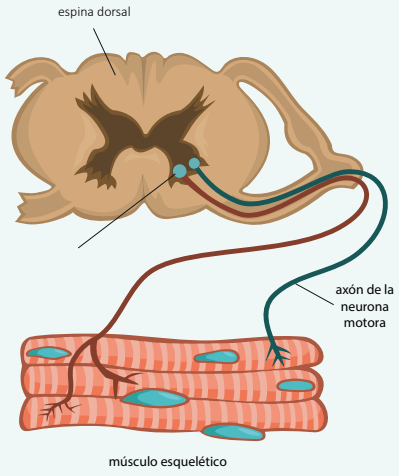
Tejido muscular



Está formado por células alargadas, parecido a fibras y dispuestas longitudinalmente, que realizan trabajo mecánico por contracción. Dependiendo de su localización y características estructurales. el tejido muscular se divide en tejido muscular esquelético, tejido muscular cardíaco y tejido muscular liso.

Las células musculares llamadas miocitos son alargadas y están dispuestas longitudinalmente formando las **miofibrillas**, que están compuestas de proteínas como la miosina y la actina. Las células musculares efectúan trabajo mecánico por contracción, donde se acortan y se engruesan, pero no tienen la capacidad de empujar. Se clasifican en dos grandes grupos: músculos **estriados** y **lisos**.
El músculo liso está inervado por el sistema nervioso autónomo, por lo que su contracción no es controlada por voluntad. El músculo estriado se encuentra unido mediante tejido conjuntivo a tendones, huesos y a la dermis, permitiendo los movimientos voluntarios y la postura del cuerpo.

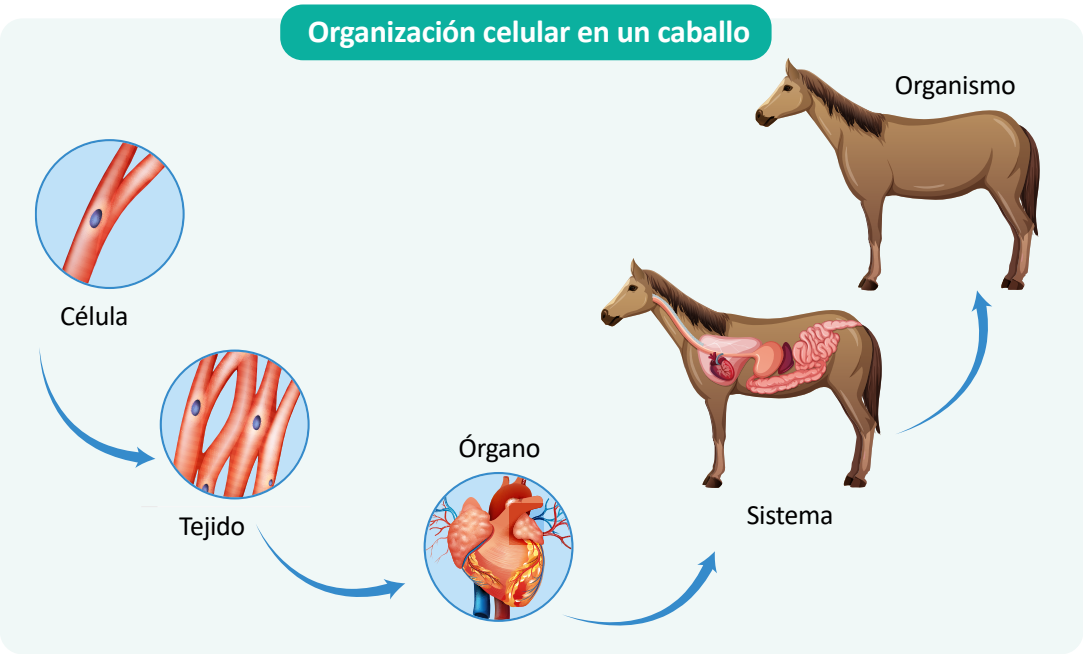




2. Completen el cuadro de tu Cuaderno de Trabajo con la explicación de las características y funcione de cada uno de los tejidos fundamentales.
3. Compartan el modelo de tejido elaborado y expliquen sus características y funciones.

p. 112

Los tejidos forman los órganos, que son estructuras compuestas por dos o más tejidos y se organizan para desempeñar una función en particular; a su vez, un conjunto de órganos con funciones relacionadas constituye a los diferentes sistemas de órganos que forman a un organismo.

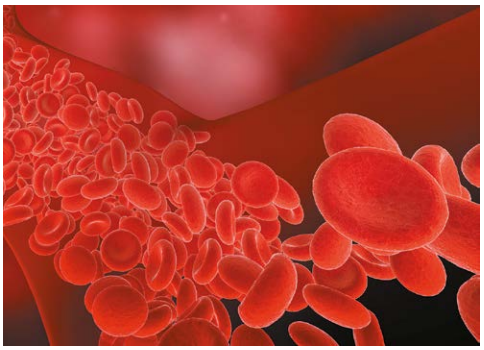


En cada uno de estos niveles de organización (células, tejidos, órganos y sistemas de órganos), la estructura está estrechamente relacionada con la función. Por ejemplo, el intestino delgado se caracteriza por poseer un epitelio lleno de vellosidades intestinales que le permite una mayor absorción de nutrientes; la estructura de los pulmones maximiza la eficiencia con la que puede tomar oxígeno y liberar dióxido de carbono.

Del mismo modo, los órganos se agrupan en sistemas de órganos para trabajar juntos y desempeñar una función particular en el organismo. Por ejemplo, el corazón y los vasos sanguíneos trabajan juntos para hacer circular la sangre, transportar oxígeno y nutrientes a todas las células del cuerpo y retirar el dióxido de carbono y los desechos metabólicos.



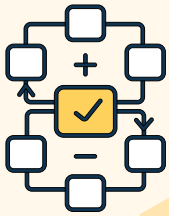
Epitelio intestinal



Flujo de glóbulos rojos en vaso sanguíneo

Ojo al dato...

La **homeostasis** es la capacidad que tiene el organismo para mantener y regular sus condiciones internas (temperatura, acidez, concentración de iones, etc.), compensando con los cambios del entorno.





MÚSCULO CARDÍACO

La estructura del músculo cardíaco es capaz de realizar contracciones fuertes, continuas y rítmicas, reflejando la función del corazón para bombear sangre hacia todo el cuerpo.

Indagación

Sistema musculoesquelético

Es posible que alguna vez te hayas golpeado muy fuerte y hayas pensado que se te ha quebrado un hueso. ¿Te has puesto a pensar cómo es la forma de los huesos y los músculos de ciertos animales? ¿Consideras que son parecidos? ¿Cómo crees que se complementan los huesos y los músculos de los animales vertebrados para dar soporte, estabilidad y movimiento a todo su cuerpo?

Recordemos que el sistema musculoesquelético está formado por dos sistemas: sistema esquelético y sistema muscular.



A. Observando muestras

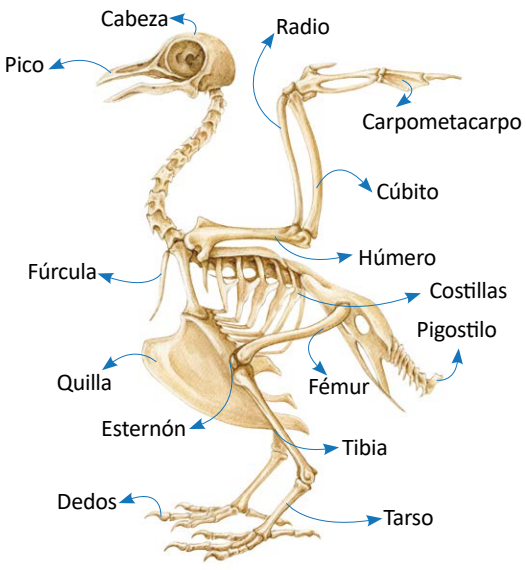
Hagamos la siguiente actividad para reconocer la morfología del sistema musculoesquelético en algunas muestras.

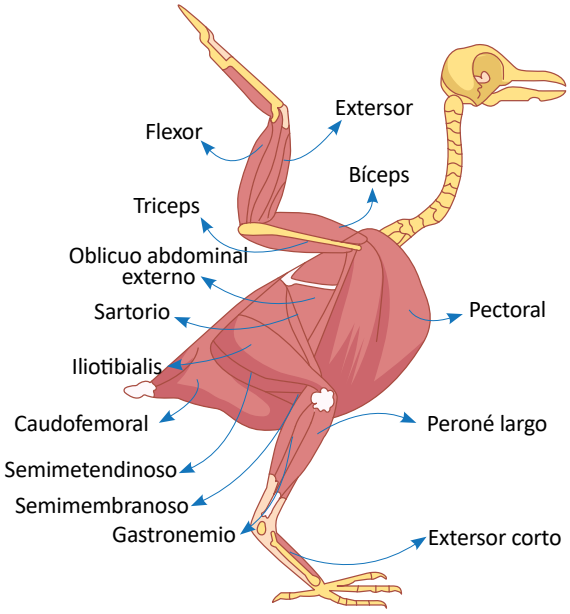
Materiales:

- Bandeja o recipiente poco profundo
- Bisturí o cuchillo
- Lupa
- Muestras de huesos, cartílago, músculos de diversos animales

Procedimiento:

1. Integra equipos de trabajo.
2. Apoyen para montar las mesas de trabajo con las diferentes muestras de animales.
3. Observen la muestra indicada y escriban el tipo de animal del que proviene.
4. Observen con ayuda de una lupa la forma y posición de los huesos, tendones, ligamentos, cartílagos y músculos en cada muestra.
5. Repitan el paso anterior con los diferentes tipos de muestras.
6. Analicen las siguientes figuras de referencia.



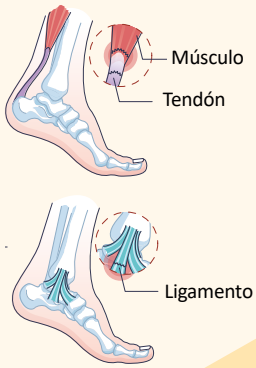


7. Esquematicen las diferentes muestras observadas y anoten sus características en el Cuaderno de Trabajo.
8. Observen y analicen la anatomía de las estructuras por medio de las siguientes muestras microscópicas de hueso, músculo, cartílago y tendón.

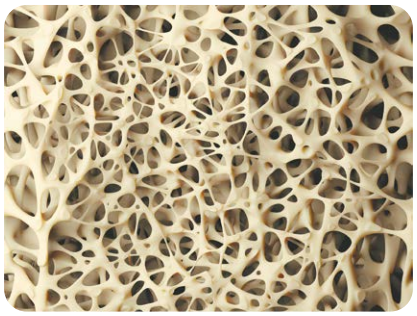
p. 113

Ojo al dato...

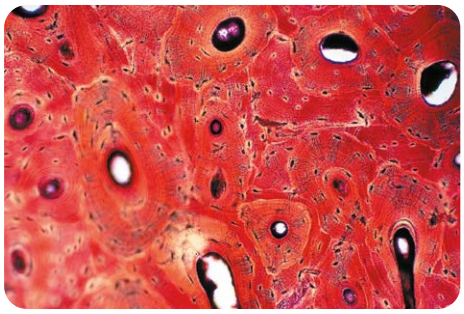
Los ligamentos conectan hueso con hueso y los tendones conectan el músculo con el hueso.



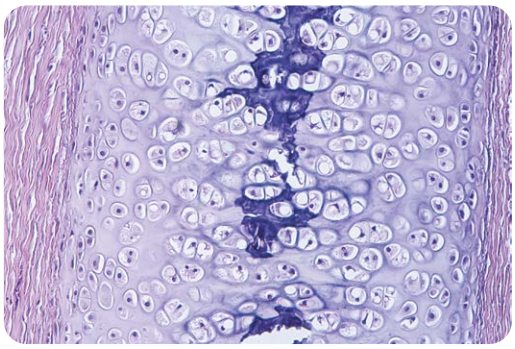




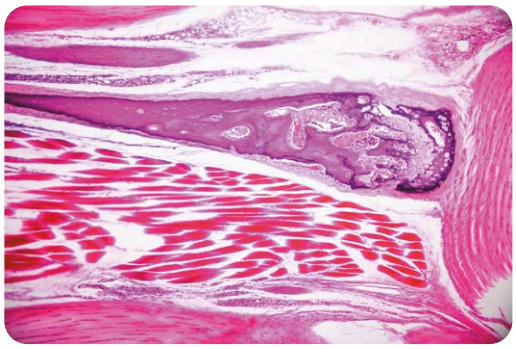
Tejido óseo



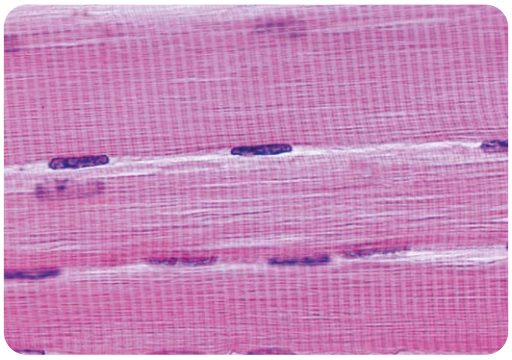
Conexión músculo-hueso y tejido conectivo



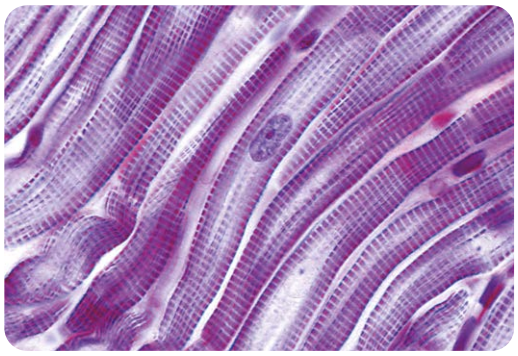
Cartílago



Sección transversal del músculo, del tendón y del hueso



Músculo esquelético. Se observan las estrías transversales y los núcleos (morados) en la periferia de la célula.



Músculo cardíaco. Los miocitos cardíacos tienen un único núcleo central.

En los vertebrados el músculo esquelético está constituido por grandes masas musculares unidas a los huesos del cuerpo. Además, el cartílago y hueso dan sostén. El cartílago es firme pero elástico y se encuentra en la punta de la nariz o en los extremos de algunos huesos. El hueso es un tejido que cambia su forma y arquitectura de manera gradual en reacción a procesos normales de crecimiento y estrés físico. Las articulaciones son los sitios de unión de dos o más huesos del esqueleto y dan flexibilidad y permiten el movimiento. La mayor parte de las articulaciones son libremente móviles y secretan líquido sinovial, parecido a un lubricante que ayuda a reducir la fricción durante el movimiento y también absorbe impactos.

Por lo tanto, el funcionamiento del sistema musculoesquelético permite el movimiento coordinado y proporciona soporte estructural al cuerpo de los animales.

Si quieres saber más sobre el tejido óseo ingresa en el siguiente enlace:
https://qrs.ly/lkfvj72

Conoce sobre el tejido cartilaginoso:
https://qrs.ly/q7fvj77

Conoce más sobre el tejido muscular.
https://qrs.ly/r7fvj79

Creatividad

La contracción muscular es un proceso fisiológico en el cual los músculos desarrollan tensión y se acortan o se estiran debido a un estímulo previo. Por ejemplo, en el movimiento de flexión del antebrazo, el músculo bíceps ejerce tensión, permitiendo el movimiento contra el músculo tríceps, que se relaja y no se contrae.

B. Contracción muscular

Analiza la resistencia de tus músculos e interpreta cómo la fatiga y el cambio de temperatura afectan la contracción muscular. Comprobémoslo ejercitando tus músculos y determina cómo algunos factores pueden afectar la contracción muscular.

El músculo que desarrolla una tensión para dar lugar al movimiento se conoce como músculo agonista, y el músculo que se mantiene relajado y no se contrae se conoce como músculo antagonista.



Materiales:

- Cinta métrica de 150 cm
- Pelota pequeña
- Cronómetro o temporizador
- 500 ml de agua
- Cubitos de hielo
- Recipiente hondo de plástico
- Objeto de 1 kg

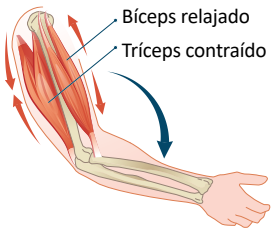
Procedimiento:

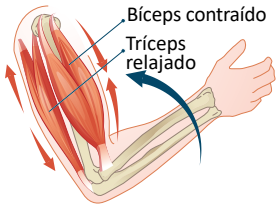
1. Forma equipos de trabajo.
2. Cada equipo realizará una de tres partes de esta actividad.

Parte I. Midiendo los bíceps

1. Seleccionen a cuatro estudiantes del equipo que realizarán la prueba.
2. Midan la circunferencia del bíceps del brazo derecho extendido de los cuatro estudiantes con la cinta métrica y anoten cada uno de los datos obtenidos.
3. Cada estudiante debe formar un puño con su mano, flexionar el brazo y contraer el bíceps con fuerza.
4. Ahora midan nuevamente la circunferencia del bíceps.
5. Repitan los *pasos 2*, *3* y *4* sosteniendo un objeto de 1 kg.
6. Anoten los resultados en el Cuaderno de Trabajo y concluyan sobre el comportamiento de los músculos del bíceps.

p. 114





Parte II. ¿Quién es más rápido?

1. Seleccionen a cuatro estudiantes que harán la prueba.
2. Ajusten el temporizador a 20 s.
3. Cada estudiante debe contabilizar la cantidad de veces que puede apretar y cerrar el puño en 20 s. Debe iniciar con la mano totalmente abierta y estirada y luego formar el puño y hacerlo lo más rápido posible.
4. Indiquen el inicio y el final de los 20 s.
5. Luego cada estudiante debe sumergir la mano en un recipiente con hielo y agua durante 1 min.
6. Ajusten nuevamente el temporizador.
7. Inmediatamente después de retirar la mano del hielo que repitan el *paso 3*.
8. Anoten los resultados en el Cuaderno de Trabajo y concluyan sobre el comportamiento de los músculos de la mano.

p. 114

Parte III. ¿Quién es más fuerte?

1. Seleccionen a cuatro estudiantes para hacer la prueba.
2. Ajusten el cronómetro a cero.
3. Indiquen a los cuatro estudiantes que cuenten cuántas veces pueden apretar con fuerza la pelota pequeña con la mano durante 1 minuto.
4. Asignen a otros estudiantes las anotaciones de la cantidad de veces que aprietan la pelota en el intervalo de tiempo.
5. Indiquen el inicio y el final del primer bloque.
6. Repitan el *paso 3*, tres veces más sin descansar entre un periodo y otro.
7. Anoten los resultados en el Cuaderno de Trabajo.
8. Analicen y concluyan sobre el movimiento y la frecuencia de las repeticiones después de cada intervalo de tiempo.

p. 114

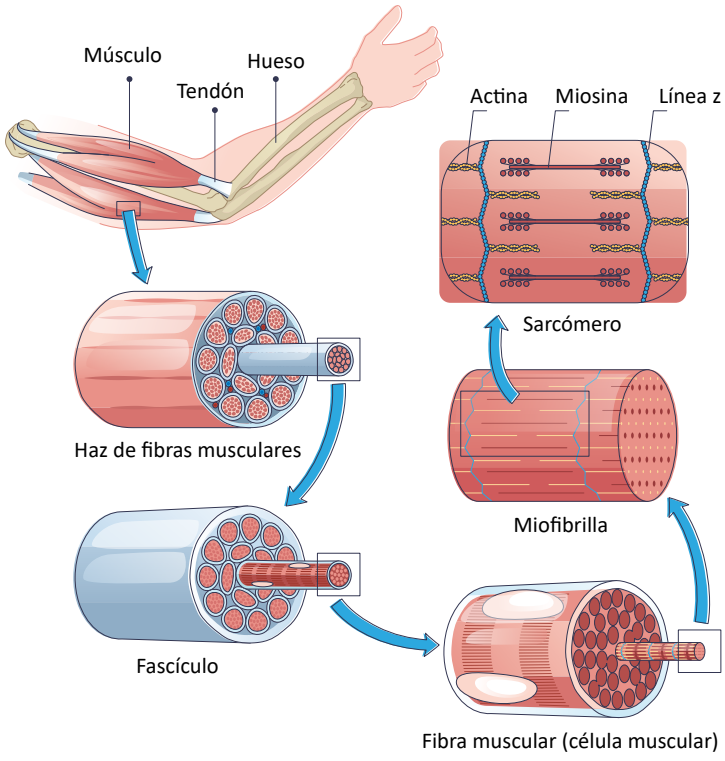
CONTRACCIÓN MUSCULAR

En la contracción muscular ocurren deslizamientos de filamentos de actina sobre los de miosina.

Con esta actividad pudimos comprobar que en la contracción muscular se ven involucrados varios músculos; mientras unos se contraen (bíceps), otros se relajan (tríceps) para permitir el movimiento. También experimentamos que el ejercicio demandante o los cambios bruscos en la temperatura corporal pueden causar fatiga muscular y afectar la capacidad de nuestro sistema musculoesquelético para efectuar procesos contráctiles y metabólicos.

Hemos experimentado una contracción muscular en nuestro cuerpo, pero veamos con detalle cómo están constituidos anatómicamente los tejidos musculares.

Los tejidos musculares en los diferentes grupos de animales tienen una apariencia fibrosa similar y cumplen las mismas funciones, aunque son estructuralmente diversos. Sin embargo, en todos los grupos de animales se encuentran las células especializadas de la contracción muscular, llamadas **miocitos**.



En los mamíferos, el tejido muscular está compuesto por **fascículos**, que son paquetes de células musculares llamadas **fibras**. Dichas células son polinucleadas y presentan en el citoplasma haces proteicos llamadas **miofibrillas**, y a su vez se componen de filamentos de proteínas como la actina y la miosina. Cada célula contiene miles de miofibrillas separadas por unidades funcionales llamadas sarcómeros, en donde ocurre la contracción.

La contracción muscular ocurre cuando el sarcómero y por lo tanto las fibras musculares, se acortan. Este acortamiento se verifica cuando los filamentos de actina y miosina se deslizan uno sobre otro, incrementando su superposición. Es importante comprender que ni los filamentos de actina ni los de miosina cambian de longitud. La extensión del músculo disminuye cuando los filamentos aumentan su superposición.

Comunicación

Ahora que hemos visto algunas propiedades de la contracción muscular, ¿qué te parece si modelamos el funcionamiento integral con otros tejidos con los que forman el sistema musculoesquelético?



C. Brazo artificial

Supone que Luis tuvo una lesión muscular, por lo que necesita un sistema que le ayude a la recuperación muscular del bíceps, pero que le permita descansar el brazo. Utiliza tu creatividad para elaborar un dispositivo que realice el mecanismo de contracción muscular y que le dé soporte al brazo desde el hombro como un arnés.

Materiales:

- Cuerdas
- Tijeras
- Bandas elásticas
- Tirro
- Dinamómetro
- Regla

Procedimiento:

1. Organicen equipos de trabajo.
2. Corten un trozo de cuerda del tamaño adecuado para la mano de uno de los compañeros del equipo.
3. Coloquen trozos de tirro para ajustar el dedo medio y la muñeca.
4. Corten otros trozos de cuerda de tamaños adecuados para el hombro y el pecho.
5. Unan todas las cuerdas con ayuda de un hule para darle movilidad al dispositivo.
6. Si tienen dinamómetro, un integrante del equipo puede probar la fuerza aplicada del dispositivo: debe quitarse el arnés para que las cuerdas y las bandas elásticas queden tan largas como sería el brazo extendido; luego coloquen el dinamómetro donde las bandas elásticas se unen al arnés de mano y midan la fuerza aplicada por las bandas elásticas.
7. Para probar la distancia deben colocar una regla donde se unen las bandas elásticas del arnés. Levanten el arnés hasta que las bandas elásticas ya no estén estiradas y midan la distancia que se estiraron las bandas elásticas.
8. Respondan en el Cuaderno de Trabajo.
   a. ¿Qué músculos se usan para mover el brazo?
   b. ¿Qué pasa si uno de los músculos se lesiona?
   c. ¿Qué tipo de lesiones puede ayudar a restaurar el dispositivo?
   d. Investiguen con familiares o conocidos que hayan sufrido una lesión cómo fue el proceso de recuperación y cómo era la movilidad de los músculos antes y después de la lesión.
   e. Concluyan sobre la utilidad del dispositivo.

p. 115

Puedes observar un ejemplo de diseño de brazo artificial en el siguiente enlace:
https://qrs.ly/wufxc88

2

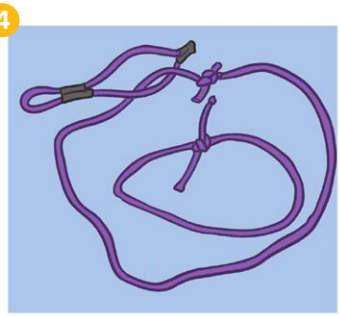


3

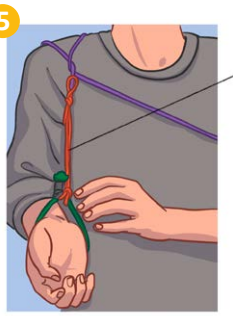




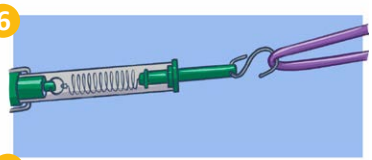
4



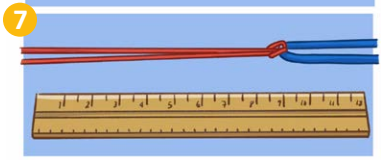
5



6



7



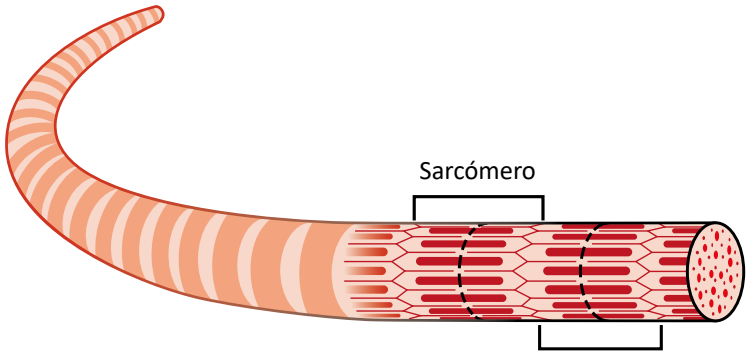
Con la actividad anterior tuvimos que probar la efectividad de nuestro dispositivo, y para eso medimos la fuerza y la distancia y comprobamos que a mayor fuerza el bíceps tiene que trabajar menos para doblar el brazo. Por otro lado, cuanto mayor es la distancia, más tiempo ayuda el dispositivo a levantar el brazo.
Con la información de la fuerza de agarre se diseñan productos cotidianos, como el cierre de un frasco de manera que se pueda abrir fácilmente con las manos, hasta equipos, electrodomésticos y herramientas que sean ergonómicas, es decir, que reduzcan la fatiga y aumenten la comodidad.



Conocer más sobre el proceso de contracción muscular.
https://qrs.ly/hvfvj7b

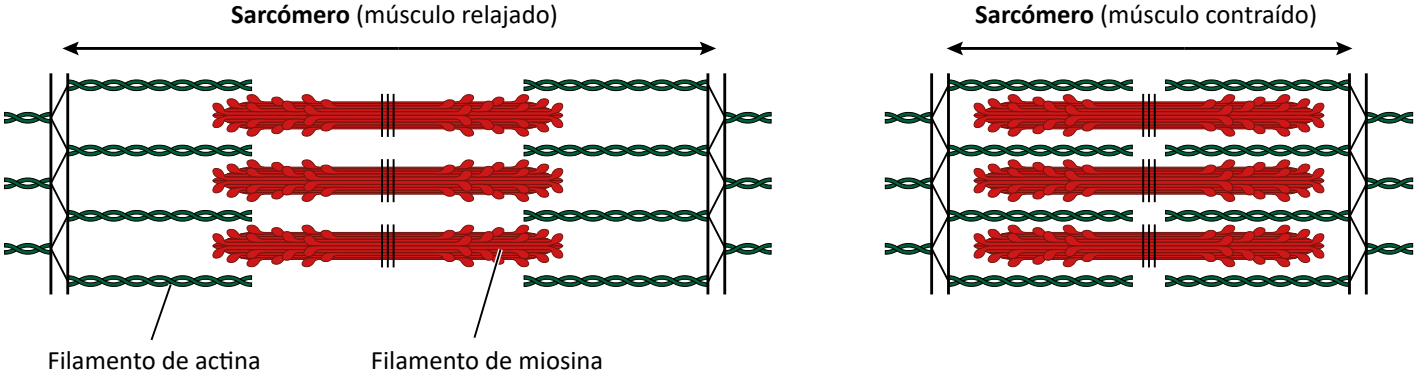
Resumiendo, el sistema muscular está constituido por diferentes grupos de músculos: esquelético, liso y cardíaco. Los músculos esqueléticos se conectan a los tendones y luego a los huesos para proporcionar movimiento. Los músculos lisos trabajan con los órganos del cuerpo y los músculos cardíacos proporcionan la fuerza para bombear el corazón.

Los movimientos del cuerpo, ya sean voluntarios o involuntarios, son coordinados por el sistema nervioso central (SNC). El proceso inicia cuando el SNC envía un impulso nervioso hacia el músculo, provocando la liberación de acetilcolina, una enzima que promueve la despolarización en la membrana de la fibra muscular por el paso de iones de sodio y potasio. Esta despolarización activa la entrada de iones de calcio a la fibra muscular y desencadena el fenómeno contráctil.



Miofibrilla o fibrilla (orgánulo complejo compuesto por haces de miofilamentos)

Sarcómero (unidad contráctil de la miofibrilla)



Indagación

Los grupos de animales realizan procesos metabólicos aeróbicos, es decir que utilizan oxígeno para la respiración celular. Sin embargo, el intercambio gaseoso o respiración externa varía entre especies. En los organismos más complejos, como el ser humano, se presentan dos sistemas encargados de la respiración y el transporte de sustancias que conforman el sistema cardiorrespiratorio.







A. Frecuencia cardíaca y respiratoria

Hagamos la siguiente actividad para experimentar cómo se relacionan las frecuencias cardíaca y respiratoria observando variaciones en las frecuencias cardíaca y respiratoria por efecto del trabajo físico.

Materiales:

- Cronómetro

Procedimiento:

1. Integra equipos de trabajo
2. Seleccionen a cuatro integrantes del equipo.
3. Registren las frecuencias cardiaca y respiratoria de los integrantes en reposo (dato inicial).
4. Para medir la frecuencia cardíaca, presionen suavemente con dos dedos por debajo del pliegue de la muñeca y cuenten los latidos que se producen en 60 s.
5. Para medir la frecuencia respiratoria, la persona debe sentarse y relajarse y contar el número de veces que el pecho o el abdomen se levanta por 60 s.
6. Indiquen a los integrantes seleccionados que hagan diversos ejercicios (saltar, sentadillas, flexiones) durante intervalos de 5, 10 y 15 min.
7. Midan las frecuencias cardíaca y respiratoria después de cada intervalo y anoten los resultados en el Cuaderno de Trabajo.
8. Respondan:
   a. ¿Qué diferencia observaron entre los integrantes cuando estaban en reposo y cuando comenzaron a hacer los ejercicios?
   b. ¿Por qué creen que las frecuencias cardíaca y respiratoria aumentan cuando hacemos ejercicios?
   c. ¿Por qué es importante conocer los valores normales de las frecuencias cardíaca y respiratoria?

p. 116

Como vimos, la frecuencia cardíaca aumenta porque los músculos que se están ejercitando necesitan más oxígeno y energía y el corazón debe bombear más rápido para que el cuerpo funcione adecuadamente.

A nivel respiratorio, la ventilación aumenta cuando aumenta el trabajo físico porque se necesita más oxígeno para que los músculos trabajen y eliminen el exceso de CO_2 que se está produciendo como desecho metabólico.

Ojo al dato...

El intercambio de gases es el proceso por el cual el oxígeno y el dióxido de carbono (gases respiratorios) se mueven en direcciones opuestas a través de las membranas respiratorias de un organismo, entre el aire o el agua del medio externo y los fluidos corporales del medio interno.

Creatividad

Los animales vertebrados utilizan diferentes mecanismos y estructuras respiratorias para incorporar oxígeno procedente del exterior y desechar dióxido de carbono y vapor de agua.

B. Observación de muestras

¿Qué te parece si hacemos la siguiente actividad para reconocer las principales características y funciones de las estructuras respiratorias de los vertebrados, identificando los órganos de los sistemas respiratorio y circulatorio de algunos grupos de animales por medio de la manipulación de muestras?

Materiales:

- Bandeja o recipiente poco profundo
- Muestras de pescado y pollo
- Bisturí o cuchillo
- Lupa

Procedimiento:

1. Forma equipos de trabajo.
2. Identifiquen y manipulen cuidadosamente las muestras de pescado y pollo para extraer las estructuras respiratorias.
3. Extraigan con cuidado, uno de los pulmones, córtenlo a lo largo y observen su interior con la lupa.
4. Observen y comparen las características de las estructuras de cada animal, incluyendo las venas.
5. Elaboren esquemas en el Cuaderno de Trabajo.
6. Discutan la información «Estructuras respiratorias de algunos grupos de vertebrados».

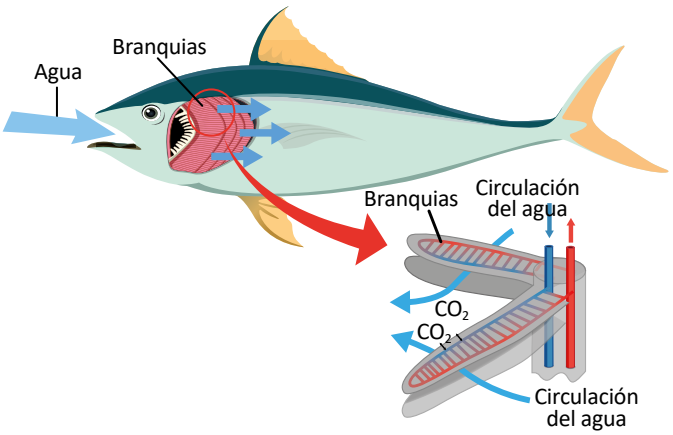
p. 117

Conoce más sobre las diferentes formas de respiración de los anfibios.
https://qrs.ly/nefvj7f

Estructuras respiratorias de algunos grupos de vertebrados

Respiración branquial

Los peces y los anfibios (fase larvaria) obtienen oxígeno del agua a través de las branquias, que poseen numerosos capilares capaces de realizar el intercambio gaseoso. El oxígeno disuelto en el agua es absorbido por las branquias y transportado a través del sistema circulatorio.



Respiración cutánea

Entre los anfibios, ciertas especies de salamandras y ranas intercambian gases respiratorios a través de la piel, que es bastante delgada para hacerla permeable y es rica en vasos sanguíneos. Esta adaptación permite la respiración en ambientes acuáticos o terrestres con alta humedad.

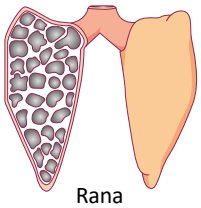


Respiración pulmonar

Anfibios. Los anfibios adultos desarrollan pulmones bastante simples. Algunas especies de salamandras tienen dos sacos simples largos, irrigados por capilares. Ranas y sapos tienen protuberancias con tejido conectivo que incrementan la superficie respiratoria.

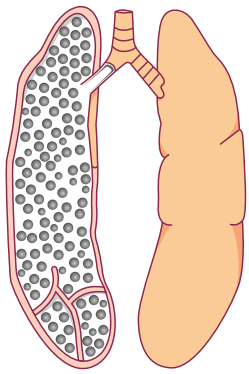


Salamandra



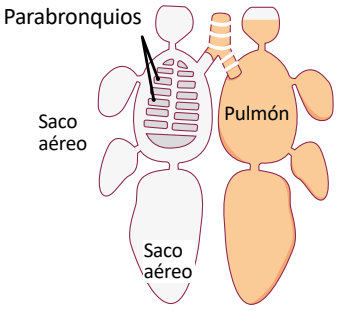
Rana

Reptiles. Los pulmones son bastante simples y tienen algunos pliegues en la pared para incrementar la superficie de intercambio gaseoso. Los pulmones en lagartos, tortugas y cocodrilos tienen textura esponjosa.



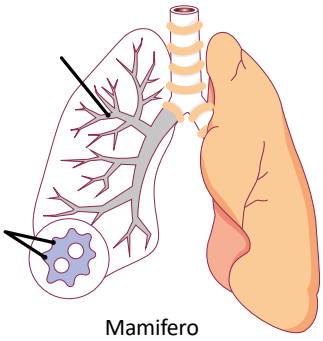
Lagarto

Aves. Son los pulmones más eficientes entre los vertebrados, poseen diminutos conductos de pared delgada (parabronquios), donde ocurre el intercambio gaseoso.



Ave

Mamíferos. Son muy complejos y tienen gran área superficial. Consta de una serie de tubos donde el aire recorre desde las narinas hasta los alvéolos pulmonares y de regreso. En los alvéolos se da el intercambio gaseoso.



Mamifero

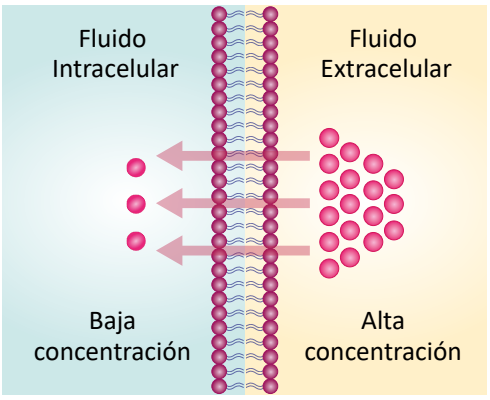
Fíjate que...

Los sacos aéreos de las aves no intervienen directamente en el intercambio gaseoso, pero favorecen el flujo continuo de aire sobre la superficie funcional del pulmón y ayudan a disminuir el peso corporal del ave para facilitar el vuelo.



Recordemos que las células necesitan oxígeno para extraer energía de moléculas orgánicas, como azúcares, ácidos grasos y aminoácidos, y en el proceso se produce dióxido de carbono, que debe eliminarse.

El movimiento aleatorio de las moléculas en el intercambio gaseoso ocurre por difusión. La difusión se produce debido a una diferencia en su concentración o gradiente a lo largo de su recorrido. Dentro del cuerpo de un animal, a medida que se consume oxígeno y se produce dióxido de carbono, el gradiente de concentración de los dos gases proporciona la dirección de la difusión.



El oxígeno y el dióxido de carbono se movilizan entre el aire y la sangre por difusión simple, es decir, desde un área de alta presión parcial hacia otra de baja presión parcial.

C. Función alveolar

La mayoría de los grupos de vertebrados poseen estructuras respiratorias más complejas para el intercambio gaseoso, como los pulmones; pero te has preguntado, ¿cómo es posible obtener una superficie tan grande para la difusión dentro del espacio limitado de las cavidades respiratorias de los animales? Averigüemos cómo influye la superficie de la estructura respiratoria para realizar el intercambio gaseoso elaborando un modelo para explicar la relación superficie-volumen de la estructura respiratoria.

Materiales:

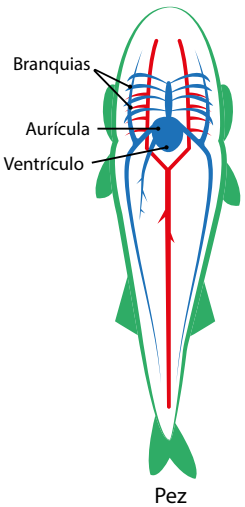
- Cartulina de dos colores
- Rollos de papel higiénico vacíos
- Cinta adhesiva
- Tijeras
- Regla

Procedimiento:

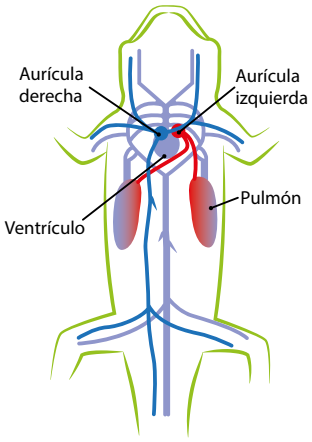
1. Corta la cartulina para formar un rectángulo grande, arma un cilindro y pégalo con cinta adhesiva o con pegamento. Este cilindro representará el pulmón.
2. Corta nuevamente la cartulina en trozos de igual tamaño para armar cilindros más pequeños. También puedes usar los rollos de papel higiénico vacíos. Estos cilindros representarán los alvéolos.
3. Coloca tantos cilindros o rollos de papel higiénico para rellenar el cilindro más grande y anota el número total con el que lograste llenarlo.
4. Ahora desenrolla el cilindro grande y los cilindros pequeños.
5. Mantén lo más plano posible el cilindro grande y pégalo sobre una mesa con cinta adhesiva.
6. Repite el *paso 5* con los cilindros pequeños y únelos con cinta adhesiva para armar una sola figura.
7. Superpone las dos figuras para comparar sus tamaños con la regla.
8. Analiza y responde en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 117

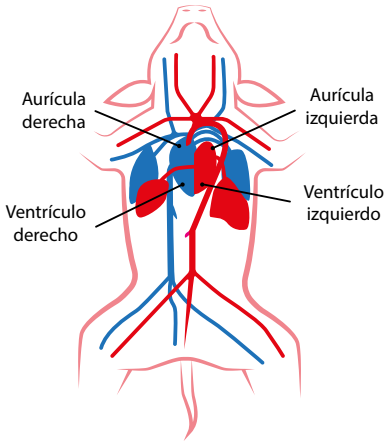
Hemos comprobado la relación entre el área superficial con el proceso del intercambio gaseoso. En los pulmones, el área superficial ha aumentado desde los animales menos complejos como las salamandras, que tienen unos sacos simples, hasta los mamíferos que tienen estructuras con pliegues que incrementan la superficie disponible para el intercambio gaseoso.



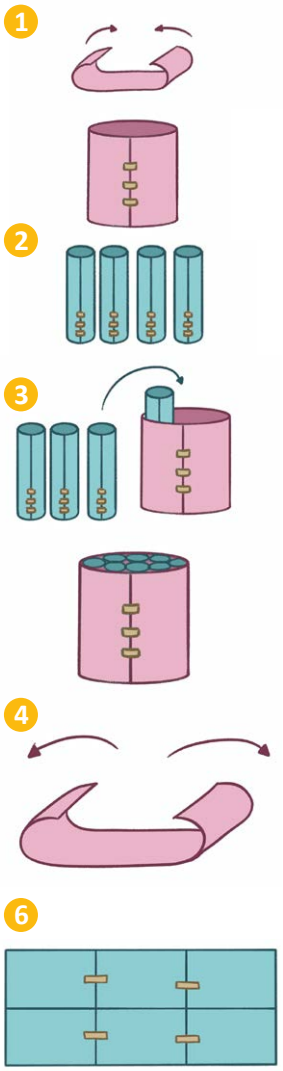
Pez



Salamandra (anfibio)



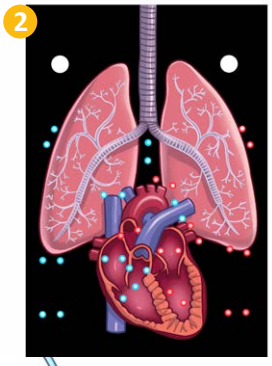
Mamífero

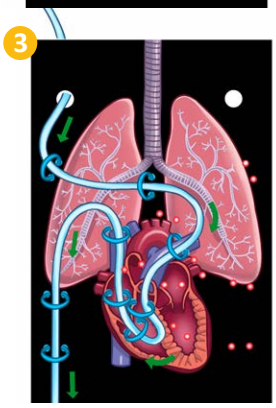



CIRCULACIÓN EN VERTEBRADOS

Los animales vertebrados tienen un sistema circulatorio cerrado que transporta nutrientes a las células y elimina los desechos.

Después del intercambio gaseoso, el sistema circulatorio transporta oxígeno, minerales, nutrientes y señales químicas a todas las partes del cuerpo. Los vertebrados han evolucionado con un sistema circulatorio cerrado, no obstante, existen variaciones en la estructura del corazón y la circulación sanguínea.







D. Representando el sistema cardiorrespiratorio

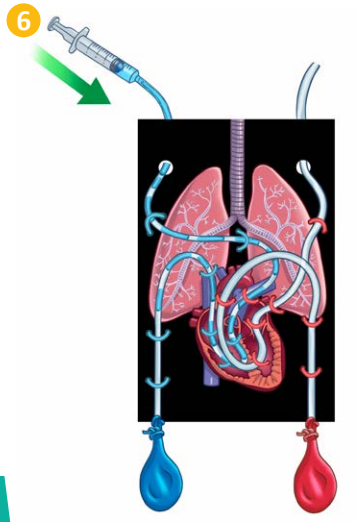
Simulemos el funcionamiento del sistema cardiorrespiratorio por medio de la elaboración de un modelo.

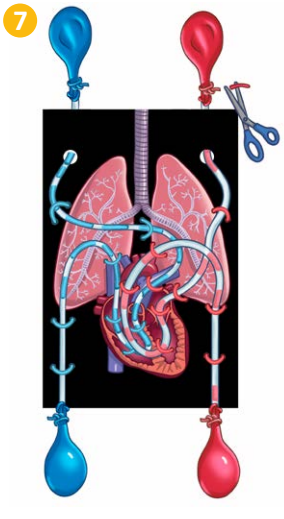
Materiales:

- 2 globos azules
- 2 globos rojos
- 2 mangueras transparentes
- 1 trozo de cartulina
- Jeringa sin agua
- Colorantes rojo y azul
- Cinchos plásticos pequeños
- Depósitos plásticos con agua

Procedimiento:

1. Integra equipos de trabajo.
2. Dibujen en la cartulina la tráquea, el corazón y los pulmones, y perforen agujeros en los lados y en el centro del sistema.
3. Tomen una manguera, introdúzcanla en los agujeros de la parte superior izquierda (azul), colóquenla sobre la imagen, simulando la circulación entre los pulmones y el corazón, y sujétenla con los cinchos. Repitan el proceso con la otra manguera al lado derecho (rojo).
4. Coloquen el globo azul en el extremo inferior de la manguera y sujétenlo con los cinchos para evitar fugas. Repitan el procedimiento con el globo rojo.
5. Agreguen unas gotas de colorante azul a un poco de agua. Con la jeringa, introduzcan el agua en una de las mangueras, de tal forma que coincidan los colores de los globos. Repitan con el colorante rojo.
6. Coloquen los otros globos en los extremos faltantes de las mangueras, haciendo coincidir los colores, y sujétenlos con los cinchos.
7. Apliquen presión en los extremos de los globos y analicen el movimiento del agua dentro de las mangueras. Consideren que el lado derecho simula la inspiración (globo rojo: sangre rica en oxígeno) y el izquierdo la expiración (globo azul: sangre con dióxido de carbono).
8. Expliquen el funcionamiento del sistema cardiorrespiratorio con ayuda del modelo.





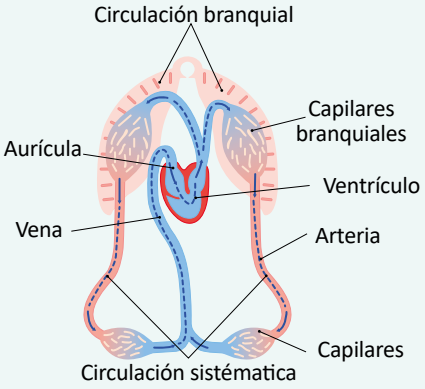
9. Lean la siguiente infografía sobre el sistema circulatorio en vertebrados y completen el cuadro en el Cuaderno de Trabajo.

p. 118

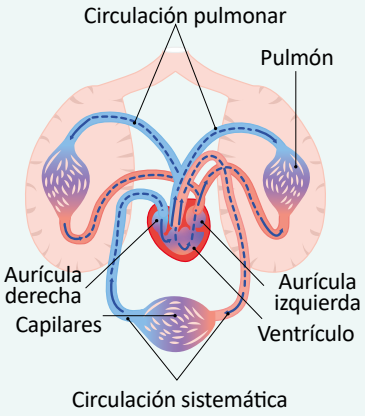
Con el modelaje representamos el transporte de nutrientes, oxígeno, desechos y hormonas, esencial para mantener el equilibrio hídrico, la acidez o basicidad adecuada y la temperatura corporal. Además, identificamos que en los vertebrados el sistema circulatorio se compone de un corazón muscular, que impulsa la sangre a través de un sistema de arterias, capilares y venas.

Sistema circulatorio en vertebrados

En peces, el circuito de flujo sanguíneo es único; en anfibios, reptiles, aves y mamíferos, se desarrolla un doble circuito de vasos sanguíneos: 1) la circulación pulmonar, que conecta el corazón y los pulmones, y 2) la circulación sistémica, que vincula el corazón con todos los tejidos del cuerpo.



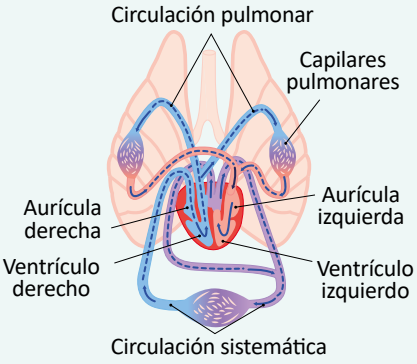
En los peces, el corazón contiene una aurícula y un ventrículo, de tal manera que la sangre fluye por un solo circuito. La sangre que regresa al corazón tiene poco oxígeno, pero es oxigenada al pasar por capilares presentes en las branquias y es enviada a otros órganos del cuerpo. La circulación se facilita por los movimientos del pez al nadar. Este sistema circulatorio de baja presión y circuito único permite a los peces una baja tasa metabólica.

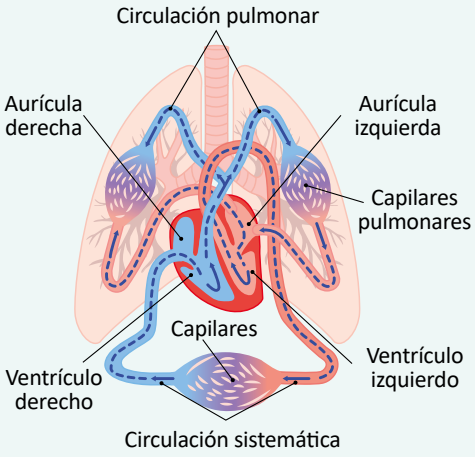


En los anfibios, reptiles, aves y mamíferos, el flujo sanguíneo se da en dos circuitos, uno a través de los pulmones y de regreso al corazón (circulación pulmonar), y el otro por el resto del cuerpo y sus órganos (circulación sistémica).

Los anfibios tienen un corazón con tres cámaras (dos aurículas y un ventrículo). La sangre oxigenada y la sangre desoxigenada se mantienen separadas en cierta medida. Un seno venoso capta sangre desoxigenada, que regresa de las venas y la bombea a la aurícula derecha y pasa directamente a la aurícula izquierda. Ambas aurículas bombean la sangre hacia el ventrículo único, pero la sangre desoxigenada es bombeada hacia fuera de este antes de que entre en él la sangre oxigenada.

La mayoría de los reptiles tienen un corazón con tres cámaras (dos aurículas y un ventrículo) y un doble circuito de flujo sanguíneo, pero aún más eficiente porque hay una pared que divide en parte el ventrículo. Aunque hay un poco de mezcla de sangre oxigenada y desoxigenada, esto se ve minimizado por la sincronización de las contracciones de las mitades izquierda y derecha del corazón y la por diferencia de presión. Por otro lado, los caimanes y los cocodrilos tienen un corazón con cuatro cámaras (dos aurículas y dos ventrículos).





Las aves y los mamíferos también tienen cuatro cámaras: dos aurículas y dos ventrículos. La pared entre los ventrículos es completa, evitando la mezcla de sangre oxigenada en el lado izquierdo con la sangre desoxigenada en el lado derecho. La separación completa hace necesario que la sangre pase por el corazón dos veces cada vez que circula por el cuerpo.

Debido a que la sangre de los mamíferos y las aves contiene más oxígeno por unidad de volumen y circula más rápido que en otros vertebrados, los tejidos reciben más oxígeno y pueden mantener una tasa metabólica más alta y una temperatura corporal elevada constante hasta en ambientes fríos.

Sistemas digestivos

Indagación

¿Alguna vez te has preguntado si colocar algún aceite o crema en nuestra piel nos permitirte absorber sus nutrientes? ¿Y te has cuestionado cómo obtenemos la energía necesaria para llevar a cabo nuestras actividades diarias? Todos los seres vivos necesitan alimentarse para obtener la energía requerida, así como para crecer y reparar los tejidos y los órganos del cuerpo.



A. Estructura de sistemas digestivos

Hagamos la siguiente actividad para explorar las principales características fundamentales de los sistemas digestivos de los animales, observando muestras de diversos animales vertebrados para reconocer las estructuras de los sistemas digestivos y saber diferenciarlos.

Materiales:

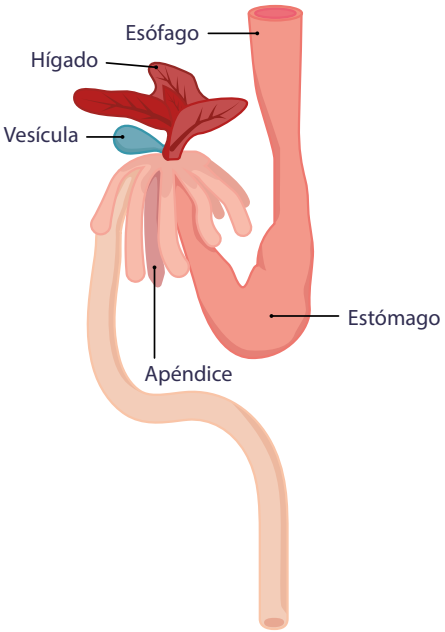
- Bandeja o recipiente poco profundo
- Bisturí o cuchillo
- Lupa
- Muestras de pescado, pollo y trozo de estómago de vaca.

Procedimiento:

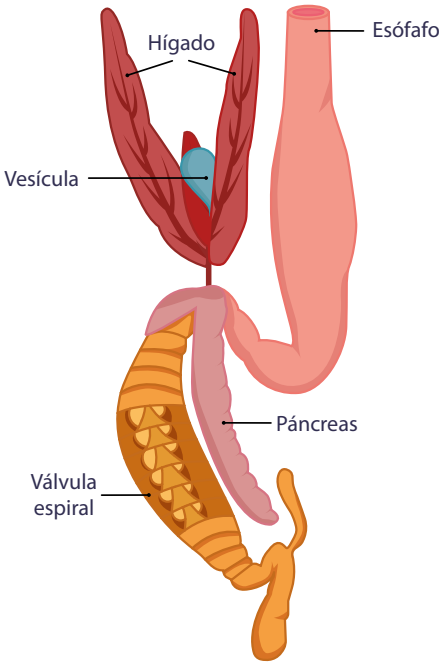
1. Integra equipos de trabajo.
2. Manipulen cuidadosamente las muestras para obtener las estructuras digestivas.
3. Observen los sistemas digestivos de cada animal y elaboren esquemas en el Cuaderno de Trabajo.
4. Observen las siguientes imágenes de tractos digestivos de animales vertebrados, identifiquen las estructuras que comparten y las diferencias y completen el cuadro en el Cuaderno de Trabajo.

p. 119
p. 120

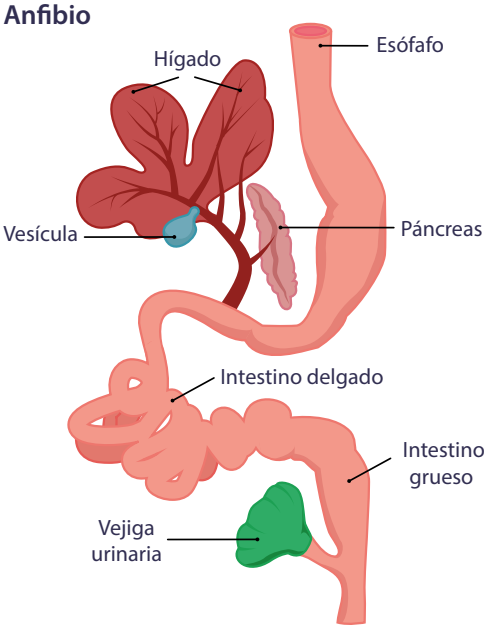
Pez óseo



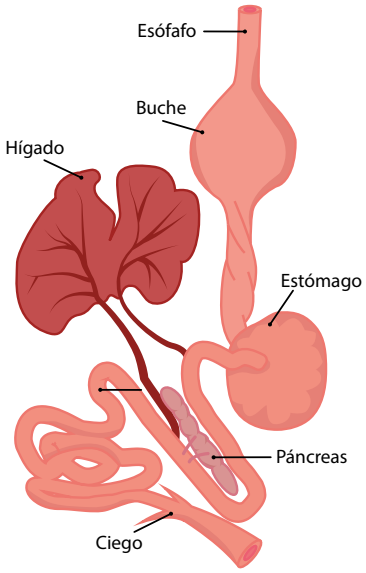
Tiburón



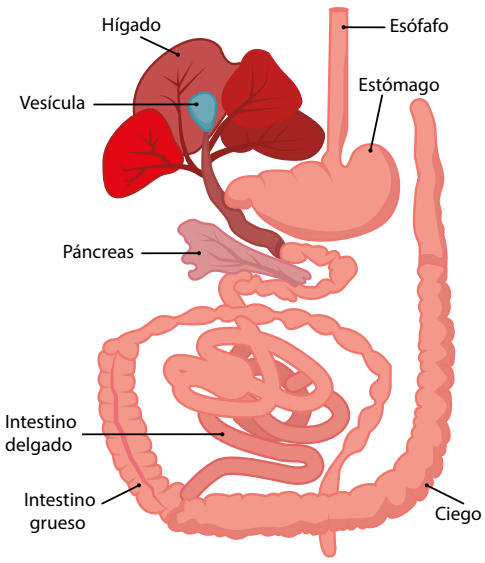
Anfibio



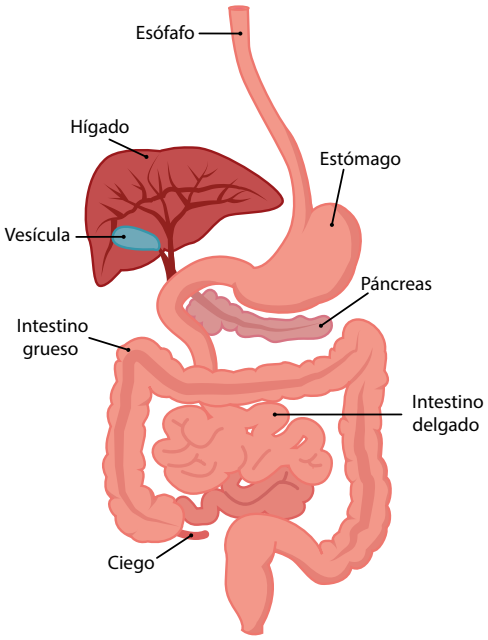
Ave



Mamiféro herbívoro



Humano



5. Resuelvan.
   a. Mencionen las principales estructuras digestivas que comparten los vertebrados.
   b. ¿Qué diferencias observan en el tamaño de las estructuras digestivas de cada animal?
   c. ¿Creen que las estructuras digestivas son diferentes según la dieta de cada grupo de vertebrados?
   d. ¿En qué sector del tracto digestivo se lleva a cabo la absorción de nutrientes?
6. Expliquen brevemente los procesos básicos de la digestión.

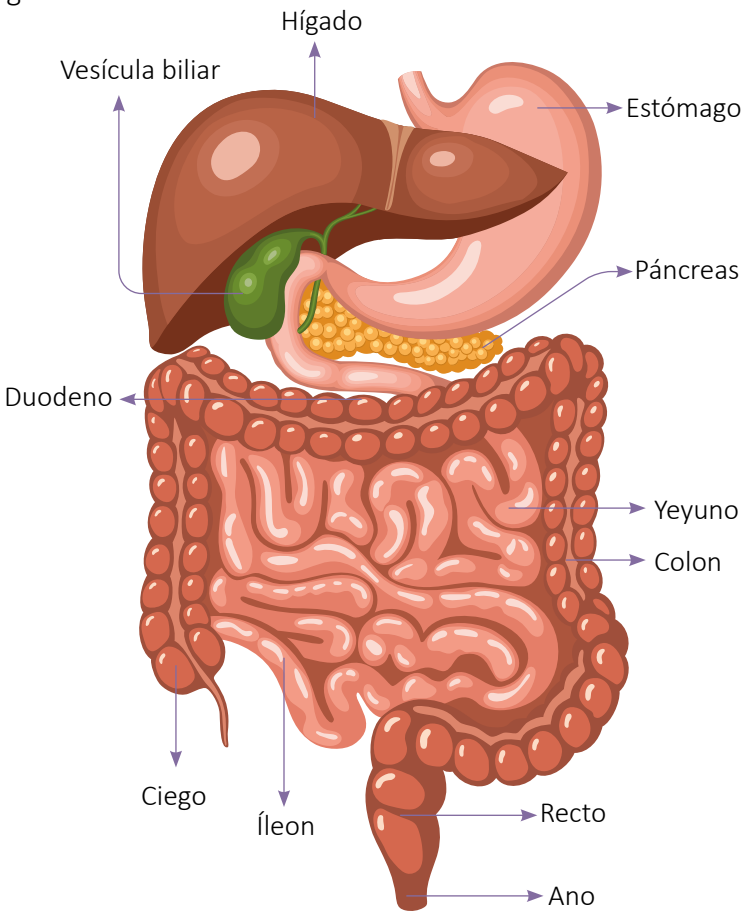
p. 120

Como vimos, los componentes básicos del tracto digestivo de los grupos de vertebrados cumplen funciones similares, desde los peces hasta los mamíferos. Sin embargo, hay especializaciones en el transporte, almacenamiento y procesamiento de los alimentos según el comportamiento alimentario de cada especie.

De tal manera que los órganos se han adaptado para ser más eficientes a la hora de digerir y absorber nutrientes de una dieta particular.

En los organismos más complejos como los seres humanos, los órganos digestivos primarios son la boca, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado (duodeno, yeyuno, íleon), el intestino grueso (colon), el recto y el ano.

Los órganos accesorios son las glándulas salivales, el hígado, la vesícula biliar y el páncreas, encargados de la síntesis y secreción de enzimas responsables de la digestión química.



Creatividad

Para que los alimentos puedan ser absorbidos por el organismo es necesario que atraviesen la pared del aparato digestivo y pasen a la sangre. La digestión comprende una serie de procesos, tanto mecánicos como químicos, que incluyen la masticación, la deglución, la **peristalsis** y finalmente la defecación o eliminación de los desechos. Ahora, simulemos el proceso de digestión de los alimentos.

Fíjate que...

Los movimientos peristálticos son contracciones musculares en forma de ondas que ocurren desde el esófago hasta el intestino grueso y permiten mover los alimentos a lo largo del tracto digestivo.







B. Digestión mecánica y química

Experimentemos la etapa inicial de la digestión: durante la masticación, los dientes trituran el alimento y lo mezclan con la saliva, formando el **bolo alimenticio**.

Materiales:

- Papa hervida
- Agua
- 2 vasos transparentes
- Lugol
- Cuchara
- Saliva

p. 121

Procedimiento:

1. Tritura la papa con una cuchara.
2. Coloca una cucharada de puré de papa con un poco de agua en cada vaso.
3. A uno de los vasos añade saliva y el otro vaso será el control.
4. Ahora añade unas gotas de lugol a ambos vasos.
5. Observa y anota en tu Cuaderno de Trabajo.
6. Responde:
   a. ¿Qué acción simulamos al triturar la papa? ¿Se trata de un proceso mecánico o químico?
   b. ¿Qué molécula identificamos con el lugol?
   c. ¿Qué función crees que cumple la saliva en el proceso de digestión?

En la saliva hay una enzima llamada amilasa, que se encarga de romper el almidón para obtener la glucosa, un hidrato de carbono que necesitan nuestras células para funcionar. Con el experimento demostramos que el almidón (una molécula grande) contenido en la papa puede ser procesado por las enzimas contenidas en la saliva, para obtener los azúcares que la componen, este proceso facilita la deglución. La digestión continua en el tracto digestivo, proceso que podemos simular con la siguiente actividad experimental.

C. Recorriendo el tracto digestivo

Representemos el sistema digestivo de un mamífero para tener una idea del recorrido de aproximadamente nueve metros del tracto digestivo humano.

Materiales:

- Recipiente hondo
- Bolsa plástica larga
- Bolsa plástica con cierre
- Calcetín
- Jugo de limón
- Jabón líquido
- Cucharas
- Agua
- Alimentos variados: galleta, papa, aceite, jamón o trozo de pollo.
- Gelatina preparada
- Trozos de piña o papaya

Procedimiento:

1. Lee la siguiente información.

Procesos básicos de la digestión

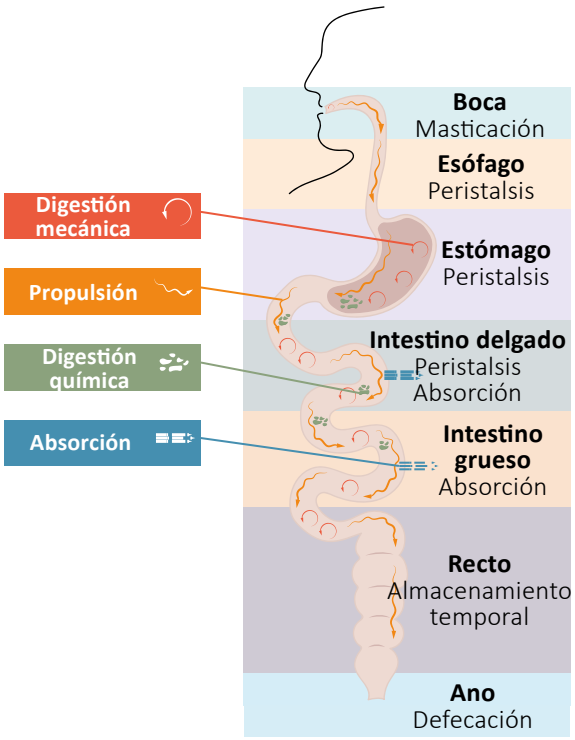
La digestión comienza en la boca, donde los alimentos se trituran por acción mecánica de los dientes y se mezclan con la saliva, que contiene enzimas que inician el proceso químico de la digestión, formándose el **bolo alimenticio**.

La comida es comprimida y enviada desde la boca hacia el esófago mediante la deglución, y del esófago al estómago, donde los alimentos son mezclados con ácido clorhídrico (HCl), que los descompone, sobre todo a las proteínas, desnaturalizándolas. El bolo alimenticio se transforma en **quimo**. Debido a los cambios de acidez en los distintos tramos del tubo digestivo, se activan o se desactivan diferentes enzimas, que descomponen los alimentos.

En el intestino delgado se produce principalmente la absorción de nutrientes, en donde el alimento (quimo) se mezcla con la bilis secretada por el hígado, que facilita la emulsión de grasas, además del jugo pancreático y otros jugos intestinales. Algunas enzimas que se encuentran son la lipasa (que rompe las grasas a ácidos grasos), la amilasa (que degrada el almidón) y las proteasas (que degrada las proteínas a aminoácidos). Toda esa mezcla constituye el **quilo**.

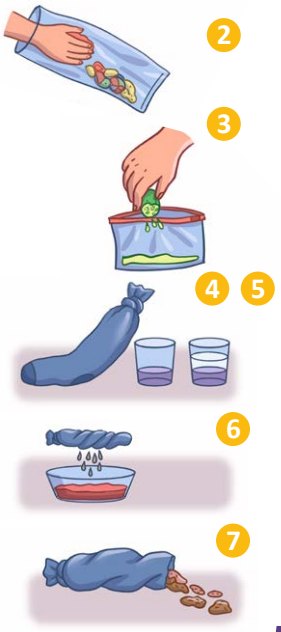
Una vez absorbidos los nutrientes son transportados por la sangre hasta las células donde serán utilizados.

El final de la digestión es la acumulación del quilo en el intestino grueso donde se absorbe una importante cantidad de agua y se almacenan las heces hasta ser expulsadas por el ano.



2. Integra equipos y rotulen mesas de trabajo con las secciones del tracto digestivo.
3. Mezclen todos los alimentos en el recipiente y remuévanlos con un poco de agua.
4. Introduzcan la mezcla en la bolsa larga y muévanla para que vaya bajando.
5. Coloquen la mezcla en la bolsa con cierre y agreguen el jugo de limón (simulando HCl). Paralelamente, en la estación del estómago coloquen la gelatina y añadan trozos de piña o papaya (simulando enzimas digestivas).
6. Introduzcan la mezcla de la bolsa con cierre en un calcetín y agreguen jabón líquido (simulando la bilis).
7. Expriman el calcetín hasta sacarle todo el líquido.
8. Recorten el calcetín y extraigan los trozos que han quedado.
9. Completen el Cuaderno de Trabajo.

p. 121



La digestión es el proceso en el que los alimentos ingeridos, al pasar por el sistema digestivo, son transformados en los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento de los organismos.

El sistema digestivo en los vertebrados es básicamente un tubo con especializaciones. Las enzimas se forman en las células glandulares del mismo tubo y las glándulas anexas (hígado, páncreas y glándulas salivales).



D. Representación de sistemas digestivos

Modelemos el tracto digestivo para representar los procesos de ingestión y digestión en diferentes grupos de vertebrados.

Materiales:

- Cartulina
- Tijeras
- Pegamento
- Lana
- Lápices de color
- Plumones

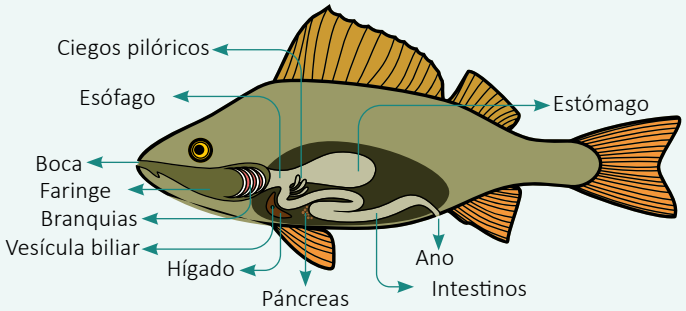
Procedimiento:

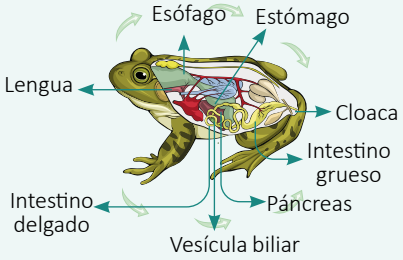
1. Lee la siguiente información.

Sistemas digestivos en vertebrados

A diferencia de los organismos unicelulares, que absorben los nutrientes a través de la superficie corporal, los organismos pluricelulares evolucionaron y cierto sector de la superficie corporal se especializó para la absorción de nutrientes. De esta manera, la superficie absorbente tomó forma de tubo hueco, que atraviesa al animal desde la boca hasta el ano.

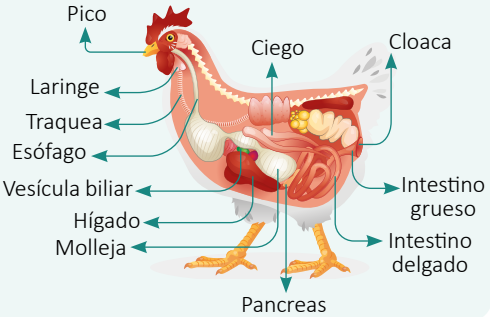
En los peces, el tubo digestivo está formado por la boca, la faringe, el esófago, el estómago y el intestino. En algunos peces, el estómago es reducido o inexistente. En los peces cartilaginosos, como el tiburón, el intestino posee una válvula en espiral, que aumenta la superficie de absorción.



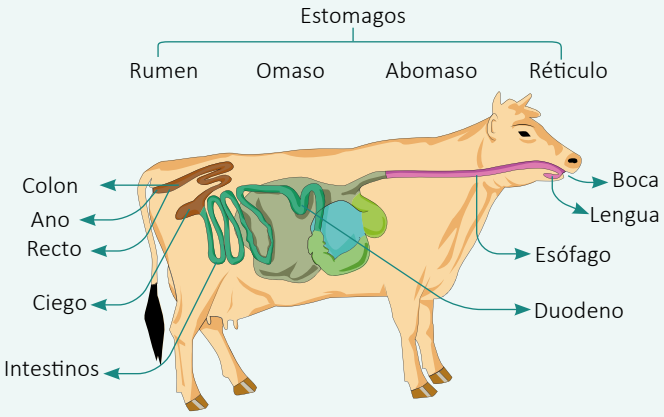


En anfibios (p. ej. ranas) y reptiles (p. ej. lagartos), el intestino es más largo con dos sectores diferenciados, el intestino delgado y el intestino grueso. En el intestino delgado se da la digestión y la absorción de nutrientes y en el intestino grueso se acumulan las heces que pasan a la cloaca.

En las aves, los labios se transformaron en pico. A continuación está el esófago y luego el buche, donde se almacena y se humedece el alimento que pasa al estómago. El estómago está dividido en dos porciones: proventrículo, donde se segrega los jugos digestivos, y la molleja, que tiene fuertes músculos que trituran el alimento con ayuda de piedrecillas ingeridas por las aves. En las aves de presa, la molleja separa los materiales indigeribles, como huesos, pelos y plumas, que luego son expulsados.

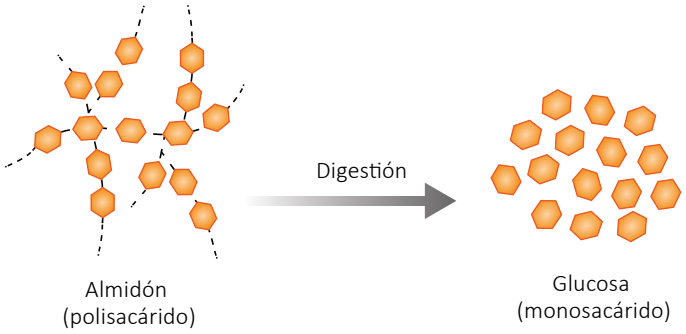


En los mamíferos, la boca tiene dientes y lengua, que ayudan al proceso de ingestión; luego pasa al esófago y al estómago bien desarrollado, según la dieta. En los herbívoros, los intestinos son más largos en comparación con los de los carnívoros que es un tubo digestivo más corto.



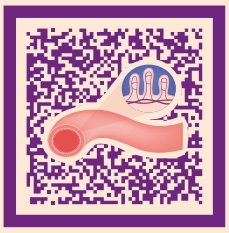
2. En equipo, elaboren un modelo de sistema digestivo de algún grupo de vertebrado que más les haya llamado la atención.
3. Utilicen diferentes materiales para la elaboración del modelo.
4. Presenten el modelo a la clase, explicando las partes del sistema digestivo y la función que cumple en el proceso de ingestión y digestión.

El proceso digestivo se encarga de transformar grandes trozos de alimento en sus moléculas más sencillas, que se utilizarán para construir y reparar el cuerpo. Para obtener estas moléculas más sencillas es necesario que se lleve a cabo el proceso de absorción de nutrientes, que se produce con gran eficacia a través de las paredes del intestino delgado, donde se absorbe la mayor parte de agua, alcohol, azúcares, minerales y vitaminas hidrosolubles, así como productos de la digestión de proteínas, grasas e hidratos de carbono.

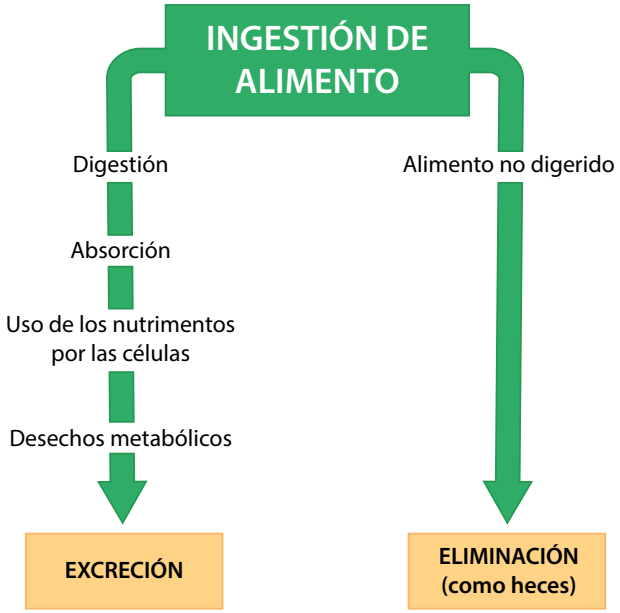


Los carbohidratos en forma de moléculas más pequeñas como la glucosa pasan a la sangre y luego al hígado, donde pueden ser trasportados a todas las células del organismo para ser metabolizados y producir energía.

Los aminoácidos procedentes de las proteínas pasan a la sangre, luego al hígado y después a la circulación general para formar parte de la reserva de aminoácidos que serán utilizados para la síntesis de proteínas estructurales y enzimas. Por otra parte, la materia alimenticia no absorbida se elimina del organismo por las heces fecales. Estas sustancias no participan en el metabolismo químico ni ingresan en las células corporales.


VELLOSIDADES INTESTINALES

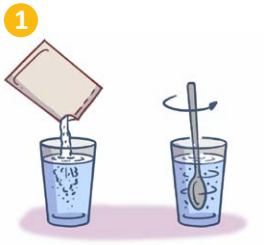
Las vellosidades intestinales sobresalen de las paredes del intestino delgado (en forma de dedos) y son esenciales en el proceso de digestión y de absorción de nutrientes.



Estructuras y sistemas excretores

Indagación

Anteriormente estudiamos el sistema excretor y conocimos cómo nuestro cuerpo elimina la orina. Pero ¿conoces otra forma de eliminar desechos de nuestro cuerpo? Por ejemplo, ¿te has fijado que cuando haces ejercicio comienzas a sudar? ¿Crees que el sudor cumplirá alguna función de eliminación de desechos? El organismo tiene mecanismos fisiológicos para regular sus funciones y para expulsar los desechos que ya no necesita.











A. Mecanismos de secreción

Indaguemos sobre los mecanismos de secreción animal experimentando las formas de eliminación de desechos del cuerpo humano.

Materiales:

- Vaso
- Cuchara
- Almidón
- Yodo
- 10 ml de agua
- Bolsa de plástico
- Hoja de papel blanco
- Pincel

Procedimiento:

1. Mezcla una cucharada de almidón con 10 ml de agua.
2. Esparce la mezcla del almidón en la hoja en blanco con ayuda del pincel y deja secar.
3. Coloca gotas de yodo en la palma de tu mano.
4. Introduce la mano en la bolsa de plástico por 5 minutos o hasta que comiences a sudar.
5. Presiona la palma de tu mano sobre el papel blanco.
6. Anota lo que observas en tu Cuaderno de Trabajo.
7. Responde:
   a. ¿Por qué comenzaste a sudar?
   b. ¿Cómo identificamos que había sudor en la palma de la mano?
   c. ¿De qué otras partes del cuerpo sudamos?
   d. ¿Por qué crees que sudamos?
   e. ¿Crees que hay otros animales que sudan? ¿Tendrán otros mecanismos para excretar el sudor u otra sustancia de desecho?
   f. ¿Por qué crees que el cuerpo necesita remover sustancias innecesarias, excesivas o dañinas para el organismo?

p. 122

Comprobamos que el cuerpo secreta sustancias de desecho a través de la piel, como el caso del sudor. Además, hay otros órganos excretores, como los pulmones durante la respiración externa, el intestino grueso al finalizar la digestión, y los riñones, que filtran la sangre.

Así como en el ser humano, en los mamíferos los riñones son los principales órganos excretores. Estos se encargan de la excreción de casi todos los desechos nitrogenados y ayudan a conservar el equilibrio hídrico ajustando el contenido de sal y agua en la orina. También los pulmones, piel y aparato digestivo son importantes para la osmorregulación y la eliminación de desechos en los mamíferos. La mayor parte del dióxido de carbono y una gran cantidad de agua son excretados por los pulmones. Aunque las glándulas sudoríparas del ser humano y otros mamíferos se encargan principalmente de regular la temperatura corporal, excretan entre el 5 al 10 % de todos los desechos metabólicos.

Ojo al dato...

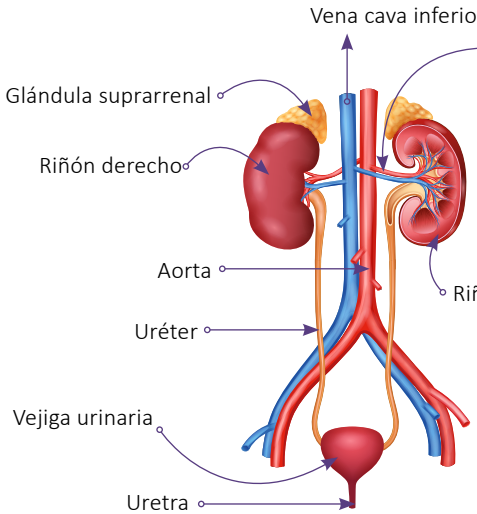
El sudor está formado mayormente por agua, sales y sustancias de desecho.

Creatividad

Recuerda que en el ser humano el sistema urinario está conformado por los riñones y las vías urinarias. Este sistema es el responsable de la producción, almacenamiento y eliminación de la orina.

Uréter: transporta la orina desde los riñones hasta la vejiga urinaria.

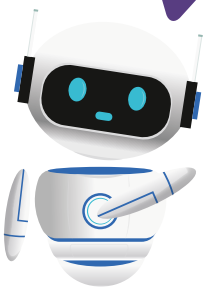
Uretra: conducto que transporta la orina desde la vejiga hasta el exterior del cuerpo.



Riñones: filtran la sangre y eliminan el exceso de agua, de urea y de ácido úrico a través de la orina.

Vejiga: recibe la orina de los uréteres y la almacena.

La orina está conformada de 96 % de agua, 2.5 % de desechos nitrogenados, principalmente urea, 1.5 % de sales y vestigios de otras sustancias, que aportan su olor y color característicos.



B. Función renal

El sistema excretor se encarga de remover las sustancias innecesarias, excesivas o dañinas del organismo. Con la siguiente actividad experimentaremos la función de los órganos excretores y comprobaremos la función renal a través de la construcción de un filtro.

Materiales:

- Recipientes transparentes
- 2 coladores (uno de malla fina y otro de malla gruesa)
- Filtro de café
- Colorante
- Arena
- Rocas grandes y pequeñas
- Papel
- Vaso con agua

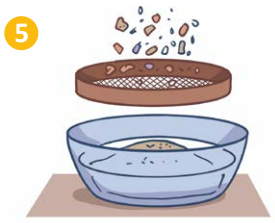
Procedimiento:

1. Integra equipos de trabajo.
2. Mezclen el agua con colorante.
3. Agreguen en el recipiente la arena, las piedras y el papel picado y el agua.
4. Viertan la mezcla en el colador de malla gruesa.
5. Pasen la mezcla por el colador de malla fina.
6. Viertan lo que ha quedado sobre el filtro de café y anoten sus observaciones en el Cuaderno de Trabajo.
7. Respondan:
   a. ¿Qué función cumplen los filtros?
   b. ¿Por qué utilizamos filtros con malla gruesa y malla fina?
   c. ¿Qué representan las rocas y el papel picado?
   d. ¿Qué representa el líquido restante después del filtrado?

p. 123







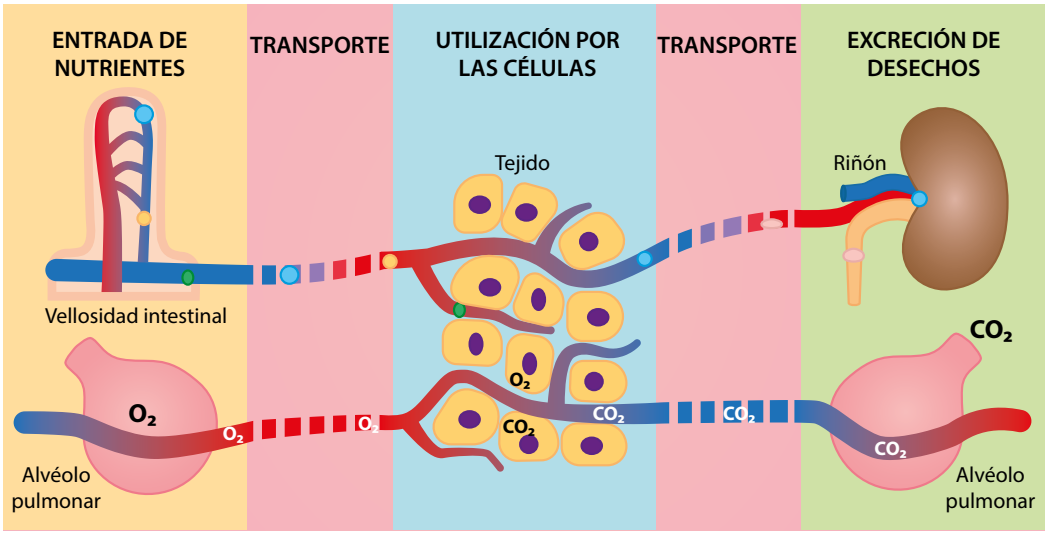


Los aparatos excretores mantienen la homeostasis al ajustar de manera selectiva las concentraciones de sales y otras sustancias en la sangre y los demás líquidos corporales.



Como vimos, el aparato excretor colecta líquido, generalmente de la sangre, y ajusta la composición de este para devolver las sustancias necesarias al líquido corporal. El producto excretorio contiene las sustancias en exceso o potencialmente tóxicas que deben ser expulsadas.

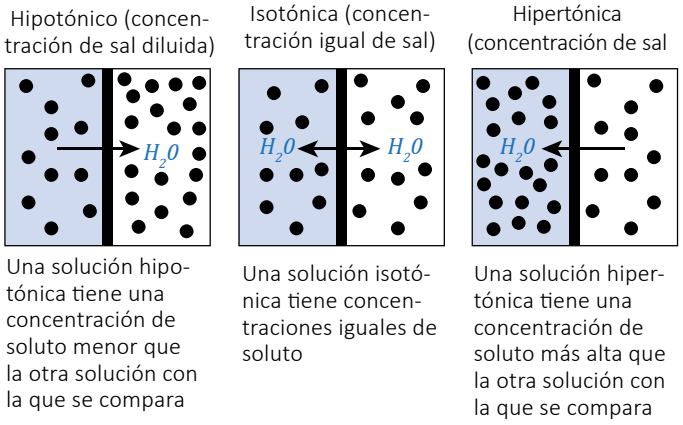
Las sustancias que son eliminadas son variadas, pero entre las más abundantes están el dióxido de carbono, que se expulsa mediante el proceso de respiración, y los compuestos nitrogenados como el amoníaco, la urea y el ácido úrico, que se eliminan por la micción.



Los dos procesos que mantienen la homeostasis de líquidos en el ser humano y otros animales son la **osmorregulación** y la excreción de desechos metabólicos.

Recordemos que todas las células están disueltas en sales, azúcares y otras sustancias que confieren a dicho líquido alguna presión osmótica. Si se coloca una célula en un líquido que tiene la misma presión osmótica no ocurre movimiento neto de moléculas de agua al interior o al exterior, y se dice que el líquido es **isotónico**.

Si el líquido circundante posee concentración de sustancias disueltas mayor que la correspondiente al interior de la célula, tiene presión osmótica mayor que esta, y se dice que es **hipertónico**. Y cuando el líquido circundante tiene concentración de materiales disueltos menor que la célula, posee presión osmótica menor, y se dice que el líquido es **hipotónico**.



Una solución hipotónica tiene una concentración de soluto menor que la otra solución con la que se compara

Una solución isotónica tiene concentraciones iguales de soluto

Una solución hipertónica tiene una concentración de soluto más alta que la otra solución con la que se compara

La osmorregulación es la regulación activa de la presión osmótica de los líquidos corporales, de modo que estos no se diluyan o concentren en exceso.

Por su parte, la excreción se encarga de eliminar las sustancias de desecho adquiridas por la alimentación o la respiración.

Comunicación

En los animales vertebrados, las unidades funcionales de excreción (**nefronas**) se localizan en los riñones, que producen orina (fluida o en forma de pasta) a través del filtrado de los fluidos luego de la reabsorción y secreción de iones. Debido a que los vertebrados habitan en diversidad de ambientes, tanto terrestres como acuáticos (de agua dulce, agua salada, costeros), han desarrollado adaptaciones para regular su contenido de sal y agua y para excretar los desechos.

Veamos algunas adaptaciones que utilizan para la osmorregulación y excreción de desechos.

C. Tipos de sistemas excretores

Los sistemas excretores de los vertebrados tienen algunas similitudes y diferencias según su hábitat. Estudiemos algunas características para reconocer los diferentes mecanismos de los sistemas excretores.

Procedimiento:

1. Integra equipos de trabajo.
2. Lean las tarjetas informativas que se presentan a continuación.
3. Identifiquen los órganos excretores de cada grupo de animales y su mecanismo de osmorregulación y excreción.
4. Completen la tabla en el Cuaderno de Trabajo.
5. Elijan uno de los grupos de animales y elaboran una presentación explicando el proceso de osmorregulación y excreción.
6. Compartan las conclusiones con la clase.

p. 123

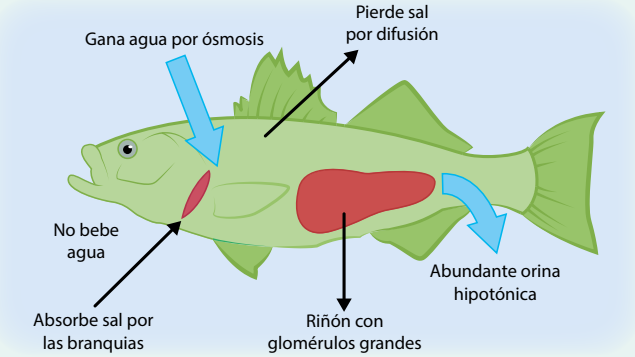
Ojo al dato...

Los riñones del ser humano producen durante un día 180 L de filtrado, que se concentran en 1 o 2 L de orina.

Sistemas excretores de los vertebrados

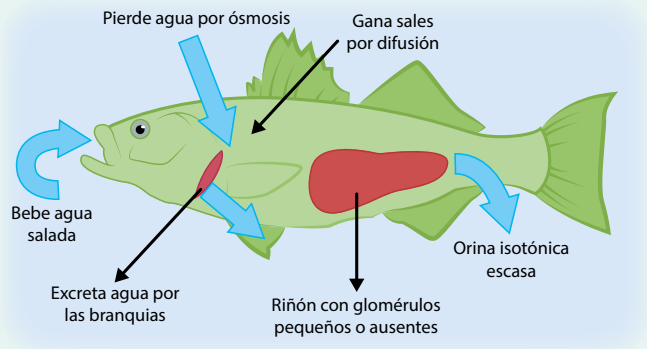
Peces de agua dulce. Viven en un medio hipotónico, por tanto, entra agua en su cuerpo por ósmosis y las sales se expulsan por difusión. Secretan grandes cantidades de orina diluida y absorben sales de manera activa a través de las branquias.

Pez de agua dulce



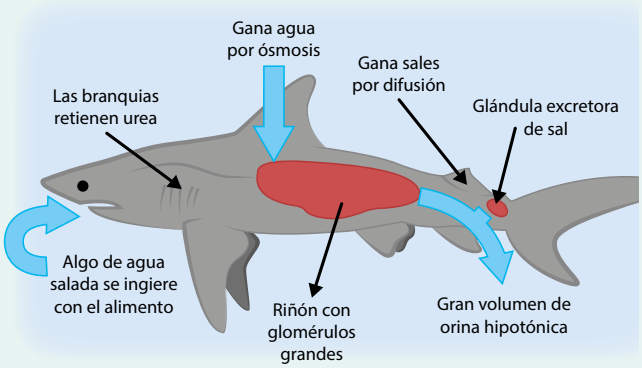
Peces óseos marinos. Viven en un medio hipertónico, así que pierden agua por ósmosis. Ganan sales del agua que beben y también por difusión. Para compensar, el pez bebe agua salada, excreta sal y produce un volumen pequeño de orina.

Pez óseo marino

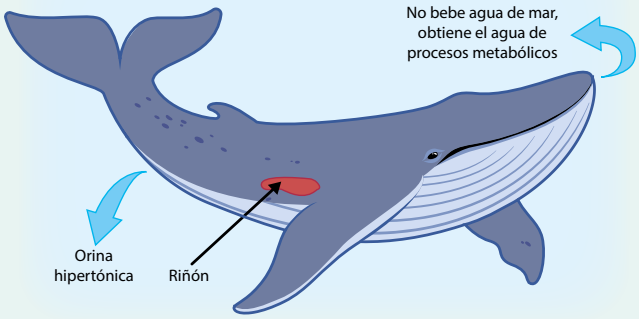


Peces cartilaginosos (tiburón). Acumula urea en concentraciones altas, por lo que sus tejidos son hipertónicos respecto al medio circundante, por eso el agua entra por ósmosis y se excreta orina diluida. El exceso de sal es excretado por riñones o una glándula rectal.

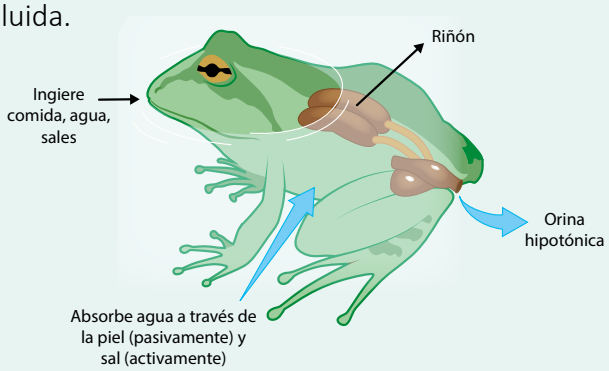
Pez cartilaginoso (tiburón)



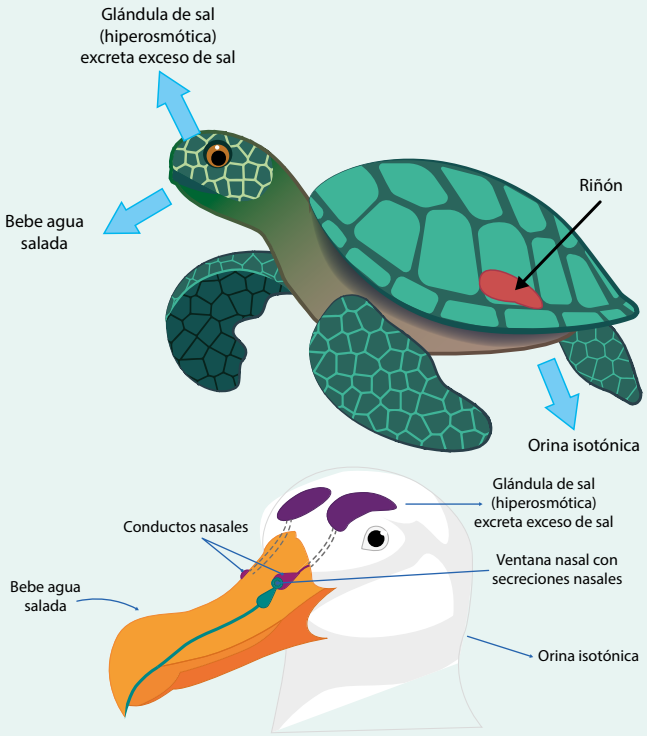
Mamíferos acuáticos. Ballenas, delfines y otros mamíferos acuáticos ingieren agua de mar junto con el alimento. Sus riñones producen orina muy concentrada, mucho más salada que el agua de mar.



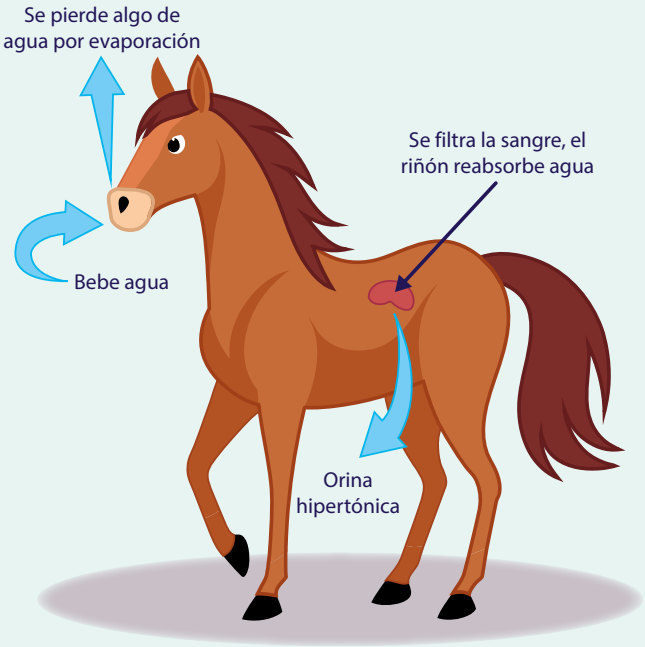
Anfibios. La mayoría de los anfibios son semiacuáticos y sus mecanismos de osmorregulación son similares a los de los peces de agua dulce. También producen grandes cantidades de orina diluida.



Reptiles y aves. Algunos reptiles y aves marinas tienen en la cabeza glándulas de sal, que excretan la sal que ha entrado en el cuerpo con el agua de mar ingerida. Estas glándulas solo funcionan bajo estrés osmótico.



Mamíferos terrestres. Excretan orina a través de los riñones; la mayor parte del dióxido de carbono y gran cantidad de agua son excretados por los pulmones. Las glándulas sudoríparas regulan principalmente la temperatura corporal, pero excretan del 5 al 10 % de todos los desechos metabólicos.

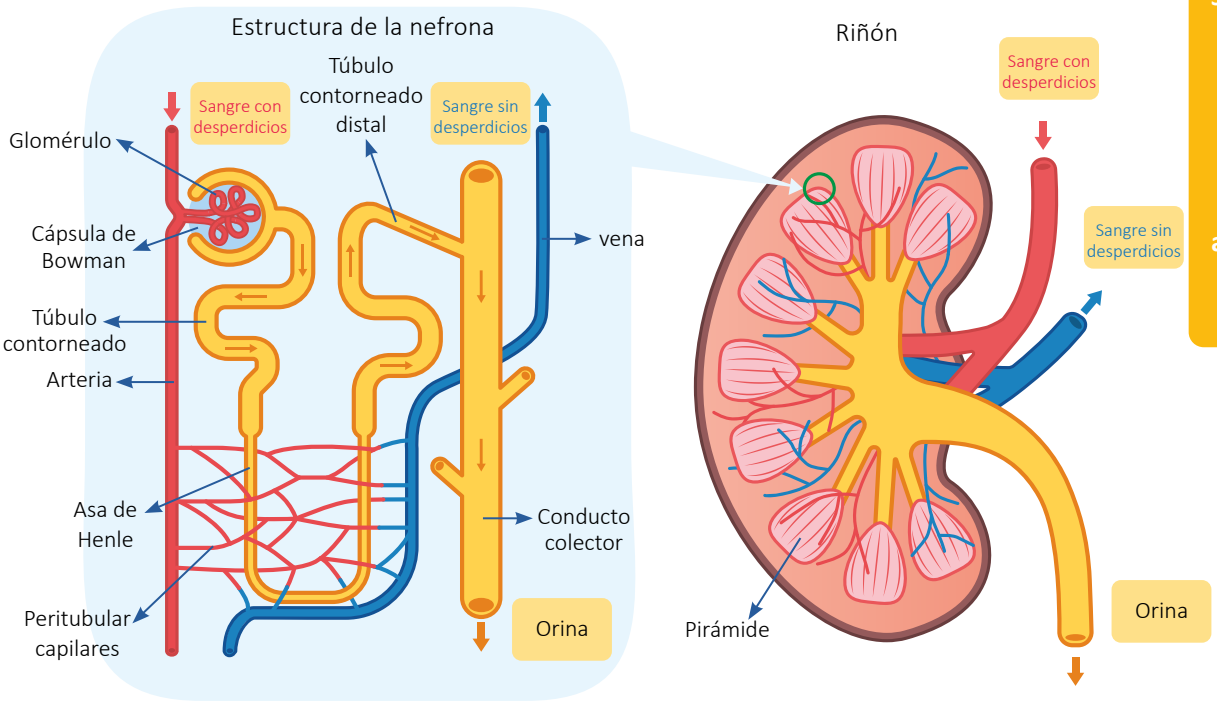


Los riñones desempeñan su acción filtradora a través de unidades funcionales llamadas **nefronas**. La sangre entra en las nefronas debido a la presión sanguínea, donde el plasma es filtrado y reabsorbido por los diminutos capilares que las conforman.

La nefrona se compone de un corpúsculo renal que se comunica con un túbulo renal. El corpúsculo renal es una estructura esferoidal, constituida por la cápsula de Bowman y el glomérulo contenido en su interior. El túbulo donde se vierte el filtrado glomerular se divide en tres partes: túbulo contorneado proximal, asa de Henle y túbulo contorneado distal.

Las nefronas son elementos que funcionan como filtros selectivos que regulan la composición de la sangre y excretan los desechos. En la nefrona, la orina inicial se forma por filtración en los glomérulos y la cápsula de Bowman. Este filtrado se modifica mediante secreción y reabsorción de iones y agua. Dichos procesos crean un gradiente salino en el fluido que rodea la nefrona, permitiendo que el agua sea retirada de la orina hacia el conducto colector.

En general, la función de los riñones mantiene la homeostasis debido a que regula la acidez y basicidad de los líquidos intersticiales (líquidos contenidos en el espacio entre las células), regula la concentración de electrolitos, mantiene el volumen de fluido extracelular, así como también secreta gran variedad de hormonas.



En algunos grupos de animales, los riñones son menos especializados en comparación con los mamíferos, como el ser humano; por tanto, los procesos de osmorregulación y de excreción son facilitados por otros órganos como branquias, pulmones, tráqueas, piel, glándulas sudoríparas, glándulas lacrimales, glándulas de sal y el intestino.



ESTRUCTURA DE LA NEFRONA

A nivel microscópico, el riñón está formado por unidades funcionales llamadas nefronas, donde ocurre la filtración de plasma sanguíneo y la formación de orina.

Todos los tejidos producen sustancias residuales, por tanto, todos los sistemas dependen del excretor para mantener su buen desempeño.

Así que recuerda beber suficiente agua durante el día para mantener tus riñones sanos.



Unidad 7

Resumen

En los animales vertebrados, las células que van a formar el embrión se separan y forman tres capas embrionarias: endodermo, mesodermo y ectodermo. A partir de estas se forman los diferentes tejidos y órganos del cuerpo; por ejemplo, el endodermo da origen al tejido epitelial interno (como el sistema digestivo), el mesodermo origina el tejido conjuntivo y el muscular, y a partir del ectodermo se originan el tejido nervioso y el epitelial externo (la piel).
De tal manera que los tejidos animales se agrupan en cuatro principales:

1. Tejido epitelial
2. Tejido conectivo o conjuntivo
3. Tejido muscular
4. Tejido nervioso

Un tejido es un grupo de células similares estrechamente asociadas para realizar funciones específicas. Cada tejido está formado por células con forma, tamaño y disposición característicos.
Algunos tejidos se especializan en el transporte de materiales, y otros permiten que el cuerpo pueda moverse.

Los tejidos se agrupan y forman órganos (p. ej. estómago, corazón). Un grupo de órganos forman sistemas y el conjunto de sistemas constituyen un organismo. Los sistemas funcionan juntos para mantener condiciones apropiadas en el organismo. Esta tendencia de mantener un ambiente interno relativamente constante se llama homeostasis. Por ejemplo, los sistemas nervioso, circulatorio y excretor trabajan en conjunto para regular la temperatura corporal.

Tejido epitelial
Constituye la capa externa de la piel y los revestimientos del tubo digestivo, vías respiratorias y cavidades excretorias y reproductivas.

El tejido epitelial está compuesto por células firmemente ajustadas entre sí que forman una capa continua de células.

Los tejidos epiteliales cumplen funciones de protección, absorción, secreción y sensación. Por ejemplo, el tubo digestivo absorbe nutrientes y agua, la epidermis cubre al cuerpo y lo protege de lesiones, otras células epiteliales se organizan en glándulas que secretan productos celulares como hormonas, enzimas y sudor.

Tejido conectivo
Todo órgano del cuerpo tiene un armazón o tejido conectivo que lo soporta y amortigua. Por ejemplo, el cartílago y el hueso soportan el cuerpo de los vertebrados y protegen los órganos como el corazón y los pulmones. La sangre es otro tejido conectivo que transporta materiales, el tejido adiposo almacena grasa y sirve como amortiguador de protección.
El tejido conectivo se clasifica en: 1) tejido conectivo laxo y denso, 2) tejido conectivo elástico, 3) tejido conectivo reticular, 4) tejido adiposo, 5) cartílago, 6) hueso, 7) sangre, linfa y tejidos que producen células sanguíneas.

Tejido muscular
Las células musculares se llaman fibras musculares debido a su longitud. Cada fibra muscular contiene muchas miofibrillas con proteínas como la miosina y la actina, que permiten la contracción de las células musculares.

En los vertebrados existen tres tipos de tejidos musculares: liso, esquelético y cardiaco.
El músculo liso se encuentra en las paredes del tubo digestivo, el útero, los vasos sanguíneos y otros órganos internos. El músculo esquelético constituye masas musculares unidas a los huesos. El músculo cardiaco es el principal tejido del corazón.

Tejido nervioso
El tejido nervioso está constituido por neuronas, células especializadas en la conducción de impulsos nerviosos electroquímicos, y células gliales, que dan sostén y nutrición a las neuronas.

Las neuronas se comunican entre sí en sitios específicos llamados sinapsis. Un nervio consiste en muchas neuronas unidas entre sí por tejido conectivo.

Las neuronas reciben señales del ambiente externo o interno y las transmiten a la médula espinal y al encéfalo; otras transmiten señales del encéfalo y la médula espinal a músculos, glándulas y otros órganos del cuerpo.

Sistema musculoesquelético

El esqueleto de los vertebrados brinda sostén y protección y transmite fuerzas. En el caso de los tiburones y las mantarrayas, el esqueleto está formado por cartílago, pero en el resto de los vertebrados consiste mayormente en huesos.

El esqueleto en los vertebrados consiste en dos secciones: esqueleto axil, que consiste en el cráneo, la columna vertebral, las costillas y el esternón; y el esqueleto apendicular, que consiste en los huesos de las extremidades y los huesos del tórax y la pelvis. Las articulaciones son los sitios de unión de dos o más huesos, dan flexibilidad y permiten el movimiento.

Cada músculo esquelético se considera un órgano. Sus fibras alargadas se organizan en haces, llamados fascículos, envueltos en tejido conectivo. Por ejemplo, el bíceps consiste en miles de fibras musculares individuales, y su cubierta es tejido conectivo.

La contracción muscular ocurre cuando los sarcómeros y las fibras musculares se acortan. Este acortamiento se evidencia cuando los filamentos de actina y miosina se deslizan uno sobre otro, incrementando su superposición.

Esta teoría de la contracción muscular es denominada modelo de filamentos deslizantes, y fue desarrollada por los biólogos Hugh Huxley y Andrew Huxley en 1950. Es importante comprender que los filamentos de actina y miosina no cambian de longitud. Podemos comparar este mecanismo con el deslizamiento de una escalera de extensión, cuya longitud cambia cuando sus extremos se alejan o se acercan, pero la longitud de cada tramo permanece constante.

Los músculos esqueléticos producen movimientos por tracción en los tendones, que son cordones resistentes de tejido conectivo que anclan los músculos a los huesos, de tal manera que los tendones tiran de los músculos. Los músculos esqueléticos o sus tendones pasan por una articulación y se insertan en los huesos en ambos extremos de la articulación. Cuando uno de los músculos se contrae, tira de un hueso acercándolo al otro hueso de la articulación o alejándolo de él. La acción de los músculos es solo de tracción, no pueden empujar.

Los músculos actúan de manera antagonista entre sí, es decir, el movimiento producido por un músculo puede ser invertido por otro. Por ejemplo, el bíceps permite flexionar el brazo, mientras el tríceps permite volver a extenderlo. El músculo que se contrae para provocar una acción específica se denomina agonista y el músculo que hace el movimiento opuesto es su antagonista; por eso cuando el agonista se contrae, el antagonista permanece relajado.

Sistema cardiorrespiratorio

Es importante que las superficies respiratorias se mantengan húmedas para prevenir desecación, de modo que el oxígeno y el dióxido de carbono puedan disolverse en el líquido que baña las células de esta superficie respiratoria. Aunque el animal viva en tierra o en agua, el intercambio gaseoso solo puede realizarse a través de una superficie húmeda.

Las estructuras respiratorias deben tener paredes delgadas para que la difusión ocurra con facilidad, por lo tanto, están sumamente vascularizadas para facilitar el transporte y el intercambio de gases respiratorios. Las estructuras principales que utilizan los animales vertebrados son la superficie corporal, las branquias y los pulmones.

Los vertebrados tienen un sistema circulatorio muy similar, conformado por un corazón muscular ventral que bombea sangre en un sistema cerrado con tres tipos principales de vasos sanguíneos: arterias, capilares y venas.

En peces, la sangre fluye por un solo circuito. La sangre que regresa al corazón tiene poco oxígeno, pero es oxigenada al pasar por los capilares que están en las branquias, para luego ser enviada a otros órganos. En anfibios, reptiles, aves y mamíferos, hay un doble circuito de vasos sanguíneos: circulación pulmonar (conecta corazón y pulmones) y circulación sistémica (comunica corazón con todos los tejidos del cuerpo).

El sistema circulatorio cumple varias funciones: transporte de nutrimentos desde el aparato digestivo hacia las células del cuerpo, transporte de oxígeno, transporte de desechos metabólicos, contribuye al mantenimiento del equilibrio de líquidos, defensa del organismo y al mantenimiento del pH apropiado.

Sistema digestivo

Los nutrimentos son sustancias contenidas en el alimento que sirven de fuente de energía para el funcionamiento del organismo y de materia prima para el crecimiento y reparación de tejidos.

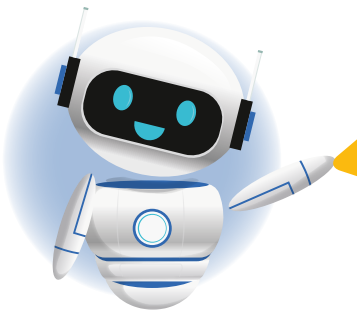
Los vertebrados poseen un tubo digestivo con dos aberturas; el alimento pasa de manera sucesiva por las siguientes regiones: boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y ano. Además, tienen glándulas accesorias que secretan jugos digestivos, entre ellas el hígado, el páncreas y las glándulas salivales (vertebrados terrestres).

La digestión mecánica comienza en la boca y la digestión enzimática se realiza en el intestino delgado, donde se absorben los nutrientes a través de su pared revestida por millones de pequeñas proyecciones (vellosidades intestinales).

Sistema excretor

El órgano excretor de los vertebrados es el riñón. Los principales desechos metabólicos son el agua, el dióxido de carbono y los desechos nitrogenados como la orina.

Los vertebrados han desarrollado diferentes estrategias de osmorregulación y excreción para mantener la homeostasis.



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

- **Histología**
- **Faneras**
- **Homeostasis**
- **Peristalsis**
- **Osmorregulación**
- **Nefrona**



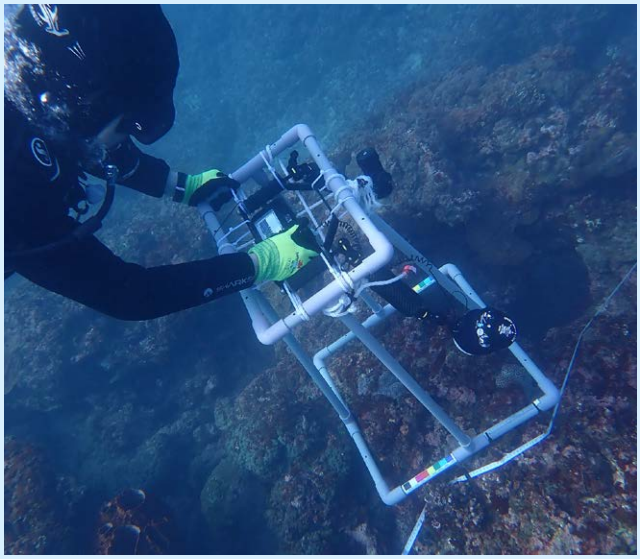
Hace algunos años se desarrollaron dispositivos como pulseras, brazaletes, bandas y otros, que son capaces de medir el ritmo cardíaco, la saturación de oxígeno, la temperatura y la actividad eléctrica de los músculos.

Recientemente se han hecho pruebas para la integración de sensores a prendas textiles de uso cotidiano capaces de capturar información de la sangre, el sudor o la orina para monitorear signos vitales y parámetros fisiológicos.

Estas prendas están pensadas para la salud y el bienestar de las personas; por ejemplo, el rendimiento físico y el control de los esfuerzos, la prevención de lesiones, incluso para monitorear el estrés del día a día.

Conozcamos a...





Rodrigo Enrique Carballo Bolaños
Es originario del departamento de San Salvador y estudió licenciatura en Biología en la Universidad de El Salvador. Su interés por la biología marina lo encaminó a hacer estudios con equinodermos en las costas salvadoreñas.

Posteriormente cursó estudios de maestría en la Universidad de Bremen (Alemania) para especializarse en el área de fisiología de invertebrados marinos. Luego obtuvo una beca para estudios doctorales en el programa de Biodiversidad de Academia Sinica en conjunto con la Universidad Nacional Normal de Taiwán, donde estudió las diferencias fisiológicas y procesos de aclimatación de corales provenientes de dos sitios con regímenes contrastantes de temperatura en el parque nacional de Kenting, en el sur de Taiwán, contribuyendo al conocimiento de los procesos de resiliencia de corales ante el estrés térmico causado por el cambio climático.

Actualmente trabaja en el laboratorio de Ecología Funcional del Arrecife en el Instituto Oceanográfico de la Universidad Nacional de Taiwán, realizando monitoreo de las comunidades bénticas en los ecosistemas de arrecifes de coral para conocer las propiedades fisiológicas de distintas especies ante el calentamiento global.

Quiero ser...

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

Carrera: Licenciatura en Biología

Duración: 5 años/10 ciclos



Descripción. La biología es una disciplina que tiene como objeto de estudio los seres vivos. La biología también se relaciona con otras ciencias, como la química, la física, la geofísica, la matemática y la estadística.
En esta carrera se podrán adquirir conocimientos sobre los organismos, sus estructuras y funcionamiento.
La biología tiene varias ramas, como:

- Zoología
- Anatomía y fisiología
- Bioquímica

Bachilleratos sugeridos:
General.

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

Carrera: Medicina

Duración: 7 años/14 ciclos



Descripción. La carrera de medicina permite la formación de profesionales capaces de diagnosticar, tratar y prevenir enfermedades o patologías presentes en el ser humano.

La medicina posee diversas especialidades, tales como

- Cardiología
- Dermatología
- Neumología
- Nefrología

Bachilleratos sugeridos:
general

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



MI
NUEVA
ESCUELA
Reforma Educativa



GOBIERNO DE
EL SALVADOR

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN