

CIENCIAS PARA VIVIR EN COMUNIDAD

Tomo II Ciencias Naturales



3er
AÑO

CIENCIA PARA VIVIR EN COMUNIDAD

Tomo II Ciencias Naturales

3^{er}
AÑO



COLECCIÓN **BICENTENARIO**

Hugo Chávez Frías

Comandante Supremo de la Revolución Bolivariana

Nicolás Maduro Moros

Presidente de la República Bolivariana de Venezuela

Corrección, Diseño y Diagramación

EQUIPO EDITORIAL

COLECCIÓN BICENTENARIO

Coordinación de la Serie Ciencias Naturales

José Azuaje Camperos

María Maite Andrés

Autoras y autores

Aurora Lacueva Teruel

Carlos Buitrago Volcán

Carmen Álvarez

Gloria Guilarte

Hilda Herrera

Itzel Chaparro Pérez

José Azuaje Camperos

Juan Linares Chacoa

María Maite Andrés

Mirtha Andrade

Said Geraldine Gómez

Revisión de Contenido y Lenguaje

Dalia Diez de Tancredi

Julia Flores Espejo

José Azuaje Camperos

Luisa Rodríguez Bello

María Maite Andrés

Yusmeny Chirino

Gloria Guilarte

Mirtha Andrade

Asesora General de la Serie Ciencias Naturales

Aurora Lacueva Teruel

Ilustración

Arturo José Goitía

César Ponte Egui

Darwin Yáñez Rodríguez

Eduardo Arias Contreras

Gilberto Abad Vivas

Julio Marcano Marini

José Samuel González

José Alberto Lostalé

Leidi Vásquez Liendo

Leonardo Lupi Durre

Luis Eduardo Lupi

Nicolás Espitia Castillo

Índice

14. De una célula a un ser humano completo.....6

- Dos metros de ADN en una pequeña célula, ¿cómo es posible?

- Dejo de crecer o me divido

- ¡100 billones de células en mi cuerpo! ¿Cómo se producen?

- Somos hermanos pero diferentes. ¿Por qué?

- Meiosis de masa flexible

- Se producen millones de espermatozoides diariamente. Espermatogénesis

- Vivo 24 horas y maduro cada 28 días, ¿qué soy? El óvulo y la ovogénesis

- La mitosis y la meiosis en nuestras vidas

- Una mirada a la mitosis en la raíz de una cebolla

- Actividades de autoevaluación.

15. Leyes celulares, leyes de familia. ¿Por qué somos como somos?.....24

- La curiosidad hace al científico

- ¿Cómo realizó Mendel... los cruces?

- ¡Manos a la obra! Conociendo tu herencia familiar

- Juguemos a construir un genotipo

- Toda regla tiene su excepción

- La genética en nuestras vidas

- Actividades de autoevaluación

16. Los genes vienen en paquetes.....40

- Parece que las leyes de Mendel no siempre se cumplen

- ¿Cómo caben los genes dentro de los cromosomas?

- Observemos los cromosomas con más detalle

- El estudio de los cromosomas es de gran importancia

- Observemos los cromosomas gigantes de Drosophila

- Actividades de autoevaluación

17. Cuando se altera el mensaje.....58

- ¿Cómo ocurren las mutaciones?

- Algunas mutaciones de producen en un solo gen

- Un árbol genealógico

- Otras mutaciones implican a muchos genes, incluso a cromosomas completos.

- El Proyecto Genoma Humano ha descubierto otros mecanismos genéticos

- El estudio de las mutaciones pueden ayudarnos a mejorar nuestra calidad de vida

- Analizando cariotipos

- Actividades de autoevaluación

18. ¿Las reacciones son acontecimientos inusuales o cotidianos?..... 82

- Describe las reacciones químicas con símbolos y evidencias

- Agrupando las reacciones químicas

- Hay reacciones químicas que parecen un evento de magia

- La cantidad perfecta para reaccionar

- El mol: el titán de la química

- La reacción ante las reacciones químicas

- Reacciones con alcohol

- Actividades de autoevaluación



República Bolivariana de Venezuela

© Ministerio del Poder Popular para la Educación

Tercera edición: Abril, 2014

Convenio y Coedición Interministerial

Ministerio del Poder Popular para la Cultura

Fundación Editorial El perro y la rana / Editorial Escuela

ISBN: 978-980-218-317-3

Depósito Legal: If5162012370749

Tiraje: 500.000 ejemplares

19. Separa mezclas para formar otras nuevas.....106

- ¡Hay variedad de mezclas! ¿Cómo podemos distinguir las?
- ¡El patrón de separación lo estableces tú!
- Contribuyendo y construyendo al mezclar y separar
- **¿Cuál es el componente de cada tinta?**
- **Actividades de autoevaluación**

20. Concentrados en las disoluciones.....128

- Los componentes necesarios en una mezcla
- ¡Una preparación insuperable!
- **La concentración importa**
- Concentraciones en la cotidianidad
- **Preparando y cuantificando disoluciones**
- **¡Te identifico con un haz de luz!**
- **Actividades de autoevaluación**

21. Las inseparables compañeras: materia y energía.....148

- ¿De dónde proviene la energía de la materia?
- ¿Cómo se manifiesta la energía química en la naturaleza?
- ¿Cuál es la principal fuente energética?
- Los combustibles fósiles. ¿Qué tan beneficiosos son?
- **Tras la pista de los tipos de energías**
- **¿Cómo dividir el agua en sus componentes más simples?**
- **Actividades de autoevaluación**

22. Calor y temperatura.....164

- De los cuatro elementos al alcahesto, al calórico... a la energía
- A mayor energía mayor temperatura
- Si aumenta la temperatura, aumentan las dimensiones
- **¡Cuidado al calentar el frasco de mercurio!**
- La temperatura: su control es importante en la vida cotidiana
- El calor: no es un fluido ni una forma de energía... es un proceso
- El calentamiento global
- **¿Caliente o frío?**
- **Actividades de autoevaluación**

23. La corriente eléctrica en la comunidad.....186

- Fenómenos eléctricos
- **Comparemos la fuerza gravitacional con la fuerza eléctrica de un átomo de hidrógeno**
- ¿Cómo se genera una corriente eléctrica?
- La diferencia de potencial mueve a las cargas eléctricas
- Mucha energía se transforma: potencia eléctrica
- **¿Cuánta potencia desarrolla la batería de un automóvil?**
- **¿Cuánto se paga de energía eléctrica por un bombillo incandescente?**
- Relación entre la corriente eléctrica y la diferencia de potencial: Ley de Ohm
- Los circuitos eléctricos
- **Análisis de circuitos en serie y en paralelo**
- **Montaje y estudio de circuitos básicos de CC**
- Hacia la toma de conciencia
- **Actividades de autoevaluación**

24. El sonido: cuando algo vibra, algo suena.....206

- Lo que vibra perturba al medio
- **Explorando con las ondas, aprendemos**
- Caractericemos las ondas
- **Probando la audición del grupo**
- ¿Rápido o lento? Depende del medio
- **La onda corre por la cuerda**
- ¿Cómo se comportan las ondas?
- **Midiendo la velocidad del sonido en el aire**
- **Trabajando con simulaciones**
- **Un mapa de ruidos de la comunidad**
- Beneficios y riesgos con las ondas sonoras
- **Actividades de autoevaluación**

25. Sin luz es imposible ver.....224

- El misterio de la luz: ¿Onda o partícula?
- La luz en movimiento
- La luz se propaga en línea recta
- Los cuerpos frente a la luz
- Fenómenos luminosos
- **Mezcla con un trompo**
- Lente e instrumentos ópticos
- El valor de la luz
- **¡Oh! ¡Cuántas imágenes!**
- **Jugando con simuladores de lentes**
- **Si tapamos la mitad de la lente, ¿qué veremos?**
- **Actividades de autoevaluación**

Algo más para saber sobre ciencia y tecnología.....246

- Fruto Vivas: una arquitectura ecológica y social
- Arístides Bastidas: pionero del periodismo científico en Venezuela
- Mesas técnicas de agua: escuelas de corresponsabilidad

Fuentes de consulta para las y los estudiantes.....254

Referencias para las profesoras y los profesores.....255



En algún momento de nuestras vidas hemos tenido un rasguño o nos hemos tropezado haciendo deporte; es posible que así hayamos causado una herida en nuestra piel, que a los días se cierra formando una cicatriz. También hemos observado cómo se desarrolla un bebé en el vientre de su madre. De éstas y otras situaciones podrías preguntarte: ¿Qué sucede en nuestro cuerpo para poder cerrar una herida?, ¿cómo es posible que de la unión de apenas dos células nazca luego un bebé de millones de células? Todos los días de nuestra vida estamos en presencia de la división celular, de ello depende nuestra salud y nuestro mantenimiento. En otros organismos como las plantas también se llevan a cabo procesos de división celular que permiten el crecimiento de sus partes y su reproducción.

Algunas veces estos procesos de división fallan, causando problemas y enfermedades que pueden llevar a la persona a un estado crítico e inclusive a la muerte. Los riesgos se agudizan con la contaminación ambiental a nuestro alrededor y los malos hábitos alimentarios, donde se sustituyen los alimentos naturales y elaborados en casa por alimentos procesados y comidas rápidas.

En esta lectura vamos a conocer los dos grandes procesos de división celular: la mitosis y la meiosis. También conoceremos cómo se originan las células sexuales, los óvulos y los espermatozoides. Identificaremos a los cromosomas y su papel en la división celular. Finalmente, aprenderemos cómo se reflejan la **mitosis y la meiosis** en nuestras vidas.

Dos metros de ADN en una pequeña célula, ¿cómo es posible?

Como podrás recordar, todas las células poseen material genético que es heredado: es el ADN. Los investigadores estiman que la fibra del ADN de una bacteria puede medir 1,3 mm y en los humanos, hipotéticamente, el ADN del núcleo celular puede medir 2 metros si se suman todas las fibras de este material, una detrás de la otra. ¿Será posible que en el núcleo de una célula se pueda albergar todo ese ADN? Si participaras en un concurso donde debes colocar dos kilómetros de cable en una caja de zapatos, ¿cómo lo harías?, ¿qué sería lo primero que intentarías?

El ADN de las células de los humanos, al igual que el de muchos otros organismos, se encuentra formando finísimas hebras enrolladas, llamadas cromatina. Ese enrollamiento les permite caber en el reducido espacio celular, pero cuando una célula se va a dividir, su ADN se organiza de manera mucho más apretada, más práctica para esa "mudanza". Así, se empaqueta en estructuras compactas, como pequeños bastones de diferentes formas, llamadas cromosomas. Su nombre se debe a que se tiñen fácilmente con algunos colorantes: "cromo" en griego significa color, y "soma" quiere decir cuerpo. Cada especie de ser vivo tiene un número fijo de estas estructuras: las fibras de ADN siempre se organizan en el mismo número y tipo de cromosomas en todos los individuos de la especie. Nosotros los humanos poseemos 46 cromosomas, organizados en 23 pares.

En la figura 14.1 puedes observar una representación de algunos cromosomas y sus partes. En ella se muestra una constricción primaria llamada **centrómero**, que a su vez está asociada con unas proteínas formando una estructura llamada **cinetocoro**, que va a ser útil para mover los cromosomas durante la división celular. También pueden verse los extremos, llamados **telómeros**. Cada cromosoma está constituido por dos partes iguales que reciben el nombre de cromátidas.

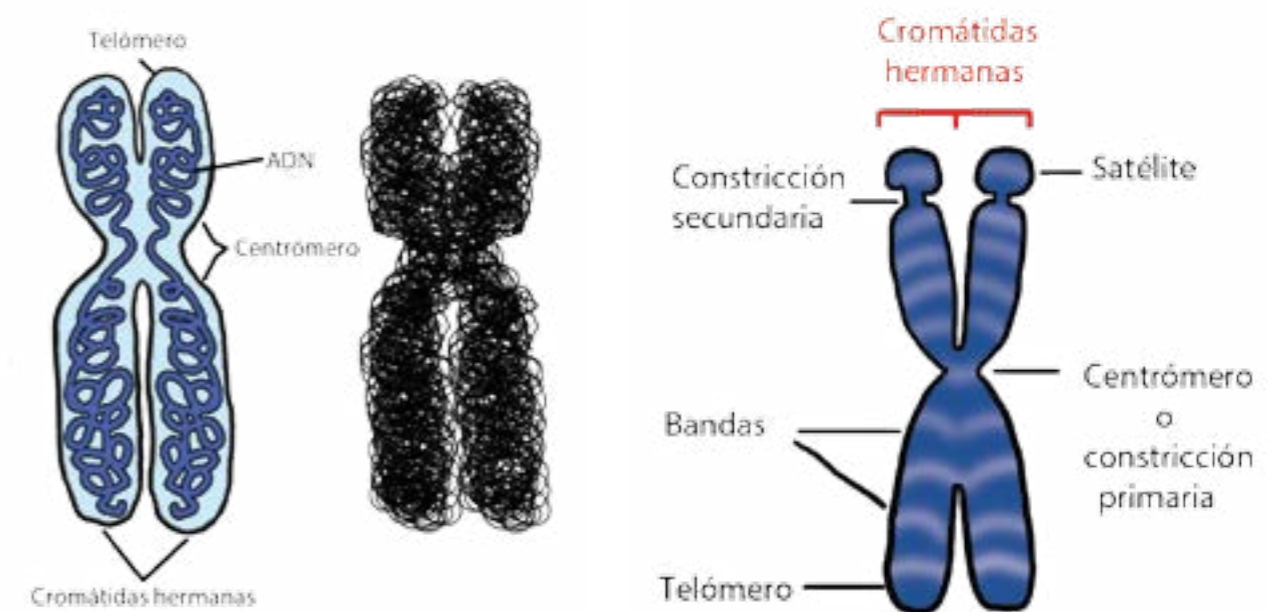


Figura 14.1. Estructura de un cromosoma.

Dejo de crecer o me divido

Todas las células de nuestro organismo, también las células de otros seres vivos, crecen y se reproducen. El proceso por el cual las células crecen y se reproducen se denomina **ciclo celular** (figura 14.2) y comprende dos períodos: la interfase y la división celular propiamente dicha.

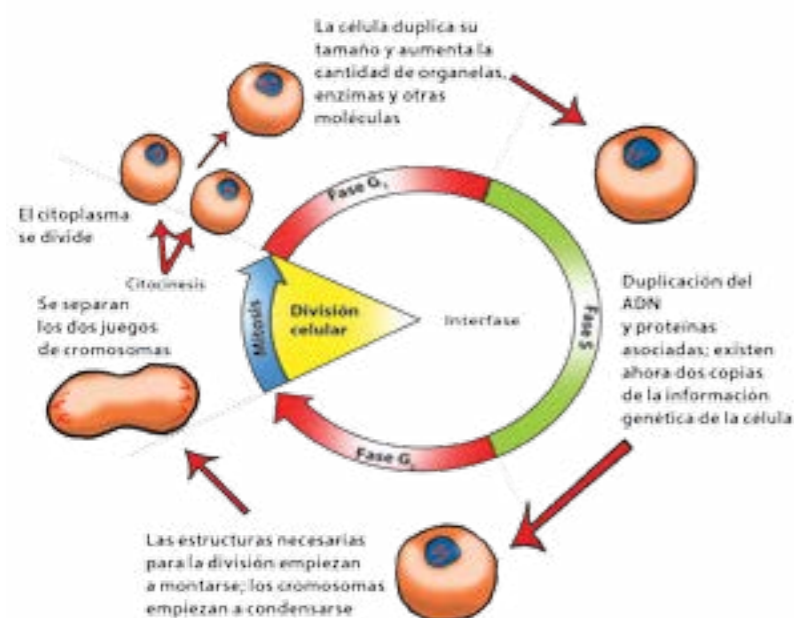


Figura 14.2. Ciclo celular con sus diferentes fases.

por un proceso llamado **mitosis**. Así se multiplican las células de nuestros huesos y músculos mientras crecemos, o las células de nuestra piel cuando se cicatriza una cortadura. Ahora bien, las células reproductivas (óvulo y espermatozoide) se forman por otro proceso de división llamado **meiosis**; pronto veremos a qué se debe esto.

En la etapa de la interfase (figura 14.3) la célula pasa la mayor parte de su tiempo de vida. La interfase transcurre, a su vez, por varios momentos o fases. Inmediatamente después de una división hay un período de aparente inactividad y de crecimiento de la célula.

A continuación hay una fase que es determinante para la división celular porque en ella se duplica el ADN y comienza la duplicación de los centriolos, que en el futuro formarán, junto a otras estructuras, el huso acromático (estructuras proteicas con forma de hilos) que sujetará a los cromosomas durante sus organizados desplazamientos. En la tercera fase se sintetizan materiales necesarios para la división, como las proteínas. Finalizado este último período de la interfase, se da inicio a la división celular. Un ciclo celular varía en el tiempo en que se cumplen todas las etapas y se regresa al inicio. En células normales activas el ciclo celular puede durar entre 8 y 24 horas.

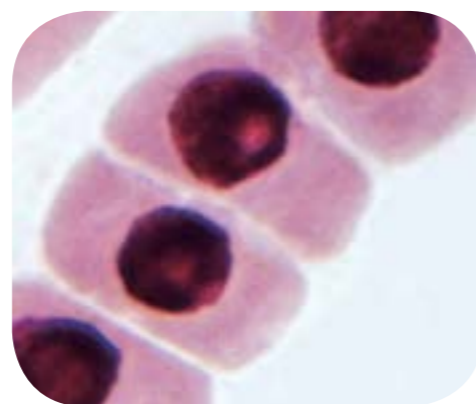


Figura 14.3. Interfase en células de cebolla.

Para tratar de explicar cómo ocurre este proceso usaremos un símil. Cuando inflamos un globo podemos observar cómo aumenta su tamaño. Si soplamos más y más aire, llega un momento en que debemos dejar de soplar, pues, de lo contrario, simplemente el globo explota.

A semejanza del globo, todas las células crecen y desarrollan sus estructuras. Esto ocurre durante la **interfase** del **ciclo celular**, pero llega un momento en que la célula ya no puede crecer más y se divide. La mayoría de las células se dividen

¡100 billones de células en mi cuerpo! ¿Cómo se producen?

¿Te has preguntado cuántas células hay en tu cuerpo? ¿Estaban todas allí desde el principio? Cuando ves a un bebé y notas que va creciendo y creciendo poco a poco a medida que pasa el tiempo, ¿has pensado cómo es posible ese crecimiento?

Para responder a estas interrogantes debemos conocer cómo ocurre el proceso de **mitosis** que realizan todas las células de nuestro cuerpo, con excepción de las células madres que producen los espermatozoides y los óvulos, las cuales se dividen por **meiosis**. Recuerda que las dos divisiones celulares nombradas hasta el momento sólo se dan en células eucariotas, es decir, células que poseen núcleo diferenciado. La división de las células procariotas (como las de las bacterias) se rige por otros principios y procesos.

La mitosis consiste en la división del núcleo celular que se separa en partes iguales, dando como resultado dos nuevas células (células hijas), que se originan de la división de la madre. En este proceso el material genético primero se duplica y luego se reparte, lo que asegura que cada nueva célula posea la misma información genética. El proceso mitótico está formado de varias fases: **profase, metafase, anafase y telofase**, a las que sigue la división del citoplasma, llamada **citocinesis** (figura 14.4).

Vamos a comprender qué ocurre en cada una de las fases de la mitosis

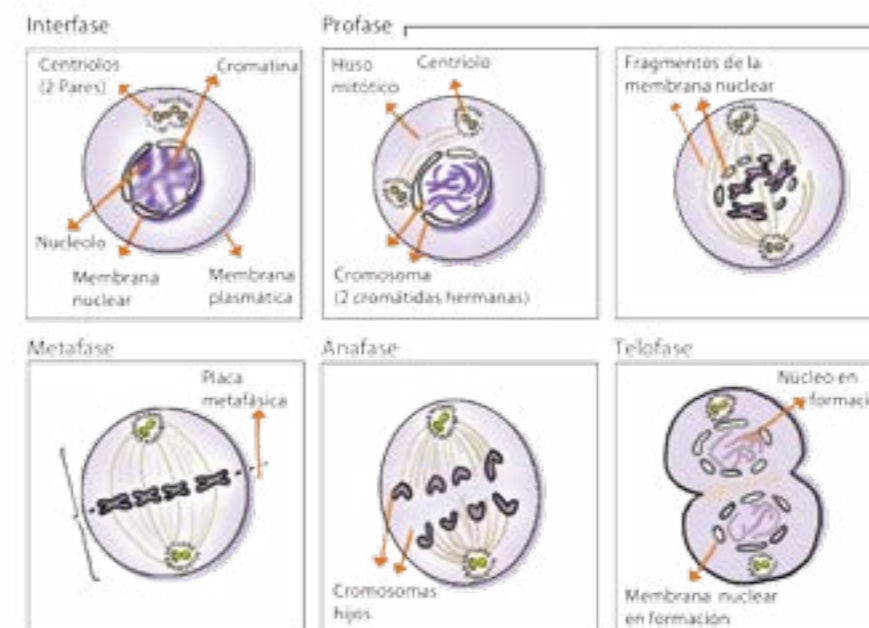


Figura 14.4. Esquema de la mitosis en el que se muestran las fases de este proceso y se incluye la interfase.

Observa la figura. En ella se describen los distintos acontecimientos que ocurren durante la mitosis. Podrás notar que, en resumen, lo que ocurre es que el material genético, que ya se ha duplicado durante la interfase, se empaqueta en cromosomas, la membrana del núcleo se rompe, los cromosomas se organizan en el ecuador de la célula, y luego se separan en dos juegos iguales. A continuación, cada juego de cromosomas se dirige a uno de los polos celulares, la célula madre se divide por su línea media, y en cada célula hija se forma una nueva membrana nuclear. Veamos con más atención esta "danza" de los cromosomas.

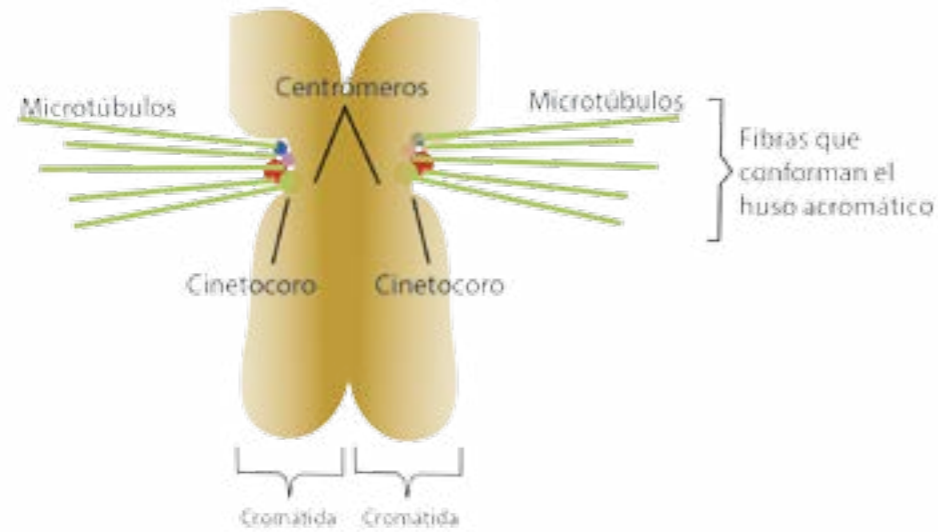


Figura 14.5. Esquema que representa a las dos cromátidas unidas por el cinetocoro a las fibras que conforman el huso acromático.

Profase. La mitosis se inicia cuando la cromatina comienza a empaquetarse, es decir, sus hilos formados por ADN y proteínas se compactan, se hacen más cortos y van adoptando un aspecto engrosado y de menor longitud que se denomina cromosoma. Al utilizar técnicas de coloración, los cromosomas se pueden visualizar al microscopio óptico y se observan duplicados. Recuerda que la duplicación del ADN que formará a los cromosomas ocurrió en la interfase. A las dos fibras que conforman cada cromosoma duplicado se les llama cromátidas hermanas; ambas son idénticas, pues poseen la misma información genética (figura 14.6a).

Durante la profase también se comienzan a formar las fibras del huso acromático, que consisten en una serie de fibras proteicas que se extienden hacia los polos y el centro de la célula. En las células animales los centriolos se desplazan hacia los polos, en las vegetales no están presentes los centriolos. Avanzada la profase ya no se observa el nucléolo, mientras que la membrana nuclear no se hace visible y los cromosomas se unen al huso por los cinetocoros (del centrómero), y poco a poco son desplazados al ecuador de la célula (figura 14.5).

Metafase. Sucede a la profase y se caracteriza por la alineación de los cromosomas en el ecuador de la célula. En esta fase se observan los cromosomas totalmente empaquetados (figura 14.6b).

Inmediatamente después de la metafase se inicia la **anafase** y se puede reconocer porque las cromátidas hermanas son separadas por las fibras del huso y llevadas a cada polo de la célula, siendo en ese instante cromosomas individuales. La anafase termina cuando los cromosomas están en los polos de la célula (figura 14.6c).

Por último viene la **telofase**; en ella los cromosomas se desenrollan, la membrana nuclear vuelve a hacerse visible formándose los dos núcleos hijos, desaparecen las fibras del huso acromático y se forman nuevamente los nucléolos (figura 14.6d).

Durante la telofase comienza la **citocinesis**, proceso en el cual el citoplasma de la célula se divide hasta repartirse entre las dos nuevas células, separándolas al final con la formación de una membrana plasmática individual.

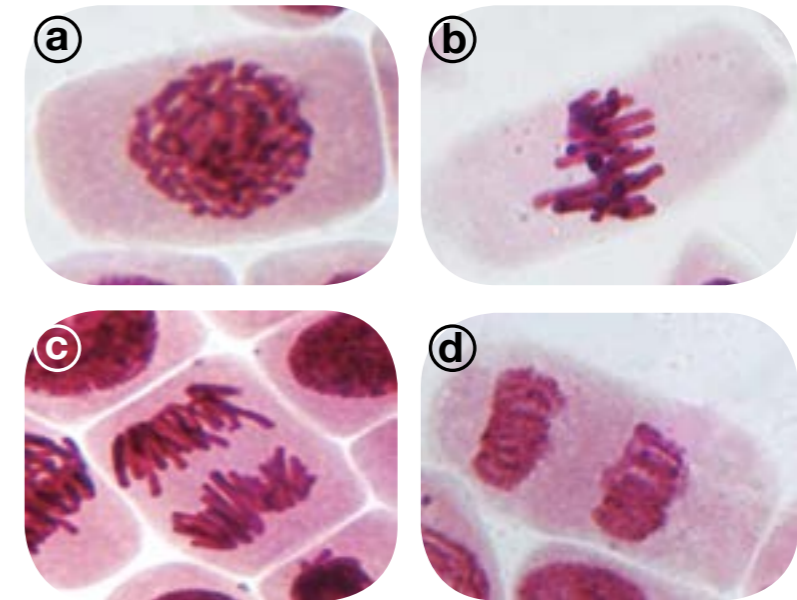


Figura 14.6. Proceso mitótico en células de cebolla: a.- Cromosomas condensados en la profase; b.- Cromosomas en el ecuador de la célula (metafase); c.- Cromosomas en dirección a los polos de la célula en la anafase; d.- Telifase mostrando la formación de los nuevos núcleos.

Somos hermanos pero diferentes. ¿Por qué?

Si prestas atención cada vez que caminas por las calles de tu localidad, notarás que circulan muchas personas y que todas presentan características diferentes entre sí y pocas pueden tener cierto parecido a tu persona. Si observas en tu hogar a un familiar, te podrás dar cuenta de que a pesar de ser familia y tener rasgos tanto físicos como conductuales similares, no son del todo idénticos y varían en menor o mayor grado de los que tú presentas.

De nuestros padres heredamos información genética que nos hace similares a ellos y a nuestros hermanos o abuelos, y podríamos pensar que la información pasa intacta, sin cambio, pero no es así. Aquí la división celular no produce células idénticas como en la mitosis. En este proceso se forman las células sexuales (óvulos y espermatozoides) donde se reduce la carga cromosómica a la mitad y, además, se da un intercambio de material genético entre los cromosomas homólogos de una misma célula, sea de origen materno o paterno. Este proceso se llama **meiosis**.

La meiosis se realiza en dos etapas. En la primera división meiótica (figura 14.7, del número 1 al 4) ocurren dos procesos: la reducción del número de cromosomas a la mitad del número característico de cromosomas de la especie, y el proceso de entrecruzamiento. En la segunda división meiótica (figura 14.7, del número 5 al 8) ocurre un proceso similar a la mitosis, sin embargo, al final las células hijas resultantes tienen la mitad de los cromosomas de la célula materna que les da origen.

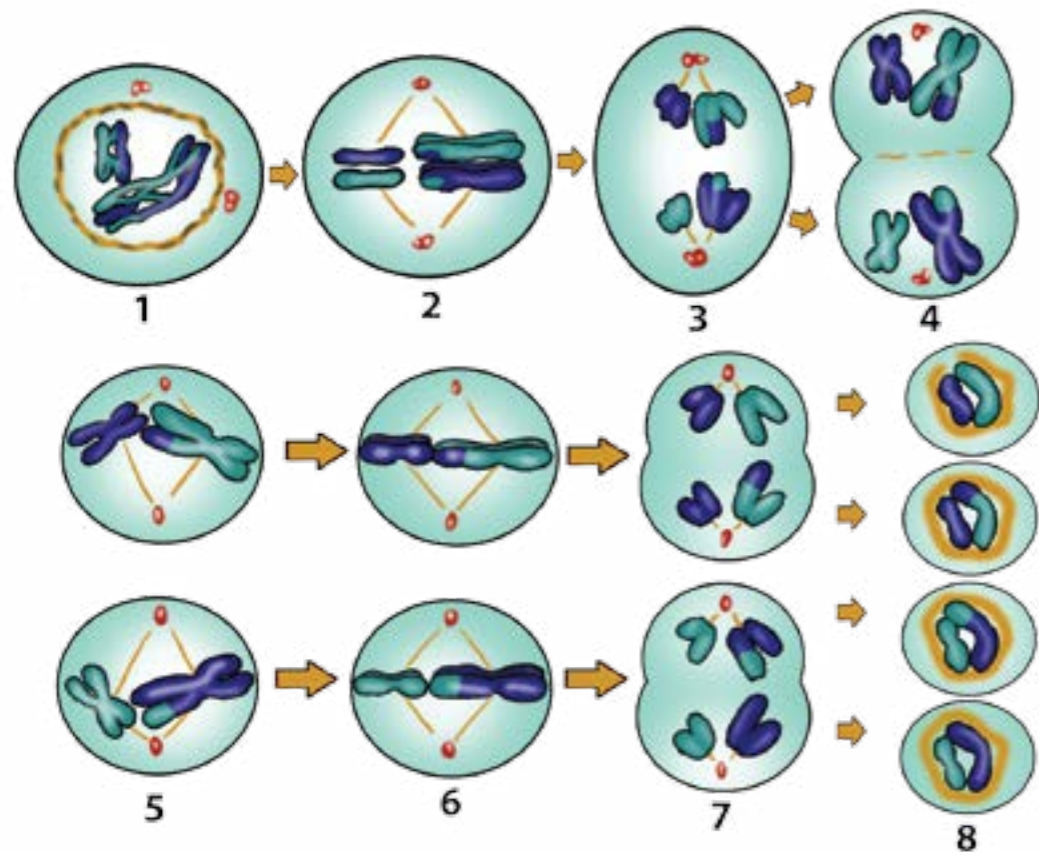


Figura 14.7. A la izquierda, representación de la meiosis de una célula con centriolos. Del número 1 al 4 se esquematiza la primera división meiótica. Del 5 al 8 se muestra la segunda división meiótica.

En la primera división meiótica se realizan las siguientes fases: profase I, metafase I, anafase I y telofase I con la posterior citocinesis o partición celular (figura 14.7, del número 1 al 4). La **profase I** se inicia cuando los cromosomas comienzan a empaquetarse y los homólogos van acercándose y alineándose de forma paralela, uno al lado del otro. Luego, entre los cromosomas homólogos se realiza un intercambio de material genético, lo que se llama entrecruzamiento o *crossing over* (figura 14.8), que al final va a generar cromosomas con una secuencia de genes diferentes a la original. Este acontecimiento es responsable de generar variabilidad y se evidencia en que somos parecidos a nuestros hermanos, pero no iguales, porque la nueva combinación heredada no es la misma que está en cualquiera de nuestros familiares; se estima que este proceso ocurre al azar. La variabilidad es beneficiosa desde el punto de vista evolutivo: ante los posibles cambios del ambiente, hay diversidad de rasgos entre los individuos y al menos algunos podrán responder.

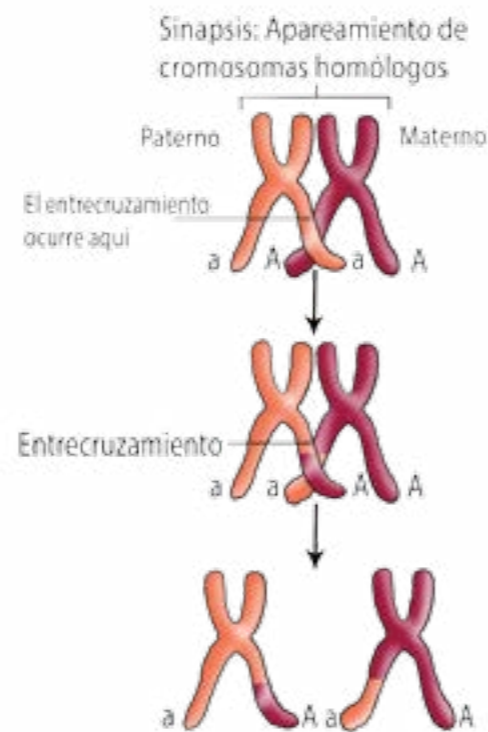


Figura 14.8. Proceso de entrecruzamiento donde se muestra la sinapsis y los puntos de entrecruzamiento.

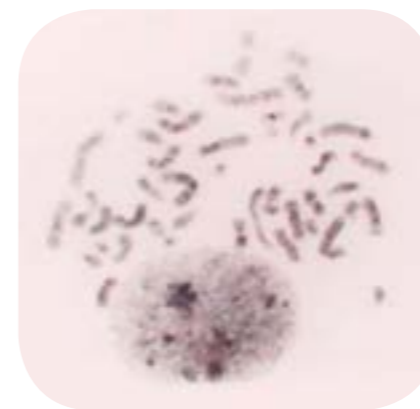
Las cromátidas que conforman a cada cromosoma homólogo se mantienen alineadas y estos entre sí se pueden observar por separado, pero unidos en los puntos donde hubo entrecruzamiento. Estos puntos de unión llamados **quiasmas** son de vital importancia debido a que mantendrán a los cromosomas unidos hasta la anafase, donde cada homólogo será llevado a un polo de la célula.

Al final de la profase I los pares de centriolos se movilizan hacia los polos de la célula, se comienza a formar el huso acromático y la membrana nuclear no se hace visible. La alineación de los cromosomas en el plano ecuatorial da inicio a la **metafase I** con los cromosomas sujetos a las fibras del huso. La siguiente fase es la **anafase I**, que se caracteriza por la separación de los cromosomas homólogos que estaban unidos por los quiasmas, hacia los polos de cada célula. En este momento se da la reducción del número de cromosomas por célula: ahora de 46 que posee la célula madre (en el caso de los humanos) a 23 por cada célula hija resultante.

La última fase de la primera división meiótica es la **telofase I**, en la que se puede observar a los cromosomas desenrollándose, reaparece la membrana nuclear y se da la citocinesis para formar dos nuevas células haploides (n); es decir, con la mitad del juego de cromosomas que poseía la célula madre, que era diploide. La célula diploide es aquella que posee un juego de cromosomas completo, o sea, dos conjuntos de cromosomas por núcleo celular. (figura 14.7, del 5 al 8).

Para saber más...

Se estima que si desenrolláramos todos los cromosomas de las células que forman a una persona y se colocaran las fibras de ADN una detrás de otra, podrían llegar desde la Tierra hasta el Sol y dar varias vueltas. Esta afirmación nos demuestra cuán organizado y empaquetado está nuestro material genético.



Aunque la segunda división meiótica es semejante al proceso mitótico, en ella no se forman células diploides sino haploides, puesto que se partió precisamente de células haploides. También se diferencia de la primera división meiótica porque no ocurre entrecruzamiento de los cromosomas homólogos y no hay una nueva reducción en el número de cromosomas. Tampoco está precedida por una Fase S de interfase que duplique el material genético.

En la segunda división meiótica se llevan a cabo las siguientes fases: profase II, metafase II, anafase II y telofase II, seguidas de la citocinesis. La profase II se inicia con la condensación de los cromosomas, los centriolos migran a los polos de la célula y comienza a formarse el huso acromático. Avanzada esta fase, la membrana nuclear no se hace visible y los cromosomas se movilizan al ecuador de la célula.

La metafase II es evidente cuando los cromosomas se alinean en el plano ecuatorial de la célula y están sujetos por el cinetocoro a las fibras del huso. La anafase II comienza cuando las cromátidas hermanas son separadas y llevadas a los polos de la célula, formando así los nuevos cromosomas de las células hijas. En la telofase II reaparece la membrana nuclear, los cromosomas se desenrollan y al mismo tiempo o un poco después se puede notar la citocinesis, que va a dar origen a cuatro células haploides formadas de las dos producidas anteriormente en la primera división meiótica.

Gracias a la meiosis, en los humanos tanto el óvulo como el espermatozoide tienen la mitad del número de cromosomas de una célula normal: 23 cromosomas. Por eso, cuando ellos se unen durante la fecundación producirán precisamente una célula normal, de 46 cromosomas. Luego, esta primera célula se dividirá una y otra vez por mitosis, dando origen a todas las células de un nuevo ser.



Meiosis de masa flexible

Vamos a elaborar un modelo del proceso meiótico o de una parte de éste, utilizando masa flexible para realizarlo, con el fin de identificar sus etapas y los acontecimientos que en ellas se dan.

¿Qué necesitamos?

- Una taza (200 ml) de cola blanca.
- Agua.
- Una taza de fécula de maíz suelta (Maicena).
- Una o dos cucharadas de glicerina (se puede conseguir en cualquier farmacia).
- Una o dos cucharadas de aceite para niños.
- Cuatro cucharadas de almidón.
- Dos o tres cucharadas de crema para la piel (con lanolina en su composición).
- Una cucharadita de benzoato de sodio (se puede reemplazar por formalina al 4%).
- Óxido de zinc o vinagre.
- Olla con teflón. Cuchara de madera o de plástico resistente. Cocinilla eléctrica. Cucharilla.
- Colorantes vegetales o pintura al frío.
- Pinceles.

¿Cómo lo haremos?

Preparación de la masa para moldear:

- Coloquemos la glicerina, el aceite, los polvos (fécula de maíz o Maicena) y el benzoato en la olla con teflón.
- Agreguemos los 200ml de pega a la olla, luego revolvamos con un batidor si es del gusto. Si la pega blanca es muy espesa, agreguemos agua hasta que podamos mezclarla con facilidad.
- Juntemos los materiales uniformemente hasta lograr que la mezcla quede homogénea y compacta.
- Luego, golpeemos la olla donde está la mezcla contra la mesa, con la intención de que salgan las burbujas de aire que pueden haberse formado por la batida.
- Cocinemos la mezcla a fuego lento y revolvamos arrastrando la masa cocida desde el fondo, hasta que la mezcla se separe de las paredes del envase y se haga la masa.
- Esperemos unos minutos a que enfríe un poco y colóquemosla dentro de una bolsa plástica transparente; dejemos reposar 20 minutos.
- Coloquemos crema en las manos (con lanolina) y comencemos a amasar, hasta que se sienta suave.
- Amasemos sobre una mesa de superficie lisa para quitarle ese aspecto rústico y poco uniforme.
- Discutamos sobre los elementos de un modelo del proceso meiótico o de una parte de éste; diseñemos un boceto de las estructuras a representar, su ubicación, entre otros aspectos.
- Elaboremos las piezas del modelo con la masa. Dejemos que endurezca un poco y verifiquemos que estén lisas y sin grietas; podemos lijar para eliminarlas.
- Coloreemos las partes de acuerdo con el proceso y las estructuras que estamos representando. Para ello podemos dividir la masa en partes y a cada una, colocarle el colorante vegetal seleccionado; amasar para que quede homogénea.
- Armemos el modelo y peguemos las piezas con cola blanca.
- Otra opción es armar el modelo y pintarlo con pintura al frío.
- ¿Hay manera de construir un modelo? Planifiquemos una charla o una exposición sobre la meiosis, usando los modelos.

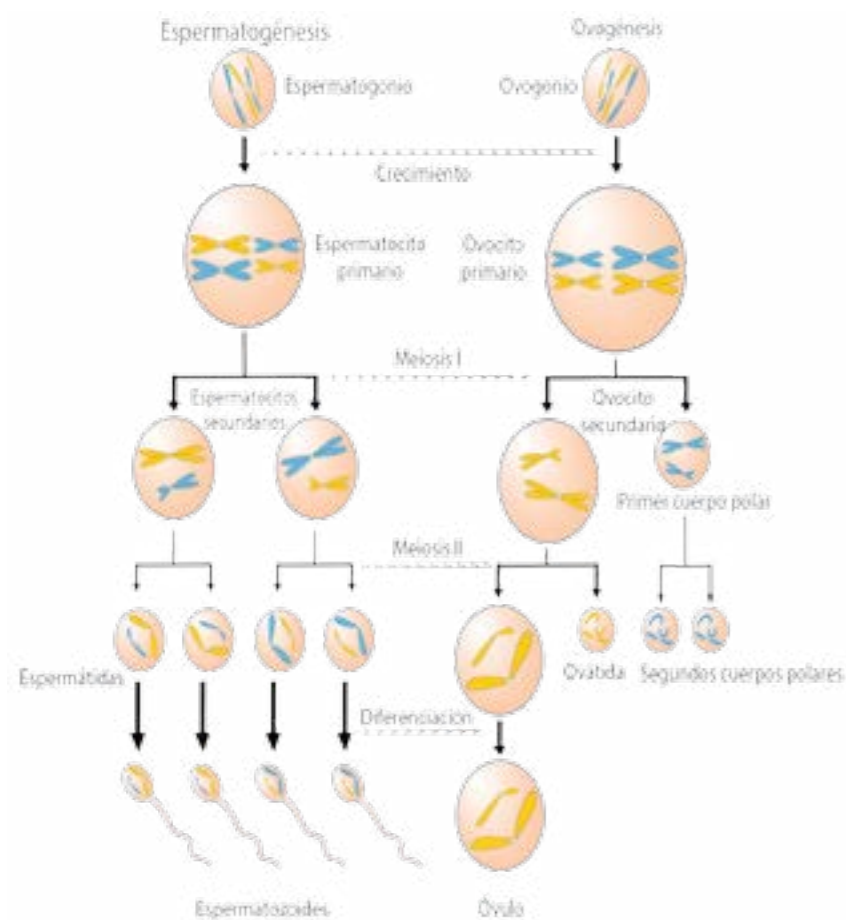


Se producen millones de espermatozoides diariamente.

Espermatogénesis

¿Alguna vez te has preguntado o has tenido la curiosidad de saber cuántos espermatozoides se pueden producir diariamente por meiosis? La respuesta a esta pregunta te puede sorprender. Se cree que un hombre saludable produce diariamente entre 100 y 150 millones de espermatozoides, dependiendo de la edad y las condiciones físicas; en una eyaculación promedio de 2 o 3 ml el número aumenta de unos 200 a 400 millones. El volumen que ocupan los espermatozoides en dicha cantidad de semen es de 0,2 a 0,3 ml. Esto es similar a arrojar 7.200 metros en un pipote de 200 l.

El proceso que permite generar los espermatozoides se llama **espermatogénesis** (figura 14.9) y su base fundamental es la meiosis. Este proceso comienza cuando los espermatogonios, localizados en el testículo, inician una etapa de crecimiento para formar los llamados espermatocitos primarios. Éstos entran en la primera división meiótica y producen dos células haploides que se denominan espermatocitos secundarios. Los espermatocitos secundarios entran en la segunda división meiótica en la que se producen cuatro espermátidas o espermátides, que van a pasar por un proceso de diferenciación hasta generar el espermatozoide maduro.



Los espermatozoides están conformados por tres partes básicas: cabeza, porción media o cuello, y flagelo. La cabeza contiene enzimas que ayudan al espermatozoide a penetrar en el óvulo y en su núcleo está la información genética.

El cuello del espermatozoide posee gran cantidad de mitocondrias que aportan la energía para el movimiento del flagelo. Este último está conformado por microtúbulos que permiten el movimiento: los espermatozoides nadan desde la vagina hasta el ovario, para el encuentro con el óvulo.

Figura 14.9. Procesos de la espermatogénesis y la ovogénesis, donde se muestra cómo se forman cuatro espermatozoides a partir de una célula madre y cómo desde un ovocito se forma un óvulo y 3 cuerpos polares.

Vivo 24 horas y maduro cada 28 días, ¿qué soy?

El óvulo y la ovogénesis

El proceso de producción del óvulo en la mujer tiene sus variantes con respecto a la producción de espermatozoides en el hombre, a pesar de que también se basa en la meiosis. Un óvulo, después de formado, es expulsado de uno de los ovarios y tiene un tiempo de 24 horas de vida para ser fecundado. Sólo se produce uno cada 28 días aproximadamente, raras veces una mujer produce 2 óvulos al mismo tiempo.

La ovogénesis (figura 14.9) se inicia cuando los ovogonios presentes en el ovario aumentan de tamaño y forman los ovocitos primarios, que comienzan la primera división meiótica, deteniéndose en la profase I cuando la niña está a punto de nacer. El proceso de división no se completa hasta que llega la pubertad, a partir de entonces y hasta la menopausia la mujer producirá un óvulo cada 28 días aproximadamente, hasta sumar unos 400 óvulos durante toda su vida. Como resultado de la primera división se forma el ovocito secundario y una célula de menor tamaño llamada cuerpo polar. En la segunda división meiótica el ovocito secundario se divide, forma el óvulo y un cuerpo polar. El cuerpo polar producido en la primera división también se divide y genera dos cuerpos polares, que al final van a desintegrarse junto con el cuerpo polar producido por el ovocito secundario.

Un óvulo humano es del tamaño de un pequeño punto, donde cabrían 300 mil espermatozoides. En su núcleo está el material genético con la información que aportará en la fecundación para la formación de un nuevo ser.

Para saber más...

Cada vez que comes una fruta estás ingiriendo el ovario de la planta, y cada vez que desechas las semillas estás eliminando el óvulo fecundado y maduro. Los vegetales que tienen flores poseen uno o varios óvulos y éstos al ser fecundados, junto con otras estructuras vegetales, formarán la semilla. Luego de la fecundación el ovario comienza un proceso de maduración para formar el fruto.



La mitosis y la meiosis en nuestras vidas

El título de esta lectura es **De una célula a un ser humano completo**, y para decir esto nos basamos en el extraordinario evento biológico en el que un espermatozoide del padre y un óvulo de la madre se unen para dar origen a una célula; por múltiples divisiones (mitosis) esta célula formará un nuevo cuerpo, un nuevo ser humano. Los procesos de división celular no son ajenos a nuestra vida, de hecho somos dependientes de ellos. Las reparaciones en los tejidos de nuestra piel al cicatrizar, así como el crecimiento de distintas partes de nuestro cuerpo y la fertilidad están en manos de los procesos mitóticos y meióticos que hemos heredado de los primeros organismos existentes sobre la Tierra.

Si vamos más allá, todos nuestros alimentos tienen su origen en la reproducción vegetativa o asexual, y en la reproducción sexual. Cada vez que comemos una fruta somos beneficiarios de la meiosis que se da en la planta, para su reproducción sexual y también somos beneficiarios de la mitosis, que es la responsable de que el fruto crezca y se desarrolle.

Basándose en los conocimientos de estos dos procesos, la biotecnología está avanzando enormemente en la búsqueda de nuevas aplicaciones que beneficien a la humanidad. Entre las aplicaciones se encuentran: el cultivo in vitro de especies útiles y en peligro de extinción, la selección de los mejores gametos para la reproducción en plantas y animales, y la regeneración de tejidos para trasplantes, entre otros.

Debemos recordar que la efectividad y calidad de estos procesos celulares dependen de tus hábitos alimenticios, sexuales, de preparación física, entre otros, que al final se reflejarán en tu salud, tiempo de vida y capacidad para responder ante las enfermedades.



Come sano, sé responsable con tu sexualidad y haz deporte; eso te garantizará parte del vivir bien.



Una mirada a la mitosis en la raíz de una cebolla

Las plantas, los animales y otros organismos son capaces de crecer, repararse, regenerar partes de su cuerpo, reproducirse, entre otras funciones que involucran la división celular.

Como recordarás de esta lectura, la mayoría de estos procesos se dan por mitosis y sólo la producción de células reproductivas se da por meiosis. Observar la mitosis en plantas es relativamente sencillo. Las plantas poseen un tejido de crecimiento que le permite al vegetal formar y extender ramas y raíces. Con esta base, les proponemos las siguientes interrogantes:

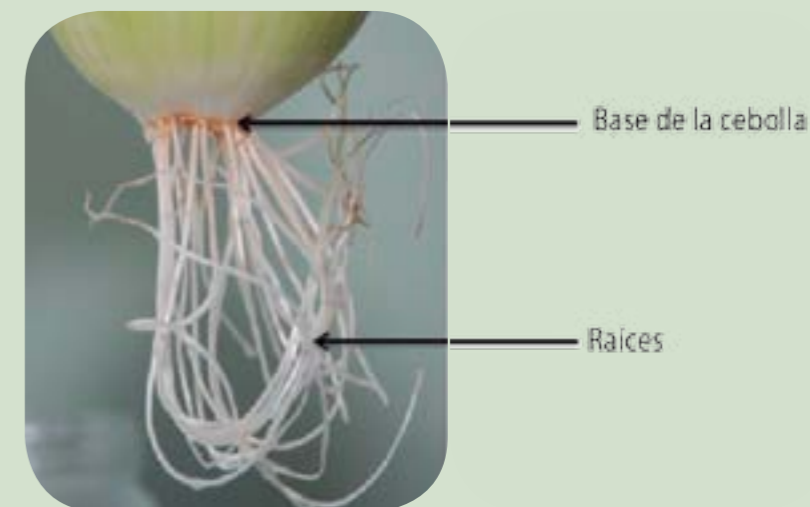


Figura 14.10. Observen cómo se extienden desde la base de la cebolla.

¿Cuáles fases de la mitosis podrán ser observadas en células de raíces de cebolla (*Allium cepa*) germinadas? ¿Cuál será el porcentaje de células en mitosis (índice mitótico) en raíces de cebolla germinadas? Argumenten y socialicen sus respuestas con otros grupos y con el profesor o profesora.

¿Qué necesitan?

Una cebolla (*Allium cepa*). Frasco de compota. Microscopio. Portaobjetos y cubreobjetos. Gotero. Acetocarmín, orceína acética o carbol fucsina. Ácido clorhídrico. Tijera o bisturí. Carnoy (etanol y ácido acético en proporción 3:1). Pinzas. Agua. Servilletas. Aguja. Esmalte de uñas.

Antes de iniciar el trabajo podemos preguntarnos lo siguiente ¿Por qué utilizar raíces y no otra parte de la cebolla? ¿Qué tipo de división celular se está dando en el tejido de las raíces de cebolla? ¿Cómo lo podemos observar? Recuerden que una de las estructuras reproductivas en las plantas capaces de producir gametos (células sexuales reproductivas) son las flores. Estas poseen tejido especializado capaz de llevar a cabo la gametogénesis y producir los óvulos y el polen.

A diferencia de la flor, los demás tejidos del vegetal no poseen la capacidad de producir gametos, sólo son capaces de producir células somáticas o no reproductivas.

- Preparación de las muestras:
- Coloquen 5 o 6 días una cebolla entera con la base hacia la boca de un recipiente de compota lleno de agua. Traten de que dicha base toque la superficie del agua. Al final de este tiempo obtendrán raíces de color blanco (figura 14.11). Corten la punta de las raíces a un centímetro aproximadamente (preferiblemente en la mañana cuando se consiguen la mayor cantidad de células en división) y colóquenlas en el fijador (sustancia que preserva las estructuras celulares y de los tejidos) por 20 a 40 minutos. Si no se va a utilizar el material de forma inmediata, pueden guardarlo dentro del fijador en la nevera. El material puede conservarse por varios días en este estado.



Figura 14.11. Haciendo crecer raíces de cebolla.

- En el momento en que realicen la actividad, laven con agua destilada las raíces por cinco minutos, colocándolas en un recipiente. Repitan este procedimiento 3 veces; esto permitirá eliminar el exceso del fijador.
- Para macerar las raíces, eliminen el agua destilada del lavado anterior y ubiquen las raicillas en un recipiente con ácido clorhídrico al 50%, entre 5 y 10 minutos o hasta que el tejido se ablande. Repitan el lavado que aplicaron con el fijador para eliminar el exceso de ácido.
- Corten 2 mm de la raíz, que incluya la punta, y colóquenla en un portaobjetos (este paso es importante porque a esa altura de la raíz se encuentra un crucial tejido de crecimiento donde se realiza la mitosis activamente).
- Con las agujas disgreguen o separen el material hasta extenderlo un poco. No hagan un licuado.
- Posteriormente, añadan unas gotas del colorante obtenido (cualquiera de los tres sugeridos) y déjenlo actuar por 2 a 5 minutos. Es recomendable que observen en el microscopio o con una lupa el estado de la coloración, para que no sea tan intensa ni tan tenue. Debe colorearse de manera uniforme.
- Coloquen el cubreobjetos, cuidando de que no queden burbujas de aire que entorpezcan la observación. Es bueno que coloquen uno de los extremos del cubreobjetos sobre la preparación y el otro lo bajen lentamente con una aguja; esto ayudará a evitar el aire dentro de la muestra.

- Con un servilleta envuelvan la preparación, ubíquenla en la mesa y con el dedo pulgar, con mucho cuidado, presionen la lámina en la zona del cubreobjetos para extender los tejidos coloreados.



Figura 14.12. Lámina con el tejido de cebolla extendido y coloreado para su observación.

- Sequen bien los excesos de la lámina y lleven al microscopio para la observación.
- Observación al microscopio: pidan la colaboración de su profesora o profesor para el buen uso y manejo del microscopio. Si el montaje está correcto, es decir, bien teñido, con los tejidos extendidos y donde se puedan observar claramente las estructuras celulares, entonces sellen la lámina con esmalte de uñas para crear una lámina semipermanente (figura 14.12).
- Número de células en mitosis: para calcular el índice mitótico, observen tres puntos diferentes de la lámina preparada, donde se encuentre tejido teñido, y cuenten el número de células en cada uno de los tres puntos seleccionados que se encuentran en: interfase, profase, metafase, anafase y telofase (figura 14.13).

¿Qué observan?

Identifiquen las diversas fases del ciclo celular presentes, como son: la interfase y la mitosis, que incluye profase, metafase, anafase y telofase (figura 14.13). Elaboren una tabla donde se muestren las fases identificadas, la descripción de lo observado, la ilustración de lo observado y cualquier otro aspecto que consideren importante. Elaboren otra tabla para el cálculo del índice mitótico. Calculen dicho índice con la siguiente fórmula:

$$\text{IM (índice mitótico)} = \frac{\text{Número total de células en mitosis}}{\text{Número total de células}} \times 100$$

¿Cómo lo pueden interpretar o explicar?

¿Qué diferencias pudieron observar entre la interfase y la profase? ¿Cuál es la disposición de los cromosomas en la metafase? ¿Todos los cromosomas tienen la misma forma? Describanlos y compárenlos: ¿En cuánto se diferencian los índices mitóticos de los demás grupos con los del suyo? Si existen diferencias, ¿a qué se deberán?

¿Qué otras maneras efectivas habrá para realizar la experiencia?

Prueben esta experiencia con raíces de ajo o cebollín. También pueden intentarlo con raíces de semillas germinadas de caraota, alpiste o lechuga.

Con respecto a la tinción, realicen pruebas con azul de metileno o tintura de yodo y observen qué resultados obtienen.

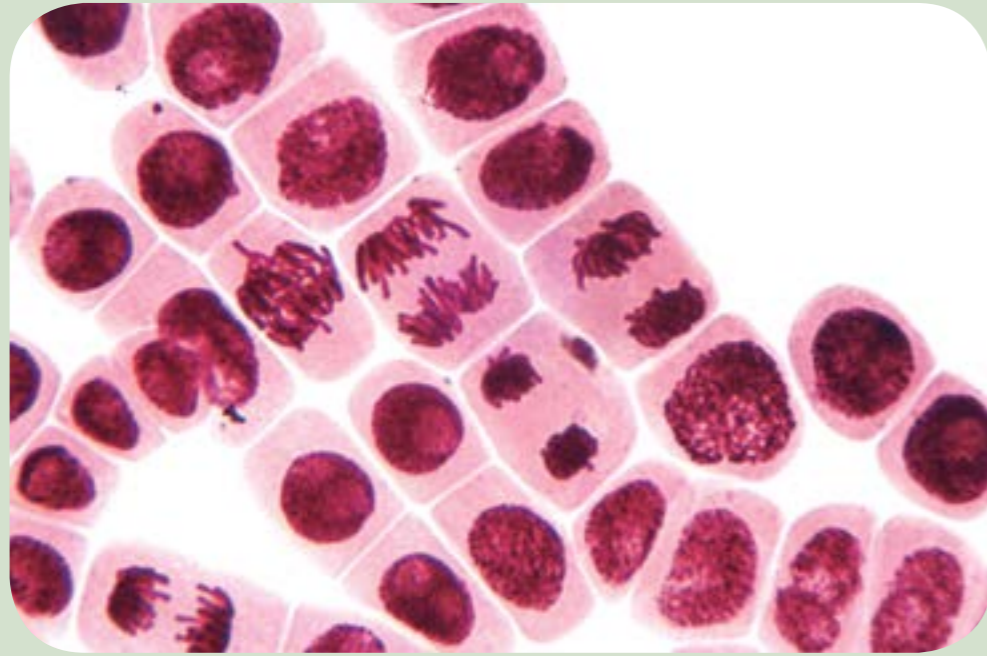


Figura 14.13. Mitosis en cebolla: se pueden observar células en diferentes fases de mitosis y células en interfase.



Actividades de autoevaluación

1.- Realiza un cuadro comparativo entre la mitosis y la meiosis, donde se evidencien estructuras, funciones, variación entre los procesos, órganos y tejidos donde se dan, organismos que las realizan y variantes de estos procesos, entre otros aspectos que consideres de interés.

2.- Realiza una visita a una institución especializada en medicina o encargada de prestar servicios médicos a la población, o bien revisa sus ciberpáginas, y recaba la siguiente información: ¿Cuáles problemas se presentan en la sociedad relacionados con errores en el proceso mitótico y meiótico? ¿Cuáles son las personas que más sufren estos problemas? ¿Qué cantidad de personas sufren en el país dichos problemas? ¿Cuáles son los tratamientos?

3.- ¿Cuál es la relación que tiene o puede tener la misión AgroVenezuela con el proceso mitótico y meiótico? ¿Qué aportes de la biotecnología, relacionados con la mitosis y la meiosis, son importantes para el desarrollo de esta misión? Identifica en un proceso agrícola la aplicación de los procesos de división celular.

4.- ¿Recuerdas lo que leíste en la introducción de esta lectura sobre la cicatrización que se produce después de que la piel se rompe? Amplía esta información respondiendo las siguientes preguntas: ¿Cómo se da la cicatrización en el ser humano? ¿Cuáles son los problemas que se pueden presentar en el proceso de la cicatrización? ¿Cómo contribuyen los procedimientos médicos (suturas, grapas, entre otros) en este proceso?



Embriones de ganado selecto de razas criollas Carora y Criollo Limonero se preparan para ser implantados en vacas receptoras. Núcleo de producción de la Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez", en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

LEYES CELULARES, LEYES DE FAMILIA. ¿POR QUÉ SOMOS COMO SOMOS?

¿Has observado que muchas de las características que posees también están presentes en tus padres o abuelos? ¿Te has preguntado por qué los seres humanos aun cuando presentamos características comunes como especie no somos totalmente iguales, no somos copias idénticas? La excepción son los gemelos, pero incluso estos pueden presentar algunas diferencias.

En una lectura anterior pudimos aprender cómo la información genética que está presente en el ADN se expresa para que tú seas como eres, para que las plantas, los hongos, los animales, y los demás seres vivos tengan características determinadas.

La información genética contenida en el ADN hace posible que tengas determinado color de cabello, color de la piel, estatura, grupo sanguíneo y otras características. Los segmentos del ADN que contienen información para cada una de esas características (o, en el caso de los procariontes, los segmentos de ARN) son llamados por los científicos "genes". Cada gen codifica la información necesaria para la síntesis de determinada proteína.



Con esta lectura podrás encontrar algunas respuestas a estas preguntas y tal vez te plantearás otras sobre los procesos que rigen la herencia de caracteres biológicos. Lo que vas a ver te permitirá aprender sobre el origen de la genética moderna y las leyes de la herencia en los seres vivos. También podrás descubrir por qué en algunas características te pareces más a uno de tus padres, por qué heredaste los ojos de tu abuela y la estatura de tu abuelo, por qué tienes parecido con tus primos, y cómo las características pasan de una generación a otra.

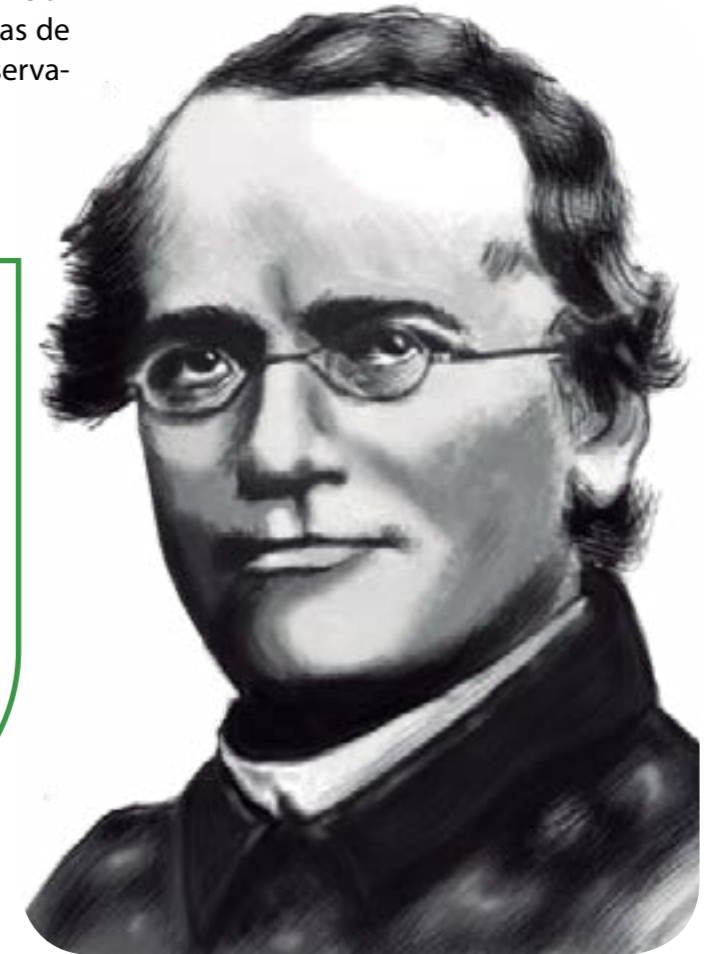
La curiosidad hace al científico

La inquietud y la curiosidad de un monje austríaco del siglo XIX, han permitido a la ciencia tener respuesta para muchas interrogantes relacionadas con la herencia de las características de los seres vivos. El nombre de ese monje observador e investigador es Gregorio Mendel.

Para saber más...

En 1822 nació Gregorio Mendel, hombre de origen humilde; siempre vivió como un monje en el monasterio de St. Thomas en Brünn, Austria, lugar donde ingresó mientras desarrollaba sus estudios universitarios a los 21 años. Allí vivió hasta su muerte en enero de 1884.

Su vida en el monasterio le permitió realizar sus experimentos. Los resultados de sus trabajos permanecieron sin ser reconocidos hasta décadas después de su muerte.



¿Qué aportó Gregorio Mendel?

Mendel se dedicó durante años a estudiar cómo se heredan las características en las plantas de guisantes: *Pisum sativum*. Trabajó de forma sistemática sus observaciones, para lo cual eligió siete características en sus estudios (figura 15.1). Una de las fortalezas de sus estudios fue el uso de las matemáticas para interpretar los resultados, especialmente la estadística, lo que le permitió establecer leyes que señalan cómo se transmiten las características de una generación a otra. Todos estos aspectos fueron significativos para sentar las bases de la **genética moderna**.

Para el momento en que Mendel realizó sus experimentos ya se conocía que las plantas híbridas descendientes de dos progenitores tienen características similares; además, si los híbridos a su vez se cruzan, la descendencia cambia y ya no se hacen evidentes las mismas características.

Es importante que como aprendiz de investigación consideres los detalles esenciales que llevaron a Mendel a tener éxito en sus experimentos, entre ellos:

- Eligió el material biológico adecuado para su investigación.
- Diseñó cuidadosamente los experimentos que realizó.
- Fue cuidadoso en el registro de los resultados y para su análisis e interpretación utilizó la estadística.
- Mendel reflexionó sobre cada resultado que obtuvo y en función de sus análisis propuso otras posibilidades para los cruces, lo que le permitió formular diversas hipótesis.
- Todo esto le permitió plantear las leyes que explican la herencia de caracteres de una generación a otra. Lo más importante en el trabajo de Mendel fue conseguir patrones en la manera en que se heredan las características.

Al utilizar plantas de guisantes (*Pisum sativum*) como material biológico, Mendel logró varias ventajas: la planta es fácil de cultivar, resulta fácil su polinización controlada ya que posee una flor con partes masculinas y femeninas que permite realizar **autofecundación o autopolinización**, por ende también es posible eliminar las anteras y evitar la **autofecundación**, puesto que las estructuras reproductivas están aisladas gracias a los pétalos (figura 15.2).

| Carácter | Dominante | Recesivo |
|------------------------|--------------|------------|
| Forma del Guisante | Liso (Y) | Rugoso |
| Color del Guisante | Amarillo (Y) | Verde (y) |
| Posición de las Flores | Lateral | Apical |
| Color de las Flores | Lila | Blanco |
| Forma de la Legumbre | Hinchada | Comprimida |
| Color de las Legumbre | Verde | Amarilla |
| Tamaño del Tallo | Alto | Corto |

Figura 15.1. Las siete características estudiadas por Mendel en las plantas de guisantes (*Pisum sativum*).

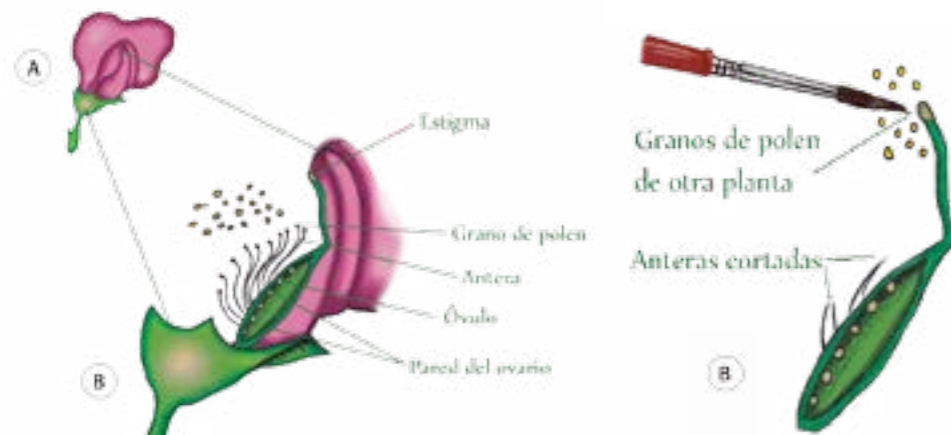


Figura 15.2. Flor de la planta de guisantes *Pisum sativum*.

(a) En la flor cerrada ocurre la autopolinización, produciendo las líneas puras; es decir, organismos que se autofecundan. (b) Al separar los pétalos es posible realizar la polinización cruzada, se eliminan los estambres y se utiliza el polen de otra flor con las características deseadas para estudiar.

Mendel inició sus experimentos cultivando variedades de la planta de guisantes para obtener líneas puras y así realizar luego polinización cruzada con ellas. Sus experimentos se basaron inicialmente en cruzar plantas que se diferenciaban sólo en una característica; este tipo de cruce se denomina **monohíbrido**. Luego tomó las semillas de ese cruce y las sembró para observar la descendencia (figura 15.3).

En uno de los cruces realizados, Mendel hizo la polinización cruzada de una planta de guisantes amarillos con otra de guisantes verdes a los que llamó primera generación de padres (P) (figura 15.3); de este cruce obtuvo la primera generación filial (F₁) con plantas que sólo daban semillas amarillas. ¿Qué habría pasado con el color verde?

Como en la primera generación filial Mendel obtuvo sólo plantas que daban semillas de color amarillo, decidió plantar las semillas producto de ese cruce y permitió que se autopolinizaran. De este cruce obtuvo que tres cuartas partes de las plantas daban semillas amarillas y una cuarta parte semillas verdes, obteniendo así la **segunda generación filial (F₂)** (figura 15.3). ¿De dónde salió el color verde de las nuevas semillas que había desaparecido?

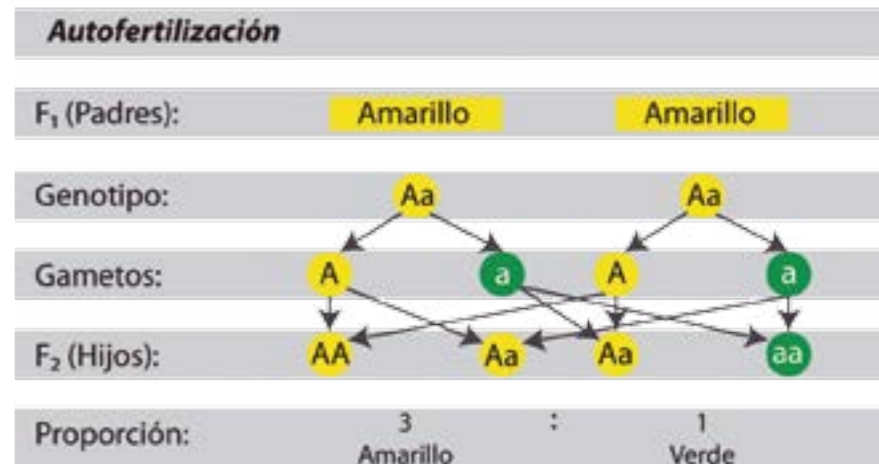
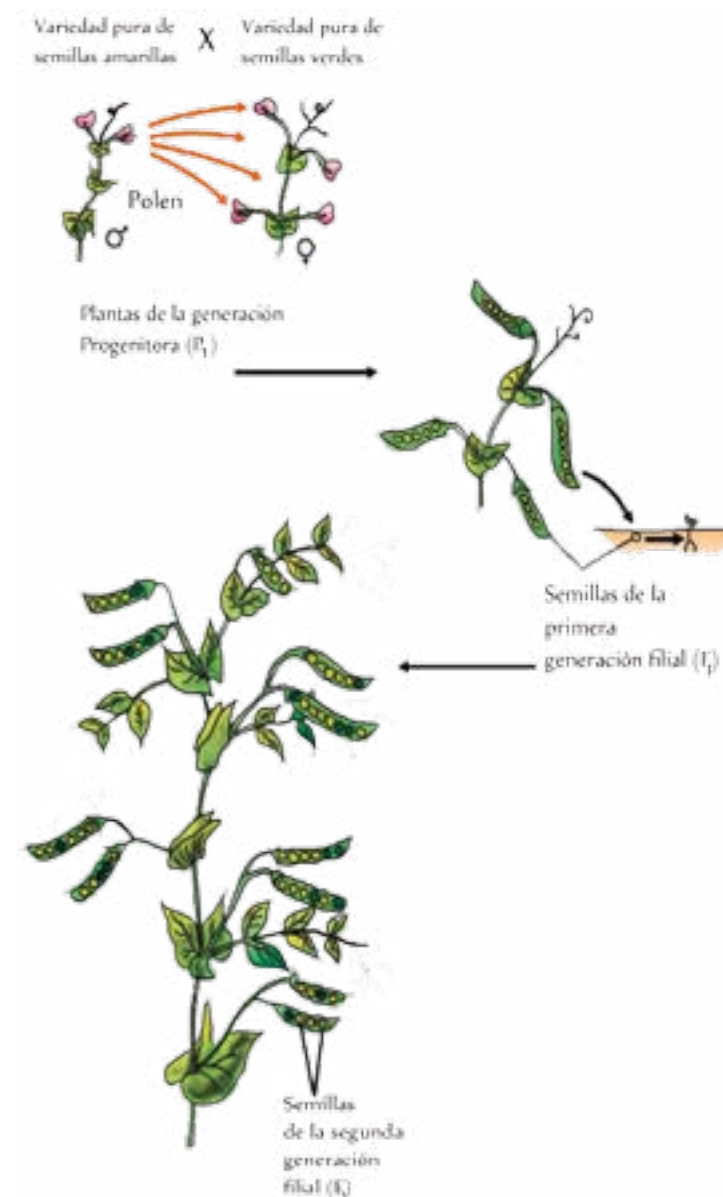


Figura 15.3. Cruce monohíbrido realizado por Mendel en los guisantes *Pisum sativum*. Para facilitar la comprensión de los cruces se representan con letras los alelos (dominantes en mayúscula y recesivos en minúscula).

Mendel repitió varias veces estos cruces y sus resultados se repitieron. Realizó distintos cruces con diferentes características y los resultados se mantuvieron.

Para tratar de explicar los resultados obtenidos, Mendel pensó:

- La diferencia entre una característica y otra se debe a determinantes hereditarios a los que llamó **factores** y que hoy conocemos como **genes**, es decir, segmentos de ADN con información genética.
- Los factores o genes existen en parejas y durante la formación de los gametos los pares de ellos se separarán (recuerda lo que sucede en la meiosis).
- Los gametos femeninos y masculinos se fusionan al azar.
- Existen características que dominan sobre otras, sin embargo la característica recesiva, aunque no se manifiesta, no se ve alterada y puede pasar a la siguiente generación. Actualmente se conoce que es **dominante** el alelo que se expresa a expensas del alelo alternativo. El fenotipo dominante es el que se expresa en la F_1 de un cruzamiento entre dos líneas puras. Por otra parte, el alelo **recesivo** se presenta cuando la expresión de un gen se suprime en presencia de un alelo dominante. El fenotipo recesivo es el que “desaparece” en la primera generación de un cruzamiento entre dos líneas puras y “reaparece” en la segunda generación.
- Los organismos de líneas puras tienen los mismos genes para la característica en estudio, mientras que los híbridos poseen dos genes diferentes.

Así mismo, a medida que se fueron ampliando los conocimientos en genética luego de los trabajos realizados por Mendel, se estableció otra serie de definiciones básicas que es importante comprender:

- El **genotipo**, o constitución genética de un individuo, es el conjunto de genes que contiene un organismo heredado de sus progenitores, mientras que el **fenotipo** es la manifestación externa del genotipo, es decir, la suma de los caracteres observables en un individuo. El fenotipo es el resultado de la interacción entre el genotipo y el ambiente.
- Un **alelo** es cada una de las formas diferentes en que se puede representar un gen, es decir, las variantes de un gen. Si ambos alelos son idénticos para un gen, el organismo es **homocigoto** para esa característica. Si son diferentes, es **heterocigoto**.

De las conclusiones del trabajo de Mendel se deriva la **Primera ley de Mendel o Ley de Segregación**, que según la interpretación que se hace en la actualidad plantea que: *los alelos de un mismo gen se separan, es decir, se segregan cuando se forman los gametos y de esta manera, al azar, cada gameto lleva la mitad de la información (un alelo de un gen). Por consiguiente, las características que se enmascaran (recesivas) en la F_1 reaparecerán en la F_2 , es por esta razón que de un cruce de dos líneas puras (homocigotas) resultan individuos heterocigotos.*

Luego que Mendel terminó con sus estudios en cuanto a la herencia de una característica se planteó realizar cruces donde incluyera más características; para ello realizó **cruces dihíbridos**, donde consideró dos características por cruce. Realizó la fertilización cruzada de una planta de guisantes amarillos y textura lisa con otra de guisantes verdes y textura rugosa. De este cruce obtuvo en la primera generación filial (F_1) sólo plantas que daban semillas amarillas y lisas, mientras que al realizar la autofecundación en la F_2 obtuvo semillas amarillas y lisas, amarillas y rugosas, verdes y lisas y verdes y rugosas en distintas proporciones (figura 15.4).

De este cruce realizado Mendel propuso su **Segunda Ley o Ley de Segregación Independiente de los caracteres**, que según su interpretación en la actualidad establece que: *durante la formación de los gametos en el proceso de gametogénesis, la segregación de los alelos de un gen es independiente de la segregación de los alelos de otro gen.*

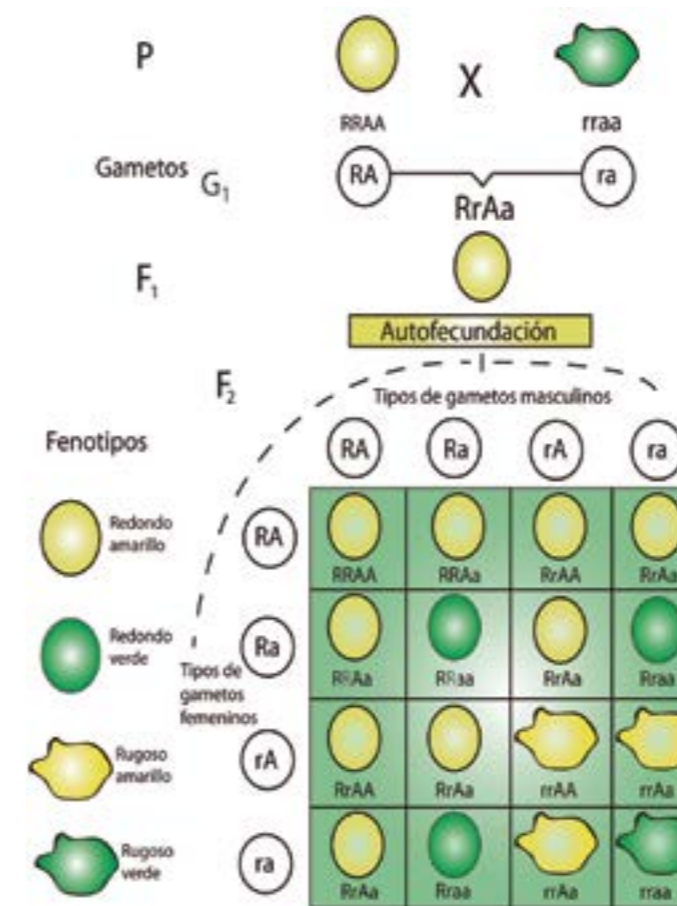


Figura 15.4. Cruce dihíbrido realizado por Mendel en los guisantes *Pisum sativum*.

Sin embargo, los resultados de Mendel no fueron aceptados ni reconocidos por la comunidad de biólogos de la época; sólo fueron reconocidos 30 años después de su muerte, a comienzos del siglo XX, ya que en su época no causaron ningún impacto en la biología. Fue en 1900 que gracias a Carl Correns, Hugo de Vries y Erich Tschermak, biólogos que trabajaron de manera independiente y que al principio desconocían los trabajos de Mendel, se redescubrieron los principios de la herencia.

Es importante señalar que para ese momento de la historia de la genética no se había estudiado profundamente la ubicación de los genes en los cromosomas, aspecto que influye en la segregación de los alelos ya que genes ubicados en un mismo cromosoma se encuentran ligados, es decir, no se distribuyen de manera independiente, excepto cuando existe **entrecruzamiento**, como lo trabajamos en la lectura anterior.

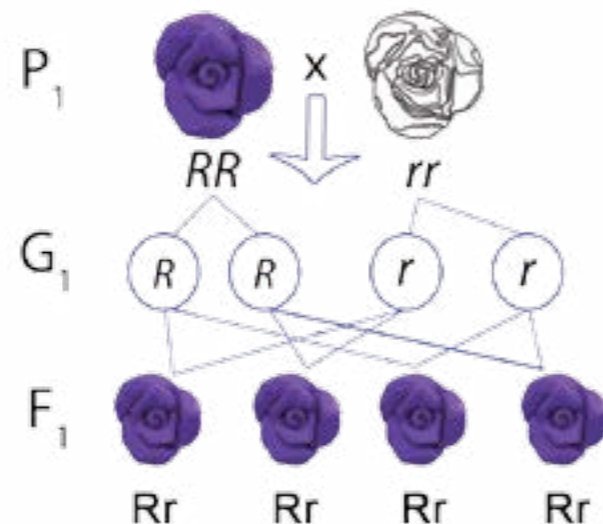


Figura 15.5. Flores y frutos de una planta de guisante (*Pisum Sativum*).

¿Cómo realizó Mendel los cruces?

Mendel cruzó plantas de líneas puras que tenían flores púrpuras con otras plantas de flores blancas. En el siguiente esquema observa como se representa el genotipo, el fenotipo, el porcentaje y la proporción en la que se encuentra cada descendiente de la F₁ y la F₂.

1. Tipo de cruce: monohíbrido
2. Característica: color de flor
3. Simbología:
 - Color púrpura = R
 - Color blanco = r
4. Cruce según el método matemático
5. Gametos
6. Primera generación filial

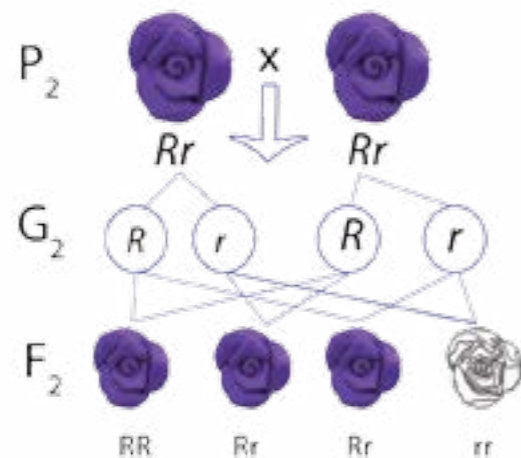


| Fenotipo | | Genotipo | |
|----------|---------------------------------------|----------|--------------------------|
| 4/4 | 100% Plantas con flores color púrpura | 4/4 | Plantas heterocigotas Rr |

Proporción: 1:1

Ahora repetimos los pasos 4, 5 y 6 para sacar la F₂, luego de la autofecundación.

4. Cruce
5. Gametos
6. Segunda generación filial

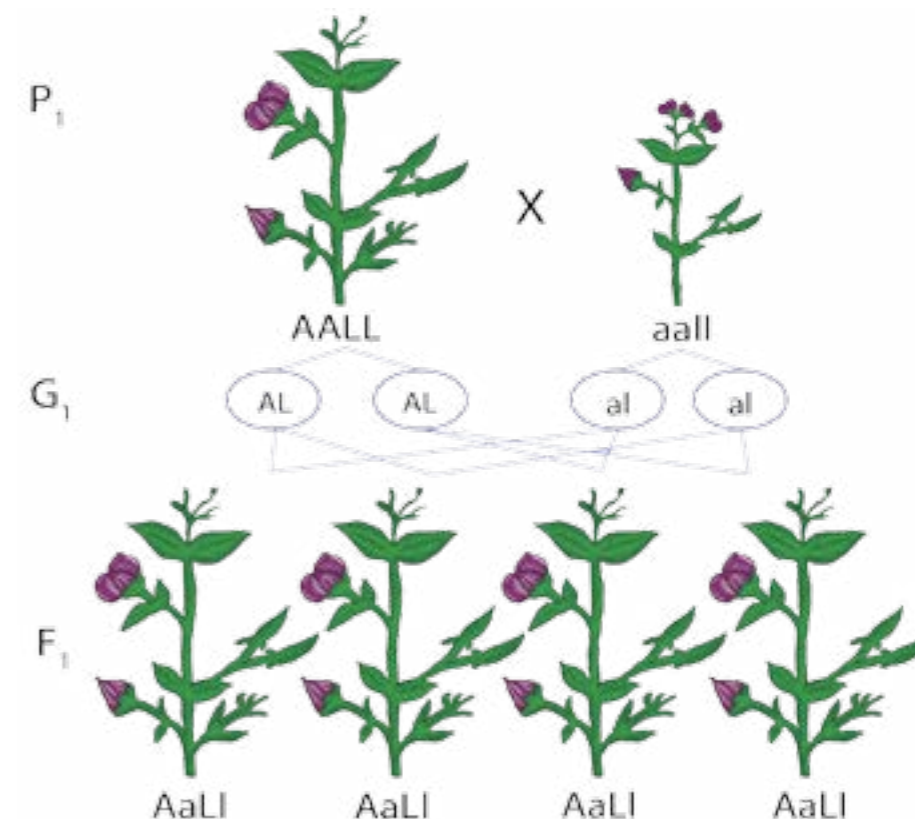


| Fenotipo | | Genotipo | |
|----------|--------------------------------------|----------|---------------------------------------|
| 3/4 | 75% plantas con flores color púrpura | 2/4 | 50% plantas heterocigotas Rr |
| | | 1/4 | 25% plantas homocigotas dominantes RR |
| 1/4 | 25 % plantas con flores color blanco | 1/4 | 25% plantas homocigotas recesivas rr |

Proporción: 3:1 Por cada 3 plantas con flores color púrpura sale 1 de color blanco.

Mendel cruzó plantas de líneas puras que tenían tallo alto y flores laterales (axiales) con otras de tallo bajo y flores terminales. En el siguiente esquema, observa el genotipo, el fenotipo, el porcentaje y la proporción en la que se encuentra cada descendiente de la F₁ y la F₂.

1. Tipo de cruce: dihíbrido
2. Características: tamaño de la planta, ubicación de la flor
3. Simbología:
 - Tamaño de la planta: alta=A, baja =a;
 - Ubicación de la flor: lateral o axial= L, terminal= l
4. Cruce según el método matemático



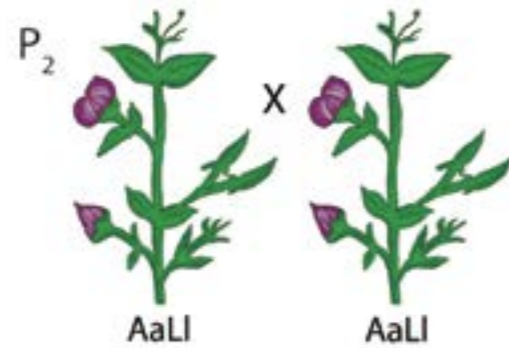
En esta generación se producen 16 plantas. Cada padre produce 4 tipos diferentes de gametos; sin embargo, como en este caso la carga genética es igual, se resume en el esquema:

| Fenotipo | | Genotipo | |
|----------|---|----------|----------------------------|
| 16/16 | 100% plantas de tallo alto y flores laterales | 16/16 | plantas heterocigotas AaLl |

Proporción: 1:1

Ahora repetimos los pasos 4, 5 y 6 para sacar la F₂ luego de la autofecundación; en este caso vamos a utilizar otro procedimiento para facilitar el trabajo:

4. Cruce según el método del cuadrado de Punnet:



| P ₂ | AaLl | | | | |
|----------------|------------------------|------|------|------|------|
| AaLl | Gametos G ₂ | AL | Al | aL | al |
| | AL | AALL | AALl | AaLL | AaLl |
| | Al | AALl | AAll | AaLl | Aall |
| | aL | AaLL | AaLl | aaLL | aaLl |
| | al | AaLl | Aall | aaLl | aall |

| Fenotipo | | Genotipo | |
|----------|---|----------|------|
| 9/16 | Plantas de tallo alto y flores laterales | 1/16 | AALL |
| | | 2/16 | AALl |
| | | 4/16 | AaLl |
| | | 2/16 | AaLL |
| 3/16 | Plantas de tallo alto y flores terminales | 1/16 | AAll |
| | | 2/16 | Aall |
| 3/16 | Plantas de tallo bajo y flores laterales | 1/16 | aaLL |
| | | 2/16 | aaLl |
| 1/16 | Plantas de tallo bajo y flores terminales | 1/16 | aall |

Proporción: 9:3:3:1



¡Manos a la obra! Conociendo tu herencia familiar

Las características físicas que posees son la expresión de la información genética contenida en tus genes; muchas de esas características son la prueba de la herencia de tus antepasados. Con esta actividad descubriremos cuáles de esas características son propias de tu familia.

¿Qué necesitas?

- Una foto tuya reciente
- Fotos de tus familiares más cercanos, tus padres, tus hermanos, abuelos, tíos, primos
- Hojas de papel
- Lápiz
- Colores
- Pega
- Regla



¿Cómo lo harás?

- En una hoja realiza un árbol genealógico; puedes utilizar como ejemplo el que aparece en la figura.
- Compara tus rasgos físicos con los de tus familiares cercanos e identifica cuáles son los más comunes.
- Elabora un cuadro con las características fenotípicas más resaltantes de tu familia y anota en cuáles aspectos coincide cada familiar según su parentesco.

¿Qué explicaciones puedes dar a lo observado?

- ¿Consigues parecido entre tus familiares? ¿Qué características son comunes? Según tu conocimiento sobre la genética, ¿a qué crees que se deba esto?
- ¿Consideras de importancia el estudio de la genética?
- Socializa tus resultados con tus compañeras y compañeros de clase, presenta tu árbol genealógico.





Juguemos a construir un genotipo

A continuación simularemos los cruces que realizó Gregorio Mendel cuando llevó a cabo sus experimentos. Esta actividad es para realizar en grupo.

¿Qué necesitan?

- 8 fichas de cada uno de los siguientes colores: amarillo, verde, rojo y azul.
- 2 círculos de 5 cm c/u, como aparece en el esquema que se te sugiere.
- 1 hoja.
- 2 vasos de colores diferentes.
- Lápiz, marcador.

¿Cómo lo harán?

- Seleccionen un ser vivo ficticio y dos características que deseen trabajar de él.
- Decidan cuál será la característica dominante y cuál la recesiva.
- Marquen 8 fichas con una letra mayúscula y 8 con letra minúscula; asígnenle a cada una la característica que eligieron.
- Separen las fichas de cada característica al azar y colóquenlas en dos vasos identificados con los símbolos de masculino y femenino. En total cada vaso debe tener 16 fichas combinadas, formadas por cada color.
- Ahora realicen distintos cruces:
 - Tomen 4 fichas al azar de cada vaso.
 - Simulen el cruce sacando los gametos y la primera generación; intenten hacerlo más rápido que sus compañeros.
 - Anoten los resultados en una hoja. Luego traten de establecer el genotipo y el fenotipo.

- Ahora intenten otro cruce seleccionando al azar otras fichas.



Madre

Vaso del alelo hembra

Padre

Vaso del alelo macho

| | Madre | Hijos características genéticas | Padre |
|---------|-------|---|-------|
| Ejemplo | AB | AaBb=heterocigoto para ambas características, flores de color rojo, tallo largo | ab |
| | | | |
| | | | |

¿Qué explicaciones darán a lo observado?

- ¿Será importante el azar en la variedad de las especies?
- ¿Cuántas combinaciones podemos realizar con los gametos que elegiste?
- ¿Todos los cruces que has realizado presentan las mismas características?

Toda regla tiene su excepción

Mendel seleccionó características simples en las plantas de guisantes, lo que le permitió obtener resultados claros y fáciles de interpretar. Sin embargo, la realidad del mundo natural es mucho más compleja. Por ejemplo, hay casos como el de la planta de dragoncillo o el de la planta dondiego de noche; una característica particular de ellas es que al cruzar dos plantas: una de flores rojas (RR) con otra de flores blancas (R'R'), su descendencia da flores de color rosado (RR'); es decir, el fenotipo del heterocigoto es intermedio: esto se llama **dominancia intermedia**. Al realizar un cruce de los descendientes de la F₁ y obtener la F₂ reaparecen las características roja y blanca, lo que implica que la integridad de los alelos se mantiene, no se han visto afectados (figura 15.5).

Al resolver cruces de este tipo es necesario que consideres que se utilizan letras mayúsculas para ambas características.

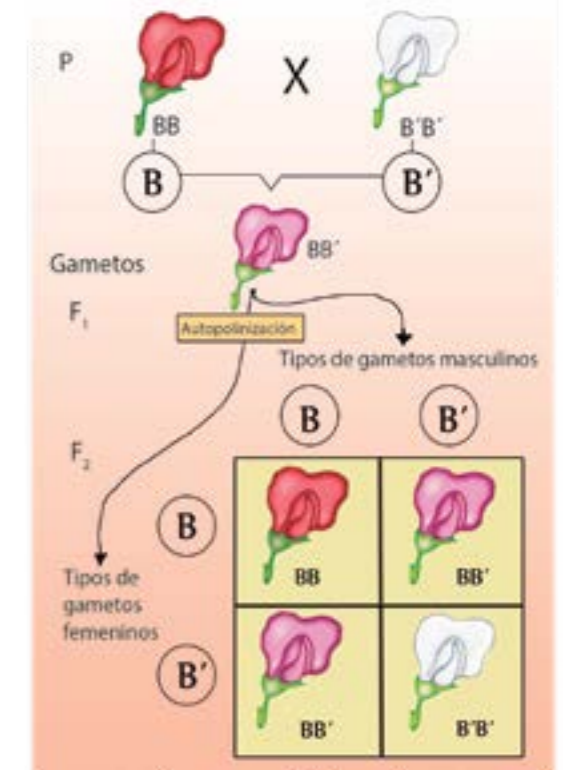


Figura 15.6. Cruce de dominancia intermedia.

Codominancia

En algunos casos se puede obtener la expresión conjunta de alelos de un gen donde ninguno domina, simplemente se expresan ambos sin obtener resultados intermedios. Así sucede en el caso de un tipo de glicoproteína (unión de un azúcar y una proteína) que se encuentra en la superficie de los glóbulos rojos de la especie humana: dependiendo del tipo de glicoproteína existirán diversos tipos de sangre.

Alelos múltiples

Dado que las mutaciones son capaces de modificar la información presente en el ADN, un gen puede presentar más de dos alelos como en el caso del grupo sanguíneo en la especie humana; allí se consiguen diversos tipos de sangre de acuerdo a la presencia o no de antígeno y, además, al antígeno que se posee (bien sea A o B). A ello se suma que éste es un tipo de herencia codominante (figura 15.6).

Si hay un antígeno en la superficie de los glóbulos rojos de una persona y su sangre se une con la de otra persona cuyo antígeno en los glóbulos rojos no es compatible, reaccionarán los anticuerpos y producirán una coagulación o aglutinación de los glóbulos rojos; por ello es importante realizar pruebas sanguíneas específicas cuando una persona va a ser donante.

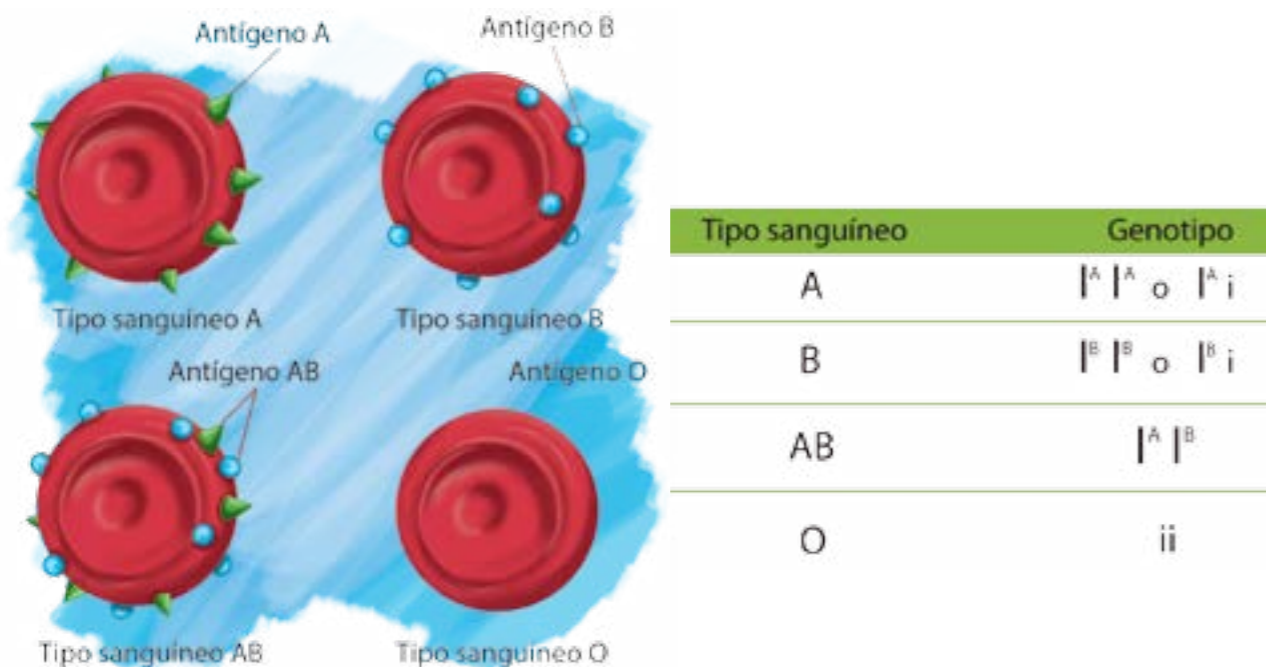


Figura 15.7. Tipo sanguíneo en la especie humana. El grupo O es donante universal (no contiene antígenos ni A ni B). El grupo AB es receptor universal (no produce anticuerpos contra el antígeno A ni el antígeno B). El alelo i es nulo, es incapaz de producir cualquier forma del antígeno. Alelos A y B son dominantes sobre el alelo i .

La genética en nuestras vidas

A lo largo de la historia los seres humanos han utilizado la genética de forma empírica, basados en su experiencia, siempre con el objetivo de lograr mejoras en los cultivos y en los animales domesticados a fin de obtener mejores rendimientos. Se ha buscado que las características específicas de los productos respondan a las necesidades de la sociedad: plantas más resistentes a plagas o con frutos más grandes, vacas que den más leche, entre otras.



Al redescubrirse los trabajos de Mendel a comienzos del siglo XX, esta mejora dejó de ser empírica y se convirtió en algo sistemático, es decir, más organizado, para la selección de los mejores especímenes para cruzar según las leyes de la herencia, y así obtener los mejores resultados. Hoy día se aplican mayores conocimientos en la investigación biotecnológica, que trabaja directamente modificando genes concretos.

El uso de la genética en la mejora de cultivos o animales para la alimentación, entre otras, puede permitir potenciar sus características para beneficio de la sociedad, por ejemplo, cultivar frutos de mejor sabor o cuya duración sea prolongada. Así mismo, en el caso de los animales se pueden obtener especies con menor cantidad de grasa para no afectar la salud de la población, o lograr especies cuyo desarrollo sea más rápido y así invertir menos tiempo en su cuidado.

Por otra parte, también puede permitir mejoras en la resistencia de las plantas a las plagas y a las condiciones ambientales adversas que afectan los cultivos.

Asimismo la terapia génica es utilizada en la medicina para el diagnóstico y curación de enfermedades hereditarias, por ejemplo, para el tratamiento de la fibrosis quística, también para tratar enfermedades hepáticas; incluso se está trabajando para ser utilizada como tratamiento contra el cáncer al modificar linfocitos que puedan atacar los tumores cancerígenos. Lo que implica que el conocimiento de la genética aporta técnicas y tratamientos que logran mejorar la calidad de vida de la sociedad.

A pesar de los beneficios que se obtienen con el uso de la biotecnología en la mejora de las especies animales o vegetales para consumo humano, la liberación de éstos al ambiente cuando no se realiza con el control adecuado promueve el cruce de los mismos con los organismos silvestres, lo cual supone un riesgo para las especies autóctonas ya que el genotipo que poseen los OGM (Organismo Genéticamente Modificado) afecta el acervo genético de la diversidad biológica y el equilibrio en las interacciones biológicas del planeta.

Además, las empresas que se dedican a la elaboración de OGM en el mundo son escasas y tienden a monopolizar los productos que elaboran: incrementan los costos frente la demanda de los productos con base en el beneficio que éstos representan para las poblaciones de agricultores o ganaderos que requieren de las variedades de especies que les ofrecen para mejorar su producción. Así mismo, dichas empresas productoras de OGM a menudo no consideran uno de los principales objetivos por el cual fueron creados los organismos transgénicos: atender las necesidades alimentarias de la población mundial.

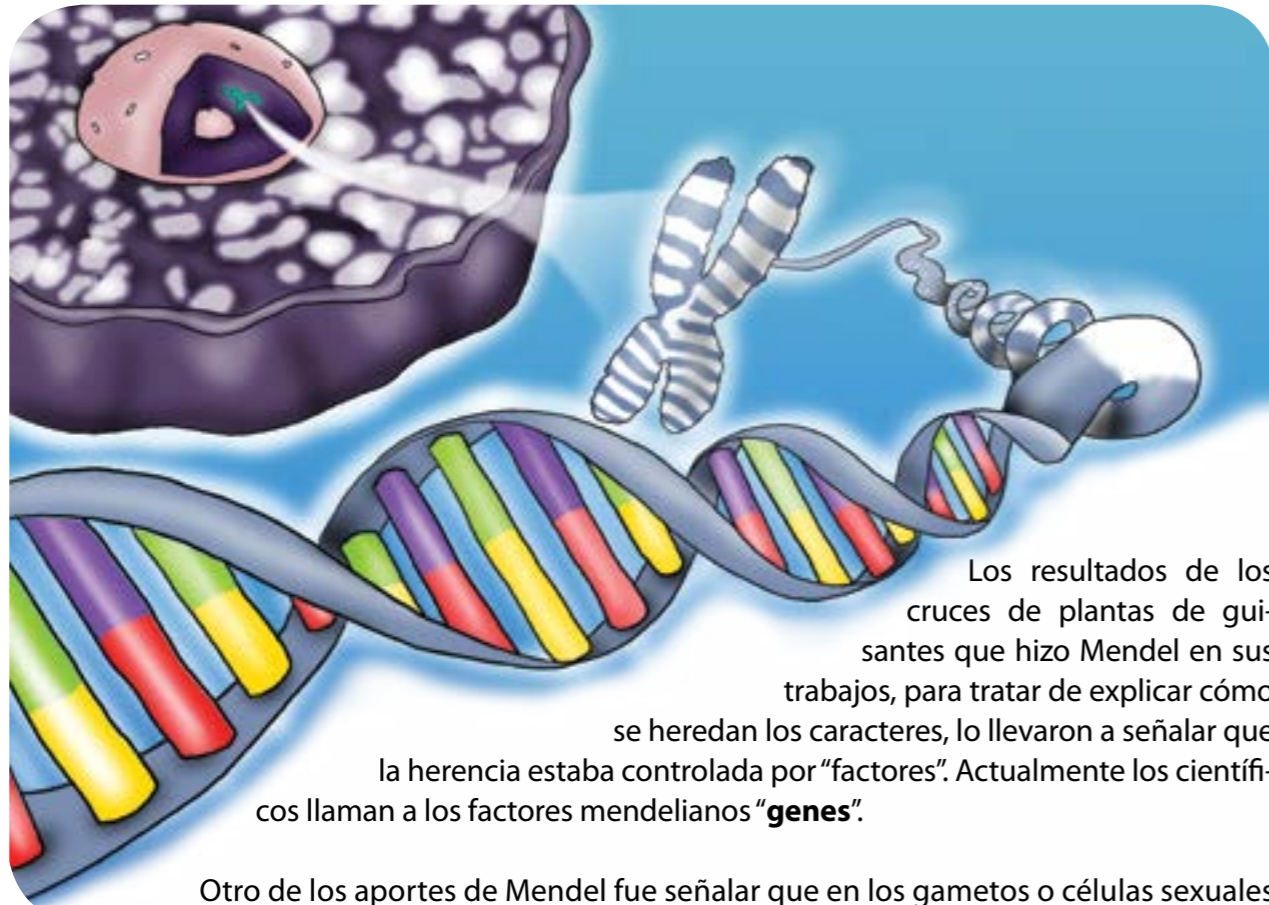


Actividades de autoevaluación

1. El conocimiento de las bases de la genética permite comprender cómo se transmite la información de los genes en las especies, sin embargo la manipulación genética presenta otras bases. Indaga junto con tus compañeras y compañeros cómo hace la biotecnología para producir organismos genéticamente modificados (OGM).
2. Socializa con tus compañeras y compañeros cuál es la posición de nuestro país con respecto a los alimentos genéticamente modificados (OGM), para ello revisa diferentes documentos legales, entre ellos la Ley de Diversidad Biológica (1999). De igual forma puedes revisar los siguientes enlaces donde aparece una propuesta de gerencia estratégica para el uso de transgénicos en Venezuela: <http://www.rppnet.com.ar/transgenicos.htm>. Marco Nacional de Seguridad de la Biotecnología Moderna en la República Bolivariana de Venezuela: <http://www.minamb.gob.ve/files/Conservacion-bioseguridad/MNB.pdf>.
3. En una lectura anterior te invitamos a realizar un debate sobre los beneficios y los problemas éticos de la manipulación genética. Ahora que sabes cómo se hereda la información genética te proponemos que incorpores a tu investigación las distintas técnicas de manipulación genética que existen. Con ayuda de tu profesora o profesor y junto con tus compañeras y compañeros organiza un foro o un panel de expertos, donde los panelistas sean distintos compañeros de clase que representen a los especialistas en biotecnología; que cada uno exponga un caso real de OGM, cómo se trabajó en él y qué resultados se obtuvieron. El resto del grupo-sección constituye la audiencia, así pueden desarrollar un debate sobre los casos presentados.



*Campaña contra maíz transgénico en Europa.
Fuente: Greenpeace.*



Los resultados de los cruces de plantas de guisantes que hizo Mendel en sus trabajos, para tratar de explicar cómo se heredan los caracteres, lo llevaron a señalar que la herencia estaba controlada por "factores". Actualmente los científicos llaman a los factores mendelianos "**genes**".

Otro de los aportes de Mendel fue señalar que en los gametos o células sexuales la información contenida en los "genes" se distribuye de manera independiente, lo que hace posible que durante la fecundación, es decir, la unión de un gameto femenino y otro masculino, el nuevo ser tenga una mayor variedad de combinaciones de dicha información.

En la actualidad sabemos muchas cosas sobre los genes que se desconocían en el siglo XIX cuando Mendel vivió, y que han sido parte de los avances de la Genética desde principios del siglo XX; sobre todo, conocemos que los genes son porciones concretas de ADN; por ello, hoy nos parece evidente decir que la información genética está en los cromosomas y que en ellos los genes están ordenados linealmente, pero esto es el fruto del esfuerzo de muchas investigadoras e investigadores.

En esta lectura describimos cómo se desarrolló la llamada **Teoría Cromosómica de la Herencia**. Conoceremos cómo los cromosomas en las células eucariotas transmiten los caracteres hereditarios, en especial los relacionados con los cromosomas sexuales; también veremos la forma en que los genes son "empaquetados" en los cromosomas. Además, presentamos algunas técnicas para observar los cromosomas humanos.

Parece que las leyes de Mendel no siempre se cumplen

Como recordarás de la lectura acerca de los procesos de división celular (mitosis y meiosis), cuando el núcleo celular comienza el proceso de división, la **cromatina** formada por largas cadenas de ADN –un material que se visualiza como una maraña de hilos delgados– comienza a condensarse hasta formar los **cromosomas**.

Aunque el término cromosoma comenzó a usarse desde 1882, no fue sino hasta el redescubrimiento de las leyes de Mendel cuando comenzó a sospecharse su papel en la transmisión de los caracteres hereditarios.

Hacia 1902 Walter Sutton (EEUU) y Theodor Boveri (Alemania), trabajando en forma independiente, formularon la hipótesis de que los "genes" o "factores" mendelianos se encuentran en los cromosomas, dado el comportamiento paralelo de los genes y los cromosomas en la formación de los gametos durante la meiosis. Este paralelismo se resume en la tabla 16.1

Tabla 16.1. Comparación entre los cromosomas y los "factores" de Mendel.

| Características de los cromosomas | Características de los factores de Mendel |
|---|---|
| Los cromosomas están en pares. | Los factores de Mendel están en pares. |
| Los cromosomas se segregan, es decir, los pares se separan durante la meiosis. | Los factores de Mendel se segregan, es decir, los pares se separan durante la formación de gametos. |
| Las parejas de cromosomas se reparten independientemente de otras parejas de cromosomas. | Los factores de Mendel se reparten independientemente. |
| Los gametos tienen la mitad del número de cromosomas que poseen las células del cuerpo. | Los gametos tienen la mitad del número de factores que poseen las células del cuerpo. |
| Durante la fecundación, los gametos se reúnen restaurando el número original de cromosomas. | El número original de factores se restaura al unirse los gametos. |
| Cada cromosoma retiene su estructura al pasar de una generación a otra. | Los factores no cambian al pasar de una generación a otra. |

Posteriormente, Sutton formuló lo que se llamó Teoría Cromosómica de la Herencia en los siguientes términos:

Los genes son unidades físicas que se encuentran localizadas en los cromosomas.

Podemos observar que los "factores" de Mendel son designados como "genes", término acuñado por Wilhelm L. Johannsen en 1909.

Aunque la teoría de que los genes se encuentran en los cromosomas parecía correcta, se requería más evidencia experimental para apoyarla. Para ello se necesitaba un organismo cuya genética y cuyos cromosomas pudieran estudiarse al mismo tiempo.

A partir de 1910 Thomas H. Morgan comenzó a estudiar la mosca de la fruta o mosca del vinagre, *Drosophila melanogaster* (figura 16.1). Este organismo presenta las siguientes ventajas:

- Las moscas son fáciles de conseguir y mantener.
- Requieren poco espacio y poca alimentación.
- Se reproducen rápidamente (completan su ciclo en 10 u 11 días a 25 °C).
- Poseen sólo 4 pares de cromosomas.
- Tienen características fáciles de observar.
- El macho y la hembra se distinguen fácilmente.
- La larva tiene cromosomas gigantes en las glándulas salivares y otros tejidos, lo que facilita su observación al microscopio.

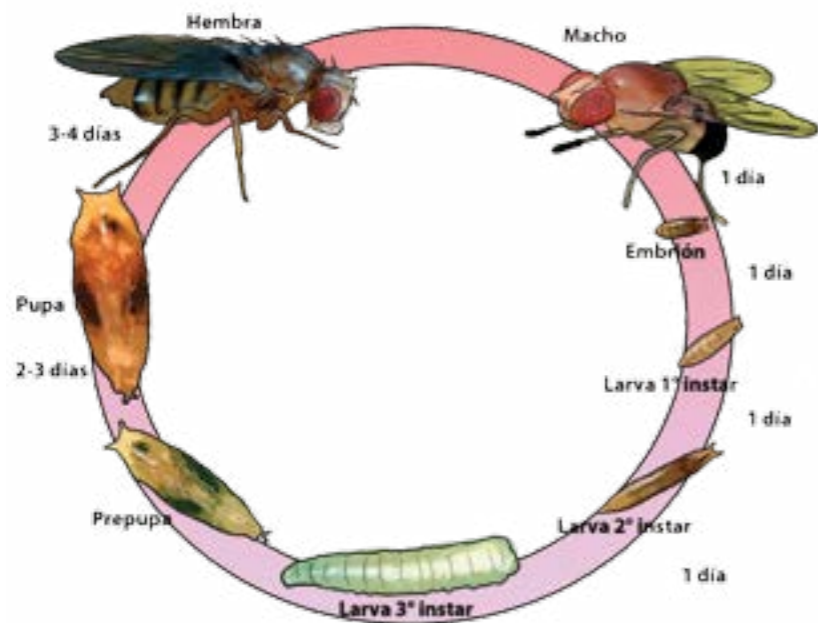


Figura 16.1. Ciclo de vida de la *Drosophila melanogaster* en un cultivo mantenido a 25 °C.

Morgan observó en sus experimentos con la mosca de la fruta que aunque la hembra posee cuatro pares de cromosomas semejantes entre sí (cromosomas homólogos), los machos de esta especie tenían tres pares de cromosomas homólogos, llamados **autosomas**, y un par de cromosomas parecidos pero no idénticos, a los que denominó **cromosomas sexuales o heterocromosomas**, ya que son los responsables del sexo. Uno de los cromosomas del cuarto par es de apariencia idéntica a los cromosomas del cuarto par de las hembras y lo designó como **X**, por su parecido con esta letra; al otro cromosoma de los machos, que es bastante diferente, lo denominó cromosoma **Y**.

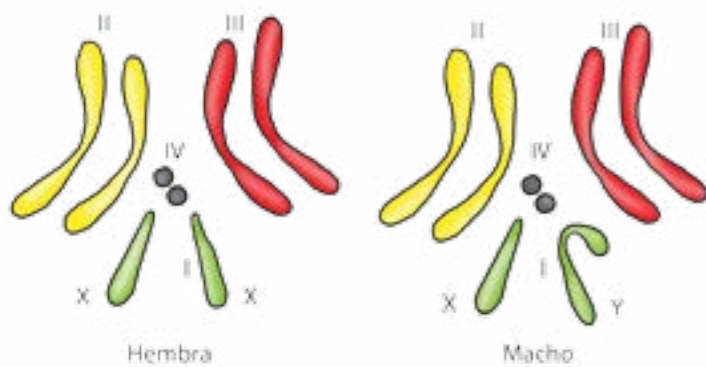


Figura 16.2. Cromosomas de *Drosophila* hembra y macho, diferencias descritas por primera vez en 1908.

Debido a la separación de los pares de cromosomas homólogos durante la meiosis, los óvulos de esta mosca contienen uno de cada tipo de autosomas, más un cromosoma X. Los espermatozoides producidos por los machos contienen tres autosomas y un cromosoma X o uno Y. Si durante la fecundación un óvulo se fusiona con un espermatozoide que posee un cromosoma X, el cigoto producirá una mosca hembra (XX). Si el espermatozoide posee un cromosoma Y, será un macho (XY) (figura 16.3).

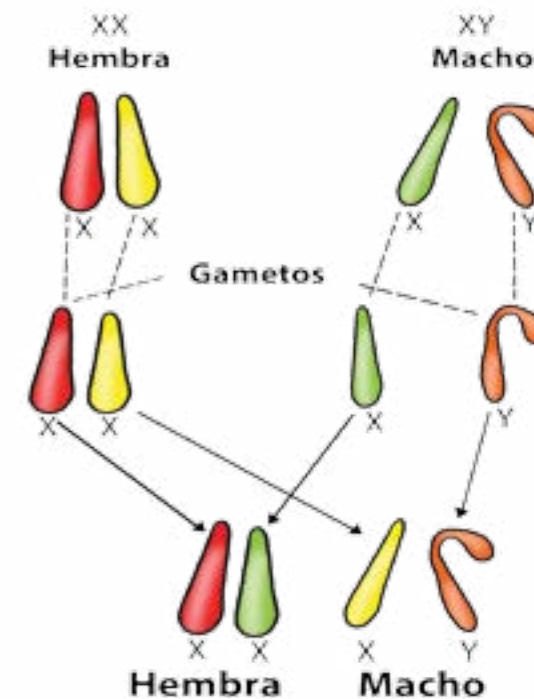


Figura 16.3. Determinación del sexo. Sólo están expresados los cromosomas sexuales.

Para saber más...

El papel de los cromosomas sexuales en la determinación del sexo fue establecido por Nettie Maria Stevens, quien en 1905 publicó los resultados de sus investigaciones con el escarabajo de la harina *Tenebrio molitor*. Esta investigadora, además de localizar y describir los cromosomas sexuales y su comportamiento, supo interpretar su función en relación con las leyes mendelianas de la herencia. Stevens murió en 1912 de cáncer de mama.



Para realizar sus trabajos Morgan cultivó *Drosophila* de tipo salvaje; en un principio se trazó como objetivo realizar cruces como los realizados por Mendel con las plantas de arvejas. Después de realizar muchos cruces observó que en uno de los cultivos había una mosca que era diferente a las demás, tenía los ojos blancos en vez de rojos, que era lo normal. Cuando la separó del grupo, observó que esta mosca diferente era un macho y la cruzó con una hembra de ojos rojos normal para obtener los descendientes de la primera generación. La descendencia resultante presentó ojos rojos, lo que indicaba que el carácter "ojos blancos" era recesivo. Morgan denominó *white* (w), blanco en inglés, al gen correspondiente para este carácter.

Sin embargo, al cruzar los descendientes entre sí se obtenían resultados muy curiosos. Aunque se daba la segregación 3:1 (por cada tres individuos de ojos rojos, había uno de ojos blancos), se observó que no había ninguna hembra de ojos blancos y, en cambio, entre los machos, la mitad tenía ojos rojos y la otra mitad tenía los ojos blancos (figura 16.4).

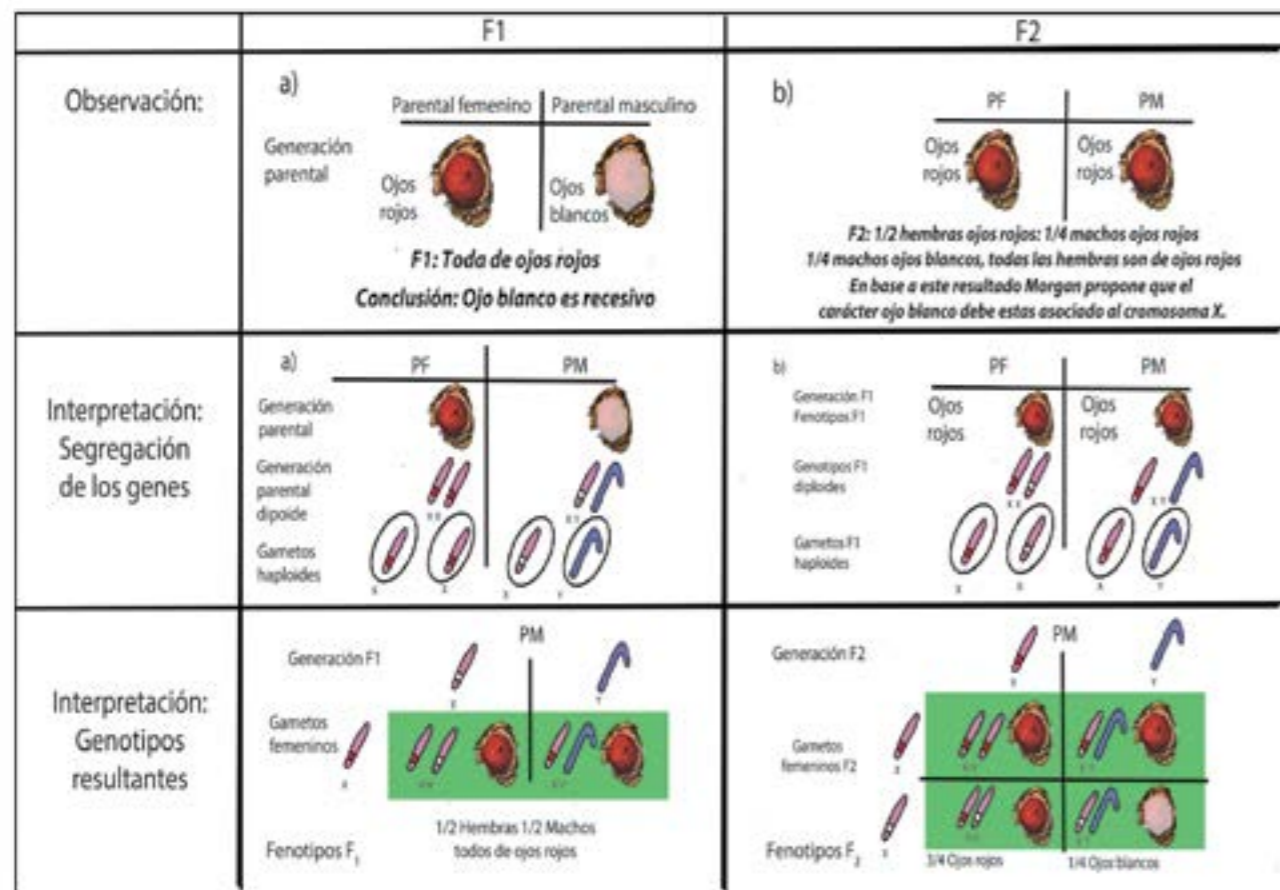


Figura 16.4. Cruzamientos realizados por Morgan en *Drosophila melanogaster* para estudiar la herencia del gen para ojos blancos.

La figura 16.4 representa el cruce hecho por Morgan sobre la herencia del color de los ojos en *Drosophila melanogaster*. Como puedes observar en dicha figura, Morgan interpretó estos resultados asumiendo que el gen implicado en el color de los ojos debía estar en el cromosoma X. En otras palabras: un gen preciso, ubicado en un cromosoma determinado, era responsable del color de ojos de esos insectos. Esta fue la primera vez que se hizo tal asociación entre un gen y un rasgo físico, apoyando la hipótesis de Sutton y Boveri. Como los machos poseen un solo cromosoma X, manifestarían el carácter para cualquier alelo presente en el cromosoma X. Esto se cumpliría aun para el caso del alelo recesivo, ya que el cromosoma Y no tiene un alelo que pudiera ser dominante.

Morgan planteó tres conclusiones fundamentales:

- Los genes deben residir en los cromosomas,
- Cada gen debe residir en un cromosoma concreto,
- El carácter "color de ojos" debe residir en el cromosoma X y estar ausente en el cromosoma Y, siendo el rojo el color dominante.

Para saber más...

El hecho de que Gregorio Mendel siempre obtuvo una distribución independiente de los genes para los caracteres que él estudió, sólo pudo ocurrir porque estos se encontraban en diferentes cromosomas de los guisantes, pues si hubieran estado en el mismo cromosoma se hubieran heredado juntos.

Más tarde Morgan descubrió que muchos caracteres hereditarios se transmiten juntos como, por ejemplo, el color del cuerpo de la mosca, el color de los ojos, el tamaño de las alas... Después de efectuar numerosos cruces comprobó que había cuatro grupos de genes que se heredaban ligados. Concluyó, por tanto, que los genes que se encontraban en el mismo cromosoma tendían a heredarse juntos, por lo que los denominó **genes ligados**. Morgan supuso que estos genes ligados estaban localizados a lo largo del cromosoma, en la misma forma en que se disponen las cuentas en un collar.

Posteriormente, Morgan observó que esos caracteres "ligados" en ocasiones se separan. A partir de aquí Morgan dedujo el concepto de **recombinación de cromosomas**: postuló que dos cromosomas apareados pueden intercambiar información, e incluso propuso que la frecuencia de recombinación depende de la distancia entre ambos. Las bases físicas del entrecruzamiento cromosómico fueron demostradas en 1931 por Bárbara McClintock y Harriet Creighton (EEUU) y Curt Stern (Alemania).

Para ilustrar este proceso, vamos a suponer que tienes un collar de cuentas con nudos entre ellas, de modo que si se rompe no salgan todas las cuentas. Este collar puede romperse por cualquier parte y obtener fragmentos de diferentes tamaños. Además, en el collar las cuentas que están más juntas quedarán en el mismo fragmento, y las más separadas, en un fragmento diferente. De la misma forma, mientras más cerca estén dos genes en un cromosoma, mayor será la probabilidad de que se hereden juntos; y cuanto mayor sea la distancia entre ellos, mayor será la probabilidad de que se separen debido al proceso de entrecruzamiento que se realiza durante la división celular.



Morgan en su laboratorio, en 1917. Las mosquitas están en los frascos.
Fuente: Laboratorio Cold Spring Harbor.



Bárbara McClintock estudiando los cromosomas del maíz comprobó el entrecruzamiento y, años después, el importante fenómeno de los "genes saltarines".
Fuente: Laboratorio Cold Spring Harbor.

Basándose en esas observaciones, un estudiante del grupo de Morgan, Alfred H. Sturtevant, llegó a la conclusión de que las variaciones en la intensidad de ligamiento podían utilizarse para mapear los genes en los cromosomas, definiendo la distancia relativa entre unos y otros. De esta forma, en 1913 Sturtevant completó el mapa genético para cinco genes ligados al sexo en la *Drosophila*, el cual puedes observar en la figura 16.5.

En este mapa observó que la distancia entre dos genes era igual a la suma de las distancias entre cada uno de ellos con otro intermedio, lo que demostraba que los genes estaban uno detrás de otro a lo largo del cromosoma.

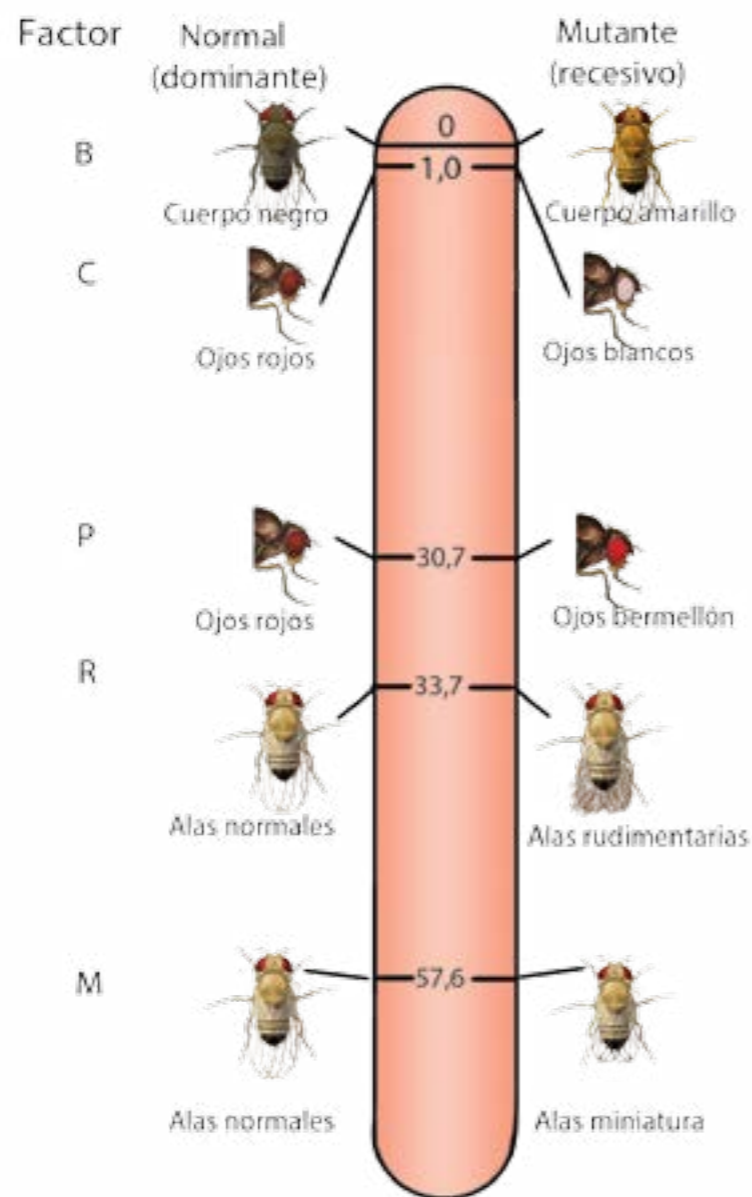
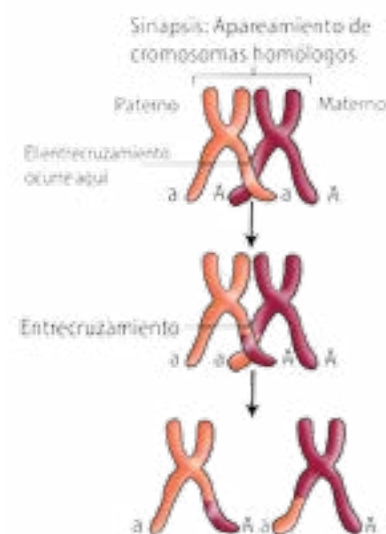


Figura 16.5. Mapa del cromosoma X de *Drosophila*. Los números corresponden a "unidades de mapa" o centimorgan (cM).

Resumamos entonces los postulados de la Teoría Cromosómica de la Herencia:

- Los genes que determinan los caracteres hereditarios del fenotipo se localizan en los cromosomas.
- Cada gen ocupa un lugar específico dentro de un cromosoma.
- Los genes se encuentran dispuestos linealmente a lo largo de cada cromosoma.
- Los genes alelos (o antagónicos) se encuentran en el mismo lugar de la pareja de cromosomas homólogos, por lo cual cada carácter está regido por un par de genes alelos. Esto es así en los organismos que tienen los cromosomas en pares, en la especie humana.

¿Cómo caben los genes dentro de los cromosomas?

Los seres procariontes, como las bacterias, no poseen en su célula un núcleo verdadero, su ADN está organizado en una estructura denominada nucleoide. El nucleoide es una estructura distintiva y ocupa una región definida en la célula bacteriana. Esta estructura es muy dinámica y se halla mantenida y remodelada a través de la acción de unas proteínas (similares a histonas, un tipo de proteína), las cuales se asocian al cromosoma bacteriano. Si bien pueden existir algunas variantes, el único cromosoma de las células procariontes suele ser circular. El cromosoma bacteriano puede tener desde 160.000 a 12.200.000 pares de bases.

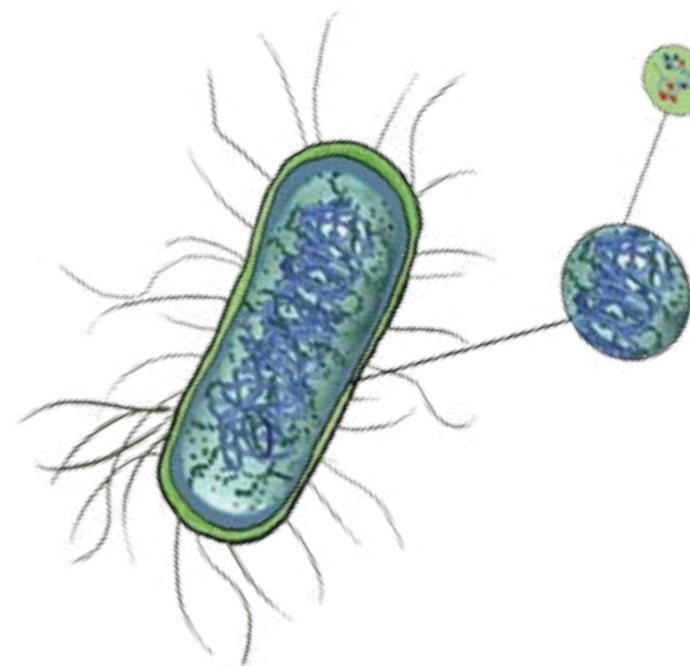


Figura 16.6. ADN de la bacteria *E. coli* superenrollado en el nucleoide.

El cromosoma de la bacteria *Escherichia coli*, por ejemplo, tiene alrededor de 4,6 millones de pares de bases. Esto equivale a 1,6 mm de longitud. Tomando en cuenta que la bacteria tiene unos 1,6 μm ($1,6 \times 10^{-6}$ m) de diámetro y unos 3 μm de longitud, el ADN debe ser envuelto con fuerza para encajar en las células. Imagínate ajustar dentro de tu morral una cuerda de escalera de 300 metros. Como puedes ver en la figura 16.6, el nucleoide de *Escherichia coli* está constituido por un sector central proteico del que irradian 40-50 lazos de ADN superenrollado. Las proteínas presentes parecen regular el grado de compactación del ADN bacterial.

En las células eucarióticas, es decir, de los animales, las plantas, hongos y otros seres, la cantidad de ADN es mucho mayor; algunas tienen 1.000 veces más ADN que las bacterias. En una célula cualquiera de tu cuerpo el conjunto de cromosomas equivale a 2m de ADN enrollados dentro del núcleo, cuyo diámetro es alrededor de 6 μm , es decir, 6×10^{-6} m. Es como si enrolláramos 40 km de hilo dentro de una pelota de tenis.

¿Cómo puede entrar toda esta enorme cantidad de ADN en el núcleo de cada una de las células de nuestro cuerpo? El secreto está en que existen diferentes niveles de **empaquetamiento** o **condensación** del ADN dentro del núcleo de cada célula.

Un primer nivel de condensación se forma gracias a la unión de cierto tipo de proteínas denominadas **histonas**, a manera de un collar de cuentas: el ADN rodea un núcleo compuesto por ocho histonas. Este núcleo rodeado por ADN, más el ADN espaciador entre las cuentas se denomina **nucleosoma**. Cada nucleosoma contiene un segmento de ADN de 146 nucleótidos más ocho histonas.

Los nucleosomas se enrollan helicoidalmente como una especie de resorte que constituye las fibras de **cromatina** de los núcleos durante la interfase. Éstos pueden volver a enrollar para dar lugar a superresortes que constituirían las fibras de los **cromosomas** en metafase. Podemos decir entonces que un cromosoma es una única molécula de ADN super enrollada y asociada a proteínas.

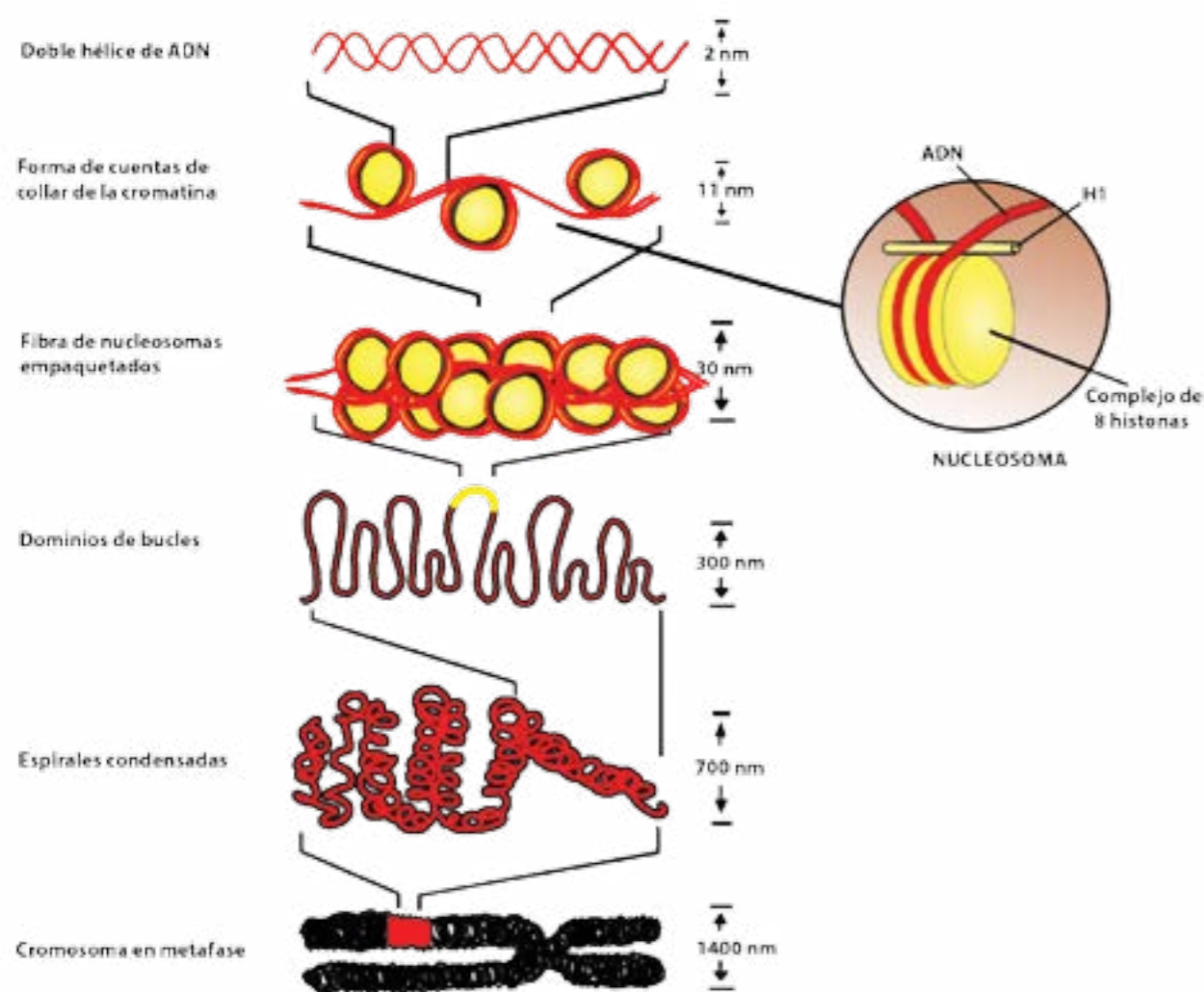


Figura 16.7. Niveles de condensación del ADN hasta formar los cromosomas. Escala en nanómetros (nm). $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$.

Para saber más...

Durante mucho tiempo se creyó que los genes se encontraban en las proteínas asociadas al cromosoma, y que el ADN era una especie de "auxiliar". Sólo a partir de las investigaciones de Avery y sus colaboradores, publicadas en 1944, la comunidad científica aceptó de que era el ADN –con la información contenida en su secuencia de bases– la molécula responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios.

Observemos los cromosomas con más detalle

El mejor momento para observar los cromosomas suele ser aquel en el que estos han alcanzado su máximo grado de contracción y tienen sus bordes perfectamente definidos. Dicho momento suele ser la **metafase de la mitosis**. Recordarás de otra lectura que en esta fase de la mitosis los cromosomas se han dividido en dos **cromátidas** hermanas (idénticas en grosor, longitud e información genética), las cuales han alcanzado su máximo grado de contracción y están en el centro de la célula, en la placa ecuatorial.

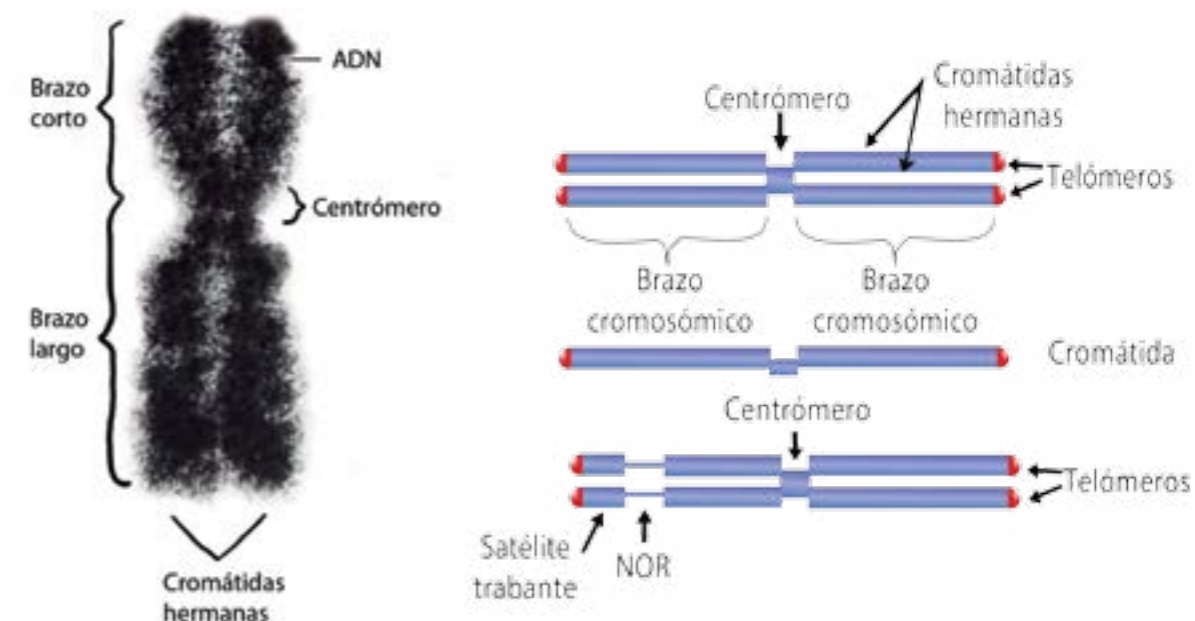


Figura 16.8. Cromosoma durante la metafase. A la izquierda, visto al microscopio electrónico; a la derecha, representaciones esquemáticas.

En la figura 16.8 puedes observar, a la izquierda, la imagen vista en un microscopio electrónico de un cromosoma durante la metafase, con el ADN fuertemente empaquetado. Notarás que presenta una región constreñida donde se unen las dos cromátidas. Éste es el **centrómero**.

Cuando se examina el núcleo de las células durante la metafase, se observa que para cada cromosoma con una longitud y una posición del centrómero determinada existe otro cromosoma con rasgos idénticos; es decir, por lo general todos los cromosomas se encuentran formando parejas. Como recordarás, los miembros de cada par se denominan **cromosomas homólogos**.

Otra observación que se puede realizar cuando estudiamos el núcleo de las células es que el número de cromosomas de los individuos de la misma especie es constante. Esta cantidad de cromosomas en pares se denomina **número diploide** y se simboliza como $2n$. Por ejemplo, las células somáticas humanas normales tienen 46 cromosomas: 22 pares de cromosomas somáticos o autosomas (los cromosomas 1 a 22) y dos cromosomas sexuales heterocromosomas. Esto significa que nuestro número diploide es $2n = 46$. Las mujeres tienen dos cromosomas X (46,XX) mientras que los varones tienen un cromosoma X y un cromosoma Y (46,XY). Las células germinales (óvulo y espermatozoide) tienen 23 cromosomas: una copia de cada autosoma más un solo cromosoma sexual. A esto se le llama el número **haploide** (n).

El estudio de la estructura externa de los cromosomas de cualquier especie de organismos eucariotas culmina con la obtención de su cariotipo, que es el patrón cromosómico de una especie expresado a través de un código establecido por convenio, que describe las características de sus cromosomas. Naturalmente, los cromosomas se pueden estudiar en distintos momentos según la especie y dependiendo de los objetivos planteados. Algunas especies tienen cromosomas que se pueden observar con gran detalle en interfase, tal es el caso de *Drosophila melanogaster*, que posee cromosomas gigantes que se observan en las glándulas salivales de dicho insecto.

En el caso de los seres humanos, el cariotipo se confecciona usualmente después de un apropiado pre-tratamiento y tinción de las células, para hacer más visibles los cromosomas individuales. Esto permite la detección de cambios sutiles en la estructura de los cromosomas.

Al diagrama simplificado de los cromosomas metafásicos del cariotipo se le denomina idiograma. El idiograma es básicamente un "mapa cromosómico", como el que observaste para la *Drosophila* en la figura 16.5. La figura 16.9 muestra los idiogramas de los cromosomas humanos 1, 9 y 11, cada uno de los cuales tiene el centrómero en una posición diferente. Observa que cada banda se numera para ayudar a indicar la ubicación de los genes y la descripción de reorganizaciones cromosómicas.

Para saber más...

El sistema de determinación del sexo XY, que compartimos con *Drosophila* y muchos otros animales, no es el único que existe. Por ejemplo, en las aves y muchas mariposas ocurre lo contrario: el sexo masculino posee dos cromosomas sexuales iguales (ZZ) y el femenino es heterogamético (cromosomas ZW). En otras especies de insectos, el sexo femenino tiene dos cromosomas sexuales iguales (XX), mientras que el masculino tiene uno solo (XO). En las abejas, hormigas y avispas, los machos provienen de óvulos no fertilizados y por tanto, son haploides: tienen la mitad de los cromosomas que las hembras, que son diploides por cuanto nacen de la combinación de un espermatozoide y un óvulo.



Cardenal bermejo.

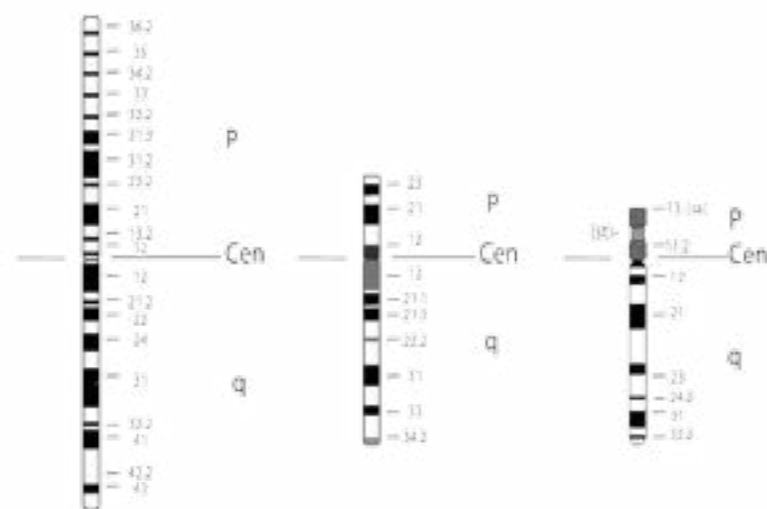


Figura 16.9. Idiograma de tres cromosomas humanos diferentes.

Para realizar el ordenamiento de los cromosomas, tanto en cariotipos como en idiogramas, hay que tener en cuenta el tamaño de los cromosomas (ubicados de mayor a menor, con el brazo corto "p" hacia arriba y el brazo largo "q" hacia abajo); la posición del centrómero (cen) y la presencia de constricciones secundarias o tallos (st) y satélites (sa).

El análisis de los cromosomas en glóbulos blancos periféricos ha facilitado la identificación de numerosas anomalías cromosómicas. Una de las técnicas para obtener un cariotipo de ellos es la siguiente:

1. Se toma una muestra de sangre.
2. Se coloca una muestra en un tubo de ensayo y se deja que sedimenten los glóbulos rojos, los cuales se descartan.
3. Se agrega colchicina, una droga que detiene el proceso de división celular de los glóbulos blancos en la metafase.
4. Se agrega agua para que los glóbulos blancos estallen y liberen el contenido celular.
5. Se centrifuga la muestra para que los glóbulos blancos sedimenten.
6. Se toma una gota de la muestra, se fija con alcohol en un portaobjetos y se tiñe con colorante.
7. La preparación se observa en el microscopio y se fotografía.
8. En una foto ampliada, se recortan los cromosomas individuales.
9. Los cromosomas se pegan por tamaño decreciente, alineados por el centrómero (cen), con el brazo corto "p" hacia arriba y el brazo largo "q" hacia abajo.

La figura 16.10 muestra los cariotipos normales, de una mujer y de un hombre ¿Puedes reconocer cuál es de cada uno?

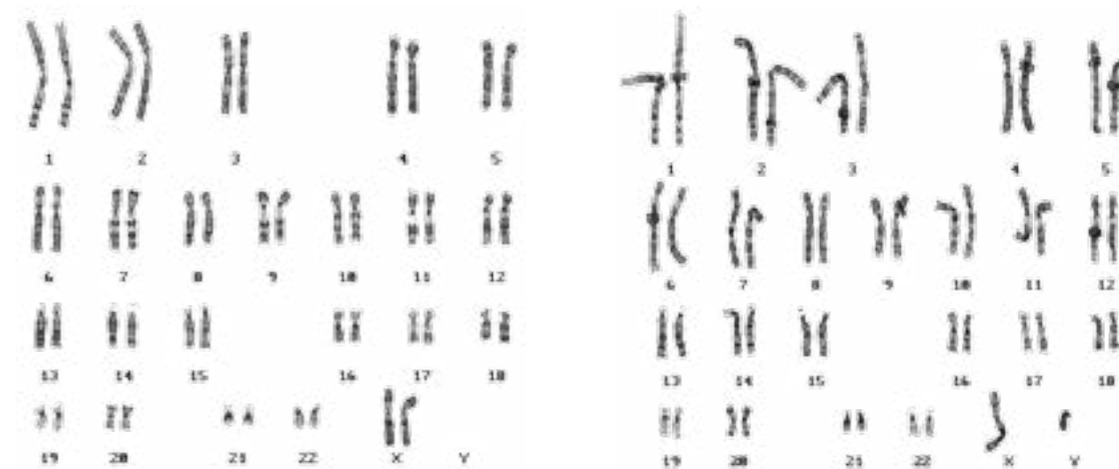


Figura 16.10. Cariotipos de células humanas normales; uno es de hombre y otro de mujer, ¿cuál es de cada uno?

El estudio de los cromosomas es de gran importancia

Al reconocer a los cromosomas como los agentes transmisores de los caracteres hereditarios, se han desarrollado técnicas cada vez más sofisticadas para su análisis. La citogenética es el estudio de los cromosomas, tanto en su número como en estructura, y es una herramienta de gran importancia en el diagnóstico de diversas afecciones humanas relacionadas con alteraciones numéricas y estructurales de los cromosomas.

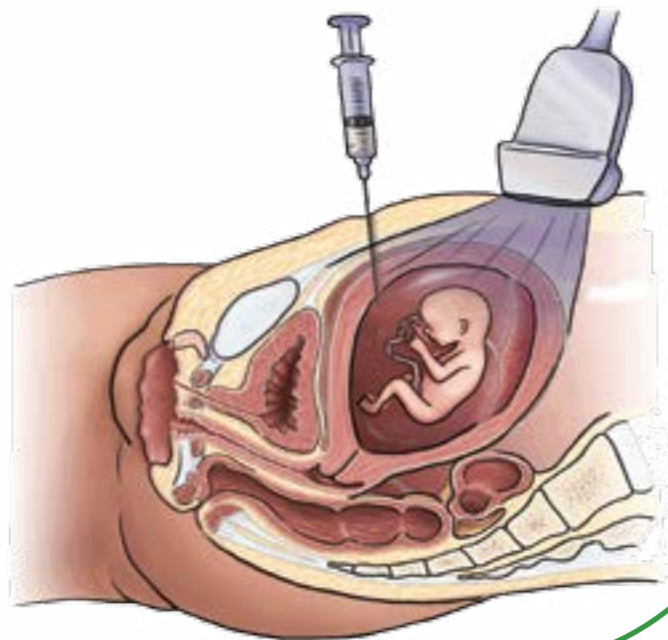
La elaboración de cariotipos de células de fetos de mujeres embarazadas en los que se sospecha que puede haber anomalías hereditarias –mediante técnicas como la amniocentesis y la biopsia corial –permite el diagnóstico temprano para un posible tratamiento desde antes del nacimiento. El estudio de los cromosomas y la elaboración de mapas genéticos fue el primer paso en el Proyecto Genoma Humano, cuyo objetivo fue inicialmente determinar la secuencia de pares de bases de ADN en todos los cromosomas de nuestra especie.

La elaboración de cariotipos también se hace para especies que están emparentadas, con el objeto de estudiar cómo se han originado. Por ejemplo, a través del estudio del cariotipo de diversas especies de casiraguas (tipos de roedores) en Venezuela se pudo deducir la forma como se diferenciaron tales especies, a partir de la ruptura de diferentes cromosomas.

También se ha determinado que en los grandes monos, el cariotipo es de 48 (24 x 2) cromosomas, y que el cromosoma 2 de los humanos fue formado por una fusión de dos cromosomas, reduciendo así el número de éstos en nuestra especie a 46 (23 x 2) cromosomas. Este tipo de estudios ha permitido abordar el problema de la conservación de la biodiversidad desde una perspectiva genética.

Para saber más...

La amniocentesis es una técnica dirigida al estudio de los cromosomas en el feto. Alrededor de la 16^{ta} semana de gestación se toma una muestra de líquido amniótico (2 a 10 ml), que contiene abundante cantidad de células procedentes de la piel del feto; éstas pueden aislarse y cultivarse para elaborar su cariotipo. Ello permite detectar anomalías cromosómicas y otros trastornos congénitos.



El **Laboratorio de Genética Humana** que funciona desde 1969 en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (**IVIC**) tiene como objetivo desarrollar el conocimiento de la herencia biológica en la población venezolana, identificando las variables que en el pasado y en la actualidad han influido sobre su estructura poblacional. Además, presta un servicio de asesoramiento genético para diagnóstico, estimación de riesgo de recurrencia y orientación terapéutica de problemas hereditarios y congénitos, y uno para indagación de la filiación biológica.



Figura 16.11. Estudios citogenéticos en el Centro Nacional de Genética Médica permiten atender enfermedades cromosómicas de la población venezolana.

Fuente: Ciudad CCS.

Por otra parte, el **Centro Nacional de Genética Médica "Dr. José Gregorio Hernández"** (Guarenas, estado Miranda) brinda a las familias asesoramiento en materia genética, y otros servicios asequibles y gratuitos que mejoran la calidad de vida de la población venezolana, como consultas de atención prenatal, evaluación de defectos congénitos al nacer, psicología, ecsonografía, asesoramiento genético, genética clínica, psicopedagogía y neuropediatría. También en otros institutos y en universidades del país se realizan investigaciones sobre citogenética humana y citogenética de diversas plantas y animales.



Observemos los cromosomas gigantes de *Drosophila*

Las glándulas salivales de varias especies de *Drosophila* contienen cromosomas de gran tamaño denominados cromosomas politénicos, que pueden ser 100 veces mayores de lo normal. Estos cromosomas se mantienen en interfase, por lo que las cromátidas no se condensan y su longitud y su grosor son mucho mayores que los de los cromosomas metafásicos.



Figura 16.12. Cromosomas gigantes de *Drosophila*.

La obtención de estos cromosomas es relativamente sencilla y rápida, por lo cual resultan excelentes para el análisis citogenético. En esta actividad aprenderás a preparar los cromosomas politénicos a partir de glándulas salivares de larvas de *Drosophila*, con el objeto de observar las bandas donde se localizan los genes.

¿Qué necesitan?

- Cultivo de *Drosophila sp.* con larvas de 3^{er} estadio.
- Suero fisiológico al 0,7 % o cloruro de sodio (NaCl) al 7%.
- Agua destilada.
- Disolución de aceto-orceína o acetocarmín al 2%.
- Agujas de disección, jeringas de insulina (con las agujas aplastadas para que el material no se vaya adentro) o alfileres entomológicos.
- Vidrio de reloj.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Microscopio estereoscópico (lupa binocular).
- Microscopio compuesto.
- Toallas de papel.
- Pinceles.
- Lápiz con goma.

Preparación del cultivo de *Drosophila*

- Preparen el medio de cultivo. Disuelvan 15 g de agar con 480 ml de agua destilada y calienten hasta ebullición, agitando bien. Añadan 500 g de pulpa de cambur previamente triturada o aplastada y viertan la mezcla en frascos limpios y secos. Tapen los frascos con tapones de algodón y gasa y déjenlos enfriar a temperatura ambiente.
- Capturen varias *Drosophila* de ambos sexos. Coloquen en un vaso o plato trozos de fruta madura (cambur, manzana, piña, naranja, etc.) en lugares frecuentados por estas moscas, como jardines, cultivos agrícolas o zonas boscosas. Introduzcan las moscas atraídas por las frutas en los frascos de cultivo. Recuerden que los machos son un poco más pequeños y tienen el abdomen de color negro (figura 16.1).
- Las larvas alcanzan el tercer estadio en unos 6 o 7 días a 25° C. Tienen unos 3 mm de largo y tienden a subir por las paredes del frasco.

¿Cómo lo harán?

- Coloquen una gota de suero fisiológico o solución salina en un portaobjetos o vidrio de reloj.
- Seleccionen del medio de cultivo una larva del tercer estadio, colóquenla en el portaobjetos o vidrio de reloj y observen bajo el microscopio estereoscópico. Es importante no dejar secar la larva durante todo el procedimiento.
- Localicen el extremo anterior (cabeza) de su larva; podrán ver las mandíbulas, que se distinguen por su forma y color negro. Las glándulas se pueden visualizar entre el tercero o cuarto segmento.

- Con una mano coloquen una aguja de disección aproximadamente entre el tercero y cuarto segmento de la larva, sosténganla firmemente y con la otra mano coloquen una aguja de disección justamente atrás de los ganchos bucales de color negro.
- Muevan lentamente la aguja de disección que se encuentra detrás de los ganchos bucales en dirección opuesta a la otra aguja, a manera de estirar la larva; las glándulas de color blanco generalmente se quedan adheridas a la región mandibular (figura 16.13). Además, generalmente tienen parte del aparato digestivo delgado unido a ellas.

- Separen bien las glándulas del resto de la larva y de lo que quedó adherido a ellas. Coloquen una gota pequeña de colorante (aceto-orceína o acetocarmín) en el centro de un portaobjetos limpio y transfieran las glándulas a la gota de colorante, con ayuda de una aguja.
- Dejen reposar la preparación durante aproximadamente diez minutos y observen en el microscopio.

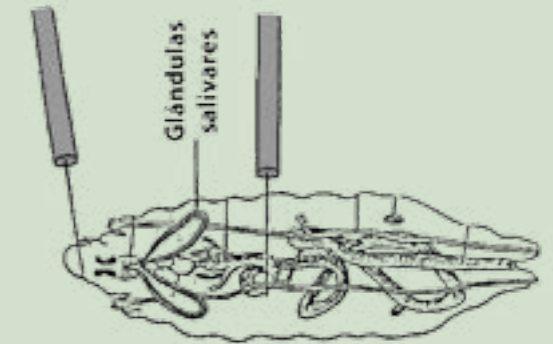


Figura 16.13. Extracción de las glándulas salivares.

- Tomen un cubreobjetos por la orilla para evitar dejar huellas en él. Sostengan la otra orilla del cubreobjetos con su aguja de disección y suavemente bájenlo sobre la preparación.
- Coloquen el portaobjetos entre dos toallas de papel y hagan presión con la goma de un lápiz para aplastar el material, con el fin de extender los cromosomas y eliminar el exceso de colorante.

¿Qué observan?

- Observen en el microscopio con varios aumentos y hagan un dibujo de las estructuras estudiadas.
- Comparen lo observado con las preparaciones de otros equipos y con la preparación ilustrada en la figura 16.12.

¿Cómo pueden interpretar lo analizado?

- Discutan los resultados, utilizando como guía las siguientes preguntas:
 - ¿Por qué aplastamos las glándulas salivares?
 - ¿Qué coloración presentan los cromosomas teñidos?
 - ¿Es posible identificar algunas de las estructuras de los cromosomas que se mencionan en la lectura?
 - ¿Qué significado tienen las bandas?

• ¿Qué diferencia hay entre estos cromosomas y los cromosomas metafásicos que se observan en un cariotipo? Compárenlos con los cromosomas de *Drosophila* de la figura 16.2.

• Investiguen cómo se forman los cromosomas politénicos, qué descubrimientos importantes están relacionados con los mismos, y si existen otros organismos que presentan también este tipo de cromosomas. Expongan los resultados de su investigación ante sus compañeras y compañeros.



La protagonista de esta lectura: la mosca *Drosophila*, aquí disfrutando de una naranja.
Fuente: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, España.

6. Durante sus investigaciones, Morgan cruzó hembras de ojos blancos con machos de ojos rojos. En este cruce la primera generación no era homogénea, lo que contradecía las leyes mendelianas. Aún más: la segregación era 1:1, es decir, el 50% de la descendencia presentaba ojos rojos y el 50% ojos blancos. A esto se sumaba que todos los individuos de ojos rojos eran hembras y todos los de ojos blancos eran machos. Explica estos resultados utilizando como guía la tabla de la figura 16.4.

7. Morgan también cruzó moscas de ojos rojos obtenidas de la F1 (heterocigotas) con el macho original de ojos blancos. ¿Qué resultados debió obtener?

8. Si se cruza una hembra de *Drosophila* de cuerpo amarillo con un macho de cuerpo oscuro (carácter dominante), determina:

- Genotipo del padre
- Genotipo de la madre
- Genotipo y fenotipo de la descendencia

9. ¿Qué importancia tiene determinar la distancia relativa entre los genes de un cromosoma?

10. ¿Qué importancia tiene la elaboración del cariotipo?

11. Indaga y compara las actividades que realizan en los laboratorios de Genética Humana de diversas universidades y del Centro Nacional de Genética Médica "Dr. José Gregorio Hernández" (Guarenas, estado Miranda).



Trabajos de genética humana en Venezuela. ¿Reconoces lo que se ve en la pantalla del equipo?
Fuente: Agencia Venezolana de Noticias.



Actividades de autoevaluación

1. Enuncia los postulados de la teoría cromosómica de la herencia.
2. ¿Qué son los cromosomas?
3. ¿Cuál es el papel de la célula, de los cromosomas y de los genes en los fenómenos de la herencia biológica?
4. Enuncia dos situaciones donde no se cumplan las predicciones mendelianas para cruces dihíbridos, es decir, para cruces donde se consideran dos factores a la vez. ¿Cuáles factores son responsables en cada caso particular?
5. ¿Qué es la herencia ligada al sexo?

En lecturas anteriores hemos visto que la molécula de ADN por lo general produce una copia exacta de sí misma pero en ocasiones puede ocurrir un error, de modo que ya no es una copia exacta de la molécula original. Este cambio hace que el mensaje genético sea diferente y, en consecuencia, la proteína que se sintetiza a partir de esta molécula será también diferente. Se dice entonces que se ha producido una **mutación**.

Los genes pueden mutar de diferentes maneras y es así que pueden afectar al organismo **mutante** de muchas formas, desde su apariencia externa hasta su comportamiento; incluso pueden causarle la muerte. Cuando una mutación afecta a las células sexuales (óvulos o espermatozoides) se transmite a la descendencia.

Los mutantes no son monstruos ni seres raros con superpoderes, como nos quieren hacer creer algunas películas de ciencia ficción. En realidad, es uno de los mecanismos por los cuales se originan nuevas especies y evoluciona la vida.

En esta lectura podrás conocer algunos tipos de mutaciones, en especial aquellas que afectan a los seres humanos. También veremos cómo las investigaciones que conforman el **Proyecto Genoma Humano** han ayudado a desarrollar nuevas técnicas, que han permitido identificar la localización de genes de enfermedades hereditarias para su estudio, diagnóstico y tratamiento.



¿Cómo ocurren las mutaciones?

La información genética de las distintas especies biológicas se mantiene relativamente constante en el tiempo, ya que:

- Tanto las moléculas de ADN que contienen esta información en los genes como los cromosomas donde se encuentran son estructuras bastante estables.
- Los procesos de división celular (mitosis y meiosis) tienen un alto grado de precisión, por lo que generalmente no ocasionan en la información cambios o variaciones heredables.
- Las células de los seres vivos tienen mecanismos muy eficientes de reparación que están determinados genéticamente, lo que les permite detectar oportunamente daños transitorios que pudieran ocurrir en el ADN o en los cromosomas portadores, y así restaurar la información genética original antes de finalizar la división celular.



Figura 17.1. En este cuadro de Vincent Van Gogh, pintado en 1888 y titulado Los Girasoles, se aprecia que algunos girasoles tienen más pétalos de lo normal. Hoy sabemos que esto se debe a una mutación en un gen.

Sin embargo, existe una probabilidad, aunque baja, de que ocurran alteraciones en la información genética de una célula. Así, pueden surgir cambios estructurales como resultado de errores en la reparación de daños, la replicación, la recombinación genética, la división del centrómero o por rearrreglos aleatorios de fragmentos de los cromosomas. También pueden ocurrir modificaciones en la dotación cromosómica debido a errores en el reparto equitativo de los cromosomas durante la mitosis o la meiosis.

Cualquiera de los sucesos antes mencionados ocurre espontáneamente, en cualquier momento bajo las condiciones normales de crecimiento, como un evento que ocasiona cambios temporales. Pero si esos cambios no son reparables (por ser de gran extensión) o la reparación no es eficiente antes de finalizar el proceso de división celular, los cambios que se producen se heredan y se consideran **mutaciones**.

Estas nuevas **variedades genotípicas** son células **mutantes**, cuya transmisión a las células hijas genera líneas mutantes, que son **somáticas** cuando ocurren en las células del cuerpo de un organismo, o **germinales**, si ocurren en las células reproductivas. Tales cambios en la información genética pueden llevar a la aparición de nuevas **variedades fenotípicas** mutantes dentro de una población. Esos nuevos fenotipos pueden corresponder a caracteres externos o internos, que pueden ser morfológicos, fisiológicos o bioquímicos, entre otros.



Las **mutaciones somáticas** se transmiten sólo a células que vienen de la célula mutante original; nunca pasan a la progenie. Un ejemplo de mutaciones somáticas son las células que originan el cáncer. Las **mutaciones germinales**, en cambio, pueden pasar a las generaciones futuras; por ejemplo, aquellas mutaciones ligadas al cromosoma **X** como la que da origen a los ojos blancos en la mosca *Drosophila melanogaster*.

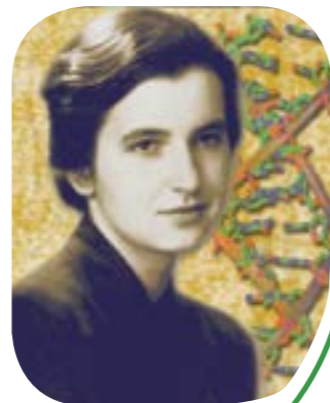
Figura 17.2. Distintos mutantes de *Drosophila melanogaster*.

Las mutaciones ocurren al azar. Sin embargo, la velocidad de mutación espontánea puede ser inducida por **mutagénesis**, esto es, incrementando artificialmente la posibilidad de que ocurran mutaciones mediante la acción de ciertos agentes externos llamados **mutágenos**.

A partir de los trabajos realizados por el científico Hermann Joseph Muller, discípulo de Morgan, fue posible demostrar que los rayos X aumentaban la frecuencia de mutaciones en los cromosomas de la mosca *Drosophila melanogaster*. Posteriormente se ha confirmado que muchos tipos de cáncer en los seres humanos pueden ser causados por mutaciones en las células somáticas inducidas, además de por los rayos X, por luz ultravioleta y otros tipos de radiaciones. Otros mutágenos pueden ser químicos, como ciertos colorantes, edulcorantes, metales pesados o drogas como la cocaína o el tabaco; biológicos como los virus, o bien la acción conjunta de la actividad de los genes y los factores ambientales.

Para saber más...

Marie Curie, eminente científica ganadora de dos Premios Nobel debido a sus investigaciones sobre la radiactividad, murió en 1934 de la leucemia causada por exposición a las radiaciones. Y, al parecer, el cáncer que acabó con la vida de Rosalind Franklin, quien participó activamente en formular el modelo explicativo de la estructura del ADN, fue causado por la exposición a radiaciones cuando realizaba sus estudios de difracción de rayos X de esta molécula.



Algunas mutaciones se producen en un solo gen

Cuando en un gen se produce un cambio al perderse, agregarse o sustituirse una base en la secuencia de los nucleótidos del ADN, la información que se traduce en la síntesis de la proteína correspondiente también cambia, ya que el aminoácido puede ser distinto al que inicialmente se refería en dicho gen. Las mutaciones **puntuales o génicas** se heredan de acuerdo con las leyes de Mendel, ya que se afecta un solo gen.

Pongamos un ejemplo con una frase que lleva palabras de tres letras:

VAN POR MÁS SAL CON AJO

Si añadimos la letra A entre la tercera y la cuarta palabra, la frase se altera:

VAN POR MÁS ASA LCO NAJ Ø

Ésta sería una mutación por adición de una base. En el caso de mutación por pérdida, se elimina un nucleótido en la secuencia del gen. Si eliminamos la letra S en la tercera palabra, la frase sería:

VAN POR MÁS ALC ONA JØ

Una mutación por **sustitución** ocurre cuando se cambia un nucleótido por otro. Si cambiamos la letra **S** por una **C** en la cuarta palabra, tendríamos:

VAN POR MÁS CAL CON AJO

Como puedes observar, en este último caso la lectura "casi" se conserva (sólo se cambia un aminoácido), mientras que en los otros se pierde el sentido de la frase debido a que se corre el marco de lectura (se modifican todos los aminoácidos a partir del cambio). Sin embargo, este cambio altera de todas formas el mensaje: sería algo desagradable utilizar cal con ajo en la cocina...

Las mutaciones génicas no alteran la apariencia del cromosoma donde se encuentra el gen, pero pueden producir una modificación en la transcripción del ARN mensajero y cambiar, por tanto, la síntesis de proteínas al producir una diferente.

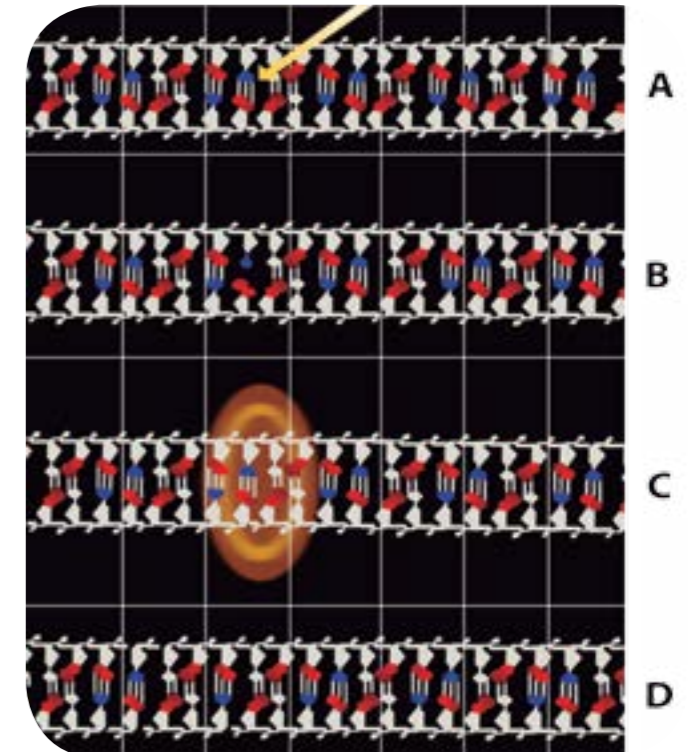


Figura 17.3. Ejemplo de mutación por pérdida de bases: si se rompe el enlace entre dos bases nitrogenadas debido a cualquier agente externo (A-B), por lo general una enzima se encarga de reparar el daño (C). Si esto no ocurre, el par se elimina y "se corre" la secuencia (D); a partir de ese punto los tripletes codifican para aminoácidos diferentes.

La estructura del código genético minimiza los efectos de la mutación. Un aminoácido puede ser codificado por más de un codón; frecuentemente los cambios en la tercera base de un codón no causan cambios en el aminoácido que este codón especifica. Se dice que tales mutaciones son **silenciosas**. Sin embargo, la sustitución de un aminoácido por otro puede tener graves consecuencias.

Un ejemplo de mutación por sustitución de una base es la que origina la **anemia falciforme**, denominada así porque produce alteración de la hemoglobina de los glóbulos rojos, que hacen que estos tomen la forma de una hoz. La molécula de hemoglobina tiene una estructura básica de cuatro cadenas polipeptídicas, es decir, cuatro largas cadenas de aminoácidos, constituidas por dos subunidades denominadas **tipo alfa (α)** y dos **tipo beta (β)**. La hemoglobina normal se denomina **hemoglobina A**.

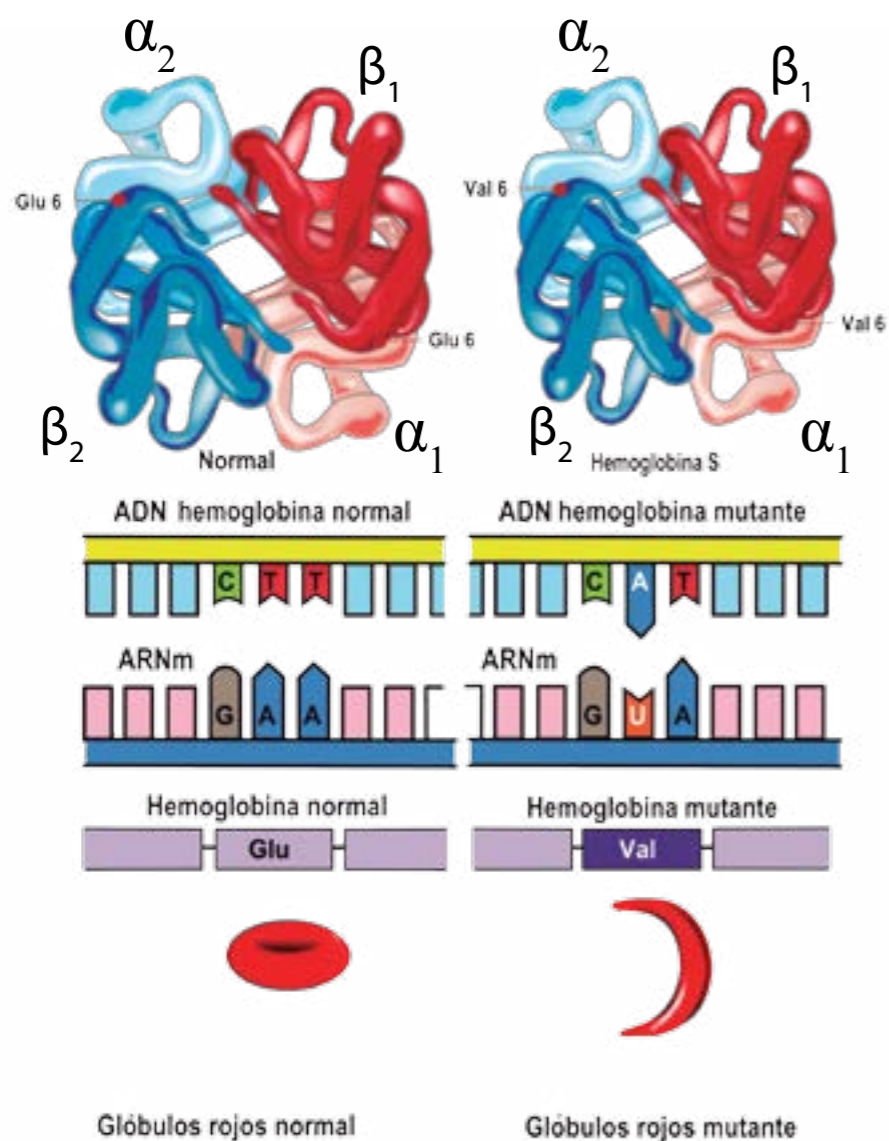


Figura 17.4. La anemia falciforme es causada por una mutación puntual que altera la estructura de la molécula de hemoglobina.

La **hemoglobina S** se origina por una mutación puntual en el sexto codón de la cadena tipo β, de modo que el aminoácido **glutamina** es sustituido por **valina**. La anemia se produce en los individuos homocigotos, ya que esta hemoglobina alterada no puede transportar bien el oxígeno a las células. Sin embargo, los individuos heterocigotos parecen tener cierta resistencia contra la malaria, pues se estima que la forma alterada de la hemoglobina dificulta la acción del parásito dentro del glóbulo rojo.

Puede ser así una mutación a fin de cuentas beneficiosa en medios con alta incidencia de malaria o paludismo. Esta hemoglobina mutante es originaria de África y se encuentra ampliamente distribuida en el mundo.

En Venezuela se han realizado investigaciones sobre la presencia de la hemoglobina S en nuestra población, y se ha determinado que su distribución responde a la manera como se establecieron las poblaciones afrodescendientes desde la Colonia. Dependiendo del componente de origen africano de la población, la hemoglobina S se encuentra distribuida en el país en un porcentaje que oscila entre 0% y 7%. Una notable excepción es la observada en la isla de Toas, en el estado Zulia, cuya población tiene características fenotípicas caucasoides (eurodescendientes) y presenta una frecuencia del gen para esta hemoglobina de 13%.



Figura 17.5. En Venezuela, de modo general, la mutante hemoglobina S sigue la distribución de las poblaciones afrodescendientes.

Otras enfermedades hereditarias causadas por cambios en un solo gen son el **daltonismo** y la **hemofilia**, que están ligadas al sexo.

El **daltonismo** debe su nombre al científico John Dalton, que padecía este trastorno. Es una enfermedad hereditaria que dificulta distinguir los colores al que la posee.

Los genes que codifican los pigmentos de los conos verde y rojo de la retina se hallan en el cromosoma **X**; un cambio en tales genes conduce a que no se formen los conos para estos colores. Por tanto, si un varón hereda un cromosoma X con esta deficiencia, será daltónico. En cambio, como las mujeres poseen dos cromosomas X, sólo serán daltónicas si sus dos cromosomas X tienen la deficiencia. Se estima que un 8% de varones y menos de un 1% de mujeres tienen cierta dificultad con la visión del color (en su variante más frecuente, la anomalía rojo-verde).

El método más rápido para el diagnóstico del daltonismo es el **test de Ishihara**, que consiste en una serie de láminas con numerosos puntos de los distintos colores primarios, dispuestos sobre fondos de colores similares y agrupados de modo que una persona normal puede distinguir en ellos números o formas conocidas (figura 17.6). Las personas que sufren algún tipo de daltonismo no son capaces de reconocer los números dentro de dichas figuras, o bien verán otras diferentes en función del tipo y grado de la anomalía que padezcan.

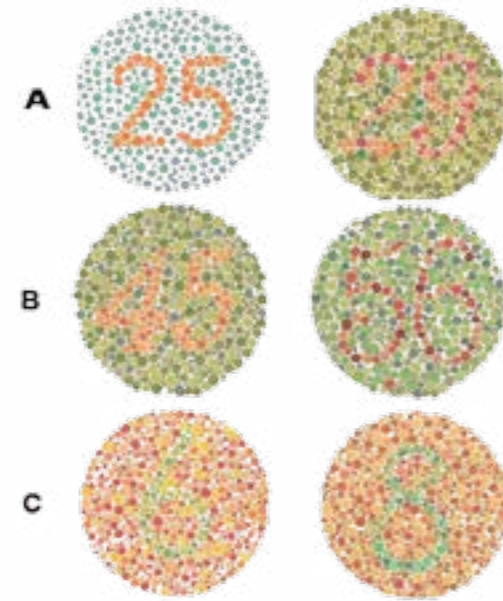


Figura 17.6. Test Ishihara para detectar si se sufre de daltonismo. ¿Puedes distinguir los números?

La tabla 17.1. muestra lo que vería una persona normal y una daltónica en la figura 17.6.

Tabla 17.1. Resultados del Test de Ishihara

| Visión Normal | | | Ceguera al rojo y verde | | |
|---------------|-----------|---------|-------------------------|-----------|---------|
| Láminas | Izquierda | Derecha | Láminas | Izquierda | Derecha |
| Superior | 25 | 29 | Superior | 25 | Manchas |
| Medio | 45 | 56 | Medio | Manchas | 56 |
| Inferior | 6 | 8 | Inferior | Manchas | Manchas |

La **hemofilia** (que significa “amor a la sangre”) es una enfermedad ligada al sexo de carácter recesivo, que se caracteriza porque la sangre no coagula adecuadamente por defecto de la formación de **tromboplastina**, una proteína sanguínea que actúa en la formación de coágulos. Una persona con hemofilia no sangra más rápido que otra, sino que el sangrado podría durar más tiempo. Las personas que sufren casos extremos de hemofilia pueden desangrarse hasta morir por causa de una pequeña herida. Generalmente, se transmite de un hombre enfermo a través de una hija sana, para aparecer de nuevo en un nieto.

Esta enfermedad es mucho más rara que el daltonismo, pero ha sido estudiada porque afecta a gran parte de las familias reales europeas, cuyos miembros descienden de la reina Victoria de Inglaterra (1819-1901). La enfermedad apareció en uno de sus hijos y tres de sus nietos. A través de los matrimonios entre distintos miembros de la realeza, el gen de la hemofilia se extendió entre las familias reales de Europa durante el siglo XIX y comienzos del XX. No se conocían casos de hemofilia entre los antepasados de la reina Victoria y ella era normal, por lo que se supone que la enfermedad apareció por mutación de uno de sus alelos normales.

Aunque se le conoce como “enfermedad de la realeza”, en realidad la incidencia de esta anomalía genética es de 1 a 2 casos por cada 10.000 varones. Con motivo de la lucha por apoyar a estos pacientes y de incrementar la conciencia respecto a esta enfermedad, el 17 de abril de cada año se celebra el **Día Mundial de la Hemofilia**.



Figura 17.7. Reina Victoria I de Inglaterra.

Para saber más...

Según la Asociación Venezolana para la Hemofilia, en el país hay 3.641 personas diagnosticadas con patologías asociadas a la coagulación de la sangre, de las cuales el 95% son tratadas y atendidas gratuitamente gracias a que en nuestro país funciona la empresa nacional Quimbiotec, adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Salud, que produce el medicamento esencial para los pacientes hemofílicos.



Figura 17.8. Control de calidad biológica de los hemoderivados en Quimbiotec.



Un árbol genealógico

Analiza el árbol genealógico de la reina Victoria (figura 17.8) y contesta las siguientes preguntas:

- ¿Cuántas mujeres portadoras hay?
- ¿Cuántos hombres hemofílicos observas?
- ¿Cuántos descendientes sanos?
- ¿Qué conclusión puedes establecer?

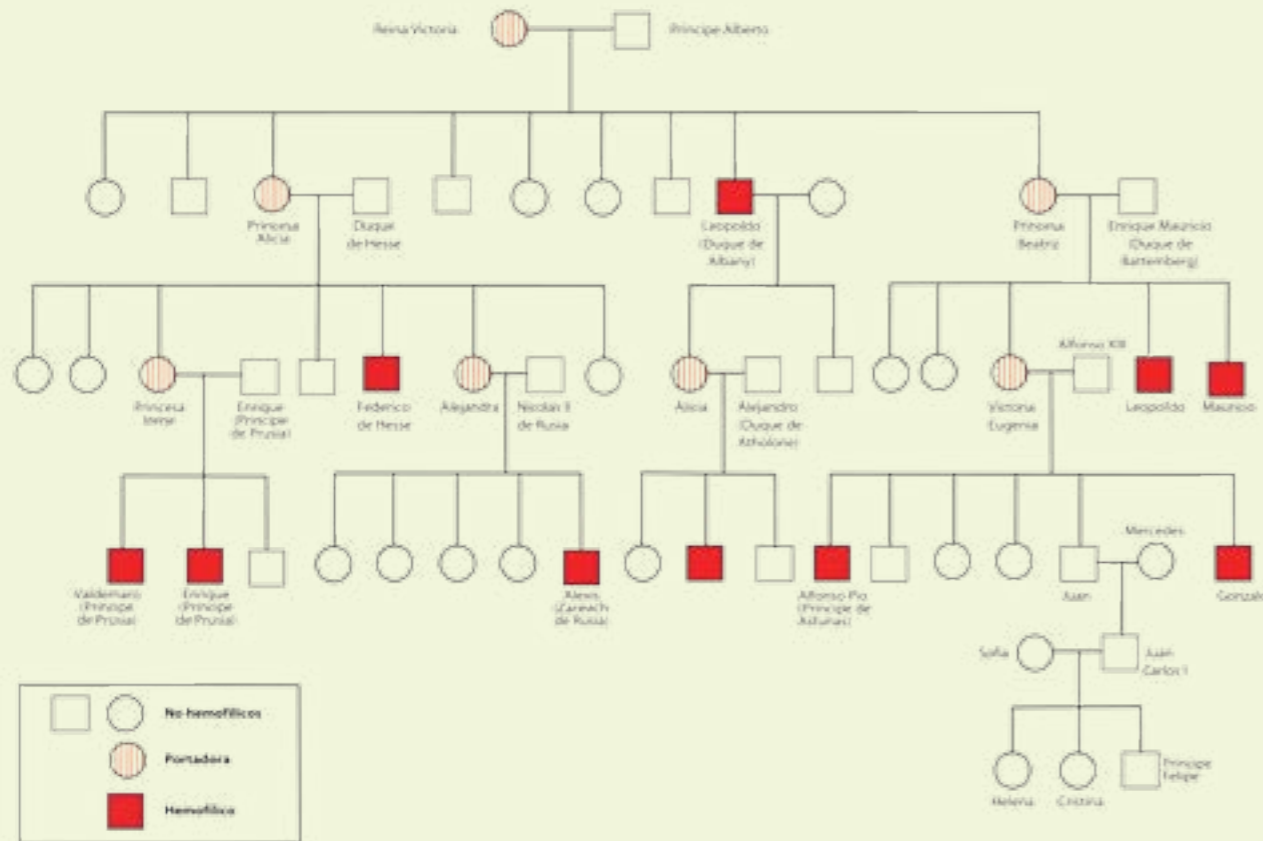


Figura 17.9. Árbol genealógico de la reina Victoria. Se excluye la rama de la realeza británica por ser todos descendientes normales.

Otras mutaciones implican a muchos genes, incluso a cromosomas completos

Las mutaciones o aberraciones cromosómicas ya no afectan a un solo gen, sino a varios simultáneamente y hasta a cromosomas completos. Mientras que las mutaciones génicas suelen ser cambios de pequeña extensión que usualmente se manifiestan aportando un nuevo fenotipo para un solo carácter biológico, las aberraciones son cambios de mayor extensión y comúnmente aportan nuevos fenotipos para más de un carácter biológico al mismo tiempo, lo que se conoce como síndromes. Por tanto, un síndrome no se trata de una enfermedad, aunque puede condicionar o favorecer la presencia de cuadros patológicos (como problemas cardíacos, por ejemplo). Existen dos tipos de aberraciones cromosómicas: las originadas por cambios en el número normal de cromosomas y aquellas causadas por cambios en la estructura del cromosoma mismo.

Mutaciones por cambios en el número de cromosomas

Este cambio puede darse por adición o por pérdida del material cromosómico. Si la mutación añade o quita un cromosoma pero no ocasiona un cambio en el número básico de cromosomas de la especie, se denomina aneuploidía.

En la mayoría de los casos, la aneuploidía ocurre si durante la meiosis una o más parejas de cromosomas no se separan, lo que se conoce como no disyunción. Esta puede suceder con los autosomas o con los cromosomas sexuales. Si ocurre la no disyunción, los gametos que se forman pueden tener demasiados o muy pocos cromosomas. Si estos gametos se fecundan, la progenie no tendrá el número correcto de cromosomas en sus células.

La no disyunción fue observada por primera vez por Calvin B. Bridges, uno de los colaboradores de Morgan. Conforme a la lectura anterior, si se cruzan machos de *Drosophila* de ojos rojos con hembras de ojos blancos, se esperaría obtener machos de ojos blancos y hembras de ojos rojos (puedes hacer la prueba).

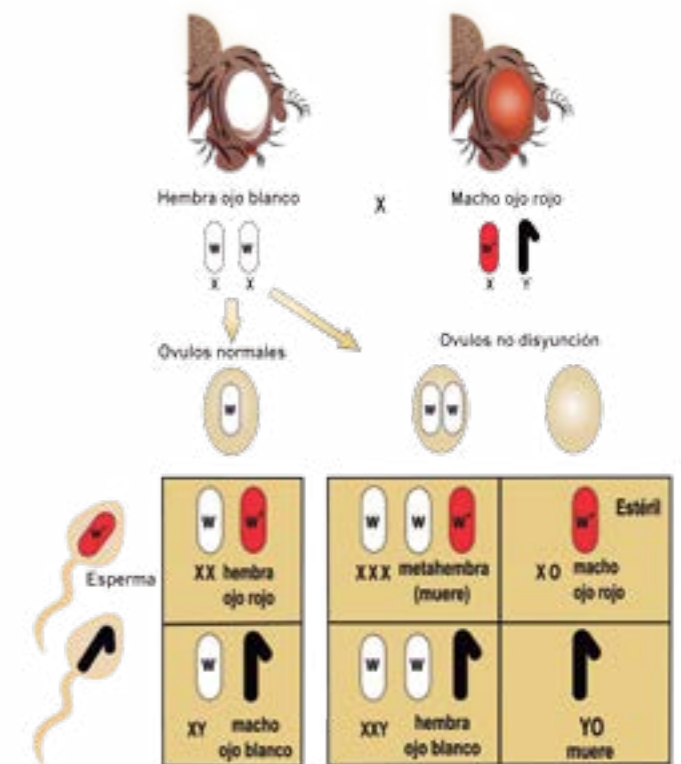


Figura 17.10. No disyunción en *Drosophila*.

Sin embargo, Bridges encontró que en muy baja proporción (1 en 1.700) aparecían hembras de ojos blancos y machos de ojos rojos. Cuando analizó la constitución cromosómica de estos individuos, observó que las hembras de ojos blancos eran XXY y los machos de ojos rojos eran XO, es decir, carecían de cromosoma Y. Bridges explicó estos resultados relacionándolos con una no disyunción del cromosoma X en la meiosis de las hembras, como se muestra en la figura 17.8. Este fenómeno permitió asociar el comportamiento de los cromosomas al de los genes, comprobando con evidencia independiente que los genes están físicamente localizados en los cromosomas.

En los seres humanos podemos observar dos tipos de aneuploidía que son viables (otros tipos dan lugar a abortos espontáneos): las **monosomías** o pérdida de un cromosoma y las **trisomías** o pérdida de tres cromosomas.

Las células que han perdido un cromosoma presentan monosomía para ese cromosoma. Casi todas las monosomías autosómicas llevan a la muerte poco después de la concepción; sin embargo, la anomalía de cromosomas sexuales más común es la monosomía del cromosoma X o **Síndrome de Turner**. La figura 17.11. muestra el cariotipo de una persona con este síndrome. Observa que tiene un solo cromosoma X, lo que significa que posee 45 cromosomas en lugar de los 46 que debería tener. Las personas que presentan este síndrome son hembras estériles (sus órganos reproductores son rudimentarios), de estatura baja y un repliegue membranoso entre el cuello y los hombros. Su incidencia es de 1/5.000 en la población humana.

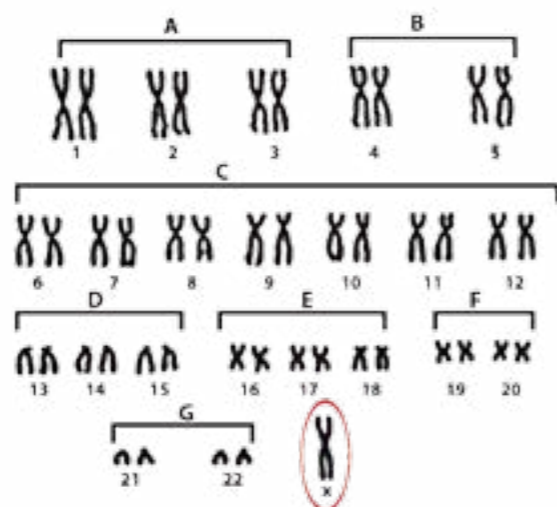


Figura 17.11. Síndrome de Turner.

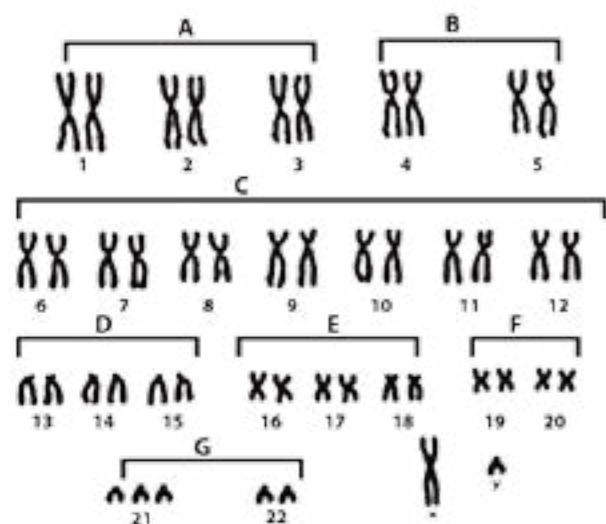


Figura 17.12. Síndrome de Down.

El **síndrome de Down**, o trisomía del cromosoma 21, es la anomalía autosómica numérica más común y afecta al 0,15% de la población. La figura 17.12 muestra el cariotipo de un varón que posee tres cromosomas 21 en lugar de un par, por lo que tiene en total 47 cromosomas. Los individuos con este síndrome se caracterizan por la presencia de un grado variable de dificultad cognitiva y unos rasgos físicos peculiares que les dan un aspecto reconocible.

El síndrome de Down es la primera causa conocida de dificultad intelectual, representando aproximadamente el 25% de todos los casos. Las personas con síndrome de Down pueden asistir a la escuela sin problemas, si reciben una adecuada atención desde los primeros meses de vida. Posteriormente, pueden participar en actividades laborales apropiadas y atender por sí mismas diversos aspectos de su rutina de vida. El hacer valer sus derechos y el cambio de actitud de la sociedad hacia ellas y ellos está suponiendo actualmente un cambio cualitativo positivo en sus expectativas de vida.



La educación y la integración social son derechos de las personas con diversidad funcional y llevan a una mejor sociedad.

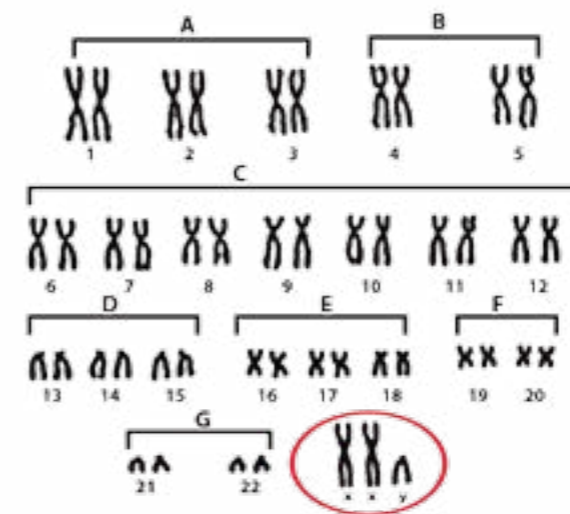


Figura 17.13. Síndrome de Klinefelter.

El **síndrome de Klinefelter**, por otra parte, es una trisomía de los cromosomas sexuales. Ocurre por la no disyunción del cromosoma X durante la meiosis, por lo que los individuos con este síndrome son XXY, de sexo masculino. Suelen ser de talla elevada, rasgos feminoides (desarrollo mamario y atrofia de los testículos), a veces ligero retraso en el aprendizaje. Sin embargo, los individuos afectados a menudo llevan vidas normales.

El otro tipo de cambio en el número de cromosomas es la euploidía, que es cuando se altera el número básico de la especie. Puede ser de dos subtipos: monoploidía, que significa que el organismo sólo tiene un único cromosoma de cada tipo y es el caso de los organismos haploides como las bacterias; y poliploidía, cuando un individuo posee más de un juego de cromosomas. En seres humanos puede darse una condición en la cual hay una copia extra de todos los cromosomas (69 en total); los individuos con esta condición pueden ocasionalmente sobrevivir hasta el nacimiento, aunque normalmente mueren antes. Por el contrario, la poliploidía es muy frecuente en las plantas y constituye un rápido mecanismo para originar una nueva especie, ya que la producción de individuos por multiplicación del número de cromosomas da origen a nuevos y variados fenotipos.



Figura 17.14. Los claveles silvestres se han diversificado en los últimos dos millones de años gracias a la poliploidía: han evolucionado progresivamente desde 30 cromosomas hasta llegar a tener 180.
Fuente: Rameshng, Wikimedia Commons.

Mutaciones por cambios en la estructura de los cromosomas

Las anomalías estructurales implican cambios en la estructura de uno o varios cromosomas. A continuación describiremos los tres tipos más comunes.

- Las deleciones implican la pérdida de material de un solo cromosoma. Habitualmente los efectos son graves, puesto que hay pérdida de material y con ello de la información contenida en sus genes. La figura 17.15. muestra un ideograma donde se observa una deleción en el cromosoma 16, en humanos.

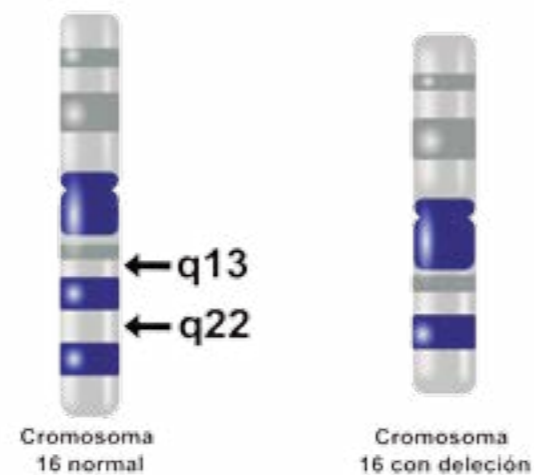


Figura 17.15. Deleción en el cromosoma 16 humano.

- Las inversiones tienen lugar cuando se dan dos cortes dentro de un mismo cromosoma y el segmento intermedio gira 180° (se invierte) y se vuelve a unir, formando un cromosoma que estructuralmente tiene la secuencia cambiada.

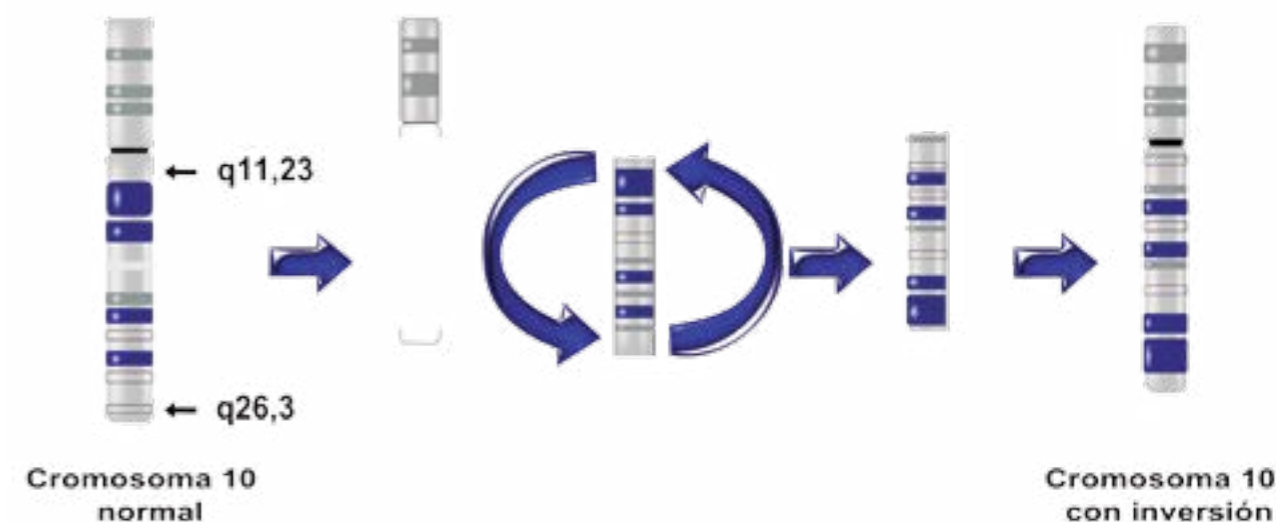


Figura 17.16. Inversión en el cromosoma 10 humano.

- Las translocaciones implican el desplazamiento de un segmento de un cromosoma a un nuevo lugar en otro cromosoma. El intercambio de segmentos entre dos cromosomas no homólogos es una translocación recíproca, como la que puedes ver en la figura 17.17. entre los cromosomas 4 y 20.

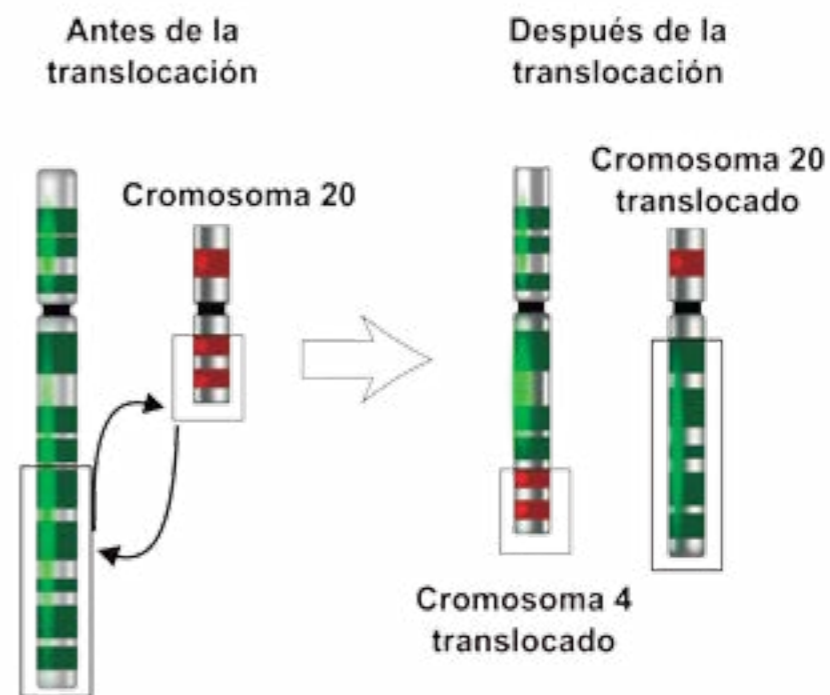


Figura 17.17. Translocación recíproca entre los cromosomas 4 y 20 humanos.

- El síndrome de Down también puede ocurrir cuando hay una translocación del cromosoma 21 (o un fragmento del mismo) a uno de los cromosomas del par 14. Aunque el número de cromosomas es normal, para efectos de información genética existe un "cromosoma 21 extra" por el cual se desarrolla el síndrome.

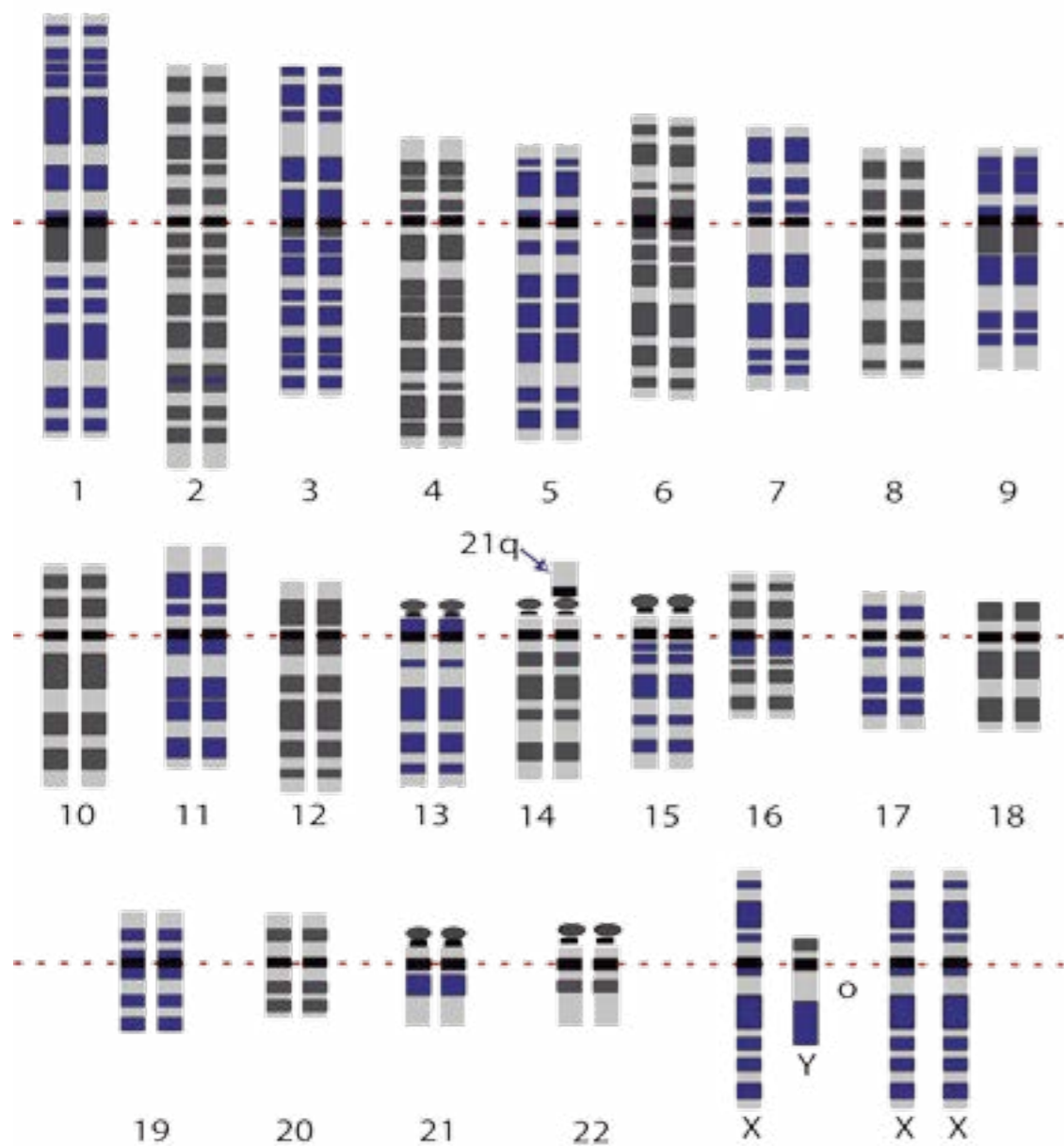


Figura 17.18. Translocación del brazo largo del cromosoma 21 en uno de los dos cromosomas del par 14. Éste es un cariotipo idealizado (que muestra la situación para hombre o mujer), por eso se muestran a la vez los cromosomas XX y XY.

Las anomalías cromosómicas, tanto las numéricas como las estructurales, se pueden dividir a su vez en dos categorías principales: **constitutivas**, aquellas con las que se nace; y **adquiridas**, las que surgen como cambios secundarios a otras enfermedades, tales como el cáncer.

El Proyecto Genoma Humano ha descubierto otros mecanismos genéticos

El **genoma** de una especie define la totalidad de la información genética que posee esa especie. Por lo general, al hablar de genoma en los organismos eucariotas nos referimos al ADN contenido en el núcleo, organizado en cromosomas.

En 1988 se lanzó el **Proyecto Genoma Humano**, un esfuerzo internacional que se completó en 2004 como una gran tarea en la que participaron centros y laboratorios distribuidos por todo el mundo.

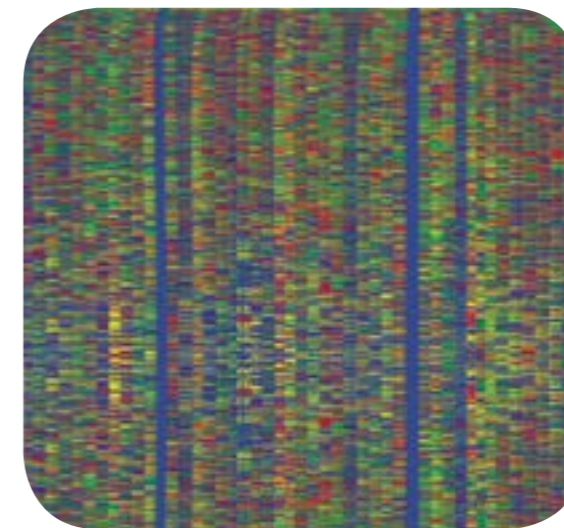


Figura 17.19. Secuencia de ADN obtenida con una máquina secuenciadora en el Proyecto Genoma Humano. Se usan sustancias fluorescentes para detectar las bases A, T, G y C.
Foto: Museo de Ciencias, Reino Unido.

Hemos estudiado hasta ahora las mutaciones causadas por cambios en un solo gen y las originadas por alteraciones en el número o la estructura de los cromosomas. La información proporcionada por el Proyecto Genoma Humano ha permitido descubrir otros trastornos genéticos que no encajan en estas categorías, pero que es importante que conozcas.

Uno de estos mecanismos es la **impronta génica**, que es la expresión diferencial de un gen de acuerdo con su origen parental. Por ejemplo, los síntomas de la **enfermedad de Huntington** se presentan durante la adolescencia si la herencia es paterna, pero no lo hacen hasta la madurez cuando la procedencia es materna.

La enfermedad de Huntington, conocida popularmente como el "Baile de San Vito" o "Corea de Huntington", es otra enfermedad autosómica hereditaria que se hereda como carácter dominante. Se caracteriza básicamente por el trastorno del movimiento –"coreas"– y la pérdida sustancial de la memoria, debido a la destrucción progresiva de unas regiones específicas del cerebro llamadas ganglios o núcleos basales.

Para saber más...

El promedio en el mundo de pacientes con este mal es de uno por cada 10 mil habitantes. Sin embargo, en la isla de San Luis del estado Zulia la incidencia se establece en uno por cada 1.000 habitantes. Se cree que durante la Colonia un marino mercante con esta enfermedad dejó descendencia en el sector y, debido a las condiciones de relativo aislamiento y al carácter dominante de la enfermedad, ésta se extendió.

La enfermedad de Huntington es causada por la mutación de un gen localizado en el cromosoma 4, que codifica una proteína llamada Huntingtina (Htt). La proteína normal posee un segmento que tiene entre 8 y 35 moléculas del aminoácido glutamina, codificadas por un segmento del gen que posee el triplete CAG repetido. La mutación no es puntual; consiste en que las repeticiones de este triplete aumentan por encima de 35 (que se considera el umbral de la enfermedad), llegando incluso hasta más de 50 repeticiones. Esta forma alterada de la proteína Htt produce la muerte de las neuronas en algunas partes del cerebro.

A veces se encuentran personas que tienen tanto líneas celulares normales como anormales. A estos individuos se los denomina mosaicos y a esta condición, mosaicismo. En la inmensa mayoría de los casos la línea celular anormal tiene una anomalía cromosómica numérica. Los mosaicos debido a anomalías estructurales de los cromosomas son muy poco frecuentes.



Figura 17.20. Mosaicismo en el pelaje de una gata. El gen que expresa el color del pelaje se encuentra en el cromosoma X.

Otro grupo de enfermedades genéticas corresponde a mutaciones que tienen lugar en células somáticas diferenciadas, con particular importancia en el desarrollo de cánceres. Aunque no se heredan, pueden originarse en individuos con predisposición hereditaria. Por ejemplo, las mutaciones heredadas de los genes BRCA1 y BRCA2 aumentan el riesgo de padecer cáncer de mama.

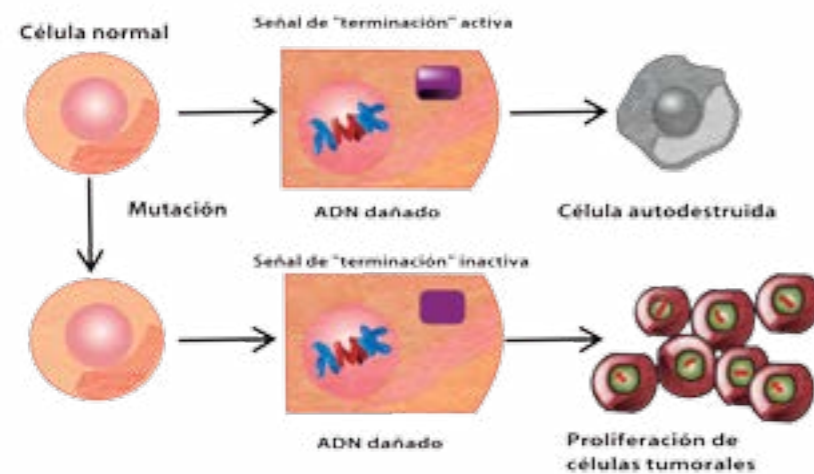


Figura 17.21. Cuando el ADN de una célula se daña, por lo general se activa un factor o "señal de terminación" que hace que se autodestruya. Si debido a una mutación esta señal se inactiva, la célula se multiplica indefinidamente, originándose lo que conocemos como cáncer.

Las células se transforman en cancerosas cuando mediante acumulaciones de errores en su ADN adquieren capacidades que permiten que sean seleccionadas por el entorno que las rodea. Algunas de estas capacidades son:

- Multiplicarse aun en ausencia de señales de crecimiento, e incluso en presencia de señales que indiquen "terminación". Cuando esto ocurre, comienza la formación de una **neoplasia** (o nuevo crecimiento, en el sentido literal).
- Estimular el crecimiento de vasos sanguíneos alrededor de ellas.
- Crecer indefinidamente al no responder a señales de "terminación".
- Invadir otros tejidos ya que poseen la capacidad de infiltrarse en el torrente sanguíneo, viajar a través de él para colonizar otros tejidos y formar nuevos focos de crecimiento (metástasis). Cuando esto ocurre, las células son malignas, pero si no tuvieran la capacidad de invadir sitios distantes y provocar metástasis, se consideran benignas.

Los diferentes tipos de cáncer están incluidos, junto a la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, en un grupo de enfermedades para las cuales se han identificado genes asociados con la **susceptibilidad** o predisposición a padecerlas. Aún no se sabe a ciencia cierta qué es lo que hace que estos genes se "activen" para que la enfermedad se desarrolle, o por el contrario nunca lo hagan.

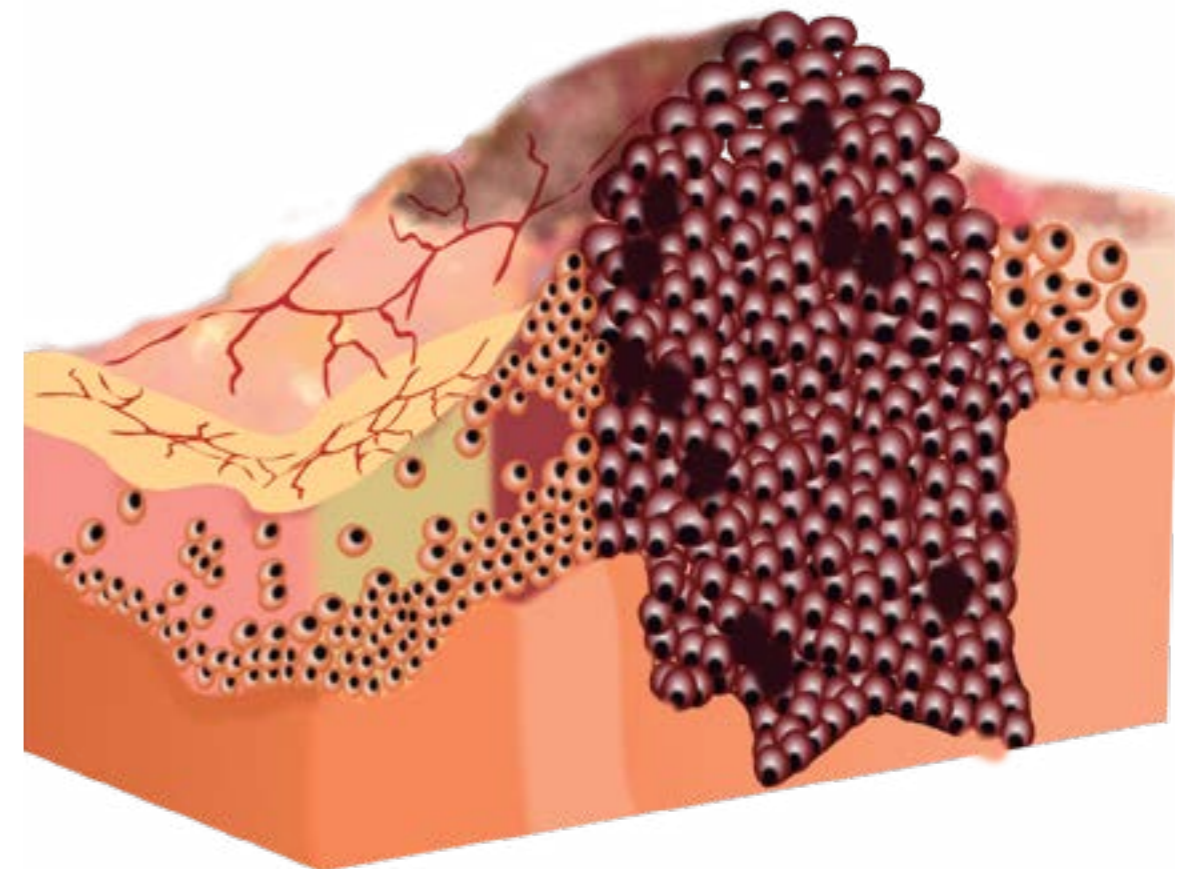


Figura 17.22. Ciertas mutaciones pueden llevar a las células a transformarse en cancerosas.

El estudio de las mutaciones puede ayudarnos a mejorar nuestra calidad de vida

Hemos visto que muchas mutaciones son perjudiciales y pueden resultar letales o disminuir la calidad de vida al organismo que la presenta o a su descendencia, pero también existe otro tipo de mutaciones (como la que origina el color de los ojos) que no reportan beneficios ni perjuicios al individuo que las posee; e incluso otras que pueden resultar beneficiosas, de modo que pueden llegar a reemplazar al fenotipo "normal" debido a la selección natural. Es por esto que las mutaciones son la principal fuente de variabilidad genética y sin ellas no habría evolución de las especies.



Figura 17.23. El maíz que comemos hoy es el resultado de miles de años de selección humana de mutantes favorables.

Existen diversos métodos artificiales que permiten obtener nuevas variedades genotípicas mutantes en forma aleatoria, o bien, dirigida hacia genes de interés particular con fines de investigación científica y con aplicación en la biotecnología. Por ejemplo, el maíz con que se hace la arepa de tu desayuno es el producto de una selección intencional de diferentes mutantes que han surgido al azar, pero que durante milenios fueron escogidos y cultivados por los pueblos originarios de América hasta lograr mazorcas grandes y con granos mayores y más nutritivos.

Pero hoy día la selección también puede dirigirse a provocar mutaciones con fines determinados, incorporando genes de otro organismo (alimentos transgénicos). Esta posibilidad ha causado gran preocupación, ya que puede causar impactos ambientales, cambios culturales y dependencia económica (puesto que estos organismos estarían patentados). Por eso es importante informarse y sopesar los pros y los contras de esta tecnología.

En el caso de mutaciones que dan origen a enfermedades genéticas, actualmente se están llevando a cabo investigaciones que cada vez nos arrojan más luz para su comprensión y posible tratamiento. Los conocimientos generados a partir del genoma humano permitirían desarrollar técnicas de diagnóstico temprano para diferentes enfermedades, así como la predicción de posibles síndromes relacionados con predisposiciones genéticas. Esto provee una herramienta eficaz para la cura o el tratamiento dirigido específicamente a la causa de la enfermedad. Sin embargo, existe la preocupación de que la información generada podría ser usada para la discriminación de seres humanos por tener en sus genes predisposición a alguna enfermedad. El aspecto ético es sólo uno, entre muchos otros, que trae aparejado el Proyecto Genoma Humano.

En nuestro país, la no discriminación y la igualdad para todas y todos es un principio constitucional, pero no puede quedarse sólo en el papel. Se ha comprobado que el tratar con equidad a personas con síndrome de Down, por ejemplo, les da no sólo una mejor calidad de vida, sino que mejoran muchos de sus síntomas. Si bien sería muy bueno lograr algún día prevenir las enfermedades genéticas, también lo es el respetar y tratar a las personas con estos padecimientos como seres humanos, iguales a ti.



Figura 17.24. Ser diferente no es un problema, el problema es ser tratado diferente.



Analizando cariotipos

Imagínate que trabajas en el Centro Nacional de Genética Médica "Dr. José Gregorio Hernández". Tu trabajo consiste en elaborar e interpretar cariotipos de personas que acuden a ti en busca de asesoramiento. En esta actividad construiremos y analizaremos los cariotipos de tres personas, que esperan tus conclusiones. Pueden dividirse en equipos para repartirse los cariotipos y comparar sus resultados.

¿Qué necesitan?

- Fotocopiadora, papel blanco, cartulina blanca, tijeras, lápiz, regla, pega en barra.

¿Cómo lo harán?

- Fotocopien el grupo de cromosomas que se encuentra en cada caso. Si es posible, pueden ampliarlo.
- Recorten cada cromosoma y agrúpenlos de acuerdo con su tamaño y forma.
- Identifiquen cada pareja de homólogos con ayuda del cariotipo ordenado de la figura 17.25.

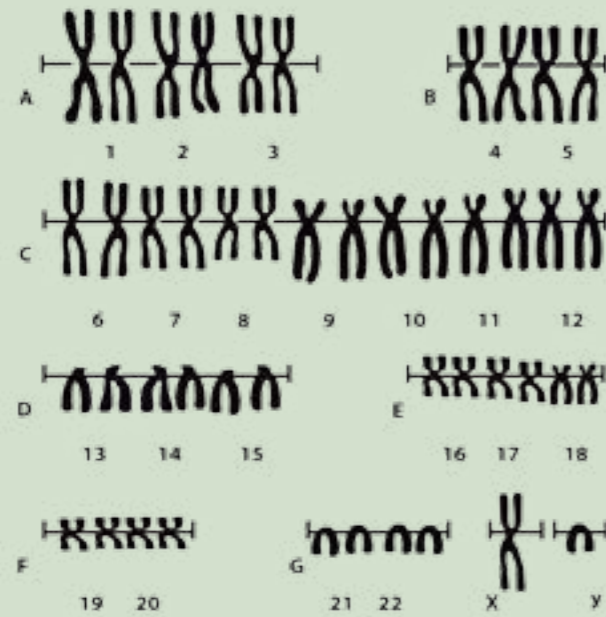


Figura 17.25. Cariotipo de un hombre normal.

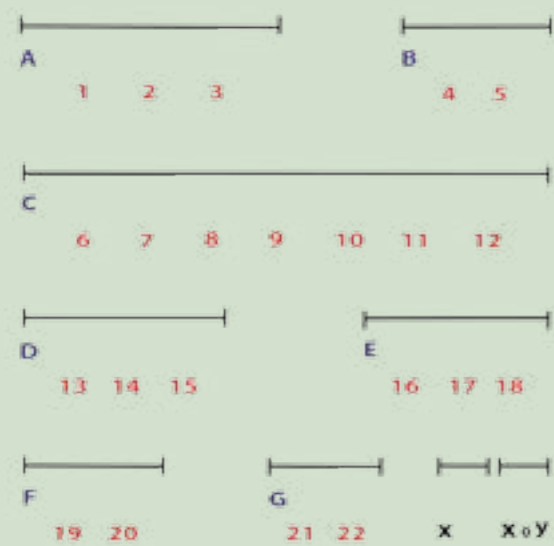


Figura 17.26. Plantilla para realizar los cariotipos.

• Dibujen en una cartulina blanca una plantilla vacía como la de la figura 17.26.

• Peguen cada pareja en la plantilla para armar el cariotipo. Usen el centrómero como guía y colóquenlo sobre la línea, con el brazo corto hacia arriba.

Caso A. Se trata de un feto casi completamente desarrollado en una mujer de cuarenta años. Los cromosomas fueron obtenidos de las células epiteliales.

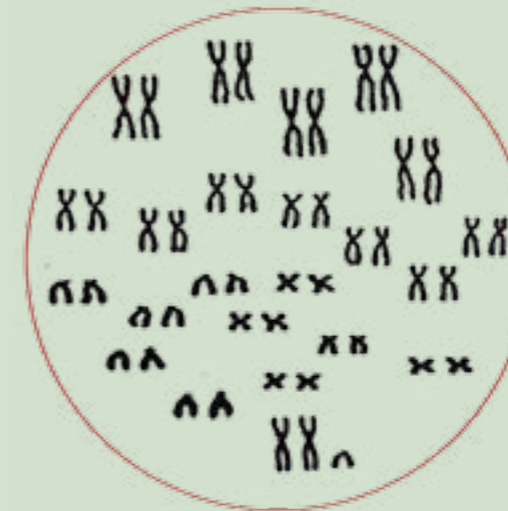


Figura 17.27. Caso A.

Caso B. Es un hombre de 28 años que está tratando de identificar la causa de su infertilidad.

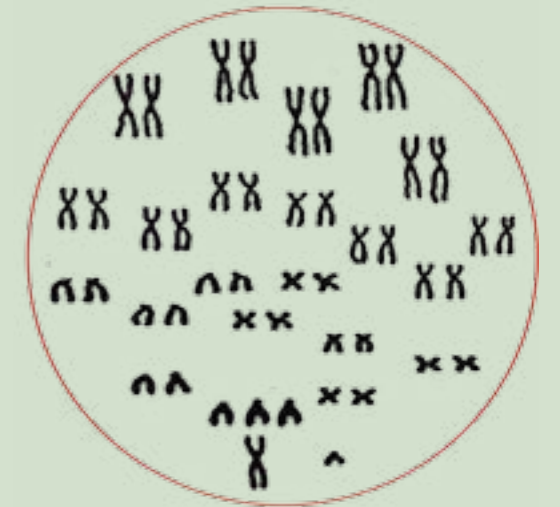


Figura 17.28. Caso B.

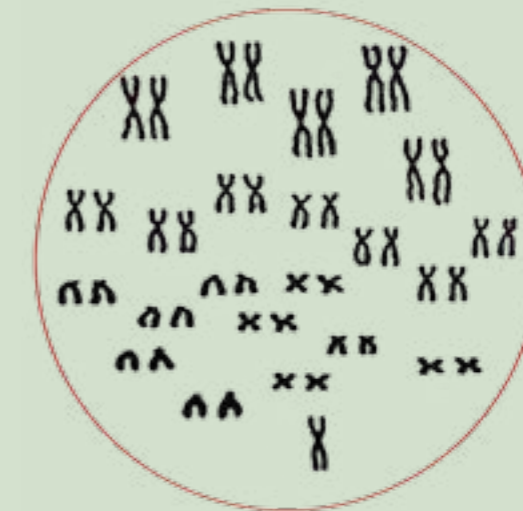


Figura 17.29. Caso C.

Caso C. Es una adolescente de 13 años cuya madre está preocupada porque aún no se ha desarrollado, por esta razón es más baja y tiene un aspecto más infantil que sus compañeras de clase, lo que hace que se sienta "diferente".

¿Cómo lo pueden interpretar?

- Analicen cada cariotipo y realicen un diagnóstico en cada caso.
- ¿Cuál es el sexo del Caso A?
- Investiguen si existe una relación entre la edad de la madre del Caso A y la anomalía que diagnosticaron.
- Investiguen en otras fuentes acerca de uno de los síndromes diagnosticados y preparen un informe para la clase.
- Discutan entre ustedes qué consejo le darían a cada paciente.



Actividades de autoevaluación

1. Elabora un cuadro con los tipos de mutaciones.
2. Enuncia cuatro factores que aumentan la frecuencia de mutaciones espontáneas.
3. ¿Tienen las mismas consecuencias las mutaciones que se producen en las células somáticas que las que se producen en las células germinales?
4. En las clínicas radiológicas existen carteles que indican a las mujeres embarazadas o a las que creen estarlo que antes de someterse a una exploración radiológica deben consultar a su médico. ¿Por qué?
5. La secuencia de ADN que se muestra a continuación pertenece al gen que tiene la información para fabricar un fragmento de la hemoglobina normal:

GTGCACCTGACTCCTGAGGAG

6. Utilizando la tabla del código genético (figura 17.30), escribe la secuencia de aminoácidos que se sintetiza a partir de la hebra inferior del ADN.
7. Transcribe la cadena correspondiente de ARNm.
8. Escribe la secuencia de aminoácidos correspondiente.



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

Figura 17.30. Código genético.

9. El fragmento de proteína que figura a continuación pertenece a la hemoglobina falciforme. Compara esta secuencia con la anterior e identifica el nucleótido que sufrió la mutación responsable de la anemia falciforme:

Val-His-Leu-Thr-Pro-Val-Glu

10. ¿Cuál es el codón de ARNm alterado?
11. ¿Cuál o cuáles bases cambiaron?



A la izquierda, microfotografía de glóbulos rojos normales. A la derecha, glóbulos rojos cuya hemoglobina mutante lleva a la anemia fácilmente.

¿LAS REACCIONES SON ACONTECIMIENTOS INUSUALES O COTIDIANOS?

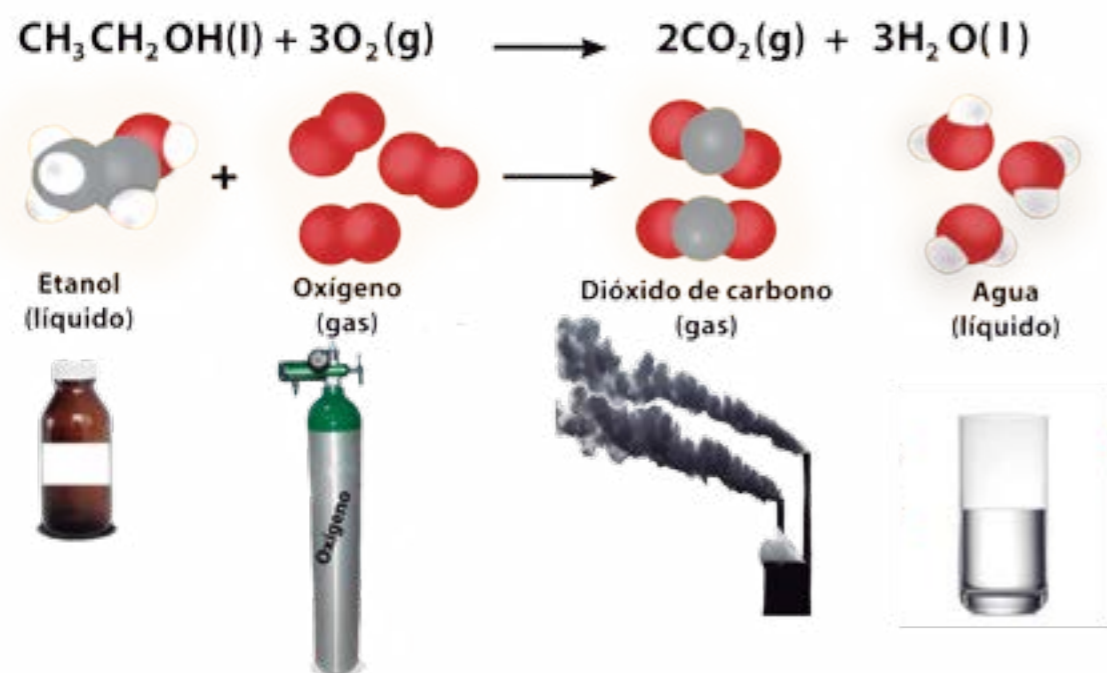
Terminado el primer tiempo de un juego de fútbol entre la Vinotinto y otro equipo, ¿notas algún cambio en los jugadores con respecto al comienzo? El caminar, correr, ejercitarse ha generado en ellos una serie de manifestaciones (sudoración, agotamiento) que evidencian que estamos en presencia de reacciones químicas, o reacciones a nivel biológico ocurridas en el organismo.

La química nos rodea, está dentro y fuera de nuestro organismo. Son muchos y variados los procesos químicos que ocurren a nuestro alrededor: oxidación de metales, quema de papel, eliminación del sedimento en el sanitario o la acidez estomacal, entre otros. ¿Cómo podemos hablar acerca de ellos?

Comunicarse es sensacional. Para ello necesitamos conocer los términos básicos del tema que conversamos, la simbología y las representaciones de los mismos. ¿Lo dudas? Si estás disfrutando de uno de los partidos eliminatorios de fútbol de la Vinotinto y tu equipo anota un gol, ¿cómo expresas lo ocurrido? Dices, por ejemplo, que el jugador venezolano se acercó y a cierta distancia del arco logró ingresar el balón sin que el portero contrario pudiera evitarlo, o exclamas: ¡Gooo!

Así como el término gol engloba un significado y una serie de pasos que conducen a la anotación de un punto en el fútbol, cuando hablamos de reacciones químicas hacemos uso de unas ecuaciones que engloban información acerca de los procesos y transformaciones producidos en ellas.

En esta lectura podrás aprender sobre las ecuaciones químicas y cómo ellas facilitan la comprensión de los procesos ocurridos en las reacciones químicas y su comunicación.



Describe las reacciones químicas con símbolos y evidencias

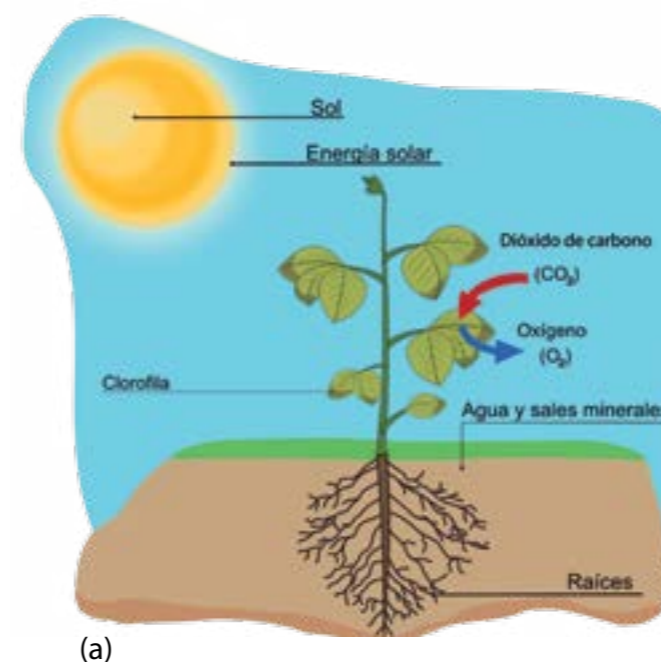
Las Ciencias Naturales emplean representaciones que se han acordado universalmente y cuyos símbolos son independientes del idioma; ejemplo de ello son las ecuaciones matemáticas y las fórmulas químicas, representadas mediante símbolos, letras y números. En matemática simbolizas las sumas de manera horizontal, separando los sumandos mediante el símbolo de adición "+" y previo al resultado escribes un símbolo de igualdad que se expresa como "="; también pueden estar expresadas en forma vertical.

Cuatrocientos diecisiete + ciento ochenta y tres = seiscientos

$$\begin{array}{r} 417 + \\ 183 \\ \hline 600 \end{array} \qquad \begin{array}{l} 417 \text{ m} + 183 \text{ m} = 600 \text{ m} \\ 417\text{m}^2 + 183 \text{ m}^2 = 600\text{m}^2 \end{array}$$

Figura 18.1. Escritura de números y ecuaciones matemáticas.

En química, cuando dos o más sustancias interactúan entre sí (**reactivos**) a través de reacciones químicas, obtenemos al cabo de cierto tiempo una o más sustancias que llamamos **productos**. Este proceso lo podemos representar de manera parecida a la suma matemática, es decir, expresamos los reactivos con sus símbolos, separados entre sí con el símbolo "+", luego colocamos una flecha (\rightarrow) dirigida hacia los productos, los cuales representamos con sus símbolos también separados con el símbolo "+". Observa la reacción química ocurrida en la fotosíntesis de la figura 18.2. A esta representación organizada de las reacciones químicas la denominamos **ecuación química**.



dióxido de carbono + agua \longrightarrow glucosa + oxígeno

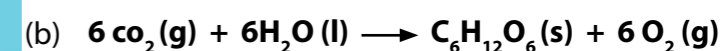


Figura 18.2. (a) Fotosíntesis. (b) Ecuación de la reacción química ocurrida en la fotosíntesis.

Así como interpretas a diario las señales de tránsito (cruzando por el rayado, disminuyendo la velocidad cuando la luz del semáforo cambia al color amarillo...), las ecuaciones químicas tienen significado, por lo tanto, ellas aportan información acerca de los reactivos, las condiciones de reacción y los productos.



Figura 18.3. Cruce en el rayado. Interpretación de símbolos viales.

Cuando las reacciones químicas se llevan a cabo producen una serie de hechos visibles que permiten identificar, inferir o descartar reactivos o productos según su comportamiento.

Los cambios de color u olor, aumento o disminución de la temperatura, liberación de energía en forma de luz, formación de un precipitado o liberación de un gas (fragancia, fetidez o inodoro), son las evidencias más comunes cuando estamos en presencia de una reacción química. Todas aquellas evidencias relacionadas con las cualidades y naturaleza de elementos y compuestos serán consideradas **cuantitativas**, mientras que aquellas que podemos o decidimos medir serán calificadas como **cuantitativas**.

A continuación verás la ecuación química de una reacción muy común: la formación del agua (H₂O) a partir del oxígeno (O₂) y del hidrógeno (H₂) (figura 18.4). En ella observarás algunos de los símbolos más comunes que la acompañan: el estado físico de las sustancias: gaseoso (g), líquido (l) o sólido (s), las condiciones de reacción, la relación entre las sustancias, los coeficientes estequiométricos y los subíndices que indican el número de átomos que conforman el compuesto. Estos símbolos son de gran utilidad ya que aportan información de interés. Vamos a conocer el significado de cada uno.

Hidrógeno (gaseoso) + oxígeno (gaseoso) → agua (líquida)

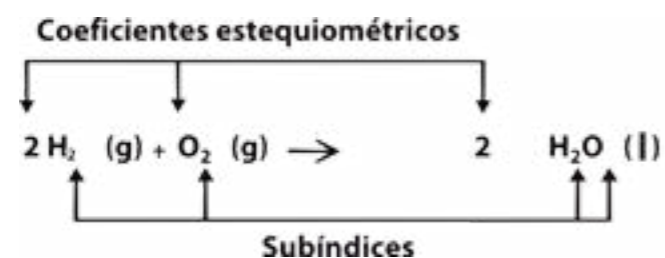


Figura 18.4. Elementos que conforman las ecuaciones y su representación.

Como viste antes, y ahora en la figura 18.5, los elementos o compuestos que reaccionan se escriben del lado izquierdo de la flecha horizontal, denominados **reactivos o reactantes**, separados con signo positivo +. También podemos expresar las condiciones de temperatura, presión o proceso a través del cual se produce la reacción; éstas se indican sobre o debajo de la flecha. Por último, los **productos** se escriben del lado derecho también separados con el signo positivo +.

clorobenceno + hidróxido de sodio diluido en agua → fenol + cloruro de sodio

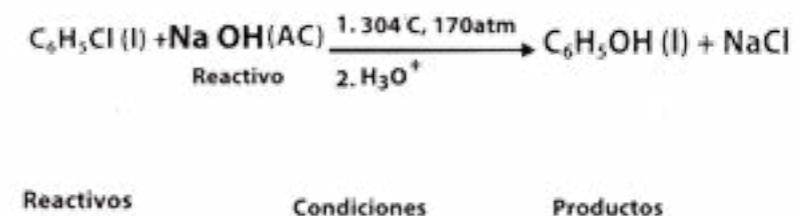
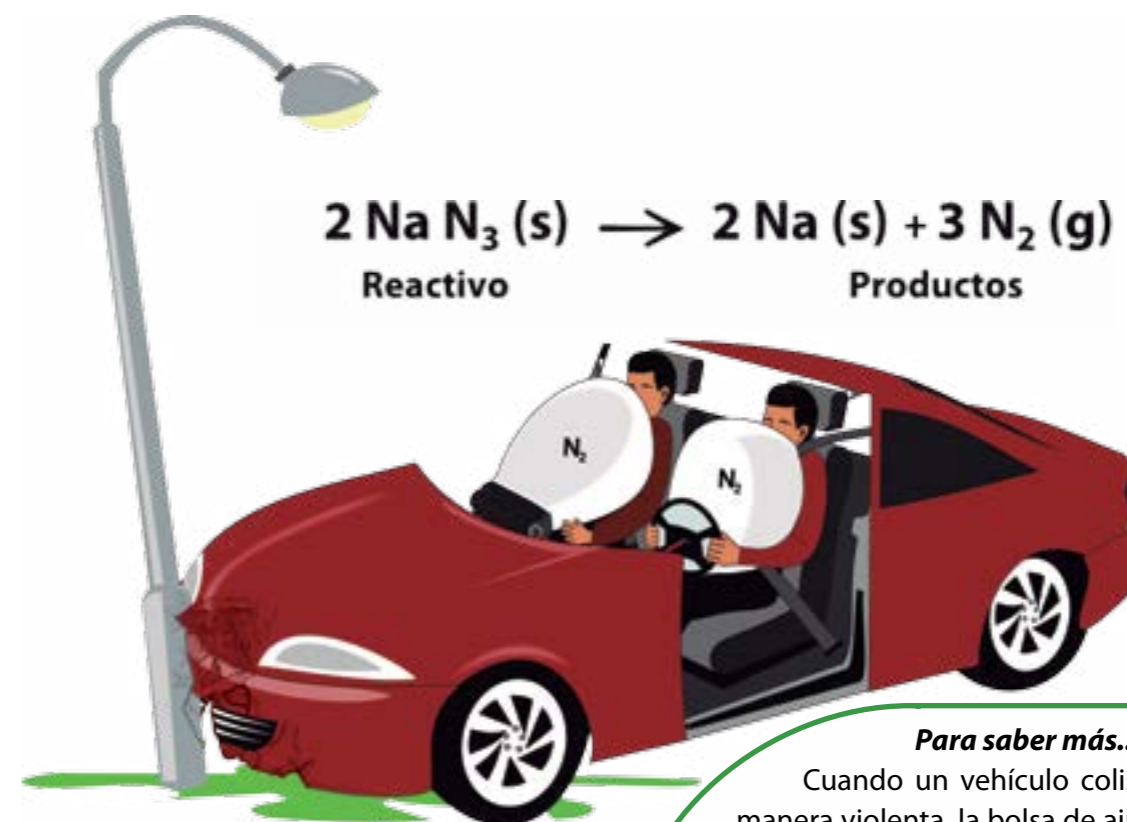


Figura 18.5. Reactivos, condiciones y productos en las ecuaciones químicas.



Para saber más...

Cuando un vehículo colisiona de manera violenta, la bolsa de aire de seguridad se expande con nitrógeno liberado como producto de la reacción de descomposición de la azida de sodio (NaN₃). Unos 10 g de este compuesto pueden generar 5 L de nitrógeno gaseoso.

Además de considerar los reactivos y productos, se emplean otros símbolos que aportan información: si se produce liberación de un gas, se suele indicar con una flecha apuntando hacia arriba (\uparrow), o si se forman precipitados con una flecha apuntando hacia abajo (\downarrow). En la tabla 18.1 presentamos un resumen de los símbolos más utilizados en las ecuaciones.


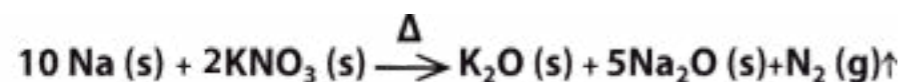
| Reactivos | | Condiciones | | Productos | |
|--------------|---------------|---|--|--------------|--------------------------|
| Símbolo | Descripción | Símbolo | Descripción | Símbolo | Descripción |
| (s) | Sólido | \longrightarrow | Produce o genera | (s) | Sólido |
| (l) | Líquido | $\xrightarrow{\Delta}$, $\xrightarrow{\Delta}$ | Combustión | (l) | Líquido |
| (g) | Gaseoso | \xrightarrow{M}  | Debe suministrarse electricidad | (g) | Gaseoso |
| (ac) (aq) | Acuoso | $\xrightarrow{\text{cat}}$, $\xrightarrow{\text{Enzimas}}$ | Usar un catalizador | (ac) (aq) | Acuoso |
| (conc) | Concentrado | $\xrightarrow{273K}$, \xrightarrow{T} | Temperatura requerida | \downarrow | Formación de precipitado |
| (dil) | Diluido | $\xrightarrow{500\text{psi}}$, \xrightarrow{P} | Presión requerida | \uparrow | Liberación de un gas |
| + | Reacciona con | $\xrightarrow[2. \text{H}_3\text{O}^+]{1. T:340^\circ\text{C}, 170 \text{ atm}}$ | 1: Mantener temperatura y presión como se indica. 2. Medio ácido. | + | más, y |

Tabla 18.1. Símbolos utilizados en las ecuaciones químicas.

Vamos a leer la siguiente expresión simbólica de una reacción química:

sodio + nitrato de potasio $\xrightarrow{\Delta}$ óxido de potasio + óxido de sodio + nitrógeno



El sodio sólido Na(s) reacciona con nitrato de potasio sólido KNO₃(s) cuando se suministra energía térmica (Δ), generando óxido de potasio K₂O(s) y óxido de sodio Na₂O(s), ambos en estado sólido con liberación de un gas: nitrógeno N₂(g). El sodio (Na) es muy reactivo en medios acuosos y su manipulación resulta peligrosa si no se toman las precauciones necesarias.

Lograr familiarizarse, comprender e interpretar los símbolos presentes en las ecuaciones químicas nos permitirá describir y entender eventos cotidianos que nos rodean, como la neutralización de la acidez estomacal, la corrosión del hierro, el “empañamiento” de cadenas, esclavas y anillos de plata, entre otros.

La información cualitativa y cuantitativa contenida en las ecuaciones químicas te permitirá reconocer particularidades de los elementos que conforman los grupos de la tabla periódica. Por ejemplo, los elementos metálicos conocidos como alcalinos reaccionan con oxígeno para formar óxidos básicos. Para extraer mayor información de las ecuaciones, debes evocar conocimientos de lecturas previas, de manera que sepas diferenciar:

- La simbología empleada en las ecuaciones químicas.
- Los estados de la materia (sólido, líquido, gaseoso).
- Los elementos (metales, no metales, metaloides y gases nobles).
- El número de átomos en cada sustancia.
- Los tipos de reacciones químicas.

Para saber más...

Las Ciencias Naturales tienen una estrecha relación con la administración de justicia. Diversas pruebas de química forense son empleadas para corroborar o no las evidencias encontradas. Por ejemplo, obtener la huella dactilar, rastros de incendios, identificación de elementos de explosivos y de balas en las personas, o pruebas toxicológicas.



Agrupando las reacciones químicas

Cotidianamente agrupamos alimentos, objetos, materiales e incluso a los seres humanos de acuerdo a criterios de clasificación previamente definidos. ¿Cuál criterio de clasificación usas cuando te agrupas para realizar actividades deportivas o recreativas? ¿Cómo agrupas la información en la computadora? Los criterios más comunes son la edad, el sexo, la cantidad, el tipo de elemento.

El criterio usado para agrupar las reacciones químicas, clasificarlas y así facilitar su estudio es su **reactividad**, es decir, la manera como interaccionan el o los reactivos para generar el o los productos, considerando la naturaleza y la cantidad de los elementos o compuestos que constituyen los reactivos y los productos.

¿Un elemento o compuesto será capaz de combinarse, separarse, desplazar a otro elemento o intercambiarse? Los tipos de reacciones fueron descritas en el libro de Ciencias Naturales de 2^{do} año; a continuación verás un resumen de la clasificación más general de las reacciones químicas (tablas 18.2 y 18.3).

| Tipo de reacción | Combinación o síntesis | Descomposición o análisis |
|-------------------------|--|--|
| Características | Unión de dos reactivos para formar un producto único. | Separación de un reactivo en dos o más productos. |
| Ecuación general | $A + B \rightarrow A_x B_y$ | $ABC \xrightarrow{\Delta} AC + B$ |
| Reacciones | Óxidos básicos, Anhídridos u Óxidos ácidos, Hidruros, Hidrácidos, Hidróxidos, Ácidos oxácidos. | Algunos óxidos básicos, nitratos y cloratos alcalinos. |
| Dónde observarlo | Oxidación de metales. | Fermentación de los hidratos de carbono. |

Tabla 18.2. Descripción general y ejemplificación de las reacciones de combinación y descomposición.

| Tipo de reacción | Desplazamiento | Doble desplazamiento |
|-------------------------|---|---|
| Características | Un elemento reemplaza a otro en un compuesto binario o ternario. Dos reactivos y dos productos. | La ubicación de los elementos metálicos es diferente en reactivos y productos. Dos reactivos y dos productos. |
| Ecuación general | $A + BC \rightarrow AC + B$ C puede ser un radical. Ej. PO_4^{3-} | $AB + CD \rightarrow AD + BC$ A y C pueden ser elementos metálicos. |
| Reacciones | Sales binarias y ternarias a partir de un metal y un ácido. | Sales binarias y ternarias a partir de una base y un ácido. |
| Dónde observarlo | Limpieza de accesorios de plata con papel aluminio. | Eliminación de la acidez estomacal. Eliminación del sarro en el sanitario. |

Tabla 18.3. Descripción general y ejemplificación de las reacciones de desplazamiento y doble desplazamiento.

A continuación encontrarás la descripción de tres ejemplos mencionados en cada tipo de reacción química:

1. Oxidación de hierro a través de una reacción **de combinación**.

Se forma un óxido metálico debido a la combinación del hierro con el oxígeno gaseoso del aire.

hierro + oxígeno \longrightarrow óxido férrico

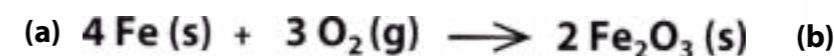
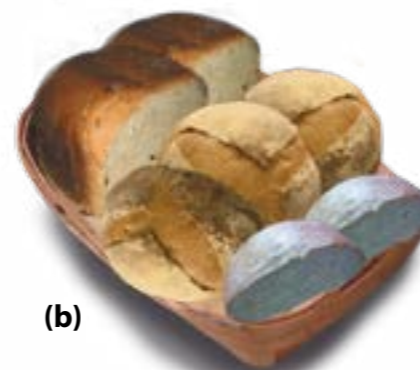


Figura 18.6. (a) Ecuación de formación del óxido férrico. (b) Vehículo oxidado

2. Fermentación de los hidratos de carbono a través de una reacción **de descomposición**.

Se descompone el hidrato de carbono mediante el uso de un catalizador (levadura) para formar etanol y dióxido de carbono, y ocurre calor que libera energía térmica. El dióxido de carbono es el responsable del "crecimiento del pan" dentro del horno al expandir la masa.



Hidrato de carbono $\xrightarrow{\text{levadura}}$ etanol + dióxido de carbono



Figura 18.7 (a) Ecuación de fermentación hidratos de carbono al elaborar pan. (b) Pan horneado.

3. Neutralización del exceso de ácido clorhídrico en los jugos gástricos del estómago a través de una reacción de **doble desplazamiento** con un antiácido, el hidróxido de magnesio.

Se forma una sal binaria ($MgCl_2$) debido al desplazamiento del hidrógeno en el ácido clorhídrico, provocada por el magnesio presente en el antiácido.

Ácido clorhídrico + hidróxido de magnesio \longrightarrow cloruro de magnesio + agua

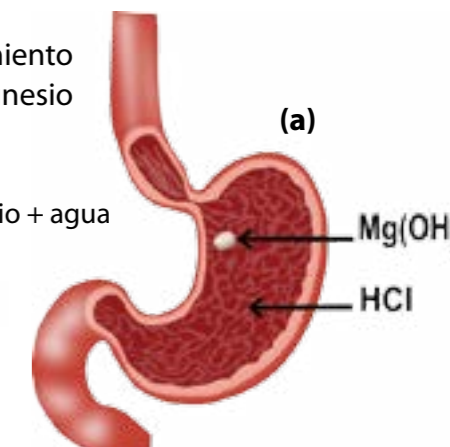


Figura 18.8. (a) Neutralización de la acidez estomacal con $Mg(OH)_2$. (b) Ecuación de la reacción de neutralización de la acidez estomacal.

Teóricamente puedes escribir ecuaciones que no se llevan a cabo o que son tan lentas que parecieran no ocurrir. Las propiedades y la reactividad de cada elemento determinarán su capacidad de combinarse, descomponerse, desplazar o reorganizar los átomos que lo constituyen. Algunos experimentarán un tipo de reacción; son poco reactivos. Conocer las propiedades de los elementos y el por qué de su ubicación en la tabla periódica te permitirá indagar acerca del tipo de reacciones que experimentan.

Observa las imágenes siguientes: ¿Notaste los cambios de coloración debidos a la reacción producida? En el primer caso se produjo una reacción de combinación y en el segundo una reacción de desplazamiento; ambas con la aparición de un color y con un reactivo en común: el hierro sólido. Aunque el cambio de coloración no se simboliza en la ecuación, extraeremos el resto de la información contenida en la ecuación química de formación del óxido básico (tabla 18.4).

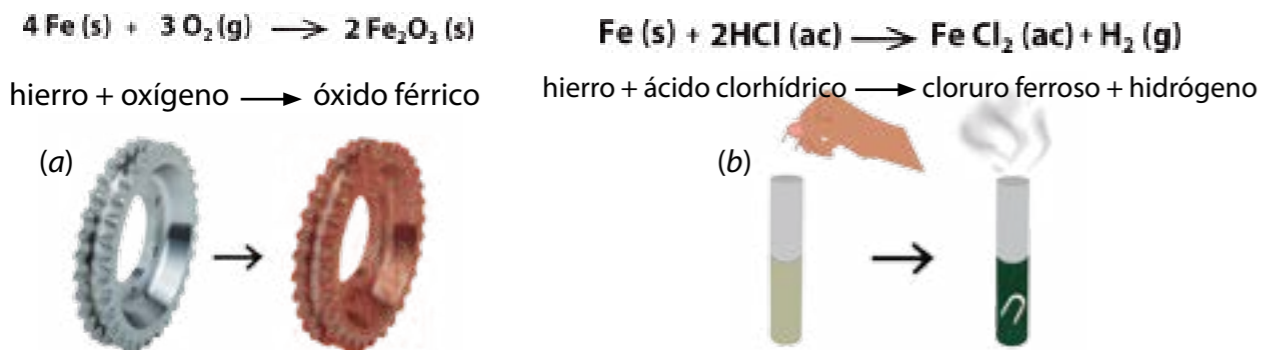


Figura 18.9. Ejemplo de reacciones de combinación (a) y desplazamiento (b) experimentadas por el hierro.

| $4 \text{Fe (s)} + 3 \text{O}_2 \text{(g)} \longrightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{(s)}$ | |
|---|--|
| Información cualitativa | |
| Reactivos: hierro y oxígeno. | Producto: óxido férrico. |
| El símbolo del hierro es Fe y el del oxígeno molecular es O_2 . | La fórmula del óxido férrico es Fe_2O_3 . |
| El hierro es un elemento metálico, el oxígeno es un no metal. | El óxido férrico es un compuesto formado por hierro y oxígeno (óxido básico). |
| El estado del hierro es sólido, mientras que el oxígeno es gaseoso. | El óxido férrico generado es sólido. |
| El hierro reacciona con el oxígeno. | El producto está constituido por los elementos reaccionantes. |
| Tipo de reacción: combinación | |
| Es innecesario utilizar agentes externos que favorezcan las condiciones de reacción. | Cambio de color. |
| Información cuantitativa | |
| Disponemos de 2 reactivos. | Obtenemos un producto. |
| Una molécula de oxígeno tiene 2 átomos de oxígeno. Reaccionan 4 átomos de hierro con 3 moléculas de oxígeno | Una molécula de óxido férrico tiene 2 átomos de hierro y 3 de oxígeno. Se forman 2 moléculas de óxido férrico. |

Tabla 18.4. Prototipo de la información que lograrás extraer de las ecuaciones químicas.

Concluimos que lo cualitativo hace referencia a la identidad de la sustancia, y lo cuantitativo, a las proporciones y cantidades. Respecto de esto último podemos agregar más información.

En lecturas previas viste que la masa atómica es un valor contenido en la tabla periódica. La masa atómica del hierro (Fe) es 56 g/mol y la del oxígeno (O) de 16 g/mol, es decir, que 1 mol de estos átomos corresponde a 56 g y 16 g, respectivamente. La masa de la molécula de oxígeno (O_2) es de 32 g/mol ($2 \times 16 \text{g/mol}$).

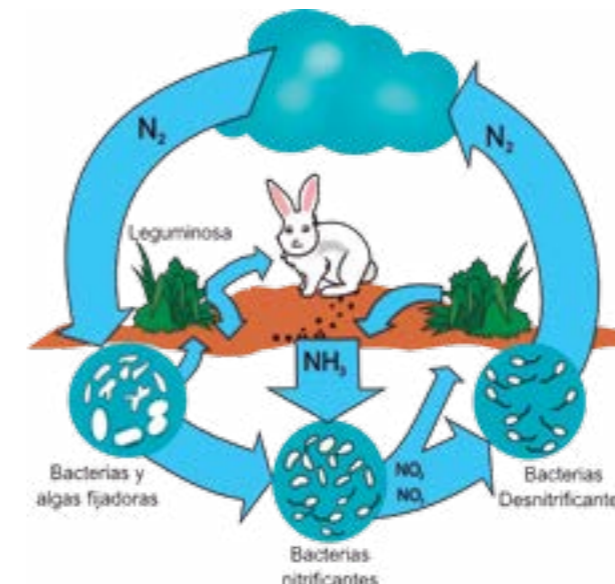
Entonces tenemos que los 4 mol de hierro tienen una masa molecular de 224 g ($4 \text{ mol} \times 56 \text{g/mol}$), y los 3 mol de oxígeno (O_2) son 96 g ($3 \text{ mol} \times 32 \text{g/mol}$); el total resulta 320 g. Por otra parte, el producto ($2\text{Fe}_2\text{O}_3$) tendrá el doble de: 112 g de 2 mol de hierro ($2 \text{ mol} \times 56 \text{g/mol}$) más 48 g de átomos de oxígeno ($3 \text{ mol} \times 16 \text{g/mol}$) es total 320 g (tabla 18.5).

| Más información cuantitativa | |
|--|--|
| $4 \text{Fe (s)} + 3 \text{O}_2 \text{(g)} \longrightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{(s)}$ | |
| $(4 \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol}) + [3 \text{ mol} \times (2 \times 16 \text{ g/mol})]$ | $2 \text{ mol} \times [(2 \times 56 \text{ g/mol}) + (3 \times 16 \text{ g/mol})]$ |
| Masa de reactivos = 320 g | Masa de producto = 320 g |

Tabla 18.5. Más información cuantitativa sobre la reacción química de la tabla 18.4.

Hay reacciones químicas que parecen un evento de magia

La materia está en constante transformación. Evidencias de ello las encontramos en los ciclos del carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y oxígeno. Analicemos brevemente lo que ocurre en uno de estos ciclos, el del nitrógeno. La figura 18.10 ilustra cómo un elemento o compuesto se transforma en otro, una o varias veces, interactuando o acumulándose en las diferentes esferas de nuestro planeta, debido a reacciones químicas. Y además de formarse más de un compuesto a partir del nitrógeno, éste vuelve a regenerarse al final del ciclo.



La ilustración refiere cómo el nitrógeno (N) está presente en la naturaleza, combinado con hidrógeno y oxígeno (NH_3 , NO_2^- , NO_3^-) de la Tierra. Se aprecia que el amoníaco (NH_3) produce compuestos formados por oxígeno, pero con diferente número de átomos.

Figura 18.10. Reacciones químicas en el ciclo del Nitrógeno. Las heces de un ser vivo contienen el elemento nitrógeno (N) que es transformado en nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-), que además de ser desnitrificados son aprovechados por las plantas para su desarrollo. El nitrógeno como NH_3 es liberado posteriormente a la atmósfera como N_2 gaseoso.

Así como en las recetas de cocina se han establecido las proporciones adecuadas para los diferentes ingredientes, en la naturaleza existen cantidades fijas de elementos para formar cada compuesto. Cada uno obedece a la **ley de las proporciones definidas**, establece que:

Cuando dos o más elementos se unen mediante alguna reacción química para formar un nuevo compuesto, lo hacen en proporciones fijas de masa, es decir, la composición de cada compuesto es constante.

Vivimos en un planeta con ciclos que involucran la transformación de muchos compuestos para su reaprovechamiento, de manera tal que vuelven a transformarse y así la naturaleza garantiza la conservación de la materia. Esto ocurre mediante etapas sucesivas e imperceptibles, pues aquellas reacciones que liberan y forman gases transparentes e inodoros pasan desapercibidas en nuestro día a día. Algunas veces podemos percibir el olor de algunos (fuga de gas doméstico), sin embargo, sigue siendo desapercibido por el resto de nuestros sentidos.

En las tablas 18.6 y 18.7 se presentan valores representativos que permiten ejemplificar la relación entre masas de los elementos que constituyen una sustancia. Para diferentes valores en masa de los componentes, la relación entre ellas será constante. Esta proporción cambia de acuerdo a la sustancia formada.

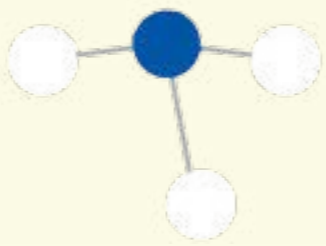
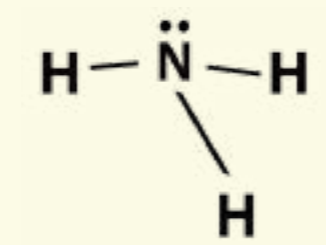
| Masa atómica (g/mol) | | $\frac{\text{Masa de H}}{\text{Masa de N}}$ | $\frac{\text{Masa de N}}{\text{Masa de H}}$ | Masa molecular de amoníaco (NH ₃) (g/mol) |  |
|----------------------|---------------|---|---|---|---|
| Nitrógeno (N) | Hidrógeno (H) | | | | |
| 14 | 3 | 3/14 | 14/3 | 17 | |
| 28 | 6 | 3/14 | 14/3 | 34 | |
| 56 | 12 | 3/14 | 14/3 | 68 |  |

Tabla 18.6. Relación entre masas de los elementos que conforman el amoníaco (NH₃) para 1, 2 y 3 moles, respectivamente.

Analicemos la información contenida en la tabla 18.6. El amoníaco (NH₃) está constituido por un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno. Para obtener una masa de 17 g/mol de producto (NH₃), tendremos 14 g/mol de nitrógeno y 3 g/mol de hidrógeno. Estos 14 g/mol corresponden a la masa atómica del nitrógeno (1 x 14 g/mol) mientras que 3 g/mol corresponden a tres veces la masa atómica del hidrógeno (3 x 1 g/mol). La relación entre estos valores de masa en gramos arroja un valor constante de 3/14 ó 14/3, según que la relación determinada sea (m de H) / (m de N) o (m de N) / (m de H).

En la obtención de 68 g/mol de producto (NH₃) requerimos una masa de nitrógeno igual a 56 g/mol, correspondiente a cuatro veces la masa atómica del nitrógeno (4 x 14 g/mol); y una masa de hidrógeno igual a 12 g/mol, correspondiente a doce veces la masa atómica del hidrógeno (4 x 3 x 1 g/mol). Nuevamente obtenemos una proporción de 3/14 ó 14/3, según la relación que consideremos. Por lo tanto, independientemente del incremento o disminución en la cantidad de producto obtenido (doble, triple, la mitad, un tercio...), el valor resultante de la relación de masas permanecerá invariable.

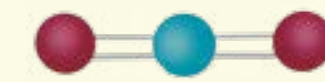
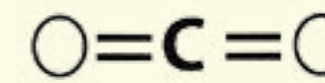
| Masa atómica (g/mol) | | $\frac{\text{Masa de O}}{\text{Masa de C}}$ | $\frac{\text{Masa de C}}{\text{Masa de O}}$ | Masa molecular de dióxido de carbono (CO ₂) (g/mol) |   |
|----------------------|-------------|---|---|---|--|
| Carbono (C) | Oxígeno (O) | | | | |
| 6 | 16 | 16/6 | 6/16 | 22 | |
| 12 | 32 | 16/6 | 6/16 | 44 | |
| 24 | 64 | 16/6 | 6/16 | 88 | |

Tabla 18.7. Relación entre masas de los elementos que conforman el dióxido de carbono (CO₂) para 1, 2 y 3 moles, respectivamente..

Veamos otro ejemplo (tabla 18.7). El dióxido de carbono (CO₂) está constituido por un átomo de carbono y dos de oxígeno, y la proporción entre las masas de estos dos componentes tiene que ser de 16/6 o 6/16, según la relación considerada. Al igual que en el caso anterior, independientemente de la masa atómica en gramos de carbono o de oxígeno, la relación de masas de los elementos constituyentes se mantiene constante para una determinada sustancia.

Como cada sustancia tiene un número y tipo de átomos diferente, la relación entre las masas de los componentes es diferente; este valor varía de acuerdo a la sustancia. Esta relación determina la proporción fija de masa en la que se combinan los elementos para formar un determinado compuesto, lo cual, como dijimos, corresponde a la ley de proporciones definidas planteada por el químico francés Joseph-Louis Proust en 1799, que tardó en ser aceptada por otros científicos.

La cantidad perfecta para reaccionar

Si quieres preparar una determinada cantidad de torta, las proporciones de ingredientes estarán estipuladas de forma tal que no haya pérdida o deficiencia de dichos ingredientes. Si dispones de las cantidades adecuadas de azúcar, margarina, leche, huevos, esencia... pero sólo tienes la mitad de la harina leudante, ¿podrás preparar la cantidad de torta deseada?

Por experiencia sabes que tendrás que ajustar la cantidad de los otros ingredientes para mantener la calidad de la torta, o conseguir la cantidad de harina que hace falta para que los demás ingredientes mantengan la proporción adecuada. Todo debe haberse adicionado en las cantidades adecuadas para que su sabor, textura y aspecto sea apropiado y delicioso. Así como realizamos ajustes a las recetas, es necesario ajustar las ecuaciones químicas.



Figura 18.11. Ingredientes para elaborar una torta. Las proporciones serán importantes.

Este ajuste consiste en igualar el número de átomos de cada elemento en los reactantes y los productos, cumpliendo de esta manera con otro patrón: la **ley de la conservación de la masa**. ¿Cómo lo harás? Haciendo uso de los **coeficientes estequiométricos** ¿Recuerdas los números que están antes de cada elemento o compuesto en las ecuaciones químicas que te hemos presentado? Estos números indican el número de elementos o moléculas que participan en la reacción.

Estos coeficientes operan de manera semejante a la propiedad distributiva aprendida en matemáticas, de manera tal que su valor afecta a todos los subíndices de los elementos constituyentes de la fórmula molecular. En la tabla 18.8 puedes realizar una comparación entre la propiedad matemática y lo que ocurre en una fórmula molecular.

| 2 KNO ₃ (ac) | |
|--|---|
| Matemática: Polinomio | Química: Nitrato de potasio |
| $5 \cdot \left(x^2 + \frac{2}{3}x + 1 \right) \text{ Inicio}$ | 2 KNO_3 |
| Aplicando la propiedad distributiva en un polinomio: | Aplicando la propiedad distributiva a la molécula, el coeficiente estequiométrico es 2, lo cual se interpreta como: |
| Variable: $5 \times 1x^2 = 5x^2$ | Átomos de Potasio: $2 \times 1 = 2$ |
| Variable: $5 \times \frac{2}{3}x = \frac{10}{3}x$ | Átomos de Nitrógeno: $2 \times 1 = 2$ |
| Variable: $5 \times 1 = 5$ | Átomos de Oxígeno: $2 \times 3 = 6$ |
| $\left(5x^2 + \frac{10}{3}x + 5 \right) \text{ Final}$ | 2 KNO_3 |

Tabla 18.8. Aplicación de la propiedad distributiva desde el área de matemáticas hacia la química.

¿Qué concluyes respecto a la aplicación de la propiedad distributiva en el área de química? ¡Exacto! Hay similitud. En matemática la constante multiplica los coeficientes de cada variable, mientras que en química el coeficiente estequiométrico multiplica cada subíndice de los elementos en la fórmula molecular.

En el área de química interpretamos que los subíndices de cada uno de los elementos que constituyen los compuestos se incrementan tantas veces como la magnitud del coeficiente estequiométrico. El resultado del producto en cada elemento representa un aumento en el número total de sus átomos, pero la fórmula molecular permanece intacta.

Otra aplicación de la propiedad distributiva al balancear una ecuación química es cuando se ha formado una sal ternaria del tipo:

Metal_y (No Metal Oxígeno)_x;
 Ejemplo: Ca₃(PO₄)₂ Fosfato (3- que no se expresa) de Calcio.
 En este caso y = 3 corresponde a la carga del fosfato (PO₄³⁻) y x = 2 corresponde a la carga del elemento metálico (2+ que no se expresa) (calcio: Ca²⁺). Observa otro ejemplo en la figura 18.12.



Figura 18.12. Identificación de los subíndices en un compuesto (bicarbonato de calcio).

Como viste, en la fórmula de una molécula puedes tener subíndices para grupos de elementos, además de los subíndices en cada elemento. Todo subíndice ubicado fuera del paréntesis lo denominaremos externo y al ubicado junto al símbolo del elemento será el subíndice del elemento. Como de seguro ya te diste cuenta, a aquellos elementos que carecen de subíndice numérico les corresponde la unidad, es decir, su valor será uno (1). ¿Recuerdas las ecuaciones matemáticas donde se sobreentiende que $1X = X$? ¡Establece el mismo criterio!



Figura 18.13. Ubicando relaciones entre lo conocido y lo que estás por aprender.

Saber operar con estos subíndices y los coeficientes estequiométricos es importante. En la tabla 18.9 presentamos dos procedimientos equivalentes para determinar el número de átomos totales de cada elemento que conforma el compuesto.

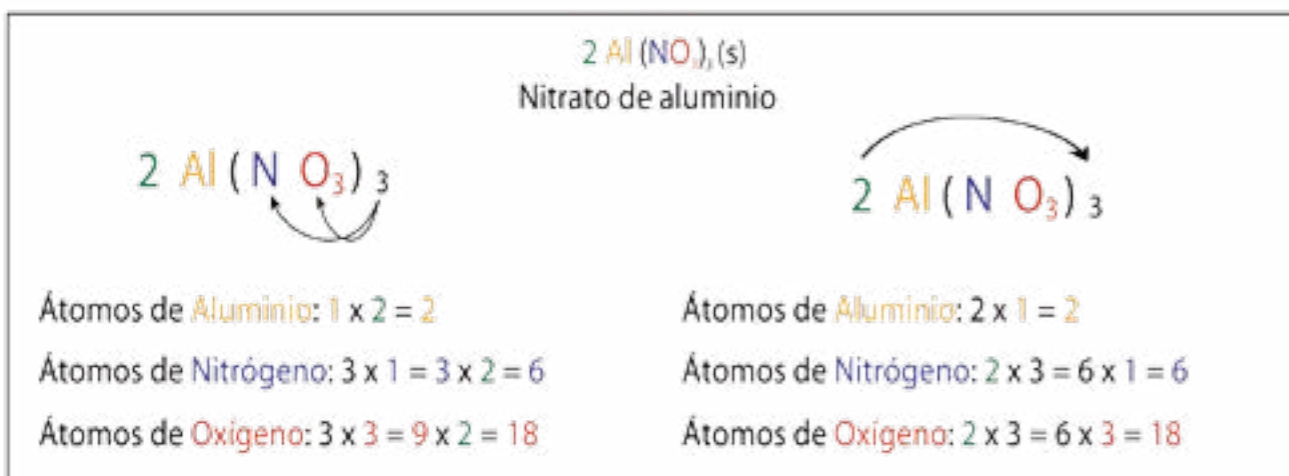


Tabla 18.9. Identifica el procedimiento que te permita visualizar con mayor facilidad el número de átomos de cada elemento en la molécula.

En estos casos el coeficiente estequiométrico multiplicará el número obtenido de la multiplicación entre el subíndice del elemento y el subíndice externo, lo cual es equivalente a multiplicar primero el coeficiente estequiométrico con el subíndice externo y usar el resultado de dicho producto para multiplicar con cada uno de los subíndices contenidos dentro del mismo.

En ocasiones es necesario utilizar un coeficiente estequiométrico fraccionario, que al multiplicarlo por el subíndice del elemento genere como resultado un número entero. La tabla 18.10 permite visualizar el procedimiento para diferentes moléculas:

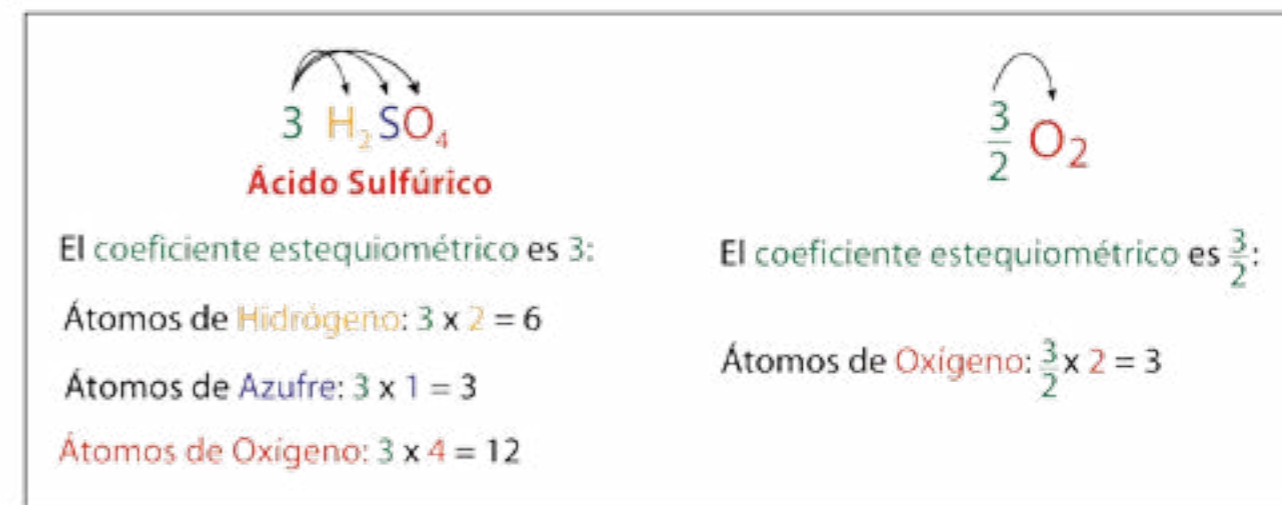


Tabla 18.10. Influencia del coeficiente estequiométrico en las fórmulas moleculares.

Entonces, en una reacción química los coeficientes estequiométricos multiplicarán cada subíndice presente en la fórmula molecular de cada molécula, para determinar la cantidad de átomos totales para cada elemento de los reactivos, comparándolos luego con los átomos presentes en el otro lado de la ecuación, en los productos; ambos valores tienen que resultar iguales.

A estos coeficientes estequiométricos hay que determinarlos para mantener la igualdad. A este proceso para ajustar la ecuación lo denominaremos **balanceo**.

Balanceando las ecuaciones químicas

Ahora que sabes cómo determinar el número de átomos cuando es conocido el coeficiente estequiométrico, te presentamos la secuencia de pasos que te permitirán balancear desde las fórmulas más sencillas en una ecuación química hasta las de mayor dificultad por el método del tanteo, es decir, por ensayo y error. Comenzarás tanteando, como lo dice su nombre, pero con la práctica desarrollarás la habilidad de identificar el coeficiente correcto con una facilidad asombrosa.



Figura 18.14. Balancear una ecuación química representa tener igual cantidad de cada tipo de átomos en los reactivos y los productos.

Antes de proponer cualquier coeficiente estequiométrico es conveniente conocer el número de átomos presentes para cada elemento y cuál es el déficit de átomos por cada uno. Una vez identificados analiza, ¿en cuál de los reactivos o productos conviene incorporar un coeficiente que permita equilibrar las cantidades?, ¿cuál será ese número?

Prueba con el coeficiente que creas conveniente, realizando las operaciones que sean necesarias, tal como leíste antes. Si consigues igualar el número de átomos para cada elemento, ¡felicitaciones! En caso contrario, repite el procedimiento con otro coeficiente. ¡Con un poco de concentración y práctica, lo lograrás con facilidad!



Bicarbonato de Calcio $\xrightarrow{\Delta}$ Óxido de Calcio (cal viva) + Dióxido de Carbono + Agua

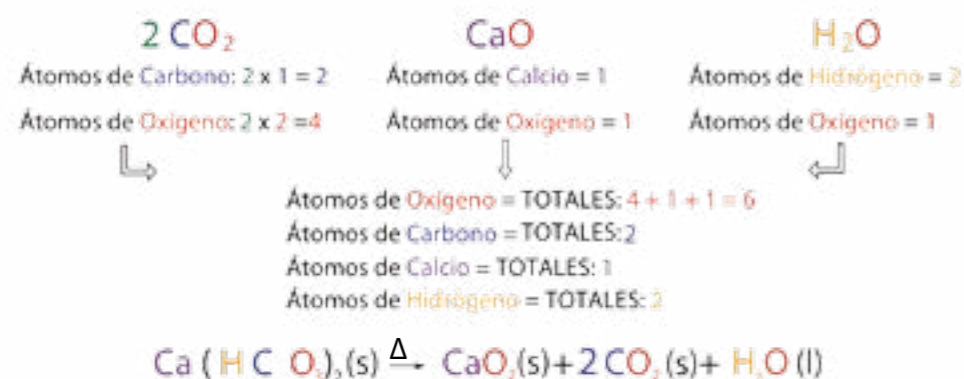
Primer paso: Identifica el subíndice externo en caso de que haya paréntesis en reactivos o productos. En el bicarbonato de calcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ el subíndice externo es 2.

Segundo paso: Determina el número de átomos de calcio, hidrógeno, carbono, y oxígeno presentes en el bicarbonato de calcio, considerando el subíndice determinado en el primer paso. Compáralo con el número de átomos totales que constituyen los productos.

| | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Reactivos (previo al balanceo) | Productos (previo al balanceo) |
| Átomos de Calcio = 1 | Átomos de Calcio = 1 |
| Átomos de Hidrógeno: $2 \times 1 = 2$ | Átomos de Hidrógeno = 2 |
| Átomos de Carbono: $2 \times 1 = 2$ | Átomos de Carbono = 1 |
| Átomos de Oxígeno: $2 \times 3 = 6$ | Átomos de Oxígeno = $1 + 2 + 1 = 4$ |

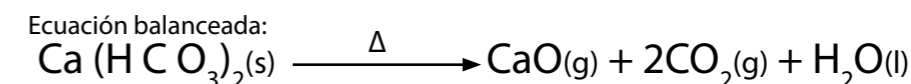
Como notarás, el número de átomos de calcio e hidrógeno es igual en los reactivos y los productos, pero el número de átomos de carbono y oxígeno en los reactivos es mayor que los contabilizados en los productos. Necesitas adicionalmente un átomo de carbono y dos de oxígeno en los productos para lograr igualar el número de átomos totales.

Tercer paso: Plantea un coeficiente estequiométrico que te permita aumentar el número de átomos de carbono en 1 unidad y los átomos de oxígeno en 2 unidades en los productos. Prueba con un coeficiente 2 en el segundo producto de la ecuación química.



Cuarto paso: Compara el número total de átomos en los productos con los reactivos.

| | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| Reactivos (posterior al balanceo) | Productos (posterior al balanceo) |
| Átomos de Calcio = 1 | Átomos de Calcio = 1 |
| Átomos de Hidrógeno: $2 \times 1 = 2$ | Átomos de Hidrógeno = 2 |
| Átomos de Carbono: $2 \times 1 = 2$ | Átomos de Carbono = 2 |
| Átomos de Oxígeno: $2 \times 3 = 6$ | Átomos de Oxígeno: $1 + 4 + 1 = 6$ |



Las reacciones químicas tienen que ser descritas mediante ecuaciones balanceadas porque permiten establecer importantes relaciones cuantitativas (entre reactivos y productos), que determinan la composición de productos farmacéuticos, industriales, petroleros, entre otros.

El mol: el titán de la química

En la cotidianidad hacemos uso o adquirimos productos midiéndolos con unidades estándar. Ejemplo de ello son las verduras y granos que son medidos en diversos múltiplos y submúltiplos del gramo, esta unidad corresponde a medidas de masa. También empleamos otras unidades para medidas de volumen. En el ámbito de la ciencia se creó una unidad de medida para la **cantidad de sustancia**, que fue denominada **mol**, basada en una cantidad grande de partículas o entidades microscópicas (tabla 18.11).

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud física | Símbolo | Unidades en el Sistema Internacional (SI) | Equivalencia entre unidades en el SI |
|------------------------------|-------------------------|---------|---|--|
| Cantidad de sustancia | Escalar | n | mol (mol) | 1 mol = $6,022 \times 10^{23}$ partículas (átomos, moléculas, iones, protones o electrones). Ocupa un volumen de 22,4 L, a temperatura = 273K y presión = 1 atm. |
| Masa atómica | Escalar | uma | Unidad de masa atómica (uma) | Masa de un átomo. |
| | Escalar | M | g/mol | Masa de 1 mol de átomos. |
| Masa molar molecular | Escalar | M | g/mol | Masa de 1 mol de moléculas. |

Tabla 18.11. Descripción de la magnitud cantidad de sustancia. Escalar: un número más una unidad física.

Independientemente del tipo de partículas a contabilizar (moléculas, iones o electrones), se usa como referencia el número de átomos presentes en 0,012 kg de carbono doce (C^{12}). Este número de partículas es independiente de la naturaleza y composición del compuesto, por lo tanto, podemos hablar de 1 mol de moléculas de agua o 1 mol de átomos de oxígeno.

Esta constante fue denominada como el **número de Avogadro**, en honor al químico italiano Amedeo Avogadro, que en el año 1811 propuso esta idea y se representa con el símbolo L o NA .

La masa de 1 mol depende de la partícula a la cual se refiera. Cuando se trata de átomos hablamos de la *masa atómica relativa* y será *masa molecular relativa* si nos referimos a moléculas.

Para saber más...
 El número de partículas contenidas en 1 mol equivale a una tarjeta de memoria de 522.325 exabyte (EB), ¡ que aún no ha sido creada!

$$6,022 \times 10^{23} = 522.325 \text{ EB}$$

1EB = 1.073.741.824 GB (gigabyte) 1GB = 1.073.741.824 bytes

El valor de la masa atómica relativa es determinado a partir de las masas atómicas de cada isótopo de un elemento (calculadas con la escala de masas atómicas planteada por Dalton).

Recuerda que estos valores de masa atómica relativa están contenidos en la tabla periódica y corresponden al promedio de la masa molar atómica de los isótopos, considerando su abundancia en la naturaleza. Veamos un ejemplo.

En la tabla 18.12 presentamos las masas atómicas de los isótopos de carbono y oxígeno, su abundancia en la naturaleza y una aproximación a la masa atómica relativa.

| Elemento | Carbono | | | Oxígeno | | |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Isótopos | ^{12}C | ^{13}C | ^{14}C | ^{16}O | ^{17}O | ^{18}O |
| Masa atómica (g/mol) | 12,000 | 13,003 | 14,003 | 15,995 | 16,999 | 17,999 |
| Abundancia % | 98,89 | 1,10 | 0,01 | 99,76 | 0,04 | 0,20 |
| Masa atómica relativa (g/mol) | 12,0112 | | | 15,9996 | | |

Tabla 18.12. Masas molares atómicas relativas para los átomos de carbono y oxígeno.

La relación que existe entre la masa molar atómica o molecular relativa expresada en gramo/mol y la cantidad de sustancia en mol, de un determinado compuesto, permite calcular la masa de dicho compuesto en gramos.

Si por el contrario, los valores conocidos son la masa y la masa molar relativa del compuesto, puede reescribirse la relación a través del despeje aprendido en matemáticas y determinar la cantidad de sustancia en mol.



¿Dónde ubicarías $6,022 \times 10^{23}$ pares de zapatos? ¿Cuántos años de vida te llevaría comer $6,022 \times 10^{23}$ galletas de avena? ¿Tallarías $6,022 \times 10^{23}$ rocas? En el mundo macroscópico estas cantidades son exorbitantes, pero a nivel atómico representan cantidades medibles macroscópicamente por ejemplo, $6,022 \times 10^{23}$ moléculas de oxígeno tienen una masa de 32 gramo.

En la figura 18.15 puedes apreciar que la cantidad de materia está relacionada con otras magnitudes de interés, tal como el volumen que ocuparía un determinado número de partículas en las condiciones de presión y temperatura especificadas.

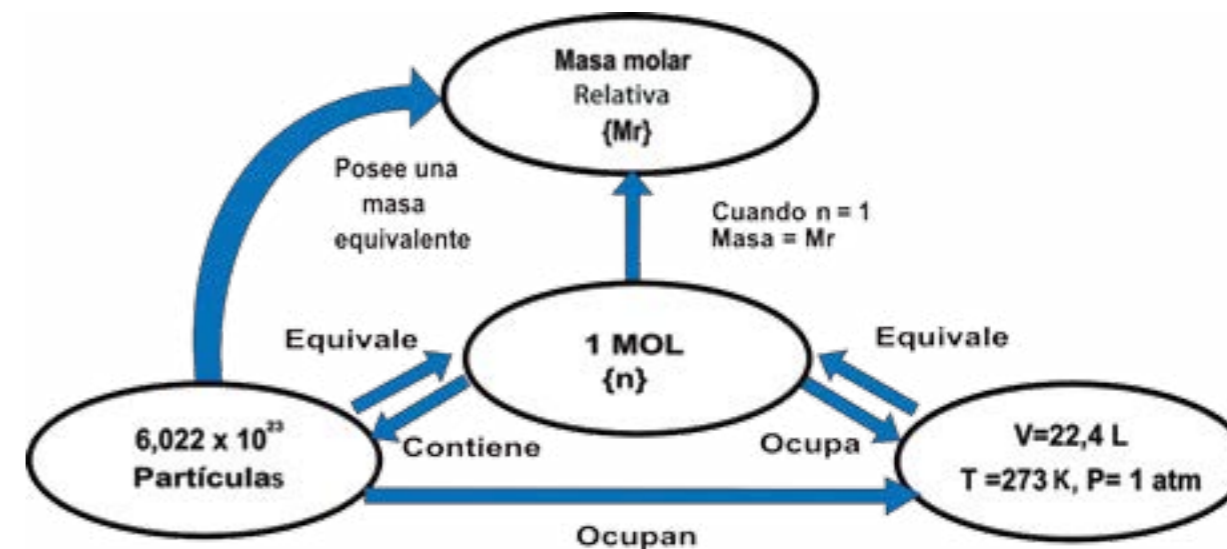


Figura 18.15. Masa y volumen del número de partículas que constituyen un mol de sustancia.

El diminuto tamaño de las partículas fue considerado a la hora de plantear esta unidad de cantidad de materia (mol). A nivel macroscópico sería imposible disponer del espacio necesario para almacenar $6,022 \times 10^{23}$ objetos, en cambio a nivel microscópico estas cantidades de sustancias ocupan su espacio imperceptiblemente. ¿Tienes idea de cuál sería la masa de una sola partícula atómica? Si $6,022 \times 10^{23}$ átomos de hierro tienen una masa de 56 g, la masa de un solo átomo se obtiene dividiendo los 56 g entre el número de átomos en un mol ($6,022 \times 10^{23}$). El resultado es tan pequeño que resulta imposible medirlo con una balanza: masa de 1 átomo de hierro igual a $9,3 \times 10^{-23}$ g. Analiza los datos suministrados en la tabla 18.13 y los planteamientos de esta lectura, ¿qué te parecen estos valores de masas?

| Hierro (Fe) (mol) | Número de partículas | Mr (g/mol) | Masa (g) |
|------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|
| 1 | 602.200.000.000.000.000.000 | 56 | 56 |
| 1/4 | 150.550.000.000.000.000.000 | 56 | 14 |
| 1/56 | 18.818.750.000.000.000.000 | 56 | 1 |
| 10^{-18} | 602.200 | 56 | 0,000 000 000 000 000 056 |
| $1,66 \times 10^{-24}$ | 1 | 56 | Imposible medir |

Tabla 18.13. Relación entre el mol, número de partículas y la masa molecular relativa para diferentes cantidades de sustancia (Fe).

La reacción ante las reacciones químicas

Muchas son las reacciones cotidianas, recurrentes o excepcionales, que se llevan a cabo con y sin nuestro consentimiento. ¿Respirar es una elección? No, lo hacemos de manera inconsciente y, sin poder influir en ello, exhalamos dióxido de carbono (CO_2).

Así como ocurren reacciones en la naturaleza, ocurren otras que son inducidas por el ser humano: unas en pro de la elaboración de productos que ayudan a vivir mejor, otras sin planificación o control, que van en contra del ambiente y, por supuesto, de nosotros mismos. Por ejemplo, la corrosión de tuberías y contaminación de las aguas por desechar aceite en el fregadero son acciones recurrentes que atentan contra el ambiente.

Diversas reacciones químicas provocadas por el ser humano generan cantidades significativas de desechos que, aunque son producto de la conservación de la masa, alteran el equilibrio del planeta debido al tiempo necesario (décadas y más) para transformarlos en elementos o compuestos aprovechables en otros ciclos o reacciones, es decir, por su falta de degradabilidad.

Mientras científicos de diversas áreas y en distintas universidades están realizando investigaciones sobre los combustibles y el uso de fuentes de energía alternativas, que ayuden a mantener el equilibrio de nuestro hábitat, también se investigan y crean nuevas tecnologías para desarrollar productos biodegradables que reemplacen a aquellos que no lo son.



La actitud consumista no sólo cercena la construcción de tu propia identidad; te incita desmedidamente al consumo de productos o a reemplazar los que tengas, ya sea por deslucidos o por monotonía, sin considerar las repercusiones o consecuencias para el ambiente tanto a mediano como a largo plazo. Actualmente se hace un llamado a la conciencia sobre esta problemática.

Tenemos que exigir la manufactura de productos útiles, duraderos y ecológicos. Cuando advirtamos el deterioro y los daños causados al planeta Tierra, aquel que nos brinda hogar y sustento, quizás sea muy tarde y la tecnología “avanzada” de la cual dispongamos será ineficaz para recuperarlo.

Así como mujeres y hombres investigan la mejor manera de resarcir los daños causados al ambiente durante décadas de apatía e inconsciencia, tú puedes en el día a día, con acciones sencillas aunque te parezcan insignificantes, contribuir a garantizar nuestra vida y la vida del planeta. Concientizar que el impacto ambiental que observamos es generado por nuestras acciones cotidianas permitirá corregirlas y contribuir a una convivencia armónica y sensata con el ambiente y la comunidad.

Contamos con tu apoyo para mejorar esta actitud social y asumir un compromiso personal. Controla el consumo, clasifica la basura, apoya el reciclaje y reutiliza aquello que aún puedes aprovechar (papel, envases, plásticos, vidrio, entre otros). Favorece el ciclo del altruista en búsqueda del vivir bien en comunidad, y el desarrollo sustentable.



Reacciones con alcohol

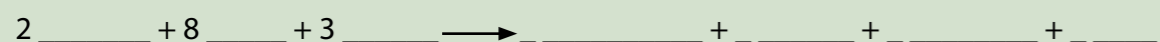
En el título V, artículo 94 de la Ley de Tránsito, conducir un vehículo bajo la ingesta de bebidas alcohólicas está penalizado con el 100% del salario mínimo urbano mensual, ya que hacerlo tiene altos riesgos para todas y todos. Si un grupo de personas asiste a una reunión en la cual se ingiere alcohol, ¿cuál de ellas será la más apta para conducir el vehículo de regreso a casa? Este problema te lo proponemos para ser trabajado en un proyecto tecnológico en grupo. Para ello pueden leer el tema 11 en el libro de 2^{do} año de esta serie.

Analicen las circunstancias y las consecuencias que conlleva esta acción poco ciudadana

• Inicien un debate a partir de planteamientos semejantes a los expuestos a continuación:

- ¿Qué importancia tiene la determinación de la presencia de estas sustancias?
- ¿Cuál componente químico de las bebidas alcohólicas determina el grado de alcohol que contiene? Clasificación bajo la cual se agrupan las bebidas alcohólicas.
- ¿Cómo distinguir entre las diferentes concentraciones de alcohol en la sangre?
- ¿Existe relación entre la cantidad de alcohol ingerido y la concentración de alcohol en la sangre, el cerebro y en el aire exhalado?
- ¿Qué efectos físicos, psicológicos, sociales y emocionales trae consigo la ingesta de alcohol, en particular cuando conducimos un vehículo?
- ¿Qué concentración de alcohol en el aliento está permitida para los conductores?
- ¿Cuál o cuáles metodologías se emplean en nuestro país para conocer la cantidad de alcohol ingerida por aquellas personas que asumen la responsabilidad de conducir un vehículo particular o colectivo?

• A partir de una reacción del tipo óxido-reducción es posible determinar la presencia de alcohol en el aliento de una persona. Los reactivos son: *dicromato de potasio*, *ácido sulfúrico* y *etanol*, mientras que los productos son: *sulfato de cromo (III)*, *sulfato de potasio*, *ácido acético* y *agua*. Indaguen sobre la expresión simbólica de ellos y escriban la reacción de óxido-reducción, terminen de balancearla e interpretenla:



Diseñen

- En función de lo anterior, diseñen un aparato que permita detectar la presencia de alcohol en el aliento de un individuo.

¿Qué reacción debe propiciar el aparato? ¿Cómo lograrlo? ¿Qué evidencias tendrán que apreciar y medir en la reacción? ¿Qué esperan observar si la cantidad de alcohol ingerido supera los valores permitidos para conducir? ¿Qué materiales necesitarían?

- Compartan y evalúen el diseño con las y los profesores de ciencias, y con especialistas.

¿Se animan a construirlo? Les deseamos éxito.



Actividades de autoevaluación

1. ¿Qué tipo de reacción se llevará a cabo entre una roca caliza y unas gotas de ácido clorhídrico? Plantea la reacción, balancéala e interprétala.
2. Compara la reacción anterior con la reacción que se lleva a cabo entre limón y bicarbonato de sodio. Identifica los reactivos y productos.
3. ¿Qué tipo de reacciones se producen con la lluvia ácida? ¿Cuáles son los efectos que provoca la misma?
4. ¿Ocurre algún tipo de reacción cuando se forman las estalactitas y estalagmitas en la Cueva del Guácharo, ubicada entre los estados Monagas y Sucre, o en la Cueva del Indio en Caracas?
5. Establece la diferencia entre las expresiones: ecuación química y reacción química.
6. ¿Qué puedes informar sobre la reacción que se produce cuando el azúcar disuelta en agua tibia entra en contacto con la levadura?
7. ¿Cuál es la aplicabilidad e importancia de los coeficientes estequiométricos?
8. Para la reacción completa e incompleta de combustión del butano (C_4H_{10}) y el oxígeno (O_2), ¿cuáles son los productos de reacción?, ¿cuál es la relación entre masas de los elementos que conforman dichos productos?
9. Selecciona cuatro acontecimientos cotidianos que reflejen los cuatro tipos de reacciones generales descritos en la lectura.
10. Analiza cada uno de los planteamientos siguientes y argumenta tu acuerdo o desacuerdo con el mismo:

- Todas las evidencias de la ocurrencia de una reacción química están definidas con un símbolo, que es utilizado en las ecuaciones químicas.
- El término mol expresa una cualidad.
- Los reactivos son aquellas sustancias que se forman una vez que se produce la reacción química.
- La Ley de la Conservación de la Masa es inaplicable en las ecuaciones y reacciones químicas.
- Las ecuaciones químicas balanceadas permiten realizar cálculos cualitativos.
- La cantidad de partículas tiene relación con la cantidad de sustancia y ésta, a su vez, con el volumen que ocupa en determinadas condiciones.

En la naturaleza ocurren diariamente, sin percatarnos, muchas reacciones químicas; también encontramos muchos elementos y compuestos mezclados. Es frecuente que estos componentes sean aislados y posteriormente utilizados de otra manera por los seres humanos.

Una de las reacciones más comunes es la de combustión de la gasolina, una de las mezclas de mayor notoriedad en la cotidianidad. Para que se produzca la reacción de combustión es necesario realizar una mezcla de aire y combustible; el aire también es una mezcla y uno de sus componentes es el oxígeno. Dependiendo de la proporción de los componentes de la mezcla (aire-combustible), variará el tipo de reacción que se llevará a cabo.

La combustión completa de la gasolina generará como productos mayoritarios dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Sin embargo, la combustión incompleta promueve la formación de monóxido de carbono (CO) y agua (H_2O). Por lo general, estos productos se mezclan con el aire.

Dependiendo del estado físico en que se encuentren los componentes de una mezcla (sólido, líquido o gaseoso) y del tipo de mezcla (homogénea o heterogénea), tendrás que seleccionar uno o varios procedimientos adecuados cuando quieras separar algún componente. Por ejemplo, la gasolina es una mezcla de compuestos orgánicos obtenida del petróleo y requiere de procesos de separación industrial, mientras que el análisis de muestras de sangre involucra otros procedimientos de separación que son realizados en los laboratorios.

En esta lectura analizaremos algunas técnicas y procedimientos de separación de mezclas cuyos componentes sufren transformaciones físicas, pero se mantienen sin reaccionar entre ellos.



¡Hay variedad de mezclas! ¿Cómo podemos distinguirlas?

Nuestro planeta está habitado por millones de seres vivos y diversidad de fauna, flora, entre otros. Te has preguntado, ¿cuál es la importancia de clasificar todo lo que compone el Universo? La curiosidad nos lleva a examinar exhaustivamente la naturaleza para poder plantear proyectos y estrategias que favorezcan la vida de los seres humanos y de las especies con las cuales compartimos el planeta.



Figura 19.1. Especies de caimanes provenientes de un mismo género.

Así como animales y plantas son clasificados según la especie, podemos clasificar la materia con base en su composición, ya que en su mayoría está constituida por una o más sustancias diferentes, que cambian de estado físico o se transforman en otra sustancia a través de reacciones químicas. La materia, según su composición, se clasifica en **sustancias puras y mezclas**; vamos a centrarnos en estas últimas.

Conocer la composición de la materia permitirá emplearla, predecir y proceder en su presencia. Por ejemplo, el aire está constituido por nitrógeno, oxígeno, argón, neón, helio, kriptón, hidrógeno, xenón y dióxido de carbono. Aunque todas estas sustancias están presentes, se mantienen sin reaccionar; por eso podemos utilizar el oxígeno para respirar sin asfixiarnos con la presencia de los otros componentes. Esto se debe a que el aire constituye una mezcla (gaseosa) y cada componente conserva sus propiedades sin reaccionar con los restantes. En la tabla 19.1 presentamos la composición y características de la materia.

| Materia | Constituidas por | Observaciones | Ejemplo |
|-------------------------|--|--|--|
| Sustancias puras | Elementos y compuestos. | Sus propiedades son específicas y varían al cambiar de sustancia pura. | Aluminio (Al), Bromo (Br_2), Oxígeno (O_2), Agua (H_2O), Amoniaco (NH_3). |
| Mezclas | Unión de dos (2) o más sustancias puras. | Sin reacción química entre ellas, conservando c/u sus propiedades. | Petróleo, suelo, leche, aire. |

Tabla 19.1. Composición de la materia.

Cuando dos o más sustancias puras se combinan e interaccionan sin reaccionar para formar una mezcla, pueden hacerlo en proporciones variables; habrá proporciones en las cuales se combinen ciertos componentes para formar cuarzos y debido a la presencia de ciertos componentes (elementos) variará su coloración e intensidad. Algunas mezclas son producidas por la naturaleza, otras son generadas por nosotros a partir de componentes previamente separados. Es por ello que resulta necesario, en muchos casos, separar o descomponer las mezclas en sus sustancias puras.

Cuando uno o más de los componentes de una mezcla se encuentran en pequeñas proporciones respecto al componente mayoritario, las consideramos impurezas presentes en trazas, indicando que su proporción es muy pequeña. En muchos procesos surge la necesidad de obtener la materia prima pura o con un elevado nivel de pureza, entonces se hace necesario purificarla mediante la separación de las sustancias no deseadas, es decir, separar las mezclas.

Es importante recordar que las mezclas se clasifican en homogéneas y heterogéneas. Esta clasificación es independiente de la cantidad de muestra de la cual se disponga, pues se basa en la uniformidad del color, en su aspecto y en la desviación de un haz de luz incidente en ella (efecto Tyndall útil). La tabla 19.2 resume información referente a las sustancias puras y a los tipos de mezclas, estudiados en los años anteriores.

| Tipos de sustancias puras | Constituidas por | Observaciones | Ejemplo |
|---------------------------|--|---|--|
| 1. Elementos | Una sola clase de átomos. | Clasificados como metales, no metales y metaloides. | Sodio (Na), diamante (C). |
| 2. Compuestos | Unión de dos o más elementos mediante enlaces químicos. | Cumplen la ley de las proporciones definidas. | Carbonato de calcio (CaCO_3). Cloruro de Sodio (sal) (NaCl) |
| Tipos de mezclas | Constituidas por | Observaciones | Ejemplo |
| 1. Homogéneas | Componentes indistinguibles. | A simple vista o con microscopio no sedimentan. | Aire, mayonesa. |
| Disoluciones | Soluto(s) y disolvente. | Constituido por iones y moléculas, no presentan efecto Tyndall. | Café negro con azúcar. |
| Coloides | Partículas diminutas desde 0,000 000 1 cm hasta 0,000 01 cm. | Distinguibles con ultra microscopio. Presentan efecto Tyndall, no sedimentan. | Emulsión, gel, aerosol, gelatina, espuma de afeitar. |

Tabla 19.2. Sustancias puras y mezclas: tipos y composición.

| Tipos de mezclas | Constituidas por | Observaciones | Ejemplo |
|------------------------|--------------------------------|--|-------------------|
| 2. Heterogéneas | Componentes distinguibles. | A simple vista o con microscopio. | Ensalada, cuarzo. |
| Groseras | Partículas de gran tamaño. | Distinguibles a simple vista. | Granito. |
| Suspensiones | Partículas finas y disolvente. | Son opacas, permanecen suspendidas hasta sedimentar. | Agua de mar. |

Tabla 19.2. Sustancias puras y mezclas: tipos y composición.

¡El patrón de separación lo estableces tú!

En la naturaleza encontramos todos los elementos que puedas imaginar y más, como aluminio, azufre, nitrógeno, mercurio, neón, hidrógeno... Por ejemplo, para poder disponer de aluminio (Al) para la elaboración de utensilios, recipientes, barras y otras aplicaciones, es necesario extraerlo de la naturaleza, que lo proporciona como parte de la bauxita ($\text{Al}_2\text{O}_3(\text{OH})$). Es por ello que surge la necesidad de separarlo de los otros componentes, para procesarlo y obtenerlo como sustancia pura.

Disponer de las sustancias para realizar reacciones químicas (combinación, desplazamiento, descomposición, otras) o mezclas implica la utilización de procesos físicos o químicos que conlleven a su aislamiento y separación. De acuerdo con el uso o aplicación posterior de las sustancias separadas, se planteará la estrategia que permita su obtención.



Figura 19.2. Bauxita y aprovechamiento del aluminio procesado a partir de la bauxita.

Centraremos la atención en las técnicas de separación de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, mezcladas entre sí o con otros componentes en el mismo estado de agregación (por ejemplo, sólido/sólido, sólido/líquido, líquido/gas). Vamos a tomar conciencia de la aplicabilidad que estas técnicas nos proporcionan en la cotidianidad. Aunque verás cada técnica por separado, notarás que es posible proponer su aplicación sucesiva de acuerdo a la complejidad de la mezcla en cuestión. Conocer las propiedades y características de los componentes de la mezcla será indispensable para el adecuado planteamiento de la técnica a emplear (figura 19.3.)

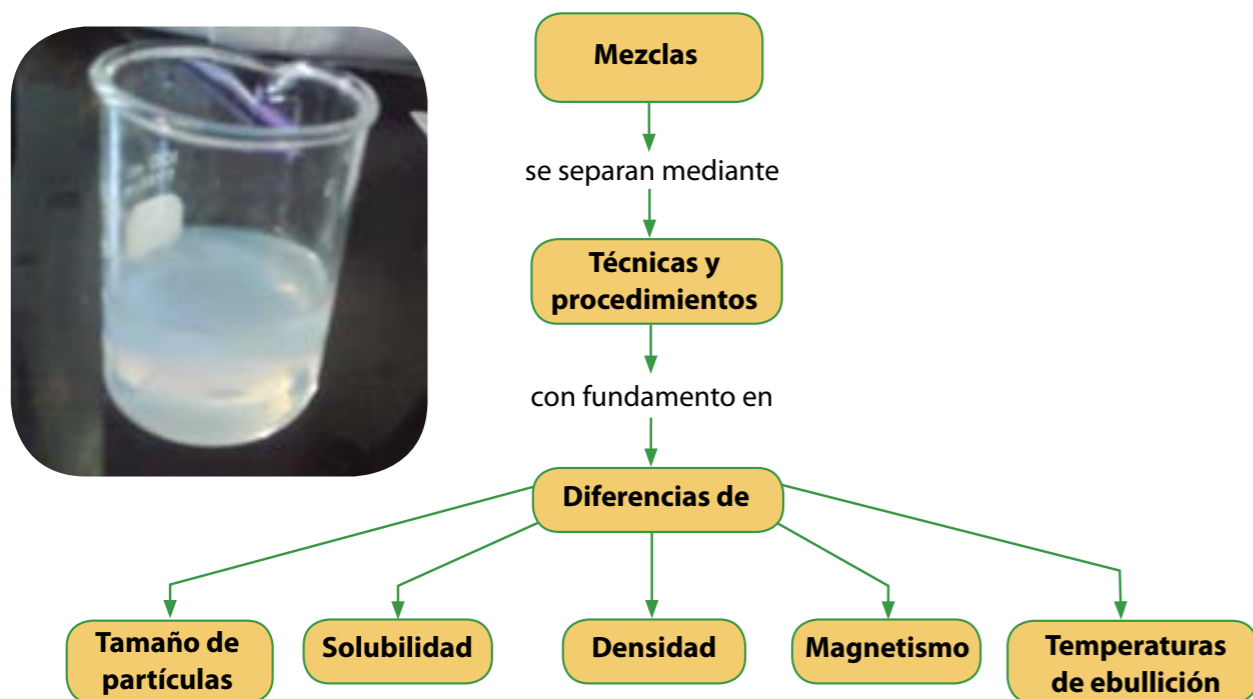


Figura 19.3. Propiedades físicas más comunes de los componentes consideradas para separar mezclas.

Para saber más...

Hay mezclas cuyas partículas son suficientemente pequeñas como para no verse a simple vista, pero suficientemente grandes como para dispersar la luz que choque con ellas (fenómeno que se conoce como efecto Tyndall).

La recomendación es identificar primero el estado físico de los componentes que conforman la mezcla a separar. Si los componentes de la mezcla son sólidos, puedes separarlos de diferentes maneras. Veamos a continuación algunas:

1. **Tamizado.** Cuando estás aspirando para retirar el polvo de determinados objetos estás separando diminutas partículas de polvo de sólidos de mayor tamaño. Pero, ¿qué ocurre cuando el tamaño de las partículas sólidas difiere en menor proporción o son muy similares dimensionalmente? Tal es el caso de la tierra o piedras de las carotas antes de cocinarlas, ¿cómo lo haces? ¿Has visto tamizar rocas?



Figura 19.4. Separación de mezclas de sólidos mediante el tamizado.

El procedimiento que permite separar dos o más sólidos cuyos tamaños difieren lo denominamos tamizado. Los componentes se hacen pasar a través de una malla o tamiz (tejido o red de pequeños anillos o hilos entrelazados, usualmente metálicos) para retener los sólidos de mayor tamaño y permitir el paso de los otros, más pequeños. Pueden ubicarse varios tamices apilados (dispuestos uno sobre otro), con variación del diámetro de los orificios de la malla, de manera que permita realizar la separación de más de dos sólidos simultáneamente o repetir la separación para garantizar el desglose profundo de los mismos.



Figura 19.5. Tamización con diferentes tamaños de malla.

¿Cuál crees que debe ser la ubicación de los tamices cuando varías el diámetro de la malla? El tamiz con orificios de menor diámetro debe ubicarse en la zona inferior de la pila para retener los sólidos más pequeños al final de la separación.

Este procedimiento puede realizarse en seco o por vía húmeda, dependiendo del tipo de sólido. Esta técnica es muy usada en el trabajo con suelos arcillosos, limosos o arenosos para realizar ensayos de campo relacionados con la determinación de su textura. Además, tiene aplicaciones en la selección de minerales, análisis de polvos, repostería y otros.

2. **Levigación.** Otra separación de frecuente aplicación es la separación de residuos sólidos en frutas y conchas de los granos antes de su cocción. En estos casos se hace uso de una corriente de agua que permita el arrastre de los sólidos más livianos o pequeños, mientras los sólidos de mayor tamaño permanecen más sobresalientes en la superficie.

Los sólidos más livianos son arrastrados por el fluido con más facilidad que los más pesados y por acción de la gravedad se depositarán en el fondo. Se conoce comúnmente como **arrastre por corriente de agua o lavado de sólidos**. Se aplica en la separación del oro de la arena, el lavado de impurezas en reactivos sólidos, la separación microscópica de muestras paleontológicas, entre otras.

Para saber más...

Existen tamices de dimensiones tan diminutas que son selectivos a nivel molecular y absorben líquido o gases, los cuales se conocen como tamices moleculares y actúan como mallas moleculares. Estos son utilizados como agentes desecantes ya que pueden absorber humedad (H_2O) en un porcentaje considerable de su peso. Los más comunes son unos minerales conocidos como zeolitas, muy abundantes en la naturaleza.



Figura 19.6. Desperdiciamos agua cuando arrastramos las hojas y tierra usando la manguera.

En la figura 19.6 presentamos una de las inadecuadas aplicaciones más frecuentes de este procedimiento: el barrido usando una manguera de agua presión, desperdiciando gran cantidad de agua potable que debería ser aprovechada para el abastecimiento de las personas. ¡Es un deber usar el agua con conciencia!

3. **Imantación.** La presencia de sustancias como el silicio y el fósforo actúan como impurezas del hierro mineral, siendo este último separado magnéticamente. El hierro, además de ser un elemento metálico, tiene la propiedad de ser atraído por un imán. La **imantación** permite separar sustancias que pueden ser atraídas por un imán, de aquellas que no lo son. Su aplicación general es para casos de metales con propiedades magnéticas (hierro, acero, níquel) de otras sustancias que no lo son, por ejemplo arena, azufre, aluminio, compuestos orgánicos. Al acercar los polos del imán a la mezcla, éstos atraerán a la sustancias con propiedades magnéticas, quedando en el recipiente las demás.

Esta propiedad se emplea en los procesos de clasificación de los desechos sólidos, previos al reciclaje, ya que permite separar componentes magnéticos de una mezcla cuando las otras sustancias no tienen esta propiedad.



Figura 19.7. Imantación.

Los procedimientos planteados hasta ahora son útiles para separar mezclas de sólidos cuyas diferencias de tamaño de partículas y propiedades magnéticas permiten su separación. Sin embargo, en otras mezclas los tamaños de las partículas son tan similares que no podemos separarlas mediante los procedimientos antes descritos. Por ejemplo, si tienes una mezcla de yodo/azufre, será necesario pensar en otros procedimientos que conlleven a su separación.

4. La **sublimación** separa sólidos cuando uno de los componentes puede cambiar de sólido a gas sin pasar por el estado líquido. Es un proceso reversible provocado al suministrar calor a la mezcla sólida. Un componente es separado cuando pasa al estado gaseoso y posteriormente, por disminución de su temperatura, vuelve a su estado sólido. Esta técnica se utiliza en la purificación de sólidos.



Figura 19.8. Sublimación.

Para saber más...

El yodo es uno de los sólidos que se sublima a temperatura ambiente. Este elemento es indispensable para:

- La agilidad mental.
- El crecimiento óptimo de uñas, cabello, piel y dientes.

Y su deficiencia:

- Afecta a niñas y niños en el vientre materno.
- Disminuye la capacidad de aprendizaje y el rendimiento escolar y laboral.

Puedes consumirlo en la sal yodada, pescados, mariscos y sal marina.

5. **Disolver** una sustancia en otra es labor diaria en la cocina para generar una mezcla homogénea (sal o azúcar en agua) con la cual se preparará algún alimento, por ejemplo arroz o pasta. Este procedimiento resulta útil en la separación de los componentes de algunas mezclas y su aplicación se basa en las diferencias de *solubilidad* de dichos componentes. La propuesta ideal es disolver un componente por adición de un líquido y dejar los otros sólidos insolubles para filtrarlos posteriormente.

Este procedimiento se utiliza con frecuencia con la aplicación de otras técnicas de separación como la filtración y la decantación, que pronto conoceremos. En algunos casos es necesario disolver un sólido en un disolvente para luego aplicar la técnica de cristalización y separarlo de sus impurezas insolubles. En otros, el disolvente empleado disuelve todos los componentes de la mezcla y, para poder separarlos, se emplean técnicas como la extracción, que también veremos más adelante.



Figura 19.9. Disolución de un componente de una mezcla sólido-sólido.

Otros métodos para separar mezclas sólido-sólido, sólido-líquido y líquido-líquido

Cuando colocas en un envase un poco de agua de mar, ¿es incolora o cristalina? Normalmente es turbia, pero si dejas el recipiente en reposo, observarás que la arena y otras partículas sólidas, no solubles en agua, se depositan en el fondo del mismo; así el agua se tornará más clara. Luego se puede verter el agua con cuidado y así obtener la mezcla de agua salada; dependiendo del tamaño de la partícula, el proceso tardará más o menos tiempo. A continuación verás más procedimientos útiles para separar no sólo mezclas de sólido/sólido, sino también sólido/líquido y líquido/líquido:

1. La **decantación** es el proceso que consiste en separar un sólido insoluble de un líquido o dos líquidos insolubles entre sí. En la primera situación planteada debe dejarse en reposo la mezcla; transcurridos unos minutos se sedimentará el sólido en el fondo del recipiente y el líquido podrá descartarse o transvasarse a otro recipiente, tal como lo describimos antes con la arena en el agua de mar.

En la segunda situación, dos líquidos inmiscibles. El líquido más denso tiende a quedarse en el fondo, fenómeno que se aprovecha para separarlos. Para ello se emplea un embudo especial de adición o decantación, que permite visualizar ambos líquidos, ubicados uno sobre otro después de unos minutos. Para retirar el líquido más denso se abre la llave, controlando el flujo para que se mantengan separados.

En ambos casos es necesario mantener el sistema en reposo (sin movimientos o agitación) para que se produzca la sedimentación del sólido o la distinción de las capas líquidas.

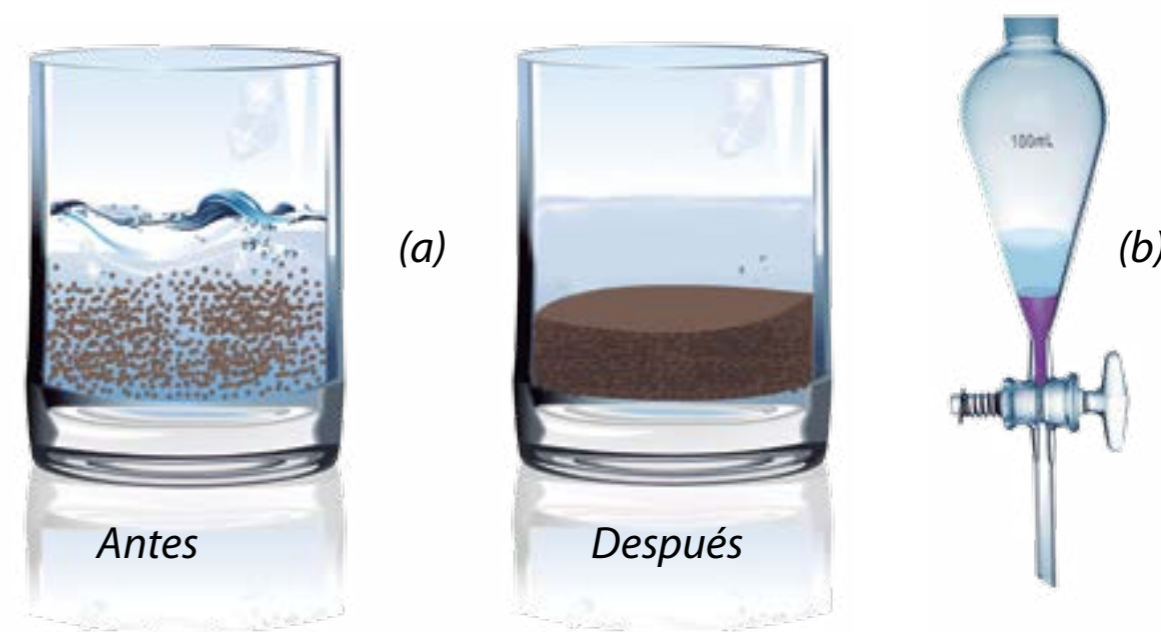


Figura 19.10. a) Sedimentación de sólidos, b) decantación de líquidos en embudo de adición.

2. Otro procedimiento es el de **centrifugación**, que permite acelerar el proceso de sedimentación y, por ende, la decantación. Para ello ubicamos la mezcla dentro de un aparato que centrifuga, es decir, que somete la mezcla a un movimiento circular muy rápido. Una de sus aplicaciones es en la separación de los componentes de la sangre. Como puedes ver, la decantación y la centrifugación son procedimientos relacionados entre sí como métodos de separación, ya que se complementan.



Figura 19.11. Aparato de centrifugación.

3. Una vez que el compuesto sedimenta o permanece insoluble y se aplica el procedimiento de decantación o centrifugación, es conveniente aplicar **la filtración**. Esta técnica es una de las más familiares y comunes; nos permite colar café e incluso filtrar el agua que llega a nuestros hogares.

La filtración es aplicada en la separación de mezclas sólido/líquido y su procedimiento consiste en hacer pasar la mezcla a través de una barrera porosa (superficie con agujeros de diferentes diámetros, acordes al tamaño de las partículas sólidas), de tal manera que el sólido permanece retenido en la superficie del filtro mientras el líquido lo atraviesa.

Estos filtros son elaborados con un material poroso como papel de filtro, lana de vidrio, asbesto, algodón, tela, mallas, fibras y relleno sólido. El diámetro del poro estará determinado por el tamaño de la partícula a retener.

En la figura 19.12 se mencionan varios tipos de filtración. Dependiendo del tamaño de las partículas a filtrar y de cuáles impurezas estén presentes, se escogerá el tipo de filtración:

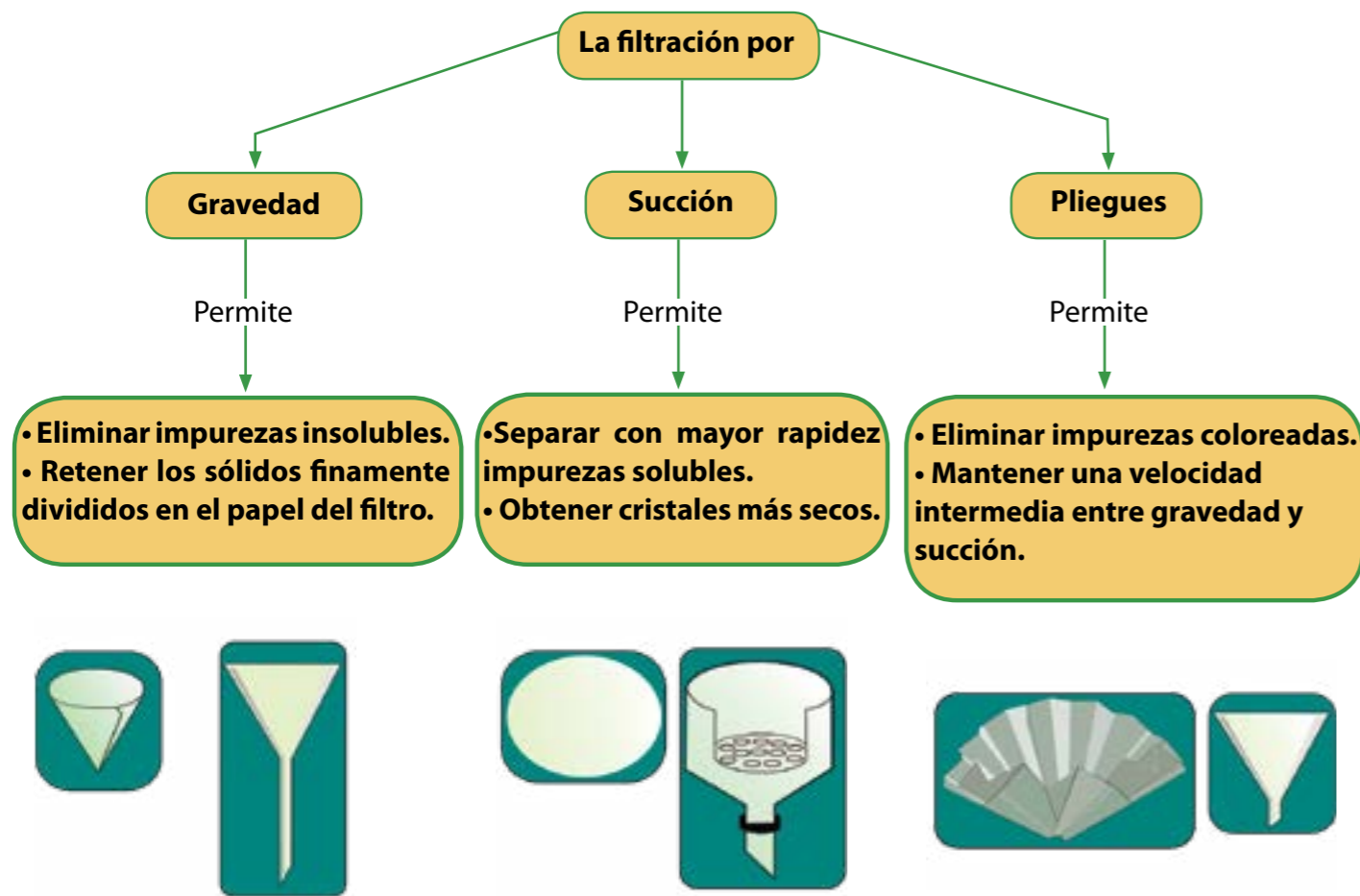


Figura 19.12. Variedad de embudos y papel de filtro usados en tres métodos de filtración.

En todas se utiliza papel de filtro y embudo, pero los usos y diseños varían. El papel de filtro lo encontramos: doblado en forma cónica y adherido a las paredes del embudo en la filtración por gravedad; liso, sin arrugas y adherido a la superficie del embudo cuando se filtra por succión, o doblado en pliegues cuando se filtra en caliente.

Respecto a los embudos: lisos y con tallo mediano o largo para filtración por gravedad; planos con orificios y un anillo de caucho exterior para la succión, o lisos y sin tallo o de tallo corto para filtración por pliegues.



Figura 19.13. Filtración de café.

4. La **evaporación** se emplea en la separación de sólidos solubles en un líquido, mediante el calentamiento de la disolución hasta alcanzar la temperatura que permita la evaporación del líquido, cambiando éste a vapor y quedando el sólido depositado en el recipiente. Este procedimiento es útil junto con otras técnicas (filtración, cristalización).

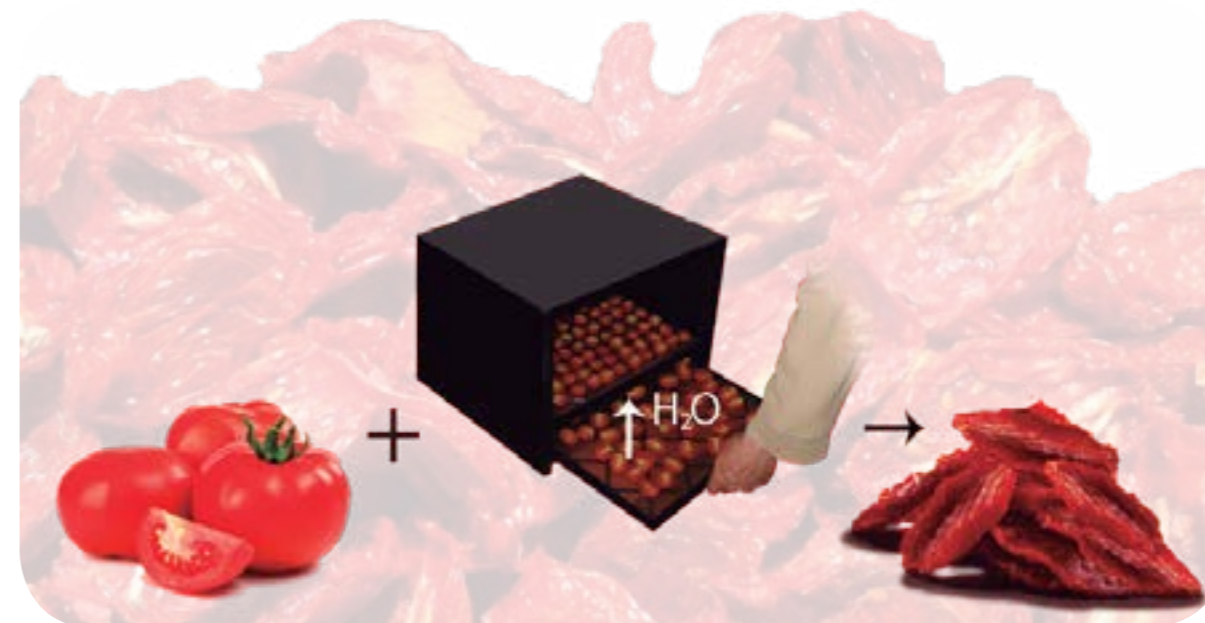


Figura 19.14. La evaporación permite la deshidratación de alimentos.

5. Por lo general, la separación de los componentes de una mezcla sólido/sólido o sólido/líquido implica la aplicación sucesiva de varios procedimientos, por ejemplo, la purificación de sólidos. Para ello se aplican de manera consecutiva varios procedimientos de los descritos en los párrafos anteriores. Esta técnica se denomina **cristalización** y se puede lograr a partir de los tres procedimientos alternativos mencionados en el figura 19.15.

En general, su aplicación propicia la separación de un sólido de sus impurezas, tal que se obtenga en su forma cristalina. Quizás quieras purificar un sólido separado previamente mediante el tamizado de sólidos; para ello se requiere un líquido (disolvente) que en frío disuelva poco al sólido y deje insolubles las impurezas. Al calentar la mezcla, el sólido debe disolverse y las impurezas permanecer insolubles. Una vez separadas las impurezas mediante filtración, se aumenta la temperatura para evaporar de un tercio a la mitad del volumen de la disolución y luego se disminuye su temperatura para inducir la precipitación del sólido en su forma cristalina.



Figura 19.15. Procesos de cristalización en función de sus propiedades físicas.

Algunas técnicas a escala industrial

Para finalizar, describiremos tres técnicas menos comunes en nuestros hogares, pero con gran aplicabilidad en las industrias.

1. La primera de ellas permite separar dos líquidos con más eficacia que la decantación y es conocida como **destilación**.

La destilación involucra el cambio de estado (líquido a vapor, vapor a líquido) en los constituyentes de una mezcla de líquidos miscibles. Mediante calentamiento se produce la evaporación mayoritaria del componente más volátil, que será colectado al condensarlo. Como puedes notar, están involucrados dos procesos de cambios de estado: evaporación y condensación.

Estos procedimientos se realizan controlando las temperaturas en los equipos y las torres de destilación. Los equipos utilizados para la destilación varían de acuerdo a las temperaturas de ebullición de los componentes, clasificándose la técnica en destilación simple, fraccionada y al vacío (presión reducida).

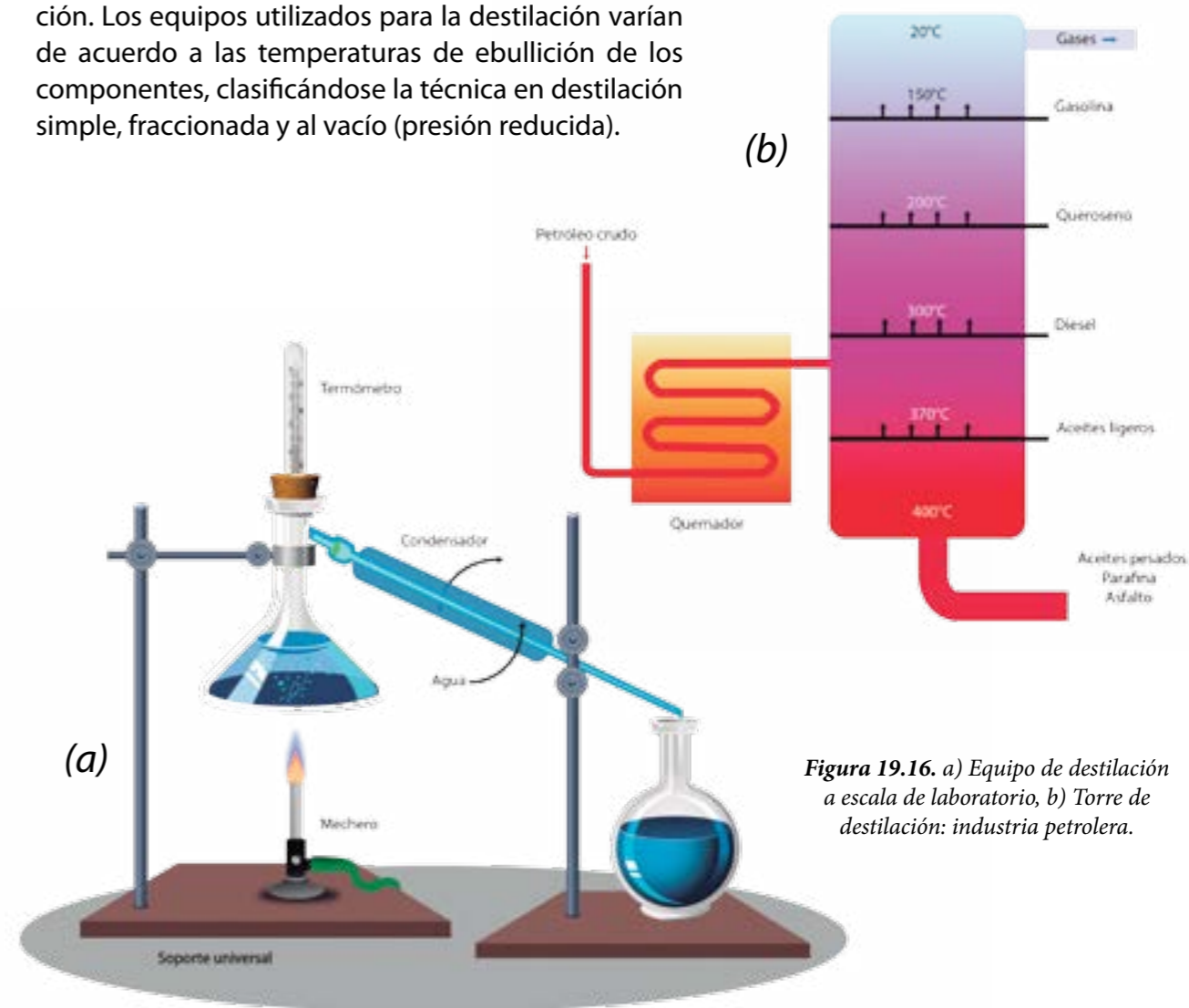


Figura 19.16. a) Equipo de destilación a escala de laboratorio, b) Torre de destilación: industria petrolera.

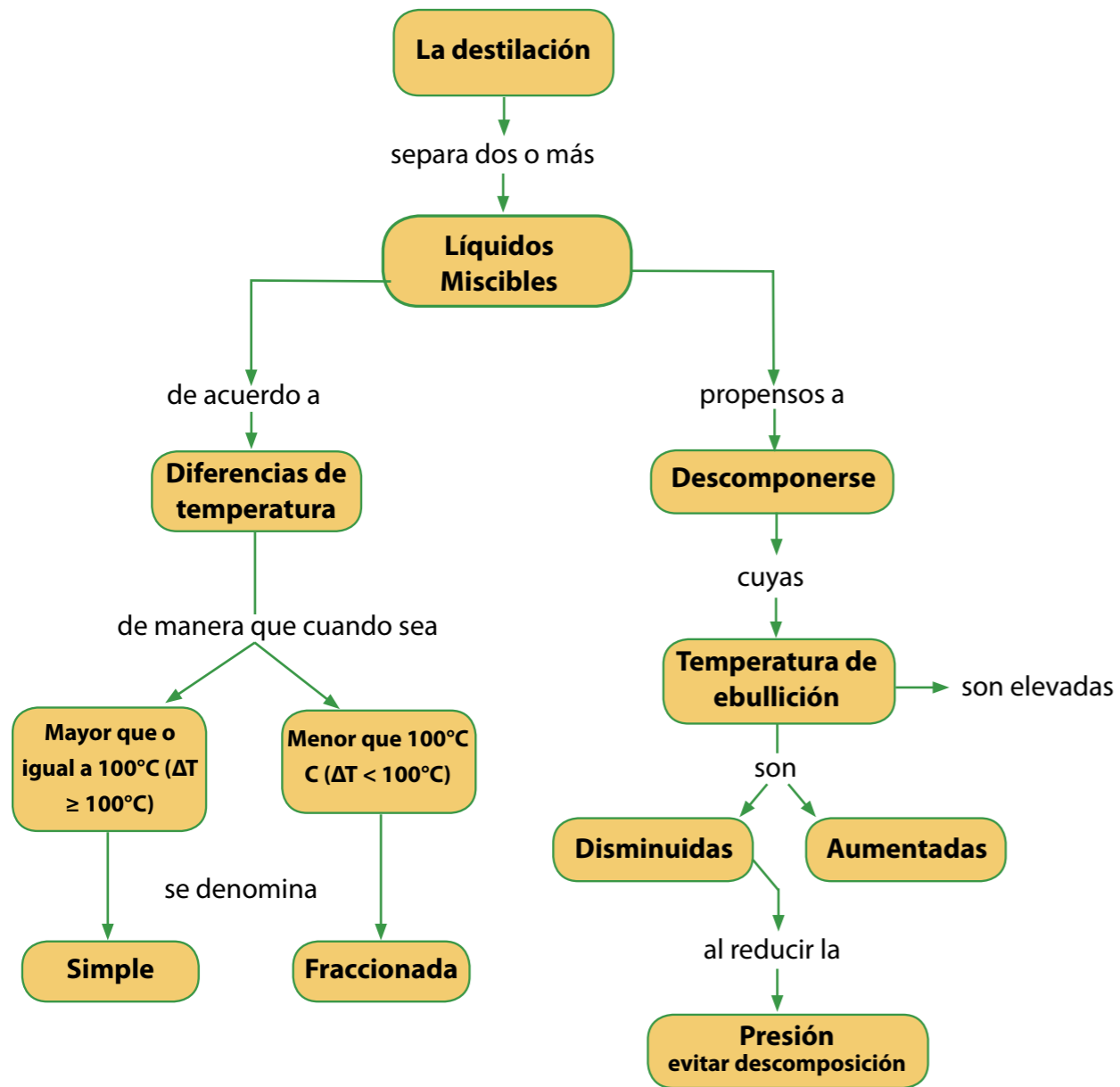


Figura 19.17. Separación de mezclas por destilación.



Figura 19.18. Análisis que involucran técnicas de separación (cromatografía) El análisis de aminoácidos plasmáticos permite detectar diferentes enfermedades..

2. La **cromatografía** es una técnica con diversas utilidades y de gran aplicabilidad en la actualidad, ya que permite separar, identificar y cuantificar los componentes de una mezcla a pequeña y gran escala. Para ello se provoca en la mezcla una distribución de los componentes en dos partes denominadas fases: una móvil y otra estacionaria (ver figura 19.19). En líneas generales, la fase móvil (habitualmente gas o líquido) se desplaza por la superficie de la fase estacionaria, siendo esta última un sólido inerte o un líquido soportado sobre un sólido inerte, capaz de interactuar con los componentes a separar, variando el tiempo de retención.

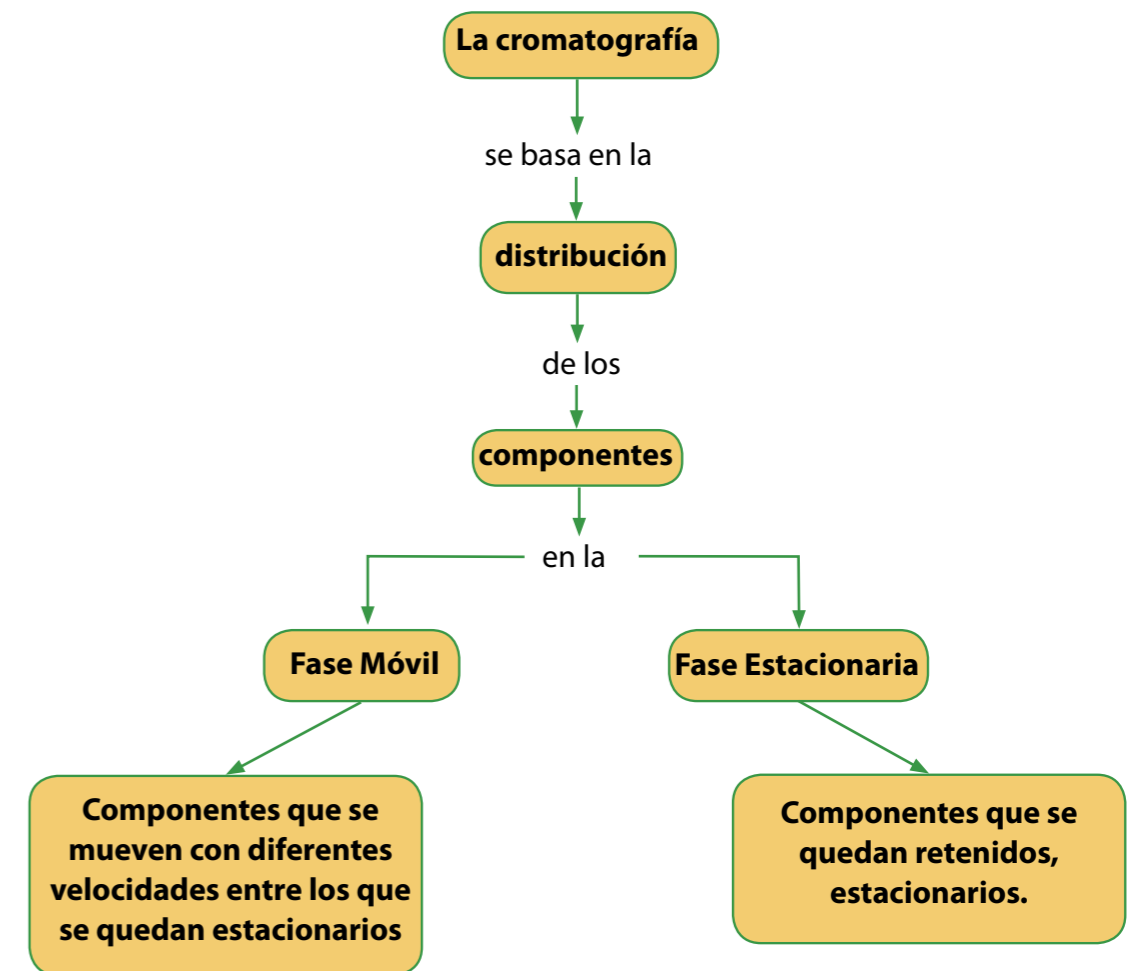


Figura 19.19. Fases de la cromatografía.

Las propiedades de los componentes a separar, identificar o cuantificar determinarán el tipo de cromatografía. Por ejemplo, cuando la fase estacionaria es sólida, la técnica se denomina *cromatografía de adsorción* debido a las interacciones superficiales entre las fases. En cambio, cuando la fase estacionaria es líquida, se denomina *cromatografía de reparto o partición*, ya que se producen interacciones cuando la fase móvil penetra la superficie de la fase estacionaria. En la figura 19.20 se aprecia cómo el factor determinante en el fenómeno de separación cromatográfica es el estado físico de la fase estacionaria.

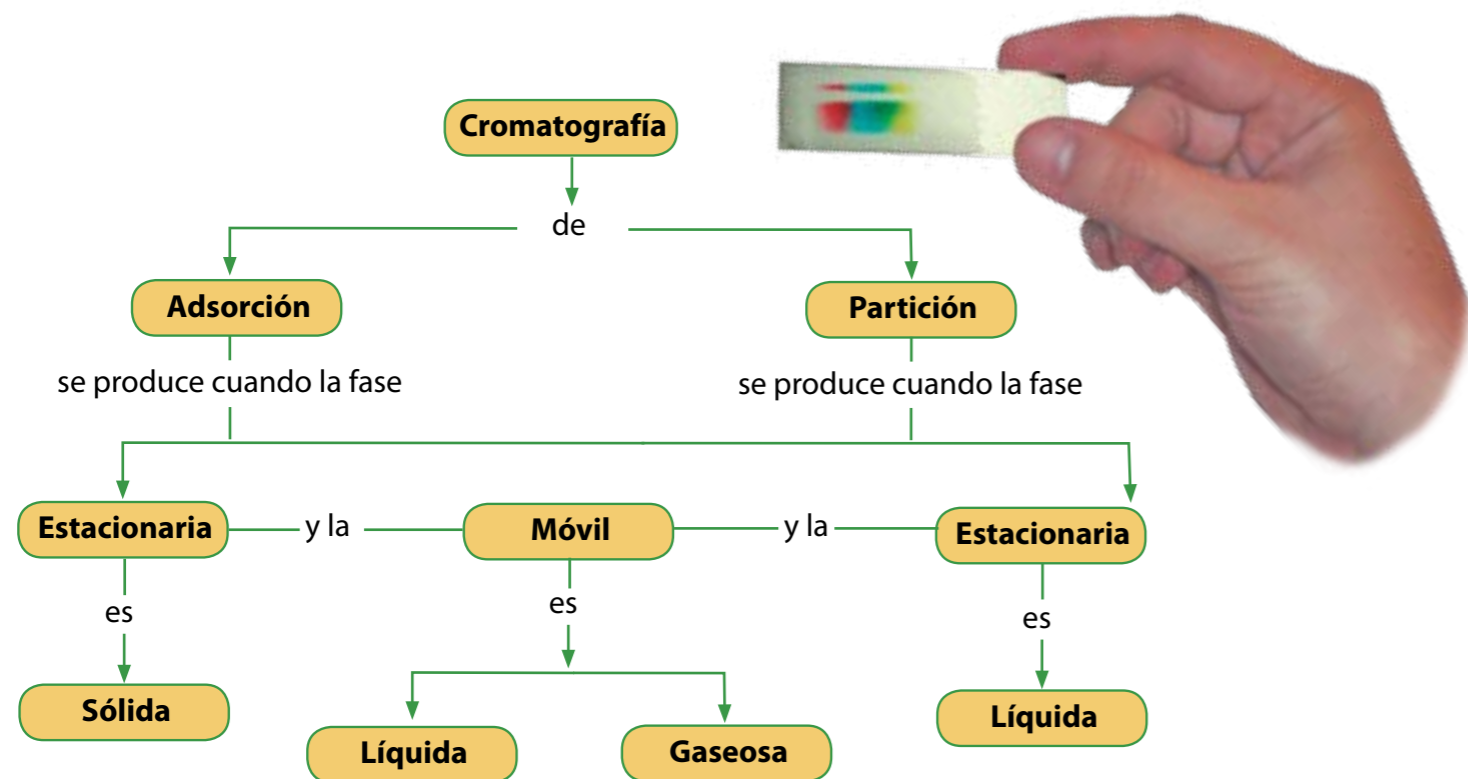


Figura 19.20. Clasificación de la cromatografía de acuerdo al fenómeno de separación.

Para efectos de este curso, nos centraremos en la clasificación de la técnica, de acuerdo con los implementos utilizados para llevarla a cabo y su aplicabilidad ver figura 19.21.

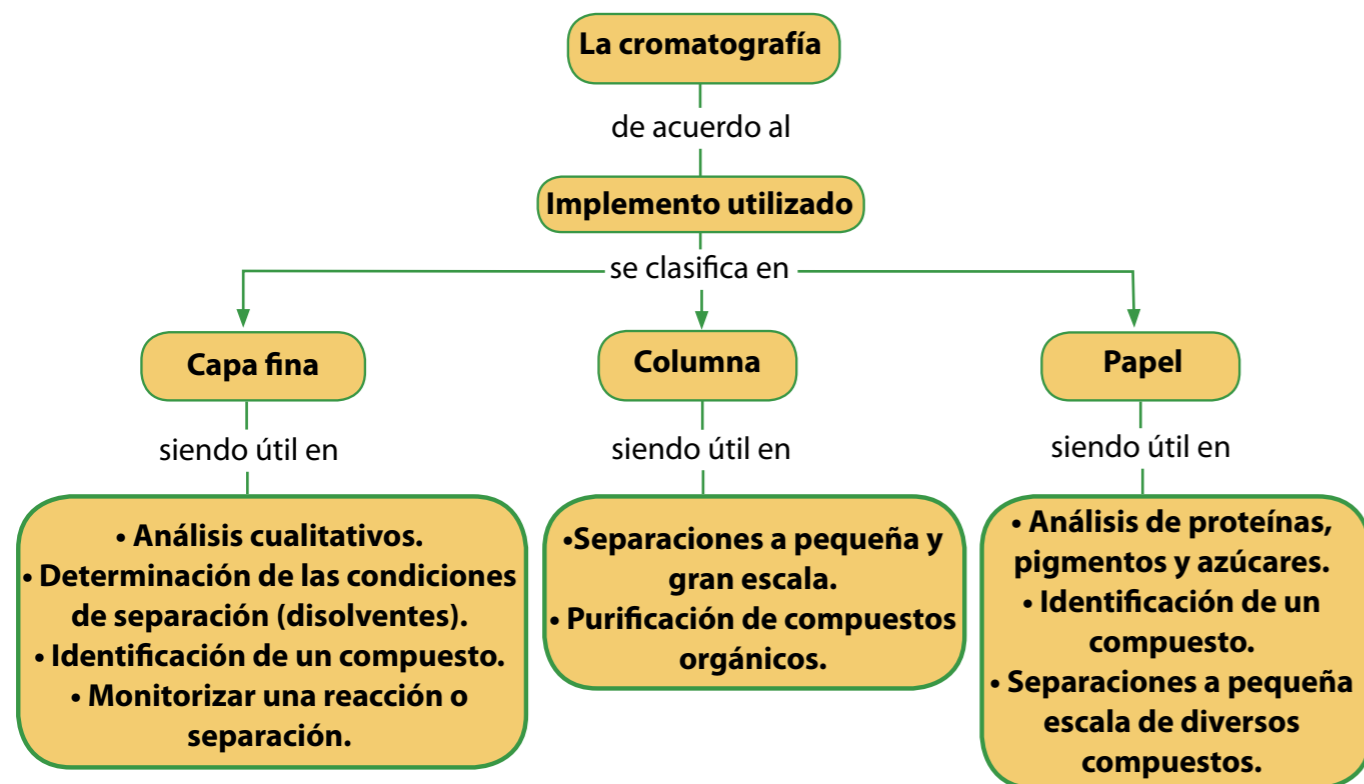


Figura 19.21. Clasificación de la cromatografía de acuerdo con los implementos a utilizar.

4. Cerraremos esta sección mencionando la **extracción**: técnica que permite separar disoluciones (sólido/líquido) o mezclas de sólidos (sólido/sólido), basada en la distribución de los componentes en dos líquidos inmiscibles. Por lo general, se emplea para aislar productos orgánicos de fuentes naturales, mezclas de reacción, disoluciones o suspensiones acuosas. En el caso de las disoluciones debe agregarse otro disolvente, inmiscible con el disolvente original, que conlleve a la distribución del soluto mayoritariamente en el nuevo disolvente, y logrando que muy poco soluto quede disuelto en el disolvente original de la disolución.

En el caso de una mezcla sólido/sólido se requerirá de la disolución de los sólidos con un disolvente, para luego agregar un segundo disolvente inmiscible con el anterior, que sea capaz de disolver sólo a uno de los sólidos (solutos) sin interactuar con el otro. De esta forma se produce la distribución de los sólidos en los diferentes líquidos. Estas separaciones normalmente se realizan aprovechando las propiedades ácidas, básicas y neutras de los compuestos. Una vez distribuidos los sólidos en los dos líquidos inmiscibles, se deja en reposo el sistema para finalmente decantarlos, este proceso puede repetirse varias veces:

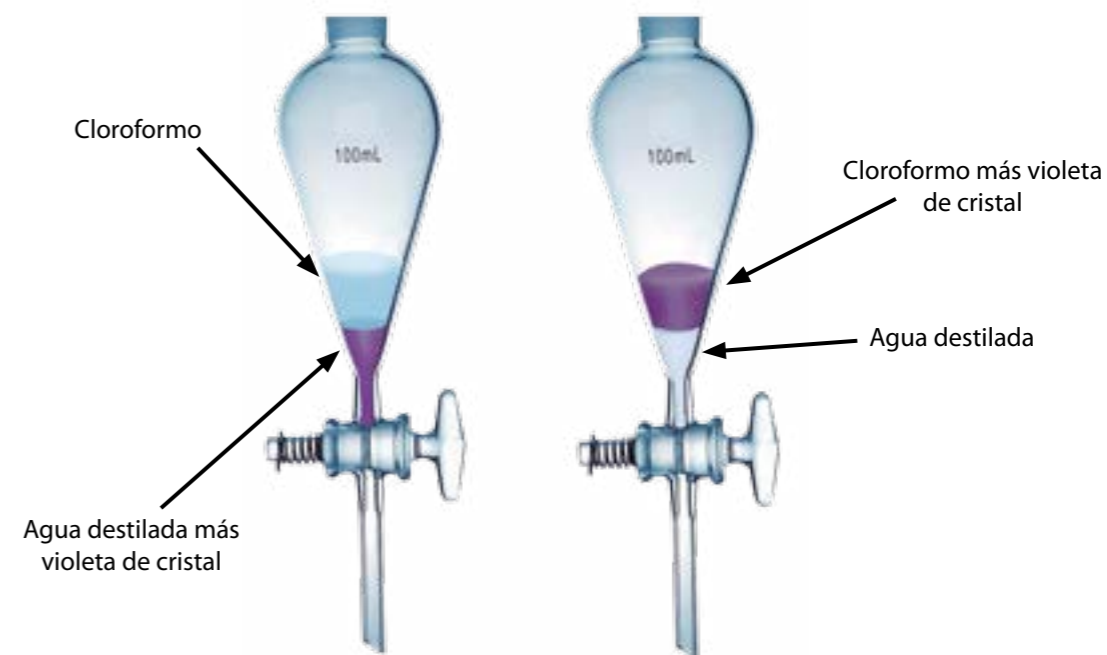


Figura 19.22. Extracción de violeta de cristal disuelta en agua, usando cloroformo.

Analiza la naturaleza de las sustancias que componen la mezcla y hazte preguntas que te lleven a decidir los procedimientos y técnicas que conviene utilizar, por ejemplo: ¿Cómo procederé a la separación? ¿Será necesario disolver? Si ambos componentes se disuelven, ¿podré separarlos?

Contribuyendo y construyendo al mezclar y separar

La naturaleza proporciona elementos y compuestos mezclados entre sí, y cuando los separa o transforma a través de algún procedimiento, cada componente y producto conserva el equilibrio ecológico. En cambio, cuando el ser humano separa y sintetiza la sustancia deseada se forman productos o subproductos que no siempre favorecen al ambiente ni a sí mismos, y como consecuencia deterioran el planeta.

¿Has notado que algunos vehículos emanan humo de color blanco o negro y que otros no lo hacen? ¿Te has sentido asfixiada o asfixiado por estas emanaciones? Es desagradable percibir este humo, ¿cierto? La revisión y chequeo del vehículo, sea de uso personal o de transporte colectivo, permitirá que se realice una buena mezcla aire-combustible, logrando así que la combustión de la gasolina se complete, para evitar las emisiones de monóxido de carbono (CO) que nos afectan, y favoreciendo las de dióxido de carbono (CO₂), que es menos tóxico.

Mantener el vehículo en condiciones mecánicas óptimas es insuficiente como contribución para evitar alterar la composición natural de la mezcla del aire que respiramos. Aunque su uso nos brinda confort y acorta el tiempo necesario para desplazarnos de un lugar a otro, el dióxido de carbono liberado (CO₂) altera el equilibrio del Ciclo del Carbono al acumularse en la atmósfera y afecta seriamente las condiciones climáticas, evidentes en el presente a escala mundial. Caminar y desplazarte en medios de transporte ecológico y deportivo (bicicleta) promueven bienestar, salud física y emocional a las personas y al ambiente. ¿Pudieras realizar alguna acción que evite otros tipos de contaminación? La mayoría de nuestras acciones cotidianas reúnen sustancias que generan mezclas fáciles de separar en el hogar y el sitio de trabajo (desechos sólidos); esto sería un buen comienzo.

Cada elemento tomado de la naturaleza debería regresar a la misma sin repercusiones negativas. Formemos equipos y revirtamos la tendencia del calentamiento global; seamos coherentes en nuestras acciones y concienticemos sobre la importancia de formar y separar mezclas con responsabilidad. Da ejemplo al colocar cada desecho en el lugar más apropiado para su reaprovechamiento. Es necesario seguir organizándonos para poder exigir a las empresas industriales que se hagan responsables de su emisión de contaminación y contribuyan con la recuperación y conservación de nuestro planeta.



¿Cuál es el componente químico de cada tinta?

Tu grupo recibe tres bolígrafos diferentes de tinta negra y una nota de papel escrita con alguno de ellos, en la que dice: "Averigüen con qué tinta fue escrito esto". Los invitamos a debatir sobre este problema.

Analicen el problema

Plantéense algunas preguntas para iniciar el debate, como por ejemplo:

- ¿Qué características o evidencias tienen para argumentar que la tinta es una mezcla?
- ¿Qué tipo de mezcla es? ¿Cómo pueden verificar esta respuesta?
- ¿En qué estado físico parece que se encuentran sus componentes?
- ¿Cómo podemos saber cuántos componentes la constituyen?

Comparen ventajas y desventajas de los procedimientos, que podrían ser útiles para separar este tipo de mezclas.

Un procedimiento posible:

A continuación les proponemos la técnica de cromatografía en papel para separar los componentes de la tinta.

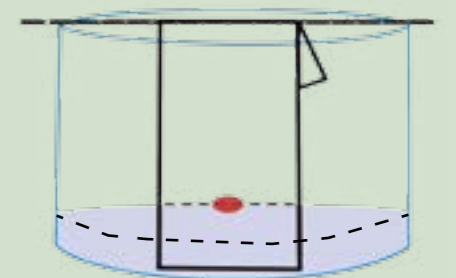
Propongan una hipótesis acerca de lo que esperan observar en cada caso al utilizar esta técnica de separación, si la tinta está compuesta por 2 o por 3 sustancias puras. Cada grupo puede trabajar con la tinta de un bolígrafo y luego integrar los resultados para dar respuesta a la tarea. Discutan cómo se realiza esta técnica y qué materiales necesitarán.

¿Qué necesitan?

En función de lo anterior, preparen una lista con los materiales y búsquenlos.

¿Cómo lo harán?

- Recorten el papel en tiras e ideen un modo para que queden colgadas en el recipiente.
- Dibujen uno o más puntos de tinta separados entre sí, de manera que queden a una cierta distancia del borde inferior y lateral.
- En un recipiente transparente agreguen el solvente (alcohol), de manera que la altura del líquido quede por debajo de los puntos aplicados al introducir las tiras.



- Coloquen las tiras de papel con los puntos dibujados suspendidas en el borde del recipiente, sin tocar sus paredes.
- ¿Qué sucede?
- Retiren la tira del recipiente y dejen secar.

Análisis de las observaciones

- ¿Qué sucedió con cada punto pintado en las tiras?
- ¿Los puntos de las diferentes tintas se comportaron igual?
- ¿Qué fenómeno o fenómenos explican este efecto?
- ¿Cuántos componentes conforman cada tinta?
- Escriban una nota en un trozo de papel, ¿qué pueden hacer con la nota para saber con cuál de las tintas fue escrita?
- Compartan los resultados con otros grupos y generen una conclusión general. Conversen adicionalmente sobre:
- ¿Cuáles ventajas y desventajas pueden atribuirle a esta técnica en la separación?
- Ventajas y desventajas al emplear procedimientos alternativos.



Confeccionando instrumentos para separar mezclas

Tal vez has leído acerca de los derrames petroleros y el impacto ecológico que tienen. ¿Qué características tienen los componentes de esta mezcla? ¿Cuál o cuáles procedimientos de separación utilizarías para separar el petróleo y el agua del mar? ¿Qué características deben tener los líquidos a separar con el procedimiento de decantación? ¿Qué materiales necesitarán para llevar a cabo la separación de estos dos componentes? Los invitamos a construir los embudos para el procedimiento de decantación y a probarlos con una mezcla de aceite comestible y agua.

¿Qué pueden usar?

Recipiente plástico, objeto que permita perforar el plástico, inyectora sin aguja, manguera o tubo de goma y gancho o pinza de ropa.

¿Cómo lo harán?

Considerando los materiales antes mencionados o algunos otros de los cuales dispongan o consideren más apropiados, diseñen un embudo de adición con llave que permita controlar el flujo y otro sin ella.

Comparen los embudos diseñados y discutan la efectividad de cada uno para la separación de una mezcla parecida a la de petróleo/agua de mar: el agua/aceite.

Planifiquen un procedimiento para evaluar la calidad de los embudos. ¿Cuál ofrece más ventajas en la separación de mezclas de líquidos?

¿Cómo es el aspecto de los componentes de la mezcla antes y después de la separación? ¿Influye el orden en el cual se adicionan los componentes para la preparación de la mezcla a separar posteriormente?

Discutan acerca de la pureza de los componentes separados y la eficacia del procedimiento.

Una vez separados los componentes de la mezcla, ¿cómo procederán a desechar los componentes? ¿Podrían ser reaprovechados? ¿Servirá este procedimiento para separar el aceite del agua en las cañerías de los desagües?



Actividades de autoevaluación

1. ¿Qué propiedades o características de los componentes de las mezclas podemos considerar para seleccionar el método de separación?

2. Además de la separación de las sustancias, ¿qué otras aplicaciones tienen las técnicas de cromatografía y cristalización?

3. Elabora un esquema con los procedimientos de separación de acuerdo a alguna o algunas propiedades físicas de los componentes de la mezcla a separar, distintas al estado físico de los mismos.

4. De los siguientes materiales: petróleo, cuarzo, leche, lejía, sangre, agua, oxígeno, gasolina, ¿cuáles son mezclas? ¿Qué tipo de mezclas son? ¿Cuáles son las sustancias que componen a esas mezclas? ¿Qué método o métodos de separación se pueden emplear para separar sus componentes?

5. Elabora una lista de mezclas que para separar sus componentes involucren la aplicación de un solo procedimiento, y otra lista de mezclas que puedan separarse mediante dos o más procedimientos diferentes.

6. En las diferentes actividades productivas que se llevan a cabo en las comunidades (comercio, industria, construcción, residenciales, escolares, salud, otras), ¿qué mezclas se emplean? ¿Qué utilidad tienen? ¿Qué tipo de mezclas son? ¿Qué técnicas de separación de los componentes se emplean?

7. Establece las diferencias entre sustancias y mezclas; sustancias puras y compuestos; mezclas homogéneas y heterogéneas.



El agua potable, el vinagre, los líquidos de limpieza, el alcohol de uso tópico, los sueros, los refrescos, el aire, la parte líquida de las células vivas, son ejemplos de las mezclas homogéneas que nos rodean. Algunas de ellas son cristalinas, incoloras o incluso inodoras; parecen una sustancia pura (el agua que bebemos) aún cuando son disoluciones. Estamos todo el tiempo expuestos a sustancias y disoluciones químicas; por lo general, las preparamos y utilizamos sin preocuparnos por su concentración. Por ejemplo, la disolución de hipoclorito de sodio (NaClO) empleada para eliminar las impurezas, destruir los microorganismos del agua o para blanquear la ropa. Dependiendo de su concentración, la exposición que tengamos puede generar problemas respiratorios, cutáneos o digestivos, así como peligros cuando reacciona de manera violenta o produce gases nocivos.

En algunos sistemas productivos es inevitable la exposición a diversas disoluciones; para evitar los riesgos de salud se han establecido normas para el trabajo, tanto en espacios abiertos como cerrados, que están reguladas por la Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN.

Gran cantidad de los productos manufacturados resultan de la combinación de los componentes en ciertas proporciones; esto determinará la concentración y la efectividad de la disolución resultante, así como la posibilidad de que representen un riesgo para la salud, generando efectos adversos por exposición. Por ello nos será útil familiarizarnos con los componentes, propiedades y características, y los factores que influyen en producción de las disoluciones.

Los componentes necesarios en una mezcla

Cuando preparas una bebida instantánea en polvo, mezclas cierta cantidad del contenido del sobre con determinado volumen de agua, obteniendo una mezcla homogénea (con sabor a naranja, por ejemplo) que corresponderá a una disolución sólido-líquido. La indistinguibilidad de los ingredientes a simple vista o a través de los métodos analíticos tradicionales las identifica como mezclas homogéneas.



Figura 20.1. Disoluciones a partir de mezclas sólido-líquido.

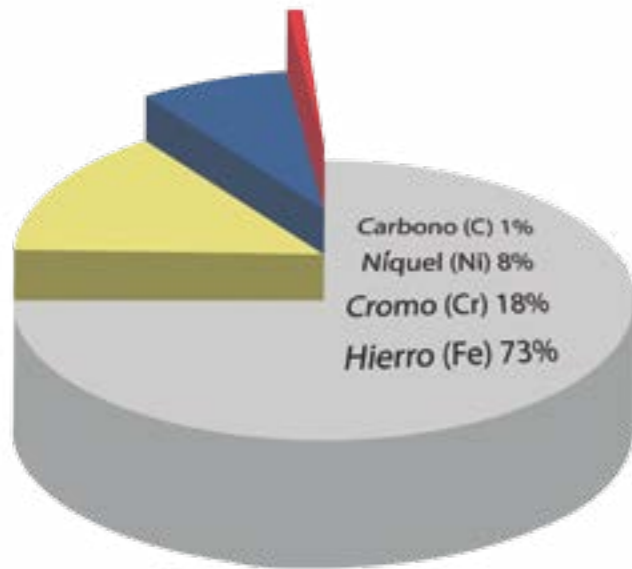
Las mezclas homogéneas resultan de la disolución de un componente en otro y pueden producirse entre sustancias con iguales o diferentes estados físicos. Por ejemplo, algunas aleaciones resultan de la disolución de un metal en otro (latón); también se producen disoluciones de líquidos en sólidos (amalgama dental) y gases en sólidos (iceberg) (figura 20.2).

Las **disoluciones** más comunes están formadas por dos componentes: el que se dispersa, denominado **soluto**, y el medio dispersante, denominado **disolvente**.



Figura 20.2. Disoluciones entre sustancias con diferentes estados físicos.

Aun cuando las disoluciones más comunes son de dos componentes, podrás combinar más de un soluto con uno o más disolventes, en este último caso no están presentes en igual proporción. Ejemplo de ello es el acero inoxidable, constituido por hierro (Fe : 73%), cromo (Cr : 18%), níquel (Ni : 8%) y carbono (C : 1%) (figura 20.3).



Generalmente, las disoluciones utilizadas en laboratorios y a escala industrial están formadas por sólidos o líquidos dispersos en líquidos; el disolvente más frecuente es el agua. A estas disoluciones las denominamos **disoluciones acuosas**.

Figura 20.3. Disolución de acero inoxidable y sus componentes.

Indistintamente del estado físico del o los solutos y del o los disolventes, la masa (m) –por lo general en gramos– de la disolución se relaciona con la masa de sus componentes a través de las expresiones planteadas a continuación:

$$Masa_{disolución} = masa_{solutos} + masa_{disolvente}$$

$$m_{disolución} = m_{solutos} + m_{disolvente}$$

Es decir, la masa de determinada disolución es igual a la sumatoria de la masa del soluto y la masa del disolvente, pero el volumen de la disolución no siempre es la sumatoria del volumen del soluto y el volumen del disolvente, pues las interacciones que se establecen entre las partículas pueden reducirlo o aumentarlo.

Para conocer la masa de la disolución a partir de las masas de sus componentes, bastará con utilizar estas relaciones, y para determinar la cantidad de soluto o de disolvente utilizada para determinada cantidad de disolución, conociendo la cantidad de disolvente o soluto empleada, puedes despejarlas.

$$m_{disolución} = m_{solutos1} + m_{solutos2} + m_{disolvente}$$

$$m_{disolución} = m_{solutos1} + m_{solutos2} + m_{solutosN} + m_{disolvente1} + m_{disolvente2}$$

Figura 20.4. Ecuaciones que permitirán relacionar los componentes de la disolución con más de dos solutos o disolventes.

Las disoluciones pueden clasificarse de acuerdo con diversos criterios. El primero se basa en la *cantidad de componentes* que las constituyen; para nombrarlas se usan las palabras contenidas en la tabla 20.1:

| N° Componentes | Término | N° Componentes | Término |
|----------------|-------------|----------------|------------|
| 2 | Binario | 5 | Quinario |
| 3 | Ternario | 6 | Senario |
| 4 | Cuaternario | 7 | Septenario |

Tabla 20.1. Términos que indican el número de componentes de una disolución.

¡Una preparación insuperable!

¿Cuántas veces has sentido que una bebida tiene un sabor indeseado? ¿Muy aguado o muy espeso? ¿Insípido, dulce o salado? Cuando vas a preparar alguna comida o bebida requieres, además de los instrumentos para su elaboración (ollas, utensilios, licuadora, entre otros), los alimentos que serán mezclados o cocidos.

La textura o consistencia de un jugo depende de la cantidad de fruta que se emplea respecto al volumen de agua utilizada para el mismo. Dependiendo del gusto de cada persona, podrá realizarse la mezcla en diferentes proporciones fruta/agua para que su sabor sea más o menos fuerte o concentrado, o más o menos espeso. Cuando queremos rendir el jugo o hacerlo más fácil de tomar, aumentamos la cantidad de agua, es decir, variamos su concentración.

En este apartado nos centraremos en algo parecido a lo descrito: las cantidades de ingredientes (componentes) necesarios para preparar disoluciones (mezclas homogéneas) sólido-líquido o líquido-líquido, con especificaciones determinadas de cada componente de forma que posean la consistencia, textura y sazón deseada (concentración).

Las disoluciones tienen aplicaciones tanto en la cocina como en muchos otros quehaceres cotidianos. Si verificas las etiquetas de algunos de los productos de limpieza, de alimentos disponibles en tu hogar, e incluso en los medicamentos almacenados para primeros auxilios, notarás que muchos de ellos son disoluciones y están constituidos por dos o más componentes, y que en tales etiquetas se refleja la cantidad de cada uno.



Figura 20.5. Algunas disoluciones de uso cotidiano (v/v significa que el % se determina comparando volumen de soluto con volumen de disolvente).

Solubilidad, otro criterio de clasificación de las disoluciones

Otro criterio que conlleva a la clasificación de las disoluciones es la *cantidad de soluto* que se añade al disolvente al preparar la disolución. Según la cualidad de cada soluto, éste se disolverá en mayor o menor proporción (cantidad) en un determinado disolvente. Esta propiedad es característica para cada soluto e invariable para un mismo disolvente a una temperatura determinada y se denomina **solubilidad**.

En la tabla 20.2 observarás los valores de solubilidad de algunos solutos en agua. En ella se presentan diferentes solutos en estado sólido que se solubilizan en agua, sin embargo, cada uno lo hace en diferente proporción. Si comparas los datos, verás que todos los solutos fueron disueltos en la misma cantidad de disolvente, lo cual facilita visualizar cómo difieren sus solubilidades. Cuando estamos preparando alimentos notamos que tanto la sal como el azúcar son solubles en agua y que ocurre un cambio en el sabor de la misma, sin embargo, ignoramos la diferencia de solubilidad que presenta cada una de ellas en la misma cantidad de agua.

| Soluto | Solubilidad en 100 cm ³ agua |
|--|---|
| C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (sacarosa, azúcar) | 200,00 g |
| (NH ₂) ₂ CO (Urea) | 100,00 g |
| NaCl (sal común, cloruro de sodio) | 36,00 g |
| NaHCO ₃ (bicarbonato de sodio) | 9,60 g |
| H ₃ BO ₃ (ácido bórico) | 5,04 g |

Tabla 20.2. Solubilidad de diferentes solutos en agua a 20 °C. Como la densidad del agua es aproximadamente 1 g/cm³, 100 g de H₂O ≅ 100 cm³ de H₂O.

Si comparas la cantidad de azúcar que puedes disolver en 100 cm³ de agua respecto a la cantidad de sal, puedes notar que el azúcar se disuelve cinco veces y media más que la sal (5,5 veces aproximadamente).

Observa de nuevo la tabla y notarás que puedes disolver en el mismo volumen de agua: casi el doble (2) de bicarbonato de sodio que de ácido bórico; aproximadamente siete (7) veces más de sal comparada con el ácido bórico; en el caso de la urea lograrías disolver veinte (20) veces más que de ácido bórico y la mitad respecto a la cantidad de azúcar.

En la figura 20.6 se representa esta relación de solubilidades usando el ácido bórico como patrón de comparación, siendo este último el menos soluble y el azúcar el soluto más soluble en agua.

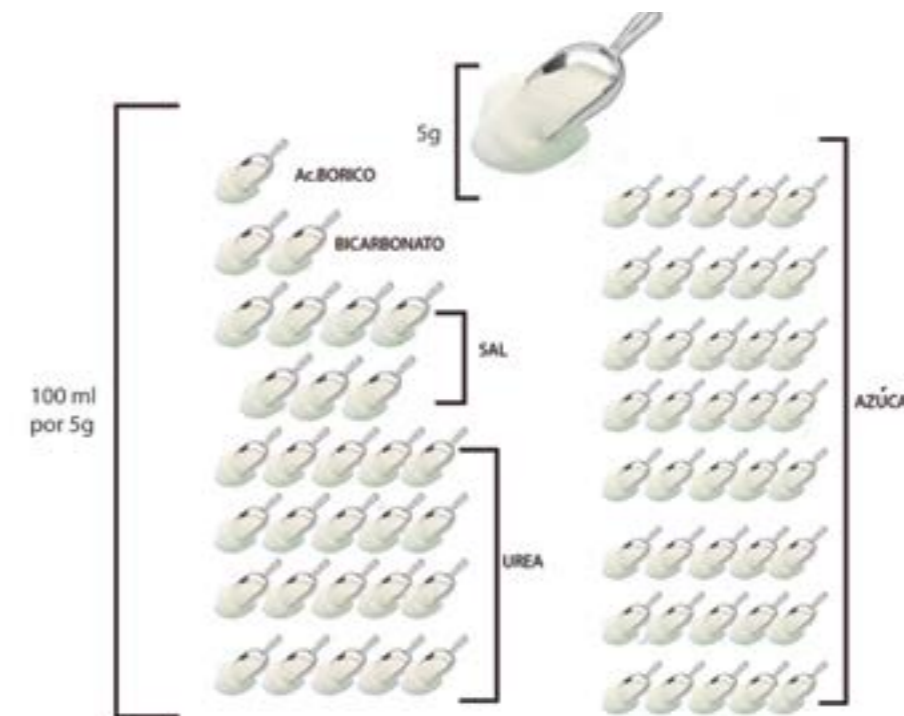


Figura 20.6. Proporción de azúcar, urea, sal y bicarbonato de sodio respecto al ácido bórico, disueltos en 100 ml o cm³ de agua.

Estos valores de solubilidad son característicos para cada sustancia; ellos estipulan la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en un tipo de disolvente a la temperatura de 20 °C, y permiten definir el segundo criterio de clasificación de las disoluciones. La cantidad de soluto disperso en la disolución permite clasificar las disoluciones en **insaturadas**, **saturadas** y **sobresaturadas**. En general, podemos plantear que cuando la cantidad de soluto disuelto en gramos sea menor que el valor de solubilidad, la disolución estará *insaturada* y cuando la cantidad supere dicho valor la disolución se habrá *sobresaturado*.

Podemos contrastar la clasificación anterior con la preparación de una disolución de sal común en 100 cm³ de agua; cuando la cantidad de sal disuelta sea menor a 36 g, la disolución será insaturada, mientras que cuando la cantidad de sal disuelta sea mayor a 36 g será una disolución sobresaturada. En ambas circunstancias se está limitando o excediendo la cantidad de sal que

puede disolverse a temperatura ambiente. Entonces, cuando la cantidad de soluto disuelta corresponda en magnitud con el valor de solubilidad ($36 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$) la disolución estará saturada (figura 20.7).

Si pensamos nuevamente en el valor de solubilidad de la sal indicado en la tabla 20.2, (36 g de sal en 100 cm^3 de agua), podemos inferir que los alimentos que preparamos se realizan en disoluciones acuosas insaturadas de sal, pues habitualmente la cantidad de agua es superior a 100 cm^3 y la cantidad de sal es inferior a 36 g .

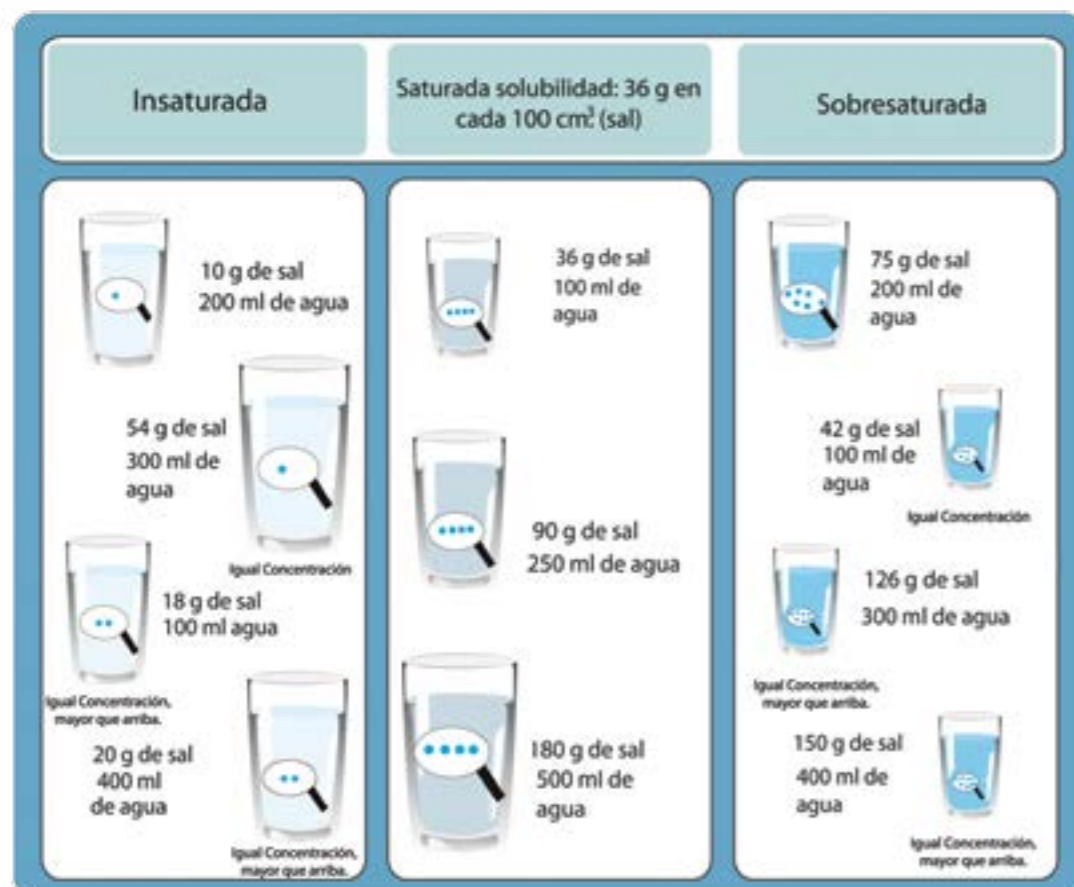


Figura 20.7. Disoluciones insaturada saturada y sobresaturada de sal y agua (la cantidad de puntos azules indica la concentración).

La tabla 20.3 contiene las solubilidades de tres solutos diferentes en disolventes distintos al agua, como notarás, el valor de la solubilidad cambia al variar el disolvente y el soluto (compara esta tabla con la anterior). La cantidad máxima de azúcar que puede disolverse en 100 g agua es de 200 g , en cambio esa cantidad disminuyó marcadamente a $0,9 \text{ g}$ de azúcar al disolverlo en 100 g de alcohol etílico. En el caso de la urea se aprecia también una disminución de la solubilidad al cambiar el disolvente. Sin embargo, en el caso del ácido bórico se aprecia un aumento en la solubilidad de cuatro (4) veces aproximadamente al cambiar el disolvente de agua a glicerina.

| Soluto | Disolvente | Solubilidad |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Sacarosa, azúcar) | CH_3CH_2OH (Alcohol etílico) | $0,9 \text{ g}$ en 100 g |
| $(NH_2)_2CO$ (Urea) | CH_3CH_2OH (Alcohol etílico) | $20,0 \text{ g}$ en 100 g |
| H_3BO_3 (Ácido Bórico) | $C_3H_8O_3$ (Glicerina) | $22,2 \text{ g}$ en 100 g |

Tabla 20.3 Solubilidad de sacarosa y urea en alcohol etílico, y de ácido bórico en glicerina.

Las disoluciones sobresaturadas se preparan aprovechando el aumento de solubilidad producido cuando incrementamos la temperatura. Sin embargo, una vez preparadas deben mantenerse sin perturbaciones ya que puede producirse la precipitación del soluto disuelto en exceso, pasando a ser saturada.

Alcanzar la sobresaturación de una disolución es más complicado de lo que pareciera, ya que estas disoluciones son inestables y el exceso de soluto tiende a precipitarse generando la presencia de dos fases; una sólida (soluto en exceso) y una líquida constituida por la disolución saturada incapaz de disolver más soluto. Recordemos que las disoluciones son mezclas homogéneas y, por lo tanto, sólo tienen una fase, en estos casos líquida, al menos a simple vista (figura 20.8).



Figura 20.8. Ejemplo de fases en una mezcla homogénea: agua y azúcar (1: sobresaturada; 2: líquida, sobresaturada, y sólida, soluto en exceso).

Variación de la solubilidad con la temperatura de la disolución

Para alcanzar la saturación de una disolución, por ejemplo agua con sal, debes agitar vigorosamente para favorecer el proceso y muchas veces toma más del tiempo deseado. Si haces un poco de memoria, recordarás que para preparar atoles, arroz, pasta o granos, por lo general adicionas sal al agua. ¿En qué momento de la preparación la adicionas: cuando el agua está fría o caliente? ¿En cuál de estos dos casos observas que ocurre la disolución con mayor rapidez?

De igual forma, cuando adicionas azúcar al agua fría notarás que tarda más tiempo en disolverse que cuando has calentado ligeramente el agua antes de su adición; esto se debe a que, por lo general, la solubilidad de los solutos se incrementa al aumentar la temperatura de la disolución.

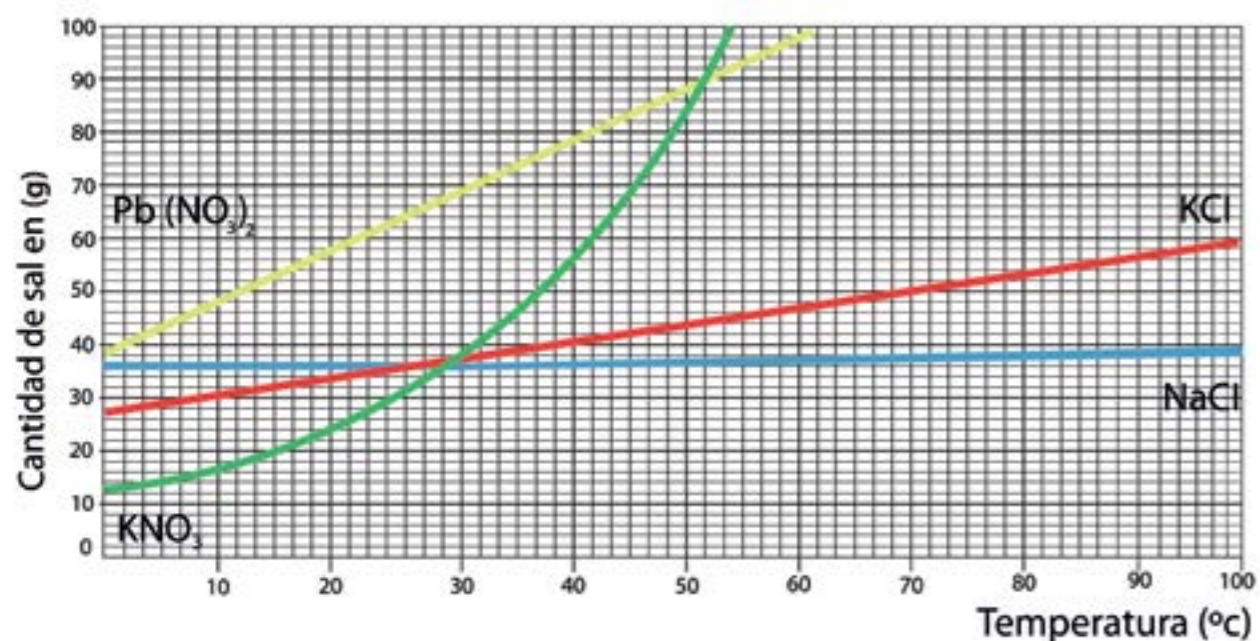


Figura 20.9. Gráfico de la cantidad de sal (g) disuelta en 100 g de agua en función de la temperatura, para diferentes sales (cloruro de sodio, NaCl; nitrato plumboso, Pb(NO₃)₂; nitrato potásico, KNO₃; cloruro de potasio, KCl).

Algunas sustancias como el cloruro de sodio (NaCl) o el cloruro de potasio (KCl) aumentan poco su solubilidad al incrementar la temperatura del agua; otras, como el nitrato plumboso (Pb(NO₃)₂) o el nitrato potásico (KNO₃), aumentan considerablemente su solubilidad en agua al aumentar la temperatura de la misma.

Sin embargo, no en todos los casos es así. Hay solutos cuya solubilidad disminuye con el aumento de la temperatura, como podrás notar en la gráfica de la figura 20.10; en ella se aprecia que hay gases como el helio (He) cuya solubilidad disminuye poco con el incremento de la temperatura, y otros en los que disminuye marcadamente al incrementar la misma, como por ejemplo el metano (CH₄). En general, los gases se disuelven mejor a bajas temperaturas.

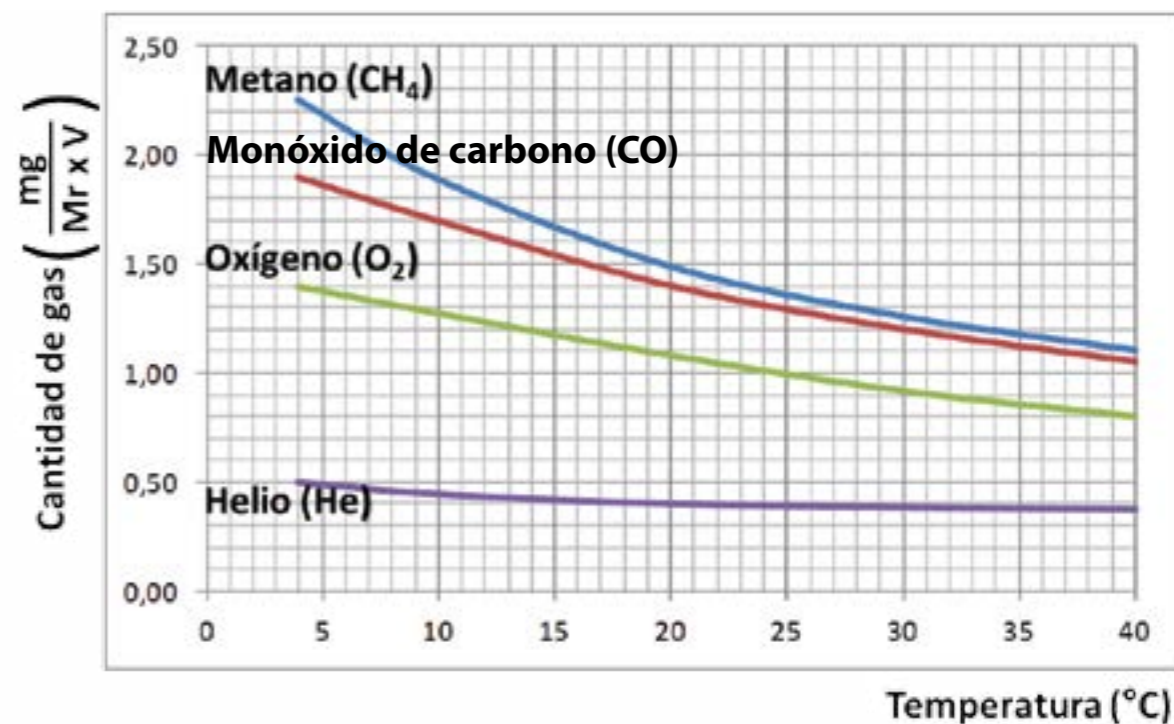
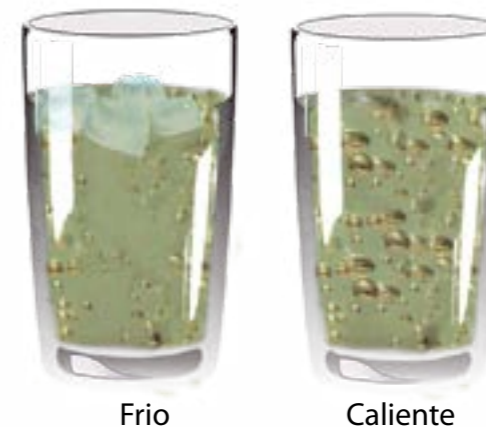


Figura 20.10. Gráfico de la variación de la cantidad de gas (g) en función de la temperatura para un volumen constante de 1L, para cuatro gases diferentes: metano (CH₄), oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO) y helio (He).

Determinación de la concentración de las disoluciones

Muchas preparaciones gastronómicas se realizan al "ojo por ciento", es decir, modificamos las cantidades sugeridas *sin preocuparnos de la solubilidad*, de acuerdo a las necesidades o gustos. Pero a escala de cualquier industria o laboratorio es necesario conocer con precisión la concentración de las disoluciones, por lo tanto las cantidades a combinar deben manejarse con rigurosidad.

Por ahora nos limitaremos a comprender cómo determinar la concentración en términos porcentuales para disoluciones binarias. Las ecuaciones que permiten calcularlas relacionan los valores de masa o volumen de soluto con los valores de masa o volumen de disolución, tal como se muestra a continuación:

Concentración masa-masa: $\frac{\text{masa de soluto}}{\text{masa de disolución}} \times 100$ (sin unidades, expresado en %).

Concentración masa-volumen: $\frac{\text{masa de soluto}}{\text{volumen de disolución}} \times 100$ (g/cm³, expresado en %).

Concentración volumen-volumen: $\frac{\text{volumen de soluto}}{\text{volumen de disolución}} \times 100$ (sin unidades, expresado en %)

En estas relaciones se toman valores de disolución fijos, por lo que se interpretan de la siguiente manera:

El porcentaje $\frac{\text{masa}}{\text{masa}}$ (% m/m) señala la cantidad de gramos de soluto que se disuelven en 100 g señala la cantidad de gramos que se disuelven.

El porcentaje $\frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$ (% m/v) expresa la cantidad de gramos de soluto que se disuelven en 100 cm³ de disolución.

El porcentaje $\frac{\text{volumen}}{\text{volumen}}$ (% v/v) indica los centímetros cúbicos de soluto disueltos en 100 cm³ de disolución.

Generalizamos estas unidades de concentración como aquellas que relacionan la cantidad de soluto disuelto en 100 g ó 100 cm³ de disolución. Cada ecuación relaciona implícitamente la cantidad total de soluto disuelto con la cantidad total de disolvente. Recordemos que la cantidad de disolución es igual a la suma de las cantidades de soluto y disolvente, en medidas de masa. Pero los volúmenes de soluto y solvente no siempre son aditivos porque al mezclarse se producen nuevas interacciones entre las partículas que pueden, por ejemplo, unirlas más.

Para aplicar con éxito las fórmulas de porcentaje debes preguntarte qué quieres determinar, cuál es la finalidad del cálculo y cuáles son los valores que conoces. Asimismo deberás recordar cómo despejar las fórmulas, pues es innecesario que las aprendas todas; si sabes una de ellas, podrás deducir la que necesites. Los procedimientos para despejar que aprendiste en matemática serán los mismos a emplear en ciencias. Aplícalos en cualquiera de las fórmulas.

Para saber más...

Al consumir refresco descalcificas tus huesos, te predispones a padecer osteoporosis, diabetes, anemia, alergias; te generas daños a nivel neurológico, deterioras tu flora intestinal (afectando la coagulación de la sangre). Una lata de refresco contiene 5 cucharadas de azúcar, lo que representa el 60% del contenido y el 80% del consumo diario requerido de azúcar por nuestro organismo.



“La concentración importa”

El nivel recomendable de cloro en una piscina es aproximadamente de tres partes por millón (ppm), o sea, 3 g de cloro por un millón de gramos de agua. Una disolución para clorar piscinas contiene 7% m/m de cloro. ¿Qué volumen de la disolución se necesita para clorar una piscina de 450.000 litros? Asumamos por aproximación que la densidad del agua de la piscina es de 1,00 g/ml y la densidad de la disolución de cloro es de 1,10 g/ml.

Analicemos la resolución de este problema:

Puede resolverse por varios caminos, seguiremos uno. La piscina tiene 450.000 litros, es decir, 450.000.000 de mililitros. Y la densidad del agua de la misma es por aproximación 1,00 g/ml (sabemos que el agua de piscina no es agua pura, por eso es una aproximación).

Recuerda que la de **densidad** corresponde a la *proporción entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa*. Además, es una propiedad característica de cada sustancia.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

$$\rho_{\text{disolvente}} = \frac{m_{\text{disolvente}}}{V_{\text{disolvente}}}$$

| Nombre de la magnitud | Tipo de magnitud | Símbolo | Unidad en el Sistema Internacional (SI) | Equivalencia entre unidades en el SI |
|-----------------------|------------------|-----------|---|--|
| Densidad | Escalar | d, ρ | kg/m ³ | 1 kg/m ³ = 10 ⁻³ g/cm ³ |

Tabla 20.4. Descripción de la magnitud densidad.

Con estos datos podemos calcular la masa del agua de la piscina, ya que

$$\text{Densidad} = \text{Masa} / \text{Volumen}$$

$$\text{Masa} = \text{Densidad} \times \text{Volumen}$$

$$\text{Masa del agua de la piscina} = 1,00 \text{ g/ml} \times 450.000.000 \text{ ml} = 450 \times 10^6 \text{ g}$$

Lo recomendable es usar 3 g de cloro por 10⁶ g de agua (3 partes por millón). Como tenemos 450 x 10⁶ g de agua, la cantidad de cloro que requerimos es de 3 g x 450 = 1.350 g.

Pero no tenemos cloro puro, que en condiciones normales es un gas muy irritante. Lo que tenemos es una disolución líquida de concentración 7% m/m. Esto quiere decir que de cada 100 g de disolución 7 g son de cloro, entonces la masa de disolución que tenemos que echar a la piscina es:

$$1.350 \text{ g} \times (100 \text{ g} / 7 \text{ g}) = 19.285,71 \text{ g}$$

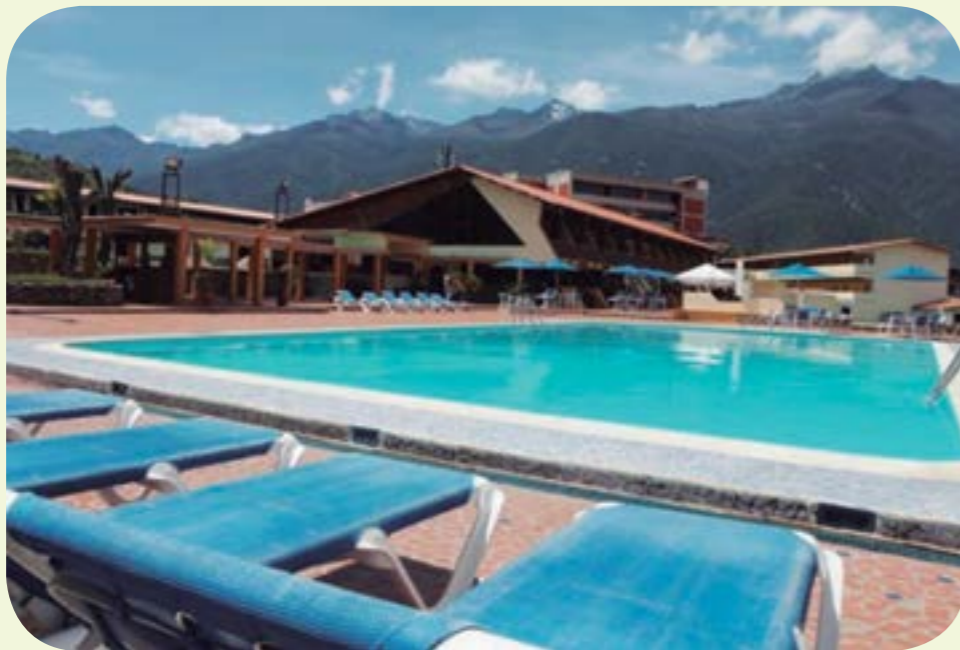
¡Todavía no hemos terminado, porque la disolución de cloro es líquida y en el ajetreo de nuestro trabajo de mantenimiento de piscinas nos resulta más fácil medir el volumen requerido, que ponernos a determinar su masa.

El cálculo es sencillo porque tenemos la densidad de la disolución de cloro.

$$\text{Volumen}_{\text{disolución}} = \text{Masa}_{\text{disolución}} / \text{Densidad}_{\text{disolución}} = 19.285,71 \text{ g} / 1,10 \text{ g/ml}$$

$$\text{Volumen}_{\text{disolución}} = 17.532,46 \text{ ml} = 17,53 \text{ l}$$

Apenas con 17,53 litros de nuestra disolución de cloro acondicionamos la piscina. ¡A nadar!



Concluimos entonces que los criterios para clasificar las disoluciones se basan en el número de componentes que la forman y en la cantidad de soluto capaz de disolverse en un disolvente específico. Aun cuando la mezcla se realice entre dos sólidos, un sólido y un líquido o dos líquidos, podrá determinarse su concentración o, en su defecto, dar nociones acerca de su concentración; es decir, de la cantidad del soluto de interés en relación con la cantidad de disolvente en dicha mezcla.

Concentraciones en la cotidianidad

¿Recuerdas haber ido al médico, ser diagnosticado y medicado? Algunas de las medicinas requieren la presentación del recípe, para su compra otras no. Indistintamente de la facilidad de su adquisición, el recípe indica la cantidad, concentración y número de veces que debemos consumir un determinado medicamento para mejorar nuestra salud. Una vez que los medicamentos son ingeridos y comienzan a ejercer efecto, su concentración en nuestro organismo se mantiene constante siempre y cuando los tomemos en los horarios establecidos; excederse u obviarlos altera esa concentración, disminuyendo su eficacia y generando efectos adversos.

No solamente las dosis de medicamentos y sustancias químicas nos pueden afectar; también algunos alimentos en ciertas proporciones o combinaciones pueden generar alteraciones de las concentraciones de azúcar o grasa en nuestro torrente sanguíneo. La ingesta de sal en exceso afecta la tensión arterial (problemas cardiovasculares) y el exceso de azúcar conduce a la obesidad y te hace propenso a padecer diabetes. En nuestro organismo los minerales deben mantener su concentración en un rango de valores establecido para que permitan su adecuada absorción.

La industria alimentaria regida por la norma COVENIN 910:2000 establece el listado de aditivos químicos permitidos para la fabricación, preparación, elaboración, tratamiento, envasado, empaquetamiento y conservación durante el transporte y almacenamiento de alimentos. La cantidad de aditivos alimentarios que una persona puede ingerir sin riesgos apreciables para su salud se denomina Ingesta Diaria Admisible (IDA), se expresa en mg/kg (normalmente para una persona de 60 kg). Otros aditivos son incorporados con una ingesta diaria admisible sin limitación (SL), sin asignar (SA) o sin especificar (SE).

Es necesario realizar mesas de trabajo e investigaciones que debatan sobre los efectos del uso de los colorantes artificiales, edulcorantes artificiales, estabilizadores, preservativos, saborizantes, entre otros aditivos alimentarios, en alimentos mayoritariamente de bajo valor nutritivo; es decir, usados casi exclusivamente en alimentos denominados "chatarra". De igual manera para profundizar en el análisis de las consecuencias del uso de fungicidas e insecticidas para el control de plagas, y, por consiguiente, que su aplicación considere las previsiones del caso y evite la contaminación de productos alimenticios.

Promover la disposición final en forma racional y sostenible de dichos productos es vital, ya que éstos pueden ser altamente nocivos, se acumulan y se concentran en los suelos, en los seres vivos e incluso en la cadena alimentaria. El Estado venezolano, a través de un equipo multidisciplinario, realiza acciones para controlar la producción, uso, distribución y manejo de productos químicos peligrosos para la población, tanto en las industrias como en otras actividades.



Aditivos en alimentos: Ácido cítrico y gelatina (SE); citrato de sodio, aspartame, acesulfame-K (SA); ácido fumárico (6 mg/kg), color azul N°1 (12,5 mg/kg).



Preparando y cuantificando disoluciones

Conocer la concentración de las disoluciones preparadas cotidianamente puede resultar útil para facilitar su preparación y repetir aquellas que resultaron efectivas o deliciosas. A continuación, dispondrás de diferentes solutos y suficiente agua para preparar disoluciones acuosas usuales con precisión.

¿Qué necesitan?

Materiales

300 cm³ de agua.

110 g de sal común.

6 Frascos de vidrio.

Plancha de calentamiento o

Beaker de 250 cm³.

Agitador o varilla de vidrio.

160 cm³ de agua potable.

40 g de azúcar.

Balanza.

Mechero, rejilla y soporte.

Pinza para beaker.

Vidrio de reloj o papel aluminio.

¿Cómo lo harán?

Experiencia 1

La meta es preparar una disolución de azúcar al 40% m/v utilizando 100 cm³ de agua. Determinen la cantidad de soluto y solvente necesarias.

¿Qué observan?

¿Se disolvió completamente el azúcar? (calentar de ser necesario).

Experiencia 2

Preparar una disolución de agua salada con la misma cantidad de disolvente anterior, de tal manera que sea saturada.

¿Qué observan? ¿Se disolvió completamente el soluto?

¿Se alcanza la disolución total del soluto? Tapen el beaker con un vidrio de reloj o papel de aluminio y dejen en reposo hasta el próximo día. Anoten las observaciones acerca de la homogeneidad de la mezcla al terminar esta sesión.

Experiencia 3

Preparen una disolución sobresaturada con el mismo soluto de la experiencia 2.

Permitan reposar a temperatura ambiente.



Una vez se alcance la temperatura ambiente, agiten la disolución vigorosamente.

- ¿Qué observaron durante el desarrollo de la experiencia?
- ¿Qué ocurrió cuando perturbaste la disolución?
- ¿Qué tipo de disolución obtuviste después de perturbar el sistema?



Mechero, rejilla, beaker y pinza para beaker. Frascos de vidrio.

Experiencia 4

Se emplearán 37 g de cloruro de sodio (NaCl) y 75 cm³ de agua potable para preparar una disolución. La composición porcentual de la disolución obtenida es el doble de la deseada. ¿Cómo proceder experimentalmente para disminuir la concentración al valor deseado?

Si han sido cuidadosos en las preparaciones de estas disoluciones, prueben las disoluciones contenidas en cada frasco y comparen su sabor. ¿Qué concluyen?

Para finalizar:

- Clasifiquen las disoluciones preparadas en términos cualitativos.
- Comparen las observaciones obtenidas en las experiencias 2 y 3, en lo que se refiere a la disolución del cloruro de sodio en agua.



¡Te identifico con un haz de luz!

Muchos líquidos de uso y consumo cotidiano están constituidos por partículas tan pequeñas, que son indistinguibles al observarlas con un microscopio; en otros, las partículas pueden diferenciarse a simple vista, por lo tanto, corresponden a distintos tipos de mezclas. Tal vez te has preguntado: ¿Cómo podemos distinguir entre los tipos de mezclas homogéneas sin utilizar un microscopio? A continuación proponemos una variedad de mezclas para clasificarlas como disoluciones, coloides o suspensiones. Indaguen sobre estas disoluciones y acerca de posibles procedimientos adecuados a realizar, si no disponen de un microscopio

¿Qué necesitan?

- Agua, leche, témpera, pegamento, mayonesa, champú, yogur.
- Sal, azúcar, harina, azufre, gelatina en polvo.
- Beaker o recipientes de vidrio lisos y transparentes para contener las mezclas.
- Varilla de vidrio o tenedor plástico para agitar.
- Láser (es peligroso para la retina, puede cegar al iluminar el ojo).
- Una linterna con pilas de poco uso, que generen luz con buena intensidad.
- Un cartón de 10 x 10 cm con una base que permita ubicarlo en posición vertical.

¿Cómo lo harán?

A continuación proponemos la utilización de un haz de luz para diferenciar disoluciones coloidales y estos últimos de suspensiones.

En caso de no disponer de un láser:

- Perforen el cartón generando un pequeño agujero en el centro.
- Ubiquen la linterna sobre una superficie estable.
- Modifiquen la distancia entre el cartón y la linterna (AB) para generar la máxima intensidad del haz de luz (pueden utilizar una lámina de color oscuro como pantalla para visualizar mejor el haz de luz) (figura 20.12).
- Ubiquen el recipiente con la mezcla sobre una superficie estable, de manera que el rayo de luz atraviese la mezcla, y detallen cómo es la trayectoria y el paso del haz de luz a través de cada mezcla.

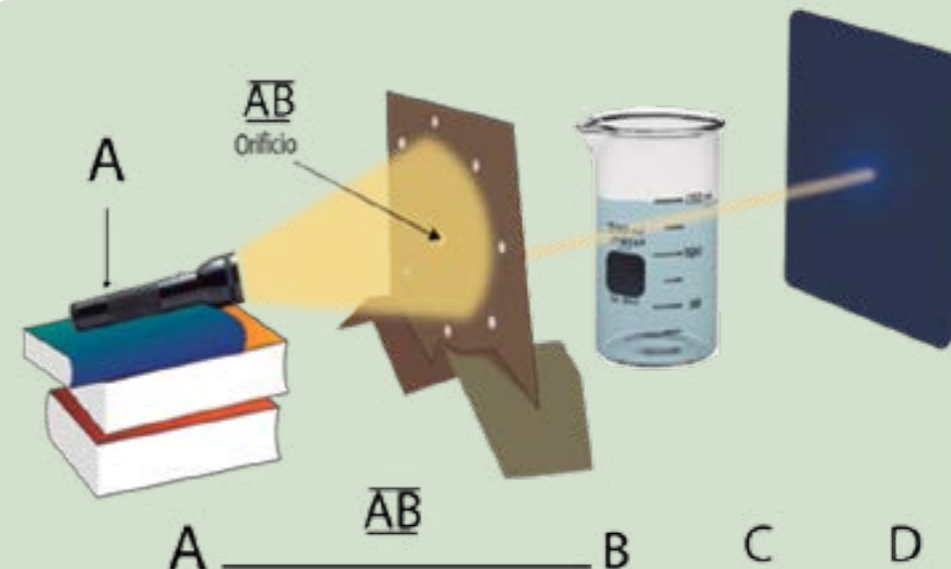


Figura 20.12. Montaje experimental.

Analicen las observaciones, reflexionen sobre preguntas como:

¿Qué tipo de mezcla tenemos y cuál es el estado físico de los componentes en cada caso?

¿Puede apreciarse el haz de luz a través de la mezcla contenida en el recipiente de vidrio?

¿Cómo es el haz cuando atraviesa las mezclas? ¿Qué indica el cambio en el aspecto del haz?

Concluyan en el grupo, cuáles son las características que diferencian las disoluciones coloidales de las suspensiones.



Actividad de autoevaluación

1. Analiza cada uno de los planteamientos y escribe tu argumento, aclarando si estás de acuerdo o no con el mismo:

| |
|--|
| A partir de la masa de una disolución y la masa del soluto puedes determinar la masa del disolvente. |
| Conociendo el volumen de la disolución y su composición porcentual (% v/v) puede determinarse el volumen del soluto. |
| La masa de la disolución se puede obtener a partir de las masas de soluto y disolvente. |
| Una disolución sobresaturada es estable. |
| Una disolución diluida también es insaturada. |
| La solubilidad de una sustancia determina la concentración de la disolución saturada. |
| Toda disolución está constituida sólo por dos componentes. |

2. Investiga acerca de los componentes de las sustancias indicadas a continuación y completa la tabla:

| Sustancias | Nº de componentes | Término asociado | Edo. físico de los componentes | Tipo de mezcla | Concentración de los solutos |
|------------|-------------------|------------------|--------------------------------|----------------|------------------------------|
| Alpaca | | | | | |
| Bronce | | | | | |
| Latón | | | | | |
| Nicrom | | | | | |
| Oro Blanco | | | | | |
| Peltre | | | | | |
| Zamak | | | | | |

3. ¿Qué aplicaciones tienen las disoluciones insaturadas, saturadas y sobresaturadas?

4. Analiza la composición de 4 o 5 disoluciones existentes entre productos que encuentres en tu hogar: ¿Cuáles son los solutos y el disolvente? ¿En qué concentración se encuentran los solutos? ¿Cómo consideras que son esas disoluciones: insaturadas, saturadas o sobresaturadas?

5. Has visto algunos problemas de concentración de disoluciones para que apliques los conocimientos adquiridos, y así los consolides y veas su vinculación con la vida fuera del aula. No creemos necesario seguir paso a paso aquí el desarrollo de todas estas actividades, sugerimos su desarrollo en clase. Sí veremos en forma más detallada un camino para la resolución del último problema, que es más complejo.

5.1. Una estudiante de química está preparando una disolución de glucosa. Primero usa la balanza y determina que la masa de un vaso de precipitado vacío es de 65 g. Le añade agua y encuentra que la masa ahora es de 115 g; a continuación, disuelve en él 3,80 g de glucosa. ¿Cuál es la concentración de esta disolución?

5.2. La leche completa usualmente tiene un 5% v/v de grasa. Si te tomas un vaso de leche (250 ml), ¿qué volumen de grasa has consumido?



5.3. El oro blanco de 18 quilates es una aleación que contiene 75% m/m de oro, 12,5 % m/m de plata y 12,5 % m/m de cobre. Un anillo hecho de esta aleación tiene una masa de 20 g, ¿cuánto oro puro contiene?



5.4. El vinagre blanco es una disolución de ácido acético (CH₃COOH) en agua al 5% v/v. ¿Cuánto ácido acético necesitan en una industria para producir 1.000 botellas de vinagre de 1l cada una? ¿Qué volumen (en ml) de ácido acético hay en una botella de vinagre en tu casa?

LAS INSEPARABLES COMPAÑERAS: MATERIA Y ENERGÍA

Piensa por un momento en las cosas materiales que tienes en casa encontrarás aparatos electrodomésticos, muebles, camas, lámparas, mesas. Estos objetos son perceptibles a simple vista, tienen una masa determinada y ocupan un lugar en el espacio en sentido general los llamamos **materia**. No sólo estos objetos se consideran materia, también las rocas, el Sol, el mar, la Tierra, el aire, las plantas, los animales, e incluso tu cuerpo lo son.

En lecturas previas conociste que la materia está constituida por partículas submicroscópicas como átomos (con sus electrones, protones, neutrones y otras) y moléculas. Cada una de ellas posee una determinada energía química característica, que depende de la energía cinética y potencial de las partículas subatómicas que las componen.

Esto quiere decir que la **energía** es una propiedad inherente a la materia, o sea, son inseparables compañeras. Esta propiedad de la materia ha sido estudiada y aprovechada por la humanidad desde sus comienzos, en particular, con los combustibles, ya que estos al reaccionar con el oxígeno liberan mucha energía, que es aprovechada hoy en los procesos industriales y en el funcionamiento de muchos transportes, así como también para cocinar alimentos y permitir que funcionen diversos aparatos en nuestro hogar.

La humanidad demanda grandes cantidades de energía que obtiene de los combustibles, sobre todo los fósiles; sin embargo, éstos son recursos no renovables. Además, tienen un impacto negativo en el ambiente debido a la emisión de gases a la atmósfera, producto de la combustión. Si quieres conocer un poco más acerca de la energía asociada a la materia que nos rodea, y responder interrogantes como, ¿de dónde proviene la energía de la materia?, ¿cómo se manifiesta en la naturaleza?, ¿cuáles son las fuentes energéticas a nivel mundial?, te invitamos a continuar con esta lectura.



¿De dónde proviene la energía de la materia?

La energía es un componente vital del diario quehacer; de ella depende el funcionamiento de muchos de los aparatos que se emplean en la vida cotidiana: desde el televisor, radio, teléfono, computadoras, hasta los carros, aviones, semáforos, entre otros. La energía utilizada por todos estos artefactos es suministrada por alguna fuente: combustibles, agua, luz solar, biomasa, entre otros.

En la naturaleza también podemos observar algunos fenómenos en donde se manifiesta la energía, como es el caso de los relámpagos, las tormentas y el viento. Además, la energía es fundamental para todas las actividades que realizamos cotidianamente: comer, caminar, correr, comunicarnos, entre otras. ¡Incluso cuando lees esta página del libro estás usando energía!

En los diferentes fenómenos que hemos mencionado, tanto los naturales como los creados por el ser humano, se observan cambios, transformaciones, movimientos, calor, sonido, luz, otros, que serían imposibles sin un aporte de energía; por lo tanto, la energía se presenta en diferentes eventos. Veamos algunos ejemplos: algunos hornos de la cocina de nuestras casas funcionan con gas (de la red de gas natural o envasado en bombonas), otros se calientan con leña o electricidad; un tren de juguete se mueve con la energía eléctrica que le proveen las pilas; la plancha se calienta con la energía eléctrica de la red domiciliaria; un reloj de pulsera antiguo se pone en marcha dándole cuerda (con movimientos de rotación de las perillas), mientras que los más nuevos funcionan con pilas, luz solar o simplemente por el movimiento del brazo al caminar; a través de la energía solar, las plantas transforman unas sustancias en otras más energéticas, que les sirven de alimento a ellas y a los otros seres vivos (figura 21.1).



Figura 21.1. Ejemplos de la vida cotidiana sobre sistemas que requieren diversas formas de energía.

Si tomamos de los ejemplos anteriores el tren de juguete, tenemos que la energía que suministra la pila y que denominamos energía química se puede transformar en energía cinética, la cual puede trasladar todo el conjunto, tren y vagones. En el horno de leña la energía química en la estructura de la madera, al quemarse (combustión), genera calor permitiendo que la energía térmica se transfiera y cocine los alimentos. En las plantas la energía lumínica que proviene de las ondas que emite el Sol, durante la fotosíntesis, se transforma en energía potencial almacenada (energía química) en las sustancias que ellas fabrican. Como vemos, la energía se manifiesta en nuestro entorno de maneras diversas y unas formas de energía se pueden transformar en otras. ¡Te invitamos a reflexionar acerca de las diferentes manifestaciones y la transformación de la energía que ocurre en tu entorno!

La energía en general se evidencia en dos formas: la **energía cinética**, asociada al movimiento de los objetos, y la **energía potencial** disponible para ser usada. Para obtener energía tenemos al alcance diversas fuentes; algunas ya fueron abordadas en otras lecturas de este libro. En esta oportunidad vamos a centrarnos en la **energía química**, que está asociada a la energía potencial eléctrica almacenada en los átomos a través de los **enlaces químicos**.

En la naturaleza todos los materiales que nos rodean están conformados por moléculas que se forman a partir de los enlaces químicos entre los átomos (figura 21.2). La energía de la unión de dos o más átomos de cualquier tipo de enlace estable es menor que la suma de la energía de esos átomos aislados, por lo tanto, cuanto mayor sea la disminución de energía como consecuencia de la unión entre átomos, mayor será la estabilidad del enlace formado. De allí que los átomos tienden a formar enlaces químicos para lograr alcanzar una mayor estabilidad.

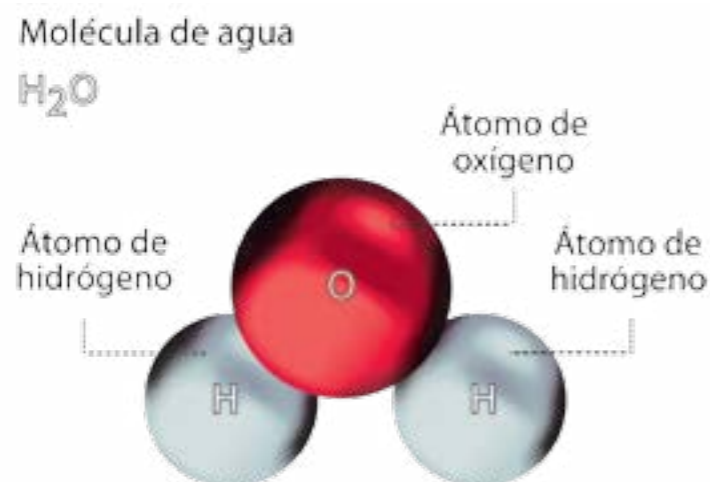


Figura 21.2. Representación del enlace de la molécula de agua.

Vamos a imaginarnos ahora a dos átomos de hidrógeno que inicialmente están completamente alejados y comienzan a acercarse uno al otro. En este proceso se producen interacciones electrostáticas atractivas entre las partículas subatómicas: protones (cargas positivas) en el núcleo y los electrones (cargas negativas), así como también interacciones electrostáticas de repulsión, tanto entre los electrones de los átomos como entre los protones de los núcleos.

Como podemos observar en el gráfico (figura 21.3), la energía neta resulta de las interacciones antes mencionadas: cuando los núcleos de los átomos de hidrógeno están muy separados, las interacciones son de poca intensidad, por lo que la energía es casi nula (paso 1); a medida que se aproximan los átomos disminuye la distancia internuclear (paso 2), va aumentando la fuerza atractiva hasta alcanzar una separación en que la energía tiene su menor valor (máximo negativo). Nota que para este caso la distancia internuclear es de 0,74 Å y la energía alcanza su valor más bajo de -436 kJ/mol, lo cual le confiere estabilidad al enlace químico (paso 3). Recuerda que 1 Ångstrom es igual a $1 \cdot 10^{-10}$ m.

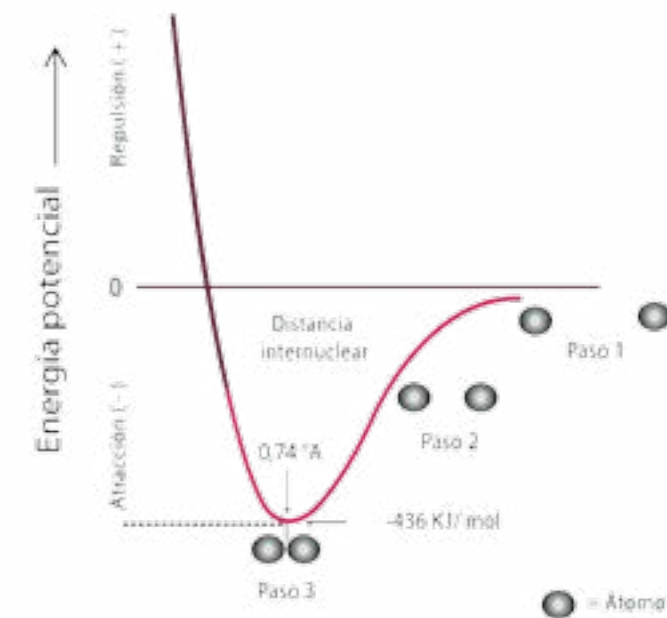


Figura 21.3. Energía de interacción entre dos átomos de hidrógeno que se acercan uno al otro.

En general, para entender este hecho tenemos que analizar las interacciones eléctricas entre las cargas de los átomos. Imaginemos a dos átomos que están tan separados, que no se ejercen entre sí ninguna influencia; a medida que se aproximan, sobre los dos átomos empiezan a predominar las **fuerzas eléctricas atractivas** entre las cargas positivas de los núcleos de unos, sobre los electrones de los otros; en particular, los electrones que se encuentran más alejados del núcleo y que se conocen como **electrones de valencia**. Si esta fuerza llega a ser lo suficientemente grande para mantener unidos a los átomos, se dice que se ha formado un **enlace químico**. Por lo tanto, los átomos pasan a un estado de **menor energía**, lo cual les supone **mayor estabilidad**.

¿Cómo se manifiesta la energía química en la naturaleza?

Como ya se ha venido trabajando en la lectura, la energía química es una manifestación más de la energía potencial que se encuentra almacenada en la materia a través de los enlaces químicos que unen a los átomos y, desde este punto de vista, estamos sumergidos en el mundo submicroscópico de la materia. Por lo tanto, la energía química se hace evidente cuando la materia sufre una transformación de sus componentes, es decir, ocurre una **reacción química**.

En este sentido, las reacciones químicas involucran las transformaciones o cambios de unas sustancias en otras. El interés por este tipo de procesos se centra en la utilidad de nuevos productos que obtenemos para la medicina, la industria o la vida. También son importantes las reacciones en las que se libera gran cantidad de energía, como es el caso de la combustión de la gasolina o del carbón. En general, las reacciones químicas llevan tanto cambios de los materiales como cambios energéticos.

En una reacción química los cambios energéticos se pueden manifestar en forma de energía lumínica, eléctrica, mecánica o térmica. Por ejemplo, los diferentes y brillantes colores que se pueden apreciar en los fuegos pirotécnicos se deben a la energía liberada en forma lumínica a través de la combustión de diversas sustancias, como sales de bario para originar color verde y sales de sodio productoras de luces rojas y blancas. También existen unos hongos conocidos popularmente como "flor de coco" (*Neonothopanus gardneri*), de los más grandes del mundo en su tipo, muy comunes en Brasil, que crecen al pie de las palmeras, y Ellos emiten gran cantidad de luz visible en la noche, como resultado de reacciones químicas ocurridas en su interior.



Figura 21.4. Hongo *Neonothopanus gardneri* de noche (izquierda) y de día (derecha).
Fuente: Universidad de Sao Paulo, Brasil.

Para saber más...

Existen unas "barras de luz" que al doblarse o agitarse producen una luz fluorescente durante horas, sin necesidad de combustión o pilas. Ello se debe a una reacción química que libera energía en forma de luz y se conoce como quimioluminiscencia. El activador, peróxido de hidrógeno, está contenido en una cápsula de cristal pequeña y frágil que se rompe al doblar. Ésta se encuentra dentro de la barra de polietileno que contiene un éter de fenil oxalato y un tinte fluorescente que da los diferentes colores que observamos. La luz de estas barras es temporal, ya que cuando los reactivos se agotan dejan de generarla.



Las reacciones químicas necesitan o liberan energía

El estudio de un proceso químico, desde el punto de vista **energético**, es de gran importancia. La rama de la ciencia que se refiere al estudio de las relaciones entre la energía y los cambios químicos se llama **termodinámica**. En este sentido, se conoce como **sistema termodinámico** a cualquier porción del Universo que sea objeto de estudio y que consideramos separado del resto por una superficie cerrada, a veces real (paredes de un depósito).

Ejemplos de estos sistemas pueden ser: un vaso de agua, el aire, la gasolina, el aceite de un motor, un océano, una estrella, e incluso una reacción química. Por otro lado, se encuentra el **entorno** (alrededores, exterior) que constituye el resto del Universo que no constituye el sistema.



Figura 21.5. Reacción exotérmica: combustión de madera.

Las reacciones químicas suelen ser consideradas como sistemas termodinámicos, ya que implican una transferencia de energía que se lleva a cabo del sistema al entorno o en sentido inverso. Si en la reacción se libera energía del sistema al entorno, se le denomina **exotérmica**. La combustión de la madera es un claro ejemplo de un proceso de este tipo (figura 21.5). Una vez encendida la madera, la reacción genera **energía térmica** que es utilizada para diversos propósitos: cocinar, calefacción, iluminar, entre otros.

Por otra parte, si la reacción necesita cierta cantidad de energía del entorno al sistema, se le denomina **endotérmica**. Por ejemplo, la descomposición del agua (H_2O) en oxígeno e hidrógeno es una reacción endotérmica, porque ésta no ocurre la menos que se le suministre energía, por ejemplo una corriente eléctrica que circule a través del agua. Este proceso se llama **electrólisis** y se muestra en la figura 21.6.

Otro ejemplo que se evidencia en la vida diaria sobre los procesos endotérmicos es cuando el bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) se mezcla con la masa para hacer galletas. Cuando éstas se hornean, el bicarbonato de sodio recibe energía y se transforma en dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y carbonato de sodio (Na_2CO_3). El dióxido de carbono y el vapor de agua hacen que se esponjen las galletas. Entre otros de los procesos endotérmicos importantes en nuestro planeta, está la fotosíntesis que, como sabes, se lleva a cabo a través de una serie de reacciones químicas que reciben energía luminosa del Sol.

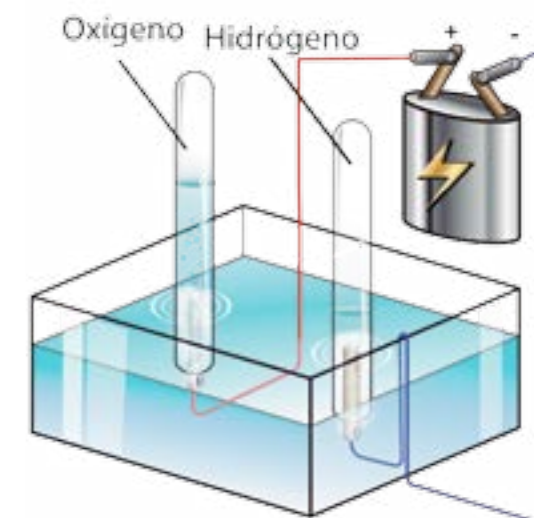


Figura 21.6. Reacción endotérmica: electrólisis del agua.

¿Cómo interviene la energía en las reacciones químicas?

Retomaremos el ejemplo del agua para ilustrar la formación y descomposición de la misma. En este sentido, la ecuación que representa la reacción química de la formación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno gaseosos es la siguiente:



Esta reacción cede una cantidad considerable de energía, bien sea de manera explosiva cuando se enciende una mezcla de hidrógeno y oxígeno, ambos gaseosos; o en forma más gradual en cuyo caso, si los gases que reaccionan están en una celda de combustible, podemos emplear la energía liberada para producir energía eléctrica. Resulta útil pensar esta reacción por pasos (imaginarios) de ruptura y formación de enlaces. Como primer paso, imagina que se rompen todos los enlaces de las moléculas reaccionantes (H_2 y O_2) para producir átomos individuales (figura 21.7, paso 1), lo cual suele ocurrir cuando las moléculas chocan de forma efectiva entre sí, es decir, colisionan con suficiente energía cinética como para separar los átomos que están unidos por las interacciones electrostáticas, superando la energía potencial de esos enlaces químicos. A esta energía cinética mínima que deben tener las moléculas para que se produzca la ruptura y, por ende, la reacción, se le conoce como **energía de activación**.

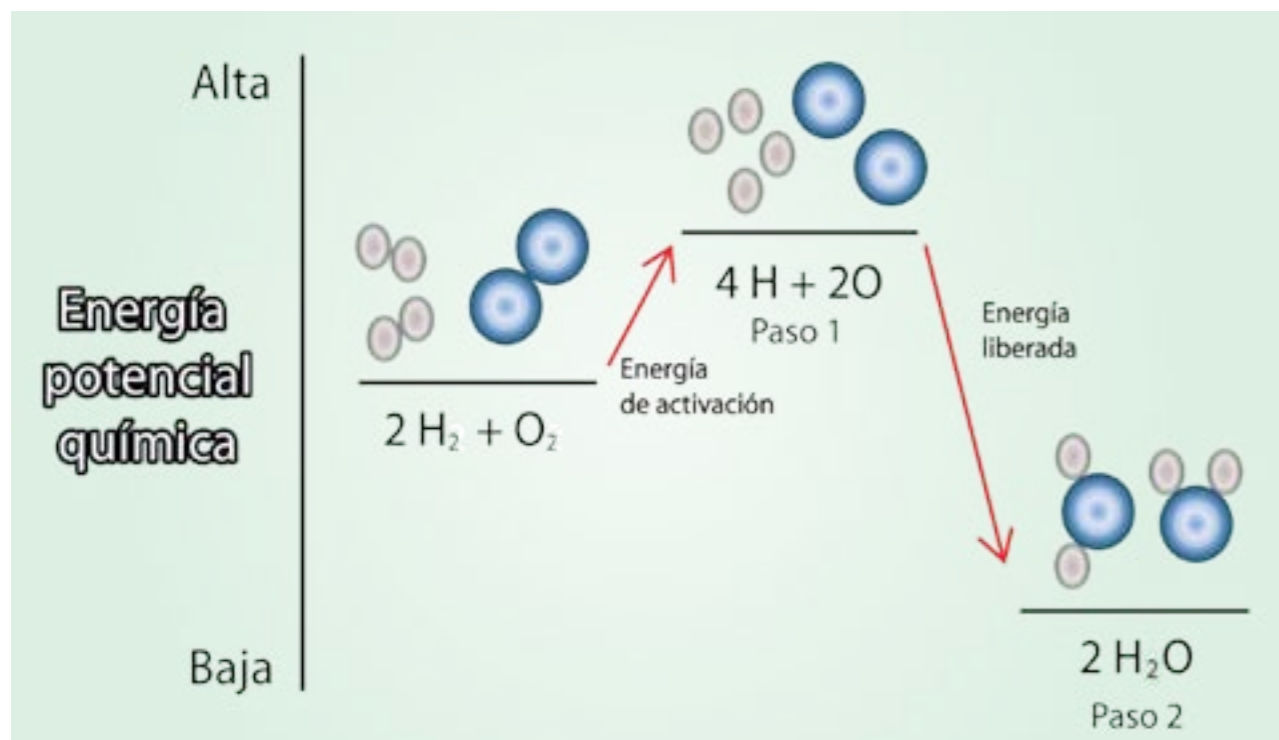


Figura 21.7. Proceso de ruptura de enlaces en un primer paso (moléculas del hidrógeno y oxígeno gaseosos), y formación de nuevos enlaces en un segundo paso (molécula de agua).

Por otra parte, el segundo y último paso (figura 21.7, paso 2) comprende la formación de los nuevos enlaces necesarios para la constitución de dos moléculas de agua, proceso mediante el cual se desprende energía. Como la energía que se libera al formar enlaces de moléculas de agua es mayor que la energía requerida para romper los enlaces de hidrógeno y oxígeno, la reacción es **exotérmica** y esto se indica colocando la energía como parte de los productos en la ecuación de formación de agua mostrada antes.

La descomposición del agua (reacción inversa). Ésta es una reacción endotérmica, necesita energía del entorno y la ecuación que la representa es la siguiente:



Como puedes observar la reacción requiere del entorno energía para la descomposición del agua. En este proceso los enlaces de cada hidrógeno y el oxígeno (H-O) se rompen, lo cual requiere del suministro de energía y, por otro lado, la formación de los nuevos enlaces (H-H y O=O) libera energía. Como se requiere suministrar una cantidad mayor de energía para romper los enlaces de la molécula de agua, en comparación con la cantidad de energía que se libera al formar los enlaces de las moléculas productos (hidrógeno y oxígeno), este proceso es **endotérmico** (figura 21.8).

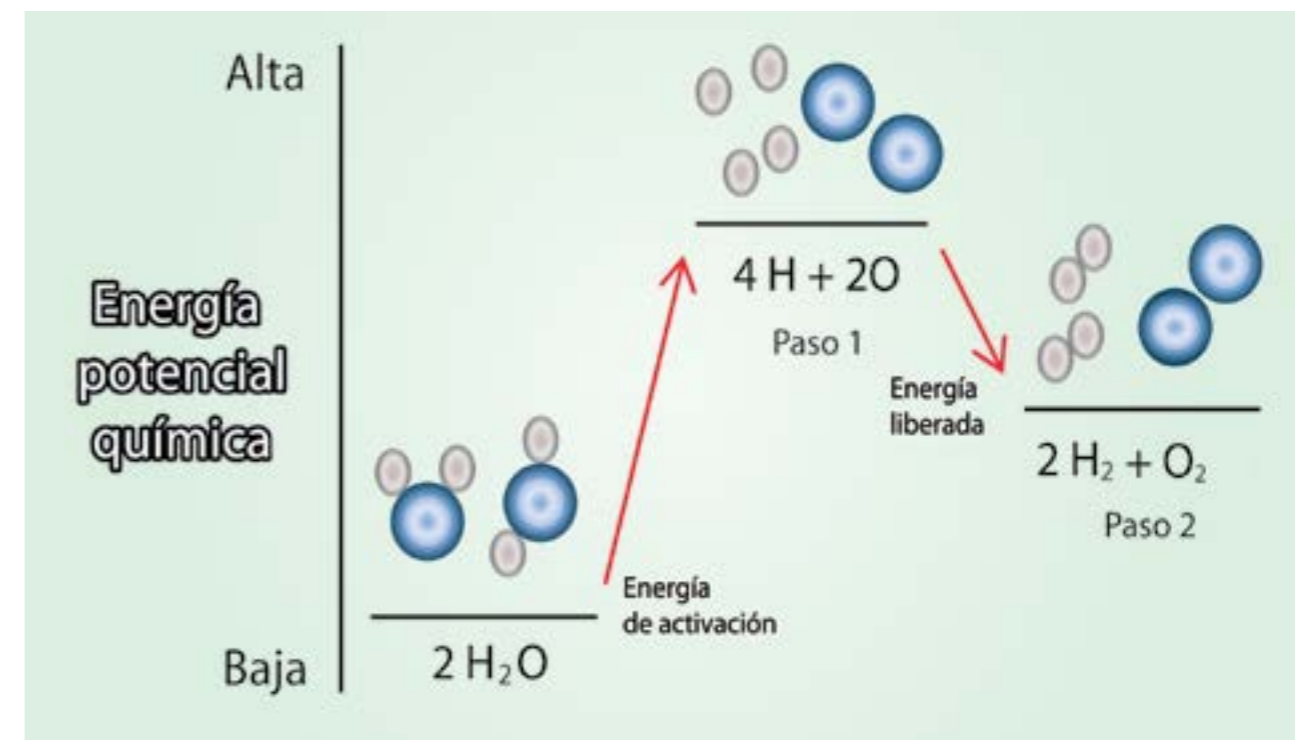


Figura 21.8. Proceso de ruptura de enlaces en un primer paso (molécula de agua), y formación de nuevos enlaces en un segundo paso (hidrógeno y oxígeno gaseosos).

De acuerdo con lo planteado anteriormente, la cantidad de energía que se libera durante la formación de un compuesto (por ejemplo, H_2O) a partir de sus elementos será la misma cantidad de energía que se requiere para descomponer dicho compuesto en sus elementos. Este hecho se explica en un principio importante conocido como la **ley de la conservación de la energía**, que permite establecer que durante una reacción química la energía no se crea ni se destruye, sólo cambia de una forma a otra. Como se muestra en la figura 21.9, la cantidad de energía (286 kJ) que se libera en la formación de agua a partir de los elementos hidrógeno y oxígeno es igual a la cantidad de energía (286 kJ) que se requiere durante la descomposición de agua. Además, en ese gráfico se evidencia que en la reacción exotérmica (formación de H_2O) los productos tienen menos energía que los reactivos, la diferencia es la energía liberada; mientras que en la reacción endotérmica (descomposición del H_2O) se requiere de energía, los productos tienen más energía que los reactivos (figura 21.9).

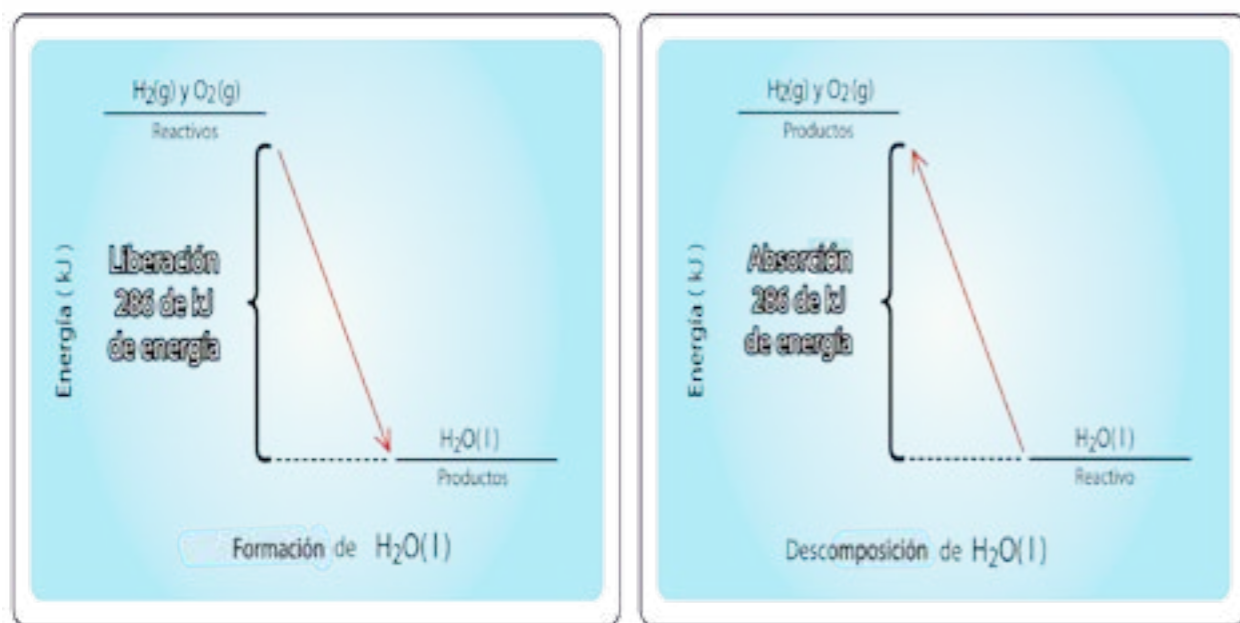


Figura 21.9. Representación de la energía potencial química en los procesos de formación y de descomposición del agua. La ubicación de los productos respecto a los reactivos representa su cantidad de energía relativa.

Para saber más...

Cuando reciclas una lata de aluminio, estás ahorrando, entre otras cosas, energía. La producción de aluminio requiere de grandes cantidades de energía, en especial energía eléctrica, debido a que el aluminio se produce por la electrólisis de su mineral principal; la bauxita. Por lo tanto, una buena razón de reciclar el aluminio es para conservar esa energía.

¿Cuál es la principal fuente energética?

Cuando hablamos de fuentes de energía nos referimos a los recursos existentes en la naturaleza de los que podemos obtener energía, indiscutiblemente esencial para todas las actividades físicas y biológicas. Hoy en día el uso de la energía se ha convertido en algo absolutamente necesario para la satisfacción de cualquier necesidad básica: acondicionamiento del ambiente, cocinar los alimentos, moldear los minerales, generar iluminación, transformar los elementos químicos, multiplicar el esfuerzo físico, vivir.

Entre las fuentes de energía que seguramente ya conoces se encuentran las siguientes: el viento, el agua, la radiación solar, entre otras (figura 21.10).



Energía solar Energía hidráulica Energía eólica

Figura 21.10. Fuentes alternativas de energía: solar, hidráulica, eólica.

Por otra parte, los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural también son utilizados como fuentes energéticas. La característica principal de estos combustibles es que contienen gran cantidad de energía química, que puede ser liberada en reacciones químicas de combustión. El combustible reacciona con un comburente que suele estar en el aire (el oxígeno), produciendo agua y dióxido de carbono (CO_2) y liberando energía térmica.

Esta liberación de energía a partir de las diversas fuentes mencionadas es aprovechada para producir trabajo mecánico o para generar otras formas de energía. En cuanto a la producción de trabajo mecánico, se realiza con la ayuda de motores de combustión de dos tipos principales: los motores de combustión interna y los de combustión externa, siendo la más frecuente la interna y son los que están en los automóviles; un motor con este tipo de combustión transforma la energía química de la combustión en movimiento. Esto ha permitido el desarrollo y avance tecnológico de diferentes medios de transporte, como se muestra en la figura 21.11.



Figura 21.11. Diferentes medios de transporte que requieren de la energía que libera la combustión interna de los motores.

Por otra parte, la energía liberada desde las diversas fuentes citadas es utilizada para generar otras formas de energía; entre las más importantes para el mundo está la energía eléctrica, ya que nos permite tener luz artificial por las noches, poner en funcionamiento los distintos artefactos de uso doméstico y facilitar la realización de distintas actividades a gran escala como la industria, el transporte, las comunicaciones, entre muchas otras. Recuerda que disminuir el consumo de productos innecesarios, reducir nuestro consumo eléctrico al que realmente necesitamos, no desperdiciar el agua, reciclar, reusar, y demás, son formas de contribuir al uso eficiente y responsable de la energía y de los recursos naturales del ambiente, que son un bien común.

En este sentido, la sociedad actual requiere de grandes cantidades de energía eléctrica se generan en centrales o plantas. En particular, las centrales **termoeléctricas** (figura 21.12) utilizan la energía química almacenada en los combustibles fósiles derivados del petróleo, que son recursos no renovables.

Pero estas centrales son una de las principales fuentes de emisión de gases contaminantes: dióxido de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno que van a la atmósfera, y son causa del efecto invernadero y la lluvia ácida. Por otra parte, la energía eléctrica que utilizamos ha pasado por diversos procesos de transformación antes de que llegue hasta nuestros hogares; es por ello que te invitamos a que adoptes el papel de un "detective de energía" en la próxima actividad, para ir tras la pista de los tipos de energía en diversos procesos que te rodean.



Figura 21.12. Central Termoeléctrica Josefa Camejo, ubicada en el estado Falcón, Venezuela.

Los combustibles fósiles: ¿Qué tan beneficiosos son?

La principal fuente de energía a nivel mundial radica en los combustibles fósiles derivados del petróleo. Ellos han permitido desarrollo, crecimiento, avances tecnológicos en nuestra sociedad; a través de la energía generada con ellos funcionan muchas industrias, se mueve el transporte: automóviles, aviones, barcos, así como también derivan muchos beneficios para las comunidades y los hogares.

A pesar de los beneficios que estos combustibles fósiles tienen en nuestra sociedad, también representan problemas, por ser **recursos no renovables**, es decir, una vez que se consumen no vuelven a generarse de nuevo; en consecuencia, se agotarán en un intervalo de tiempo debido a que ellos no son como los animales y plantas, que si los cuidamos y mantenemos pueden reproducirse.



También generan numerosos efectos negativos sobre el ambiente. Se afecta tanto a la calidad del aire como a la salud pública, además del agravante problema del calentamiento global que ha ocasionado derretimiento de grandes masas de hielo en las regiones polares, con la consecuencia de la elevación del nivel del mar. A futuro se prevé que se desertificarán enormes extensiones de tierra y se ampliarán las temporadas de sequía en zonas templadas, con los consecutivos efectos en las cadenas agroalimentarias.

En atención a esta situación, en Venezuela se ha implementado el uso racional y eficiente de la energía como política de Estado. Sin embargo, necesitamos un cambio cultural en todas las venezolanas y los venezolanos con respecto a la forma como utilizamos nuestros recursos. Reducir las emisiones de gases tóxicos y controlar la huella ecológica (indicador del impacto que ejercemos sobre el planeta) contribuirá con el ambiente. *¿Cómo puedes contribuir a reducir tu huella ecológica en tu hogar o escuela?*





Tras la pista de los tipos de energía

En tu hogar existen diversos aparatos eléctricos y como se ha venido aprendiendo en esta lectura, su funcionamiento implica diversas transformaciones de energía. Es por esto que te invitamos a reflexionar acerca de las transformaciones de energía que son necesarias para que puedas encender cualquier aparato eléctrico de tu hogar.

¿Qué necesitan?

- Cuaderno o una hoja en blanco y lápiz.

¿Cómo lo harán?

Indaguen los procesos de transformación que intervienen en la producción de la energía eléctrica que llega al hogar. Para ello los invitamos a responder las siguientes interrogantes:

- ¿De qué planta proviene la energía eléctrica que llega al hogar? ¿Qué fuente de energía emplea?
- ¿En qué otras formas de energía se transforma la energía eléctrica en los diversos equipos de tu casa?
- ¿Cuánta materia creen que se emplea para que uno de esos aparatos funcione una hora?

Indaguen sobre el uso de la energía en el hogar y reflexionen:

- ¿Cuánta energía se utiliza en el hogar en un día promedio? ¿Cómo pueden decidir si utilizaron más o menos energía de la necesaria?
- ¿Cuánta energía utilizan los diferentes electrodomésticos de la casa?

Compartan los resultados con otros grupos y reflexionen al respecto. Por último:

- ¿Por qué hay que utilizar menos energía, es decir, sólo la necesaria?
- ¿Qué hacen y qué podrían hacer para el uso eficiente y responsable de la energía?



¿Cómo dividir el agua en sus componentes más simples?

En esta actividad te invitamos a formar equipos cooperativos para realizar un experimento que nos permita separar el agua en oxígeno e hidrógeno. Recuerda que cada hidrógeno está unido a un oxígeno a través de un enlace químico, formando la molécula de agua (H_2O).

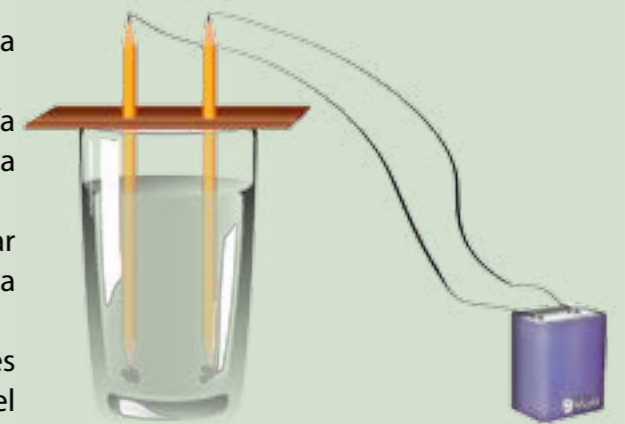
¿Qué necesitan?

- Dos lápices de grafito afilados.
- Una batería de 9 voltios.
- Un cable de 50 cm para una corriente de 15 amperios.
- Un recipiente con agua.
- Papel, tijera y cinta adhesiva.

¿Cómo lo harán?

Los invitamos a debatir sobre las siguientes interrogantes; ellas los guiarán a desarrollar la actividad experimental:

- ¿Qué tipo de reacción está involucrada en la descomposición del agua?
- ¿Cuál es la cantidad necesaria de energía para romper los enlaces de la molécula de agua?
- ¿Cuáles son los métodos para provocar la ruptura de los enlaces de una molécula de agua?
- ¿Cuáles son los medios materiales requeridos para recoger el oxígeno y el hidrógeno? ¿Cómo podemos identificar cada gas?



Para la descomposición de la molécula de agua se sugiere el método de la electrólisis; se pueden apoyar en esta imagen del montaje.

Planifiquen la actividad experimental, discútanla con su profesor o profesora y realícenla.

¿Cómo lo pueden explicar?

- ¿Qué reacción se lleva a cabo en este experimento? ¿Es una reacción exotérmica o endotérmica?, ¿qué evidencias tienen de la respuesta? Justifiquen sus respuestas en función de la energía.
- Representen a través de modelos de partículas el fenómeno estudiado, indicando las energías involucradas en la ruptura y formación de los enlaces.
- Relacionen el proceso de descomposición del agua (electrólisis) con algunas aplicaciones a nivel industrial, como los motores de hidrógeno.



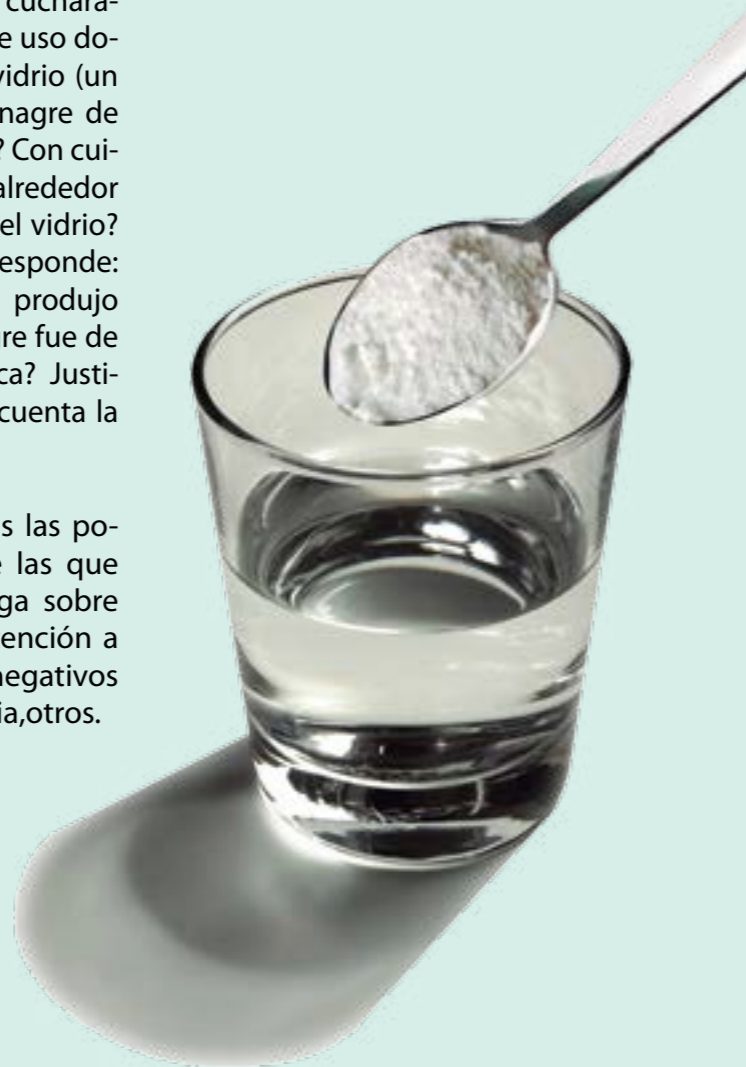
Actividades de autoevaluación

1. En nuestra vida cotidiana ocurren diversas transformaciones de energía química en energía térmica. Explica por lo menos tres procesos donde se pueda apreciar dicha transformación.

2. Existen diferentes fuentes alternativas de producción de energía que han sido abordadas en la lectura. De acuerdo a esto, selecciona una que no se haya mencionado en la lectura y que además se utilice en la actualidad. Explica el proceso de producción y transformación de energía realizada con ella mediante un esquema, mapa o representación gráfica.

3. Realiza una mezcla con unas cucharadas de bicarbonato de sodio de uso doméstico, en un recipiente de vidrio (un vaso o taza) que contenga vinagre de vino o de alcohol. ¿Qué ocurre? Con cuidado, toquen con sus manos alrededor del recipiente. ¿Cómo sienten el vidrio? De acuerdo con lo observado responde: ¿La reacción química que se produjo entre el bicarbonato y el vinagre fue de tipo exotérmica o endotérmica? Justifica la respuesta tomando en cuenta la información de la lectura.

4. Elabora una lista con todas las posibles fuentes de energía de las que dispone la humanidad. Indaga sobre cada una y compáralas en atención a su disponibilidad, efectos negativos de su uso, beneficios, eficiencia, otros.



5. Sabes que los combustibles fósiles son una de las principales fuentes energéticas para el planeta. Sin embargo, son un recurso no renovable que se agota en un período de tiempo determinado. De acuerdo con esto, elabora con tu grupo un proyecto que permita generar energía eléctrica en tu comunidad basada en fuentes alternativas y con una reducción del impacto sobre el ambiente.



6. Indaga sobre la cantidad de energía requerida en la producción de materiales y servicios como la potabilización y distribución de agua, procesamiento de leche, producción de harina de maíz...

7. Elabora un cuadro con las diversas reacciones químicas que estudiaste y clasifícalas en endotérmicas o exotérmicas, según sea el caso. Intenta ordenarlas según la cantidad de energía requerida o liberada.

A diario experimentas a través del sentido del tacto fenómenos relacionados con el calor y la temperatura. Por ejemplo, cuando tocas los objetos, ingieres alimentos o bebidas, te expones a la radiación solar, percibes el fuego, entre otras manifestaciones de estos fenómenos.

Las palabras calor, calentar o enfriar, caliente o frío, forman parte de nuestro vocabulario desde que estamos pequeños; las usamos en la descripción de situaciones del día a día, lo cual nos ha permitido construir algunas percepciones acerca de ellas. Sin embargo, el significado de estos términos en la ciencia no coincide exactamente con las ideas que nos hemos formado en lo cotidiano.

Desde la perspectiva de las Ciencias Naturales las ideas de calor y temperatura están asociadas a la idea de cambio en la materia, ¿qué debe estar pasando en el interior de la materia para que estos fenómenos ocurran? ¿Cuáles pueden ser los agentes causales de dichos cambios?

Con esta lectura podrás aproximarte al significado científico de los conceptos de calor y temperatura. Así mismo, conocemos cómo fueron cambiando en el tiempo. ¿cuál es el modelo que en la actualidad usa la ciencia para hacer referencia a ellos? ¿Cómo y con qué se miden? ¿Cuál es la diferencia entre ellos? ¿Qué relación tienen con el concepto de energía?



De los cuatro elementos al alcahestro, al calórico... a la energía

Un ejemplo importante lo constituye la energía proveniente de la radiación solar. Desde tiempos remotos el ser humano han usado esta fuente de energía natural para calentar e iluminar el espacio y las superficies que reciben las radiaciones, incluso usó esta energía para secar las maderas.

Además, se dio cuenta que esta energía era factor necesario para hacer crecer las plantas y la comenzó a realizar una actividad de suma importancia en todas la épocas de la humanidad: la agricultura. Hoy sabemos que estas radiaciones dan origen a la energía química en los vegetales y a la formación de materiales vitales para el desarrollo como el carbón, el petróleo y el gas natural.

En esa evolución la humanidad descubrió cómo producir el fuego, que luego usó para calentarse por las noches en las épocas de invierno y cocinar los productos de la caza y de la pesca. En la actualidad, esa sensación sutil para nuestro sentido del tacto la experimentamos cuando en épocas de frío tenemos la oportunidad de calentarnos con el fuego de una fogata; es tan amena, que si estamos en grupo todos se acercan al “calor” que produce el fuego, y a menudo hay algún amigo o familiar que cuenta historias interesantes, para hacer de la velada una experiencia inolvidable.

De esta manera, la práctica de **calentarnos** con el fuego de una fogata es quizás la manifestación más elemental del “calor” y fue motivo de interés en épocas remotas que saltan hacia atrás en los tiempos de **Heráclito** en el 540 a.n.e. Este sabio sostenía que el fuego era el origen primordial de la materia y que el mundo entero se encontraba en un estado constante de cambio, declarando así al fuego como la sustancia primordial. Colocaba a lo caliente y a lo frío como estados comunes de la materia; el llamaba a lo frío **condensado** o **comprimido**, y a lo **caliente, raro** o **laxo**.



Figura 22.1. Los atomistas griegos consideraban al fuego constituido por partículas pequeñas, ligeras y sutiles, que tenían a su vez una enorme movilidad para penetrar en la materia líquida, sólida o gaseosa. Esta sustancia, “fuego”, era indestructible e inmaterial y fue denominada posteriormente “calórico”.

Entre los años 384 y 382 antes de nuestra era, **Aristóteles**, otro gran sabio griego, a las cualidades ya conocidas de caliente y frío agregó dos más: lo húmedo y lo seco. Así, los cuatro elementos terrenales básicos quedaron constituidos de la siguiente forma: el fuego es cálido y seco, el aire es cálido y húmedo, la tierra es fría y seca, y el agua es fría y húmeda. Si te fijas con detenimiento, estas cualidades son aún usadas en nuestro lenguaje cotidiano, a pesar de que en la ciencia, como veremos más adelante, se emplean de manera diferente.

Estas ideas fueron cambiando a medida que la ciencia mejoraba los modelos de la naturaleza y entre 1577 y 1644 el cambio de los conceptos de caliente y frío fue radical. **Van Helmont** en 1620, al realizar observaciones acerca de la calcinación del carbón y el azufre, encuentra una contradicción entre la idea de los cuatro elementos y la experiencia, pues el fuego no podía ser un elemento ya que era un factor de transformación de las reacciones químicas, y lo denominó **alcahesto**, pero permanece la idea de que era algo semejante a un fluido.

En 1776 **Lavoisier** elaboró un modelo de los gases, en el cual introducía un nuevo concepto que llamó el **calórico**; de forma paralela surgía otro concepto denominado **temperatura**, con lo cual se empezaron a construir los primeros termómetros para medir la **frialdad** de las cosas. En esa época la frialdad estaba relacionada con aquellos cuerpos que contenían poco calórico y, al introducir más de este fluido al cuerpo, éste se calentaba hasta que finalmente el calórico se

desbordaba y fluía en todas las direcciones. Ésta era la razón por la cual la **calidez** de un objeto al rojo vivo se dejaba sentir a gran distancia; la radiación del Sol por ejemplo, se notaba a 150 millones de kilómetros. Todo cuerpo que tuviera más calórico **contenía** mayor **temperatura**. Con este concepto fueron tomando forma otros conceptos que usamos en la actualidad como la **dilatación** y la **contracción térmica**.

En la actualidad los conceptos de **calor** y **temperatura**, tras haber pasado por tantos cambios, tienen un significado que los relaciona directamente con el concepto de energía. Desde la teoría mecánica del calor, la mecánica estadística y la termodinámica, estos conceptos tienen una identidad propia que se relaciona directamente con la energía cinética o de movimiento de las moléculas que constituyen los cuerpos. De ahora en adelante tomaremos este modelo, con el fin de tratar a estos conceptos del modo más cercano posible al conocimiento que actualmente maneja la ciencia.

Para saber más...

Hace casi 2.000 años que el griego Herón construyó un prototipo de máquina térmica que llamó "bola de viento". Ésta usaba como fuente caliente el fuego producido al quemarse la leña. Encima tenía un depósito sellado con agua que se calentaba y evaporaba. El vapor subía por unos tubos a una esfera y salía por dos tubos doblados haciendo que rotaran.



A mayor energía mayor temperatura

A diario experimentamos fenómenos como los siguientes:

- Cuando la luz solar del mediodía incide directamente en una reja de hierro podría ser difícil abrirla, y si la tocamos sentimos que está muy caliente.
- Cuando calentamos el agua, vemos que después de un rato ésta comienza a evaporarse.
- Si dejamos en el congelador una botella de vidrio con agua, es posible que se rompa.

Todos estos fenómenos se relacionan con el concepto de **temperatura**, que, desde la visión macroscópica es una propiedad intensiva de los cuerpos, es decir, no depende de la cantidad de materia. Es decir, si medimos la temperatura de 1 litro de agua, al separar este volumen en varias partes y medir la temperatura de cada una, el volumen es diferente pero la temperatura es la misma, además es susceptible de ser medida con aparatos calibrados denominados termómetros.

Desde el punto de vista microscópico, el modelo de partículas propone que la materia está formada en su interior por átomos y moléculas que están en constante movimiento, es decir, cada una tiene cierta energía cinética; el promedio de la energía cinética de todas esas partículas se manifiesta macroscópicamente en todo el cuerpo en una magnitud que llamamos **temperatura**. Esta forma de entender lo que sucede al interior de la materia nos permite explicar muchos fenómenos como los que mencionamos anteriormente: el porqué la reja aumenta su tamaño (**dilatación**), el porqué el agua se evapora (cambios de estado de la materia), y el porqué un frasco de vidrio lleno de líquido y cerrado se rompe en el congelador (expansión molecular).

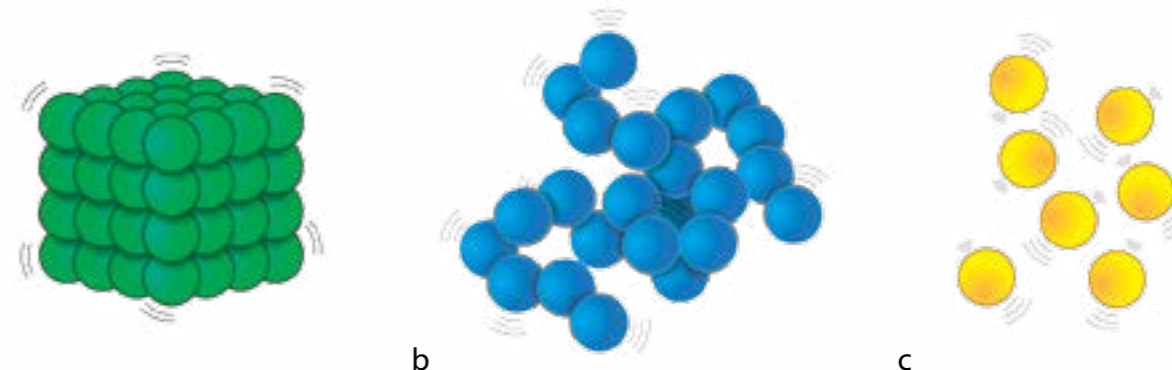


Figura 22.2. Modelo de partículas para el estado: sólido (a), líquido (b) y gas (c). Para todos los estados de la materia: las partículas se atraen entre sí mediante fuerzas eléctricas (en los sólidos más fuertes que en los líquidos y en éstos más que en los gases); si la materia recibe energía aumenta su energía cinética promedio, esto aumenta la temperatura.

Si aumenta la temperatura, aumentan las dimensiones

Al fenómeno de aumento de tamaño de la reja con el aumento de su temperatura lo conocemos como **dilatación**. Es un hecho muy conocido que las dimensiones de los cuerpos aumentan cuando se eleva su temperatura. Salvo algunas excepciones (materiales hechos de polímeros), toda la materia independientemente de su estado sólido, líquido o gaseoso, se dilata cuando aumenta su temperatura.

Considera la representación de la figura 22.2. Si analizas la estructura interna de un sólido, notarás que las partículas que constituyen al sólido se encuentran distribuidas ordenadamente, lo cual origina una estructura denominada **red cristalina**. La unión de tales partículas (átomos) se logra por medio de fuerzas de naturaleza eléctrica que unen a unas partículas con otras. Además, a una temperatura dada estas partículas están en constante vibración respecto de una posición media de equilibrio.

Cuando aumenta la temperatura del sólido se produce un **incremento en la agitación de sus partículas**, haciendo que al vibrar se alejen más de la posición de equilibrio. De esta forma la fuerza que se manifiesta entre las partículas es tal, que la distancia media entre ellas se vuelve mayor, ocasionando **la dilatación** del sólido. A continuación te mostramos las formas en que se puede presentar dicha dilatación.

Dilatación lineal

En la **dilatación lineal** predomina **la variación en una (1) dimensión** de un cuerpo, en este caso: *la longitud*. Por ejemplo, en la dilatación en hilos o barras de cierta longitud inicial L_i se produce un incremento de longitud ΔL , que es proporcional a la longitud inicial L_i y al incremento en la temperatura ΔT . Esto se representa de forma simbólica como: $\Delta L = \alpha \cdot L_i \cdot \Delta T$. La letra griega α (alfa) funciona en la expresión como un coeficiente de proporcionalidad y se denomina **coeficiente de dilatación lineal**.

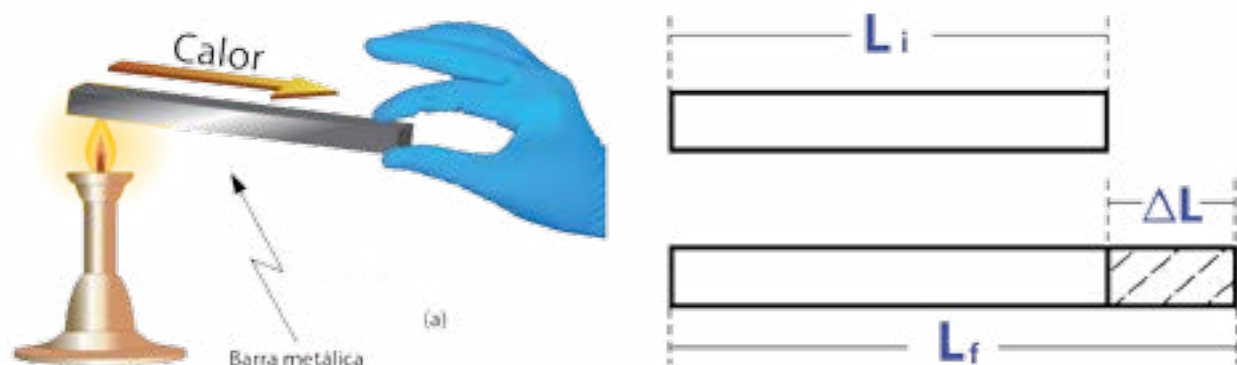


Figura 22.3. La barra metálica al calentarse se dilata, su longitud aumenta: ΔL .

| Coeficiente de dilatación lineal | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| Material | α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) |
| Zinc | 25×10^{-6} |
| Aluminio | 23×10^{-6} |
| Cobre | 17×10^{-6} |
| Vidrio común | 9.0×10^{-6} |
| Vidrio "pyrex" | 3.2×10^{-6} |
| Acero | 11×10^{-6} |
| Diamante | 0.9×10^{-6} |

Tabla 22.1. Coeficiente de dilatación lineal de algunas sustancias sólidas.

Para entender por qué el coeficiente de dilatación lineal difiere según los materiales, recordemos que las fuerzas que unen a las partículas varían de un material a otro, haciendo que se dilaten de distinta manera.

Este coeficiente ha sido determinado para distintos materiales, midiendo la relación que existe entre los valores de L_i , ΔL , ΔT . Algunos de sus valores se presentan en la siguiente tabla. Por la relación $\Delta L = \alpha L_i \Delta T$ podemos interpretar estos valores; veamos que la unidad de medida es el inverso de una unidad de temperatura $\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$.

Así, para el cobre $\alpha = 17 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$, lo que significa que una barra de cobre de 1 cm, 1 m, 1 km, ... aumenta 17×10^{-6} cm (o m, km) cuando su temperatura se eleva en 1°C . Recuerda que $\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ se puede expresar también $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Dilatación superficial

En el estudio de la **dilatación superficial**, es decir, el aumento del área de un objeto producido por una variación de temperatura, se observan cambios que siguen un comportamiento muy similar a la dilatación lineal. Considera una placa de área inicial S_i ; al elevar su temperatura en ΔT el área sufre una dilatación ΔS . La representación simbólica matemática del modelo que describe este comportamiento de la materia es: $\Delta S = \beta S_i \Delta T$.

El coeficiente β (beta) se denomina coeficiente de dilatación superficial. Su valor también depende del material del que esté hecha la placa pero no es necesario elaborar tablas con valores de β , pues se demuestra que, por lo general, para un material determinado se tiene: $\beta = 2\alpha$. Si deseamos saber, por ejemplo, el valor de β para el acero, consultamos la tabla de los coeficientes lineales α , y obtenemos:

$$\beta = 2\alpha = 2 \times 11 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1}) = 22 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

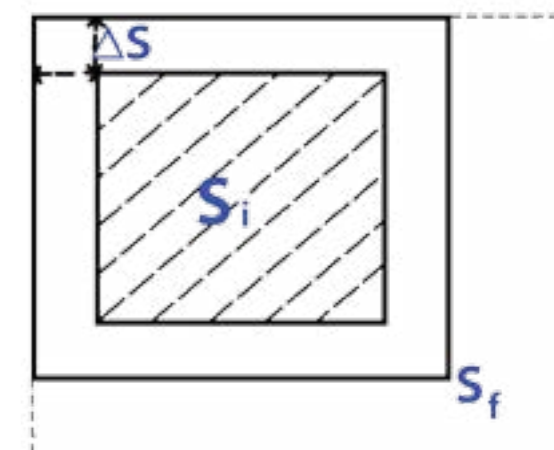


Figura 22.4. Dilatación superficial de una placa cuadrada: su superficie pasa de S_i a S_f .

Dilatación volumétrica

De manera idéntica comprobamos que la dilatación volumétrica, es decir, la variación del volumen de un cuerpo con un aumento ΔT de la temperatura sigue el mismo comportamiento que la lineal y la superficial. Por tanto, si un cuerpo de volumen inicial V_i tiene un aumento en la temperatura ΔT , su volumen se incrementa $\Delta V = V_f - V_i$. Así se sigue el mismo modelo que se expresa en su forma simbólica matemática como: $\Delta V = \gamma V_i \Delta T$. El coeficiente γ (gamma) se denomina **coeficiente de dilatación volumétrica** y, por lo general, para un material se puede demostrar que $\gamma = 3\alpha$.

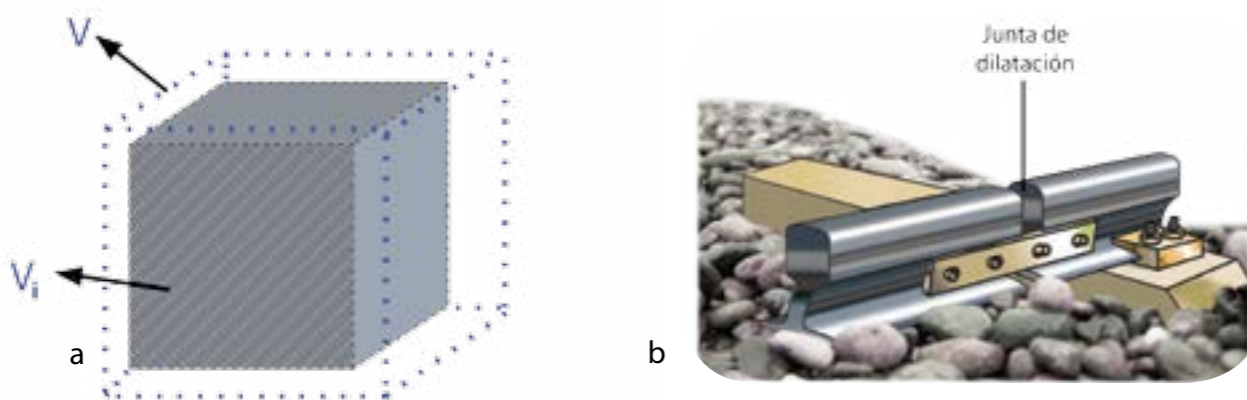


Figura 22.5. (a) Representación de un cuerpo de volumen inicial V_o el cual sufre una variación $\Delta V = V - V_o$ en su volumen. (b) La vía del tren que está hacia los Valles del Tuy, estado Miranda, está constituida por carriles entre los que se deja una separación (junta de dilatación) que permite su expansión y evita que las vías se levanten al aumentar la temperatura.

En el caso de los líquidos, éstos también se dilatan mostrando un comportamiento muy similar al de los sólidos. Únicamente debes tomar en cuenta que como los líquidos no tienen forma propia, sino que adoptan la forma del recipiente que los contiene, el estudio de sus dilataciones lineal y superficial no es importante.

Fundamentalmente, lo que interesa es el conocimiento de su dilatación volumétrica; por ello, en el caso de los líquidos únicamente se tabulan sus coeficientes de dilatación volumétrica γ . En la tabla 22.2 tienes valores de este coeficiente de dilatación volumétrica para diversos materiales líquidos.

| Coeficiente de dilatación volumétrica | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Material | γ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) |
| Alcohol | $1,1 \times 10^{-3}$ |
| Disulfuro de Carbono | $1,2 \times 10^{-3}$ |
| Glicerina | $5,1 \times 10^{-4}$ |
| Mercurio | $0,18 \times 10^{-3}$ |
| Petróleo | 9×10^{-4} |

Para saber más...
 Algunas sustancias, en determinados intervalos de temperatura, **disminuyen** de volumen cuando su temperatura se eleva. El agua es un ejemplo, cuando su temperatura aumenta entre los 0°C y 4°C su volumen disminuye. Por encima de los 4°C se dilata normalmente.

Tabla 22.2. Coeficiente de dilatación volumétrica de algunos líquidos.



¡Cuidado al calentar el frasco de mercurio!

Problema: Un frasco de vidrio, cuyo volumen es exactamente 1.000 cm^3 a 0°C , está completamente lleno de mercurio. Cuando el conjunto se calienta hasta 100°C se derrama un volumen de $15,0 \text{ cm}^3$ de mercurio. ¿Cuál fue la dilatación real del mercurio?

Según lo que leíste, la dilatación volumétrica del mercurio (líquido) se representa por el siguiente modelo: $\Delta V_{\text{Hg}} = \gamma_{\text{Hg}} V_i \Delta T$.

En este caso, el volumen inicial es de 1.000 cm^3 y el aumento de temperatura vale $\Delta T = 100^{\circ}\text{C}$. El coeficiente γ del mercurio, según la tabla 22.2, es: $0,18 \times 10^{-3} (^{\circ}\text{C}^{-1})$. Luego entonces:

$$\Delta V_{\text{Hg}} = 0,18 \times 10^{-3} (^{\circ}\text{C}^{-1}) \times 1.000 \text{ cm}^3 \times 100^{\circ}\text{C} = 18 \text{ cm}^3.$$

Éste es el valor del volumen de mercurio derramado.

¡Advertencia! El mercurio es una sustancia tóxica y estos aspectos relacionados con su dilatación se deben tomar en cuenta para evitar derrames.

La temperatura: su control es importante en la vida cotidiana

La medición y el control de la temperatura en la actualidad constituyen medidas de seguridad muy importantes. En la industria, laboratorios científicos, medicina y aun en tu propia casa, constantemente se emplean termómetros para medir y controlar la temperatura de una gran variedad de objetos y en las más diversas circunstancias.

Fíjate que el fenómeno de la dilatación está relacionado de manera directa con el cambio de temperatura que experimentan los objetos. Un ejemplo de aplicación de este fenómeno a la industria es el diseño de termómetros.

Los termómetros se construyen considerando que alguna propiedad cambie con el aumento o disminución de la temperatura; a esta propiedad se le llama termométrica. Entre las más comunes están: el volumen, la presión, el voltaje y el color.

Aunque muchos son los tipos de termómetros, el más conocido, aunque en desuso, es el **termómetro corporal de mercurio**, en estos la propiedad termométrica que cambia con la temperatura es el volumen. Su diseño consiste en un depósito de vidrio o bulbo, en comunicación con una varilla hueca muy delgada (capilar) del mismo material. El mercurio llena el bulbo y parte del capilar, y al aumentar la temperatura experimenta una dilatación en su volumen, que se evidencia al subir por el tubo capilar.

Te habrás dado cuenta de que si mides tu temperatura corporal, después de un rato la columna de mercurio alcanza una cierta altura y se estabiliza; esto ocurre porque entre tu cuerpo y el mercurio se ha alcanzado un estado de **equilibrio térmico**, es decir, un estado físico en donde ambos sistemas (el mercurio y el cuerpo) alcanzan la misma temperatura.

La escala que usamos en este tipo de termómetro es la *escala centígrada*, que se establece tomando dos puntos fijos de referencia, el cero y el cien. La diferencia entre ambas temperaturas se divide en cien partes iguales, denominadas *divisiones de la escala* del termómetro. Cada división equivale a un grado centígrado o grado Celsius ($^{\circ}\text{C}$) en honor a su inventor.

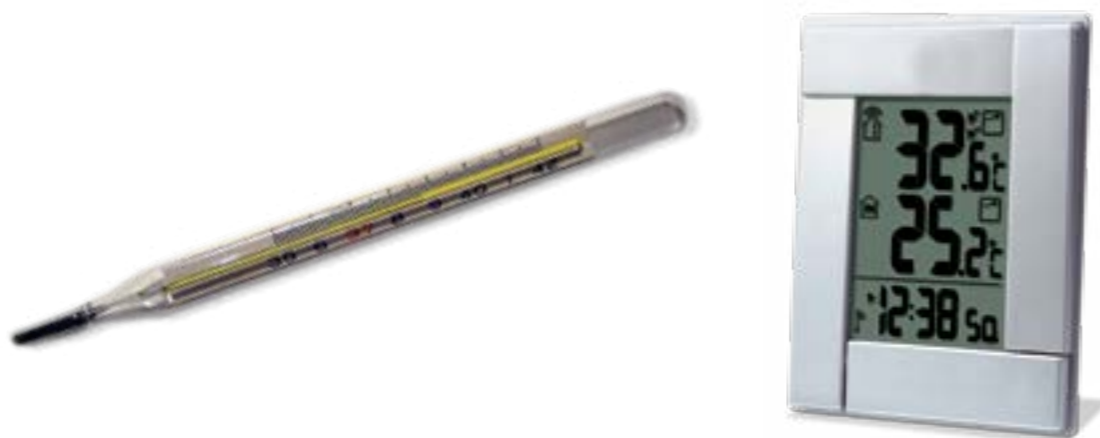


Figura 22.6. Dos tipos de termómetros: corporal de mercurio (izquierda); ambiental digital (derecha).

Como el volumen del mercurio varía al cambiar la temperatura, la columna de mercurio que llena parte del capilar alcanzará una altura mayor o menor, según sea la temperatura. Para la medida de temperaturas ligeramente inferiores a 0°C o superiores a 100°C , se continúan trazando divisiones del mismo tamaño en la escala. La temperatura que marca el termómetro debe leerse alineando en dirección horizontal nuestros ojos con el extremo de la columna de mercurio (figura 22.7).

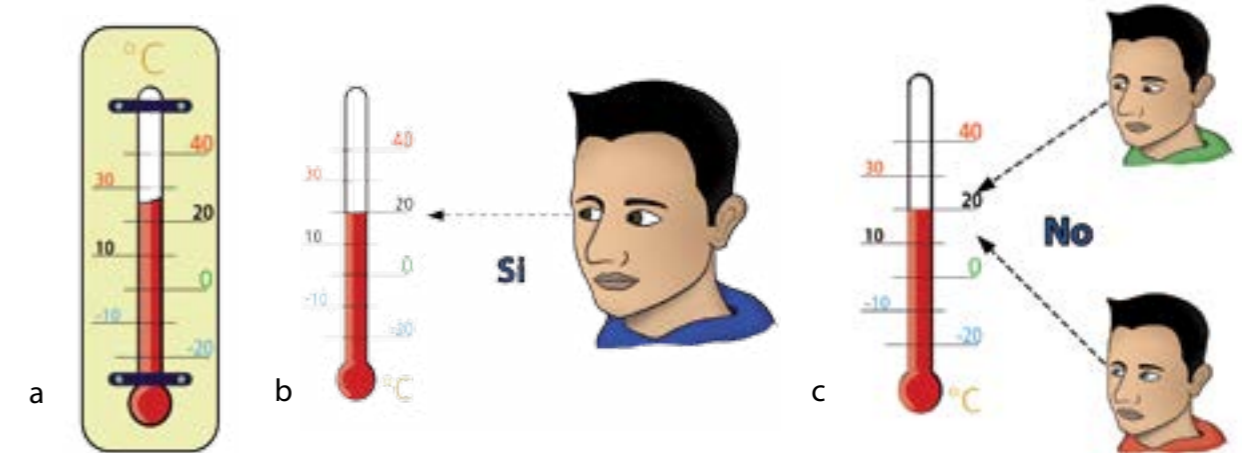


Figura 22.7. a) Termómetro de mercurio en $^{\circ}\text{C}$. b) Posición correcta para hacer la medida de temperatura en el termómetro. c) Procedimientos de medida que producen datos no confiables.

En el ámbito científico la unidad de medida para la temperatura adoptada por el (Sistema Internacional) es el Kelvin, pero se aceptan otras unidades como el $^{\circ}\text{C}$ o el $^{\circ}\text{F}$.

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud física | Símbolo | Unidades en el Sistema Internacional (SI) | Equivalencia entre unidades |
|------------------------------|-------------------------|---------|---|--|
| Temperatura | Escalar | T | kelvin (K) | $0\text{ K} = -273^{\circ}\text{C}$ $1\text{ K} = -272^{\circ}\text{C}$ $273\text{ K} = 0^{\circ}\text{C}$ $373\text{ K} = 100^{\circ}\text{C}$ |

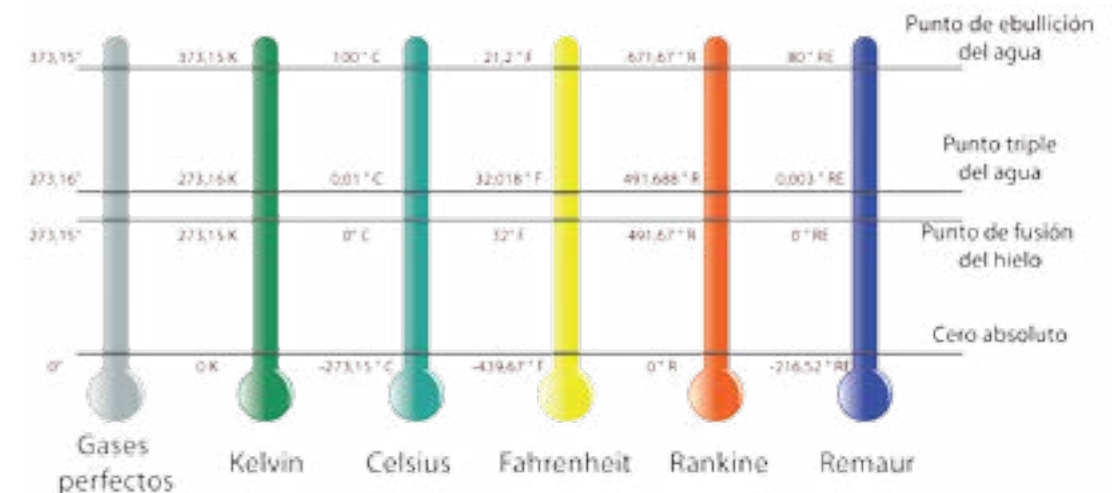


Figura 22.8. Distintas escalas de temperaturas usadas y sus equivalencias. Algunos productos electrónicos importados, recetas para preparar alimentos, termómetros, están en otras unidades; por eso la importancia de conocer otras escalas.

Los termómetros los usamos para medir la temperatura de los objetos y de los seres vivos. Estas mediciones son útiles porque nos permiten diferenciar los cuerpos “calientes” (que nos parece que están a mayor temperatura que nuestro cuerpo) de los cuerpos “fríos” (que nos parece que están a menor temperatura que nuestro cuerpo).

Si alguien tiene fiebre y nos basamos sólo en la percepción que experimentamos al tocar con la mano su frente, esta percepción tendría poca precisión, por lo que correríamos el peligro de que la fiebre pudiera aumentar hasta llegar a ser dañina para la salud de la persona. Resulta más adecuado conocer con cierta precisión la temperatura que alcanza nuestro cuerpo cuando tenemos fiebre, midiéndola con un termómetro; si está por encima de 37°C (grados centígrados), tenemos que tomar las indicaciones médicas más adecuadas para controlarla.



Figura 22.9. a) Medición de la temperatura con un termómetro digital, cuya propiedad termométrica es el voltaje. b) La propiedad termométrica del termómetro de mercurio es el volumen.

En diversas situaciones son usados otros tipos de termómetros; por ejemplo, para el control de altas y bajas temperaturas en los laboratorios de investigación científica, el control de temperaturas en las actividades industriales como la agrícola, aeronáutica, automotriz; la calefacción, refrigeración, aire acondicionado, metalurgia, entre otras. Prácticamente para cada área encontramos un tipo de termómetro que se adapta a las necesidades de la actividad. Entre los que podemos encontrar están:

- **Termómetros de gases.** Se basan en la variación de la presión y del volumen de los gases, y se utilizan en medidas de alta precisión que van desde los -263 °C hasta 1.000 °C.

- **Termómetros de resistencia eléctrica.** Ofrecen una alta precisión; los más comunes usan una resistencia de platino. Son los más recomendados para medir temperaturas muy bajas entre 0,2 K y 50 K.

- **Termómetros de termopar.** Son de los más importantes en la actualidad, de uso muy frecuente en la industria para registros continuos y control de temperatura. Se basan en la medida del voltaje generado en las uniones de cables metálicos de naturaleza diferente, el cual depende de las temperaturas de las uniones.

Para saber más...

La capa exterior visible del Sol se llama fotosfera y tiene una temperatura cercana a 6.000 °C; es por esto que el Sol es amarillo. Si su superficie fuera más caliente, se vería más roja, y si fuera más fría se vería más azul.

- **Termómetros de radiación.** Se basan en contrastar el color del cuerpo con el de un alambre caliente. Se utilizan, principalmente, para medir temperaturas muy altas y ofrecen la ventaja de medir a distancia, sin contacto del termómetro. Con ellos se pueden medir temperaturas de gases ionizados, como por ejemplo la de una estrella.

- **Termómetro magnético.** Se sustentan en la medición de las propiedades magnéticas de determinados materiales que varían con la temperatura. Los termómetros de este tipo se utilizan, sobre todo, para medir temperaturas inferiores a 1 K.

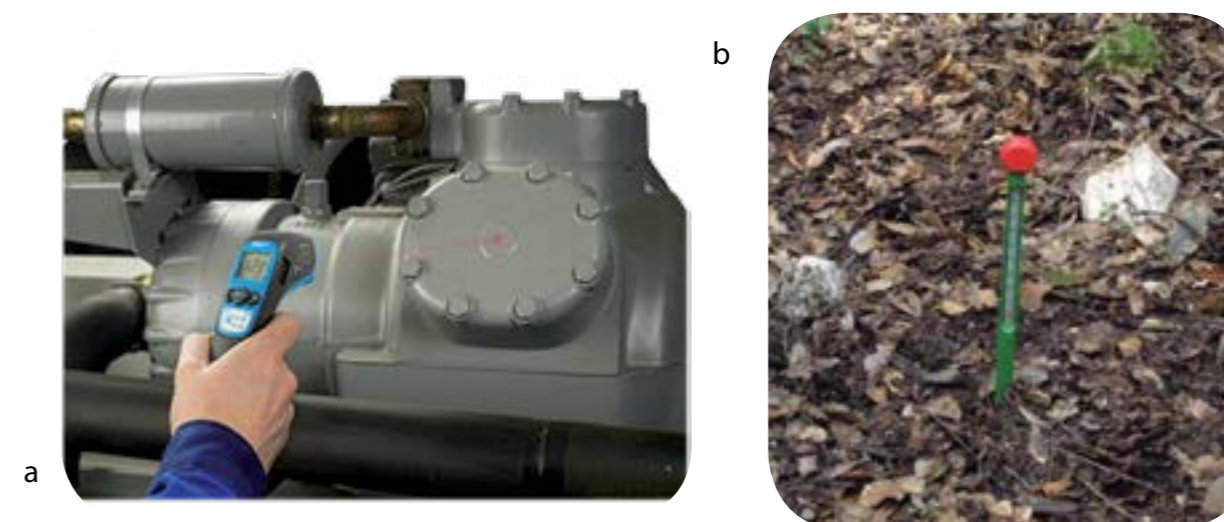
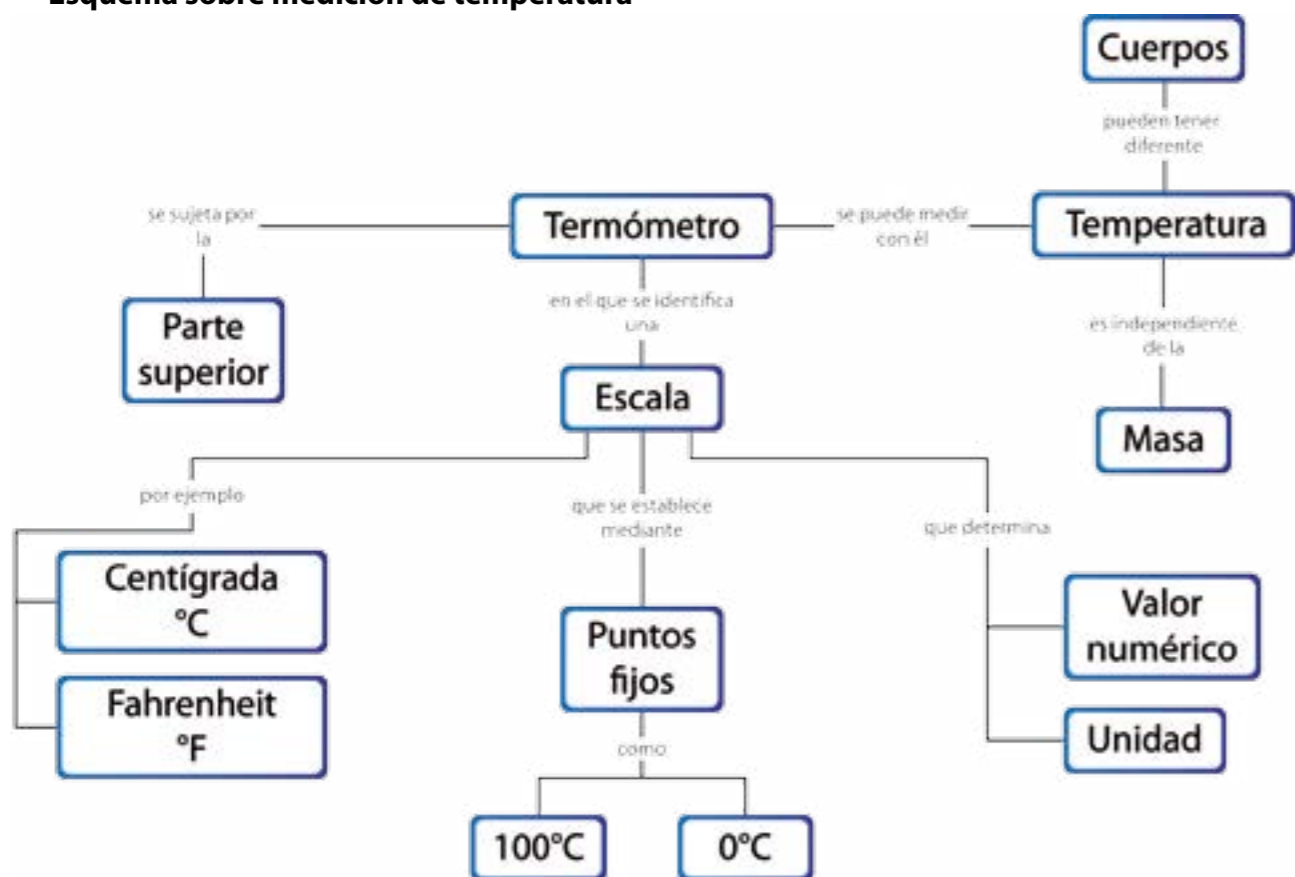


Figura 22.10. Diversos termómetros (a) para medir temperatura de máquinas en funcionamiento, (b) temperatura del suelo para actividades agrícolas o de conservación, (c) en la preparación de alimentos.

Esquema sobre medición de temperatura



El calor: no es un fluido ni una forma de energía... es un proceso

En épocas de frío la mayoría de las personas usan un abrigo. En cierto momento es posible que te hayas preguntado: el abrigo me quita el frío, ¿será que contiene calor? Es muy común en nuestro vocabulario decir "tengo calor", y expresiones como ésta nos hacen pensar que los "cuerpos tienen calor". Si esto fuera así, el calor sería una propiedad física de los cuerpos. Entonces qué es lo adecuado decir desde las ideas de la ciencia, ¿Hace calor o tengo calor?

Existe una predisposición a pensar que el **calor** es algo sustancial, una especie de fluido, una sensación o una forma de energía incluso llegamos a suponer que podemos **meter calor a los cuerpos** o que los cuerpos contienen calor. La frase "tengo calor" es un ejemplo de ello.

A diferencia de la temperatura, la energía, el volumen, la cantidad de materia, la presión, la velocidad, la aceleración, la carga eléctrica o el número de moles, **el calor no es una propiedad de los cuerpos**. Aunque tenga una íntima relación con la energía, no es energía ni una forma de ella; **se considera calor a una transferencia de energía entre dos cuerpos, o entre un cuerpo y su entorno debido a una diferencia de temperatura entre ellos**.



Figura 22.11. El recipiente con agua inicialmente está a una temperatura mayor que el entorno, por lo que hay una transferencia de energía (calor) desde él hacia el exterior; al cabo de un tiempo su temperatura es igual a la ambiental. En el entorno no se percibe el aumento de la temperatura por tener un volumen muy grande comparado con el del recipiente.

Comúnmente, en el lenguaje científico se usa la expresión: **el calor es un mecanismo de transferencia de energía, es energía en tránsito**. Ambas expresiones son adecuadas porque en ellas se considera que el calor es un proceso asociado al trabajo promedio, realizado por un agente externo para variar la energía interna de la materia; al igual que el trabajo (concepto que ya estudiaste) es una forma de transferir energía a los cuerpos. Los cuerpos no contienen calor ni trabajo, por lo que la "frase tengo calor" no expresa el significado que en ideas actuales de la ciencia se le da; por el contrario, está asociada a las ideas antiguas, pero que prevalecen en el lenguaje cotidiano.

El trabajo es una transferencia de energía debida a la acción de fuerzas desde el punto de vista macroscópico. Cuando cuerpos de temperatura diferente se ponen en contacto, las colisiones entre sus moléculas provocan una transferencia de energía desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor; el calor es el trabajo promedio realizado desde el punto de vista molecular (por eso se considera un proceso).

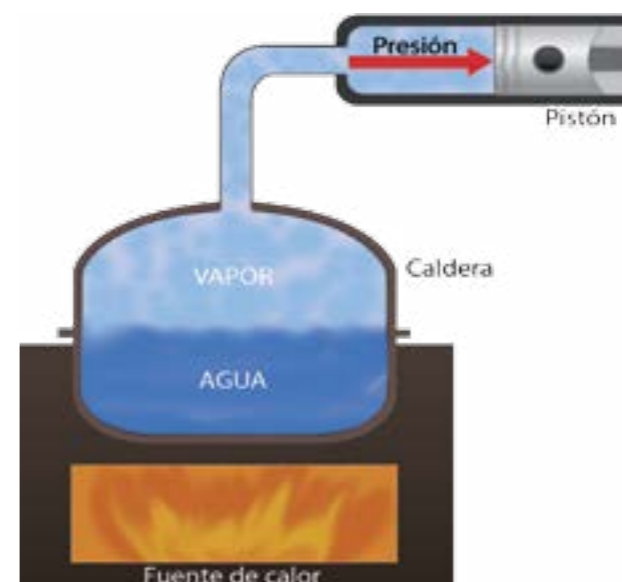


Figura 22.12. En la figura se observa que una fuente de calor transfiere energía al agua, la cual aumenta su temperatura hasta que se calienta en el depósito y se evapora. Este vapor viaja por la tubería empujando el pistón al recibirla fuerza que realiza trabajo sobre él. El pistón pone en movimiento al cilindro por medio de un cambio de la energía cinética del mismo. Vemos que en este proceso los conceptos de calor, temperatura, trabajo y energía se relacionan para poder dar una descripción científica del funcionamiento de la máquina.

Transferencia de energía mediante el proceso de calor

Entre los fenómenos que están relacionados con este proceso de transferencia de energía se encuentran la **conducción**, la **convección** y la **radiación**. Hay que tener cuidado al hablar de éstos porque los tres son **fenómenos de transferencia de energía mediante el proceso denominado calor**.

Supón que sostienes una barra metálica por uno de sus extremos y que pones el otro extremo en contacto con una llama, por ejemplo, la de la cocina de tu casa. Las partículas (átomos) del extremo calentado por la llama adquieren una mayor energía de agitación debido al calentamiento, el cual provoca un aumento de la temperatura en la barra. Parte de esta energía se transfiere a las partículas de la región más próxima a dicho extremo y entonces la temperatura de esta región también aumenta. Este proceso se trasmite a lo largo de la barra y después de cierto tiempo percibirás una elevación de la temperatura en el extremo por donde lo sostienes. Este proceso de transmisión de energía se denomina **conducción**.

Otro fenómeno que está relacionado con la transferencia de energía por el calor es el que está asociado a la **convección**. Imagina que colocas en la llama de la cocina de tu casa una olla con agua: a la capa de agua del fondo le es transferida energía por conducción, por consiguiente, la energía interna aumenta y el volumen de esta capa aumenta, pero su densidad disminuye, haciendo que se desplace hacia la parte superior del recipiente para ser reemplazada por agua más fría y densa, proveniente de la región superior. ¿Has observado este movimiento en el agua cuando está calentándose?

El proceso continúa con una circulación continua de masas de agua más caliente hacia arriba, y de masas de agua más fría hacia abajo, movimiento que se denomina **corriente de convección**. Este mismo modelo se puede usar para otros fluidos como los gases, por ejemplo, en el aire que está en nuestro entorno.

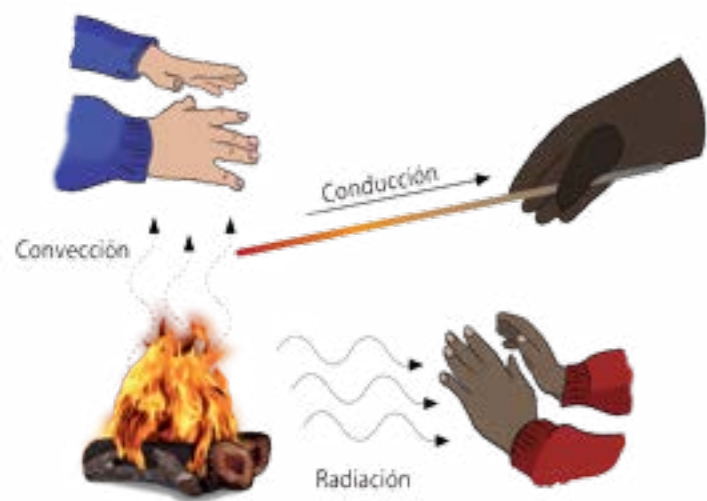


Figura 22.13. En esta situación hay tres fenómenos de transferencia de energía: conducción a través de la barra, convección por las masas de aire y radiación desde la fogata.

Ahora imagina lo siguiente: tienes una lámpara eléctrica dentro de una campana de vidrio y sacas el aire de su interior, tal que se haya hecho un vacío. ¿Qué crees que sucederá? Si colocas un termómetro ambiental próximo a la campana, indicará una elevación de la temperatura, mostrando que existe una transferencia de energía a través de la campana. Esta transmisión no pudo haberse efectuado por conducción ni por convección, ya que estos procesos ameritan de un medio material a través del cual se pueda transferir la energía. En este caso, la transferencia de energía se lleva a cabo mediante el proceso denominado **radiación térmica**.

Todos los cuerpos calientes emiten radiación térmica y cuando ésta incide en otros objetos provoca en ellos un aumento de su energía interna, produciéndose un aumento de su temperatura. Estas radiaciones, así como las ondas de radio, la luz visible, los rayos X, entre otras, son ondas electromagnéticas capaces de propagarse en el vacío a la velocidad de la luz, y transportan energía mas no materia.

De manera general, cuando una persona está cerca de un cuerpo caliente la transferencia de energía por el calor como proceso llega hasta ella de las tres formas: conducción, convección y radiación, como se muestra en la figura 22.13. Tanto mayor sea la temperatura del objeto emisor o fuente, mayor será la energía transferida hacia otros objetos, como sucede cuando te acercas a un horno o a una fogata.

Cómo obtener la cantidad de energía transferida

Intuitivamente se sabe que cuanto mayor sea la energía Q transferida a un cuerpo, mayor será su variación de temperatura ΔT ; esto se expresa en la siguiente expresión: $Q = m c \Delta T$

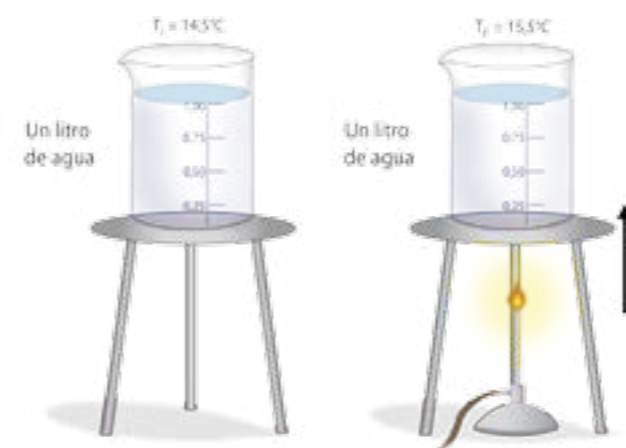


Figura 22.14. Una caloría es la cantidad de calor que se necesita para elevar en 1°C la temperatura de 1 g de agua. Y una kilocaloría (o $k\text{ Cal}$) es la que se necesita para elevar en 1°C la temperatura de 1kg de agua.

Si observas esta expresión con detenimiento, verás que ella representa de forma muy aproximada los fenómenos que vives a diario. Por ejemplo, la energía transferida del cuerpo hacia el exterior o del exterior hacia el cuerpo depende directamente de la masa (m), es decir, si calientas una olla con 5 litros de agua y otra con 2 litros, la cantidad de energía que necesitarás para cambiar la temperatura (ΔT) en la de 5 litros será mayor.

La constante c en la expresión es una propiedad de naturaleza física de los cuerpos denominada **calor específico**, y es como una especie de **resistencia que éstos presentan a cambiar su temperatura**. Por ejemplo, para dos cantidades iguales de aceite y agua podrás comprobar que para calentar el agua se necesita transferir mayor cantidad de energía que para el aceite. Es decir, el aceite presenta menor resistencia a sufrir cambios en su temperatura. Algunos de estos valores están en la tabla 22.3.

| Calores específicos | |
|---------------------|----------------------------|
| Materia o sustancia | cal / g $^{\circ}\text{C}$ |
| Agua | 1,00 |
| Aluminio | 0,55 |
| Vidrio | 0,20 |
| Mercurio | 0,033 |
| Plomo | 0,031 |

Tabla 22.3. Calores específicos de algunas sustancias.

Analizando la tabla puedes ver que el calor específico del agua es mucho mayor que los calores específicos de los otros materiales y sustancias. Esto significa que el agua es la sustancia que presenta mayor oposición a cambiar su temperatura cuando se le transfiere energía, pero también por esta razón es que el agua se enfría más lentamente que otras sustancias. Fíjate que el mercurio tiene un calor específico muy bajo; esto significa que su temperatura varía con facilidad al calentarse y por tal razón se utiliza en la construcción de termómetros. Imagínate un termómetro cuya sustancia termométrica sea el agua, el tiempo de espera para registrar una variación de la temperatura sería muy largo y por supuesto, muy poco funcional.

El calor se expresa en las siguientes unidades:

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud física | Símbolo | Unidades en el Sistema Internacional (SI) | Equivalencia entre unidades |
|------------------------------|-------------------------|---------|---|-----------------------------|
| Calor | Escalar | Q | Joule (J) | 1 cal = 4,18 J |

Observa en el cuadro que el calor tiene una equivalencia que ya habías estudiado; las calorías también se pueden medir en joules. Esto no es una casualidad; si recuerdas el calor es un mecanismo de transferencia de energía, por lo tanto, dada esta relación entre calor y energía es normal que el calor se pueda medir en unidades de energía. Esta equivalencia se la debemos al gran científico británico James Prescott Joule en 1840. También se le debe una contribución importante a la teoría mecánica del calor, y en su honor la unidad de la energía en el sistema internacional recibe el nombre de Joule o Julio.

Para saber más...

Los trabajos de investigación más importantes de Joule fueron los relativos a las distintas formas de energía; con sus experimentos verificó que al paso de una corriente eléctrica a través de un conductor, en éste se produce un incremento de la temperatura. ¿Has notado que los cables de electricidad se calientan cuando por ellos está circulando corriente?

El calentamiento global

Diariamente somos protagonistas de repentinos y anómalos cambios del tiempo atmosférico; fundamentalmente cambios derivados de un fenómeno denominado científicamente como **calentamiento global**. Alteraciones que sin duda alguna son de preocupación mundial y que solo generan desesperación por su acelerado avance en todas la superficie del planeta. Lo preocupante y alarmante es que el ser humano no ha puesto freno alguno, que detenga y contrarreste esta variación de las condiciones climáticas mundiales.

Se dice que lo que ocasiona dicho calentamiento global es el **efecto invernadero**, fenómeno que es generado por la abrumante contaminación existente en nuestro medio. En sí, éste consiste en la excesiva retención de la radiación ultravioleta emitida por el Sol que llega a nuestro planeta, debido a que no puede salir de la atmósfera con facilidad por el incremento de una capa de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases producidos por la contaminación ambiental.

Algunas consecuencias que generará, si no se detiene este terrible calentamiento: 1) La pérdida de los polos Antártico y Ártico, que a su vez generará un incremento de agua en el mar, provocando inundaciones, pérdida de especies y de grandes extensiones de tierra. 2) Fatídicos deshielos de nevados en las montañas, que apuntarán a la desaparición de ríos y lagos, eliminando vida natural. 3) Pestes y graves problemas de salud de muchas personas, en especial ancianos y niños. 4) Extinción de muchas especies en diversas partes del mundo. 5) Escasez de recursos de primera necesidad, en particular, el agua potable. Sequías y grandes extensiones de terreno agrícola convertidas en desiertos. 7) La hambruna comenzará aparecer, Será problema mundial sin solución y noticia común de todos los días.

No obstante, se espera que lo mencionado y aprendido anteriormente nos lleve a la reflexión y a la toma cabal de conciencia. A modo de crítica: el estilo de vida impuesto y los modelos de desarrollo que predominan son parte responsable de este terrible desajuste ambiental, así que lo más indicado es que a través de la conciencia individual y colectiva, a través de las organizaciones comunitarias regionales, nacionales y mundiales, se promueva una solución factible a dicho problema.

¡Abre los ojos! Pues también los días están contados para seres que no tienen la culpa de vivir en un planeta manejado injustamente... Propongamos soluciones, es el camino que nos queda para subsistir en este todavía hermoso planeta.



Glaciar Perito Moreno, Argentina, víctima del calentamiento global como otros glaciares.



¿Caliente o frío?

A continuación te proponemos evidenciar el proceso de transferencia de energía (calor) entre sistemas, a diferentes temperaturas.

¿Qué necesitan?

3 vasos de precipitados, agua caliente, agua fría y agua tibia.

Prepara el vaso A con agua caliente, el vaso B con agua fría, y un tercer vaso C con agua tibia que obtendrás al mezclar la misma cantidad de agua caliente y de agua fría.

Midan la temperatura del agua contenida en los recipientes A, B, C.

Introduce el dedo índice de la mano izquierda en el vaso con agua fría y el dedo índice de la mano derecha en el vaso con agua caliente. A continuación introduce ambos dedos en el recipiente con agua tibia.



Registra la sensación percibida en cada dedo.

- ¿Que explicación das a estas sensaciones?
- Compártelas con tus compañeras y compañeros, ¿difieren? ¿Por qué?
- ¿El sentido del tacto es un criterio fiable para distinguir cuerpos calientes y fríos?

Ensayen otras opciones, por ejemplo, pasando el dedo de la fría a la caliente, y discutan sobre los resultados.

Necesito un termómetro mejor

Supón que tu compañero o compañera posee un termómetro común de poca sensibilidad, es decir, que con él sólo se pueden percibir variaciones de temperatura de 1 °C. Él o ella se propuso construir otro más preciso. Diseña un plan para ayudarlo a lograr el objetivo. Realiza una discusión acerca de los diversos diseños.

Transferencia de energía, ¿de dónde a dónde?

Echa agua del grifo en un vaso de vidrio resistente al calor.

a. Mide su temperatura y anótala.

b. Toma un objeto, por ejemplo, una esfera de hierro, y échala en el vaso anterior; mide de nuevo su temperatura y anótala.

c. ¿Observas alguna variación de temperatura?

Construye una explicación de este resultado.

d. Con una pinza metálica saca la esfera de hierro. Ahora, con cuidado, caliéntala en una llama (mechero, cocina de gas...) e introduce la esfera lentamente en el agua. Inmediatamente y luego de un rato, mide las temperaturas del agua y anota cada valor.

e. Explica razonadamente tus observaciones. Compara con el caso b.

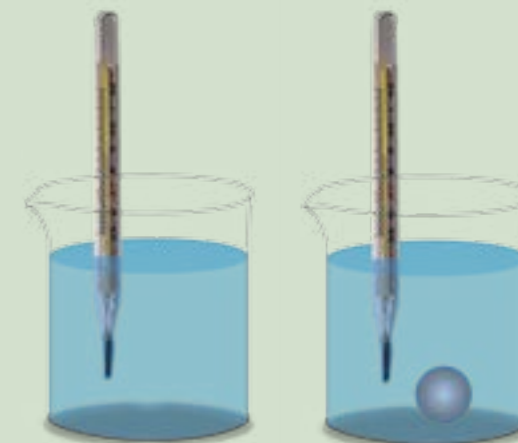
f. Describe otras situaciones en las que se observe la elevación de la temperatura de un objeto y explica el proceso que la generó. Te damos pistas:

¿Cómo hacían antiguamente los seres humanos para encender el fuego?

¿Qué sientes en tu cuerpo cuando te pones al Sol?

¿Cómo calientas la leche de tu desayuno?

¿Qué notas cuando tocas una bombilla que lleva un tiempo encendida?





Actividades de autoevaluación

1. Supón que dispones de dos termómetros de mercurio idénticos, uno de ellos graduado en escala Celsius y otro en la escala Fahrenheit. Si los usas para medir la temperatura de un mismo líquido, ¿la altura de la columna de mercurio que indica la temperatura en el termómetro Celsius es mayor, menor o igual a la altura correspondiente del termómetro Fahrenheit? ¿Por qué? Analiza con tu grupo las diversas explicaciones.

2. Cuando introducimos dos cucharas, una de madera y otra de metal, en chocolate caliente, notamos que al cabo de cierto tiempo al agarrar las cucharas de nuevo, la de metal está más caliente que la de madera.

Si ambas cucharas están igual de calientes (a igual temperatura que el chocolate) en el extremo que está sumergido en el chocolate, ¿por qué la de metal está más caliente que la de madera en el extremo por donde la has agarrado?

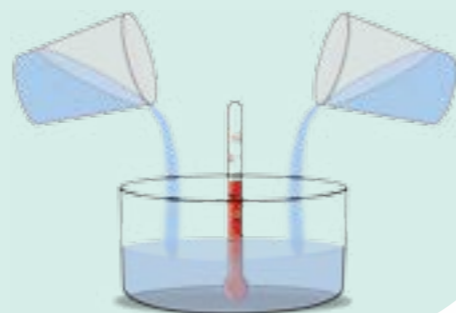
3. Algunos anuncios comerciales de refrigeradores suelen pregonar las ventajas de estos productos, y se dicen cosas como: "Nuestro refrigerador no deja entrar el calor, ni deja escapar el frío". En esta afirmación hay un error que contradice lo expuesto por la ciencia. ¿Cuál es?

4. Si en un recipiente de vidrio calientas agua a la que le has echado aserrín muy fino, observarás que se producen en la parte inferior, que está en contacto con la fuente de calor, unos torbellinos. Elabora una explicación a través de diagramas para explicarle a un grupo de niños lo sucedido.

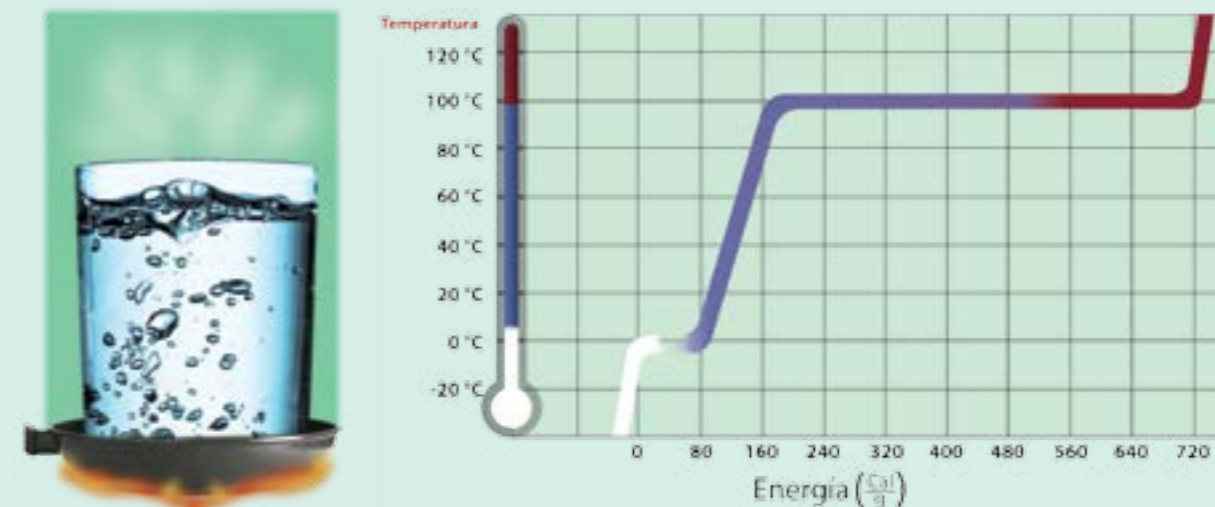


5. En el páramo los días de enero tienden a ser los más fríos. Normalmente se observa en la calle mucha gente que lleva abrigos y chaquetas. Dos jóvenes tienen un conflicto: uno dice que el abrigo lo calienta y el otro dice que el abrigo no lo calienta. ¿Con quién estás de acuerdo? ¿Por qué?

6. En un recipiente echamos 100 g de agua a temperatura de 50 °C y 200 g de agua a 20 °C. Calcula la temperatura final de la mezcla de los dos líquidos.



7. Se ha calentado agua hasta la ebullición mediante un mechero. Durante el proceso se han tomado datos de temperatura y energía que verás representados mediante la gráfica de la figura. Interpreta la gráfica usando el modelo de partículas que estudiaste antes.



8. ¿Qué procesos de transferencia de energía ocurren en cada una de las siguientes actividades?

- Calientas un clavo de hierro.
- Enciendes una bombilla.
- Orientas una lupa de tal manera que puedas enfocar los rayos del Sol sobre un papel de seda.
- Cuando te expones al Sol, notas que te calienta.



Piensa por un momento en un mundo en el cual no existieran los aparatos eléctricos, es decir, un mundo sin computadoras, sin celulares, sin equipos electrodomésticos; más aun, sin electricidad.

Un mundo como este sería muy extraño para nosotros ya que el uso masivo de la energía eléctrica se generalizó a partir de las primeras décadas del siglo XX, siendo en la actualidad el motor de muchas de nuestras actividades de trabajo e incluso de entretenimiento. Por tal razón, hoy en día un mundo sin energía eléctrica nos obligaría a readaptarnos a una nueva condición de vida.

Sin embargo, deberíamos preguntarnos, ¿de dónde viene toda esa energía?, ¿cómo se hace para obtenerla, transformarla y utilizarla? Las respuestas están, tal vez, en siglos de estudio e investigación que condujeron al desarrollo de saberes, cuyas aplicaciones hoy en día disfrutamos y que al parecer merecen las mismas explicaciones de fenómenos naturales como el relámpago, o la atracción que hace la piedra de ámbar sobre hojas secas cuando ésta es frotada.

En esta lectura compartiremos algunas de las ideas que te llevarán a comprender el fenómeno eléctrico, tales como: carga eléctrica, corriente eléctrica, potencial eléctrico, resistencia eléctrica, potencia eléctrica, entre otros términos que forman parte del lenguaje que se utiliza en el estudio de dicho fenómeno. También te plantearemos algunas actividades de investigación, creación o innovación para que participes en la magia creativa de aprender haciendo.



Fenómenos eléctricos

Probablemente hayas observado los siguientes fenómenos: cuando frotamos con seda una regla de plástico puede atraer una bolita de anime, un peine se electriza cuando se frota contra el cabello y luego puede atraer a éste, la ropa de nailon también se electriza al friccionarse con nuestro cuerpo, los automóviles en movimiento adquieren electrización por el rozamiento con el aire, un globo al ser frotado con el pelo se electriza y al acercarlo de nuevo al pelo lo atrae. En la actualidad sabemos que estos fenómenos están relacionados con un comportamiento que presentan todas las sustancias y que fue observado por William Gilbert en el año 1600. Este gran científico observó de manera sistemática que también otros cuerpos se comportan como el **ámbar** al frotarlos, y que la atracción que ejercen se manifiesta sobre cualquier otro cuerpo, aun cuando no sea ligero.

No tendría sentido atribuir estos fenómenos de atracción a la propiedad **masa** que presentan los cuerpos. Para dar una explicación a esta otra propiedad que muestra la materia nos podemos hacer la siguiente pregunta: ¿Estarán relacionados estos fenómenos con la propiedad **carga eléctrica** que presentan los cuerpos en su estructura interna?

La respuesta es afirmativa, pues la materia que observamos cotidianamente, por lo general, es eléctricamente neutra debido a que tiene igual número de protones y electrones, pero cuando por alguna razón este balance se rompe, sea porque tiene mayor o menor número de electrones, decimos que la materia, aparte de poseer la propiedad **masa** adquiere una propiedad adicional llamada **carga eléctrica**. Esto es lo que hacemos, con el globo o la piedra de ámbar cuando los frotamos: provocamos un intercambio de electrones entre los objetos que interactúan.

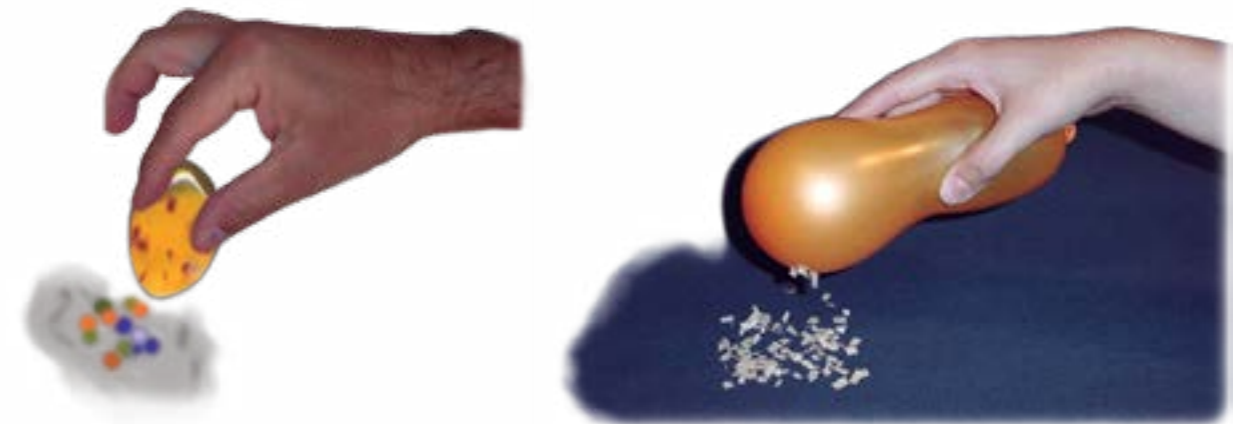


Figura 23.1. Al frotar un globo o una piedra de ámbar, adquieren la propiedad de carga eléctrica que les permite interactuar con otros cuerpos.

Como la interacción que mantiene a los electrones unidos al átomo es de menor intensidad que la que mantiene a los protones unidos al núcleo del átomo, es más fácil que un átomo pierda o gane electrones que protones; por eso se dice que cuando la materia gana electrones adquiere una **carga neta negativa**, y cuando pierde electrones adquiere una **carga neta positiva**.

Por esta razón se afirma que la carga eléctrica de un cuerpo está cuantizada porque depende del valor fundamental de la carga del electrón; sólo puede tener o faltarle cantidades enteras de electrones.

$$\text{Carga de un cuerpo} = N \times \text{carga del electrón}$$

$$Q = (+/-)nq_e$$

Diversos experimentos realizados demuestran que el valor actualmente aceptado de la carga del electrón es igual a $1,602\ 176\ 487 \times 10^{-19}$ Coulomb, siendo éste el mismo valor de carga para el protón. Se ha establecido la convención de que la carga del electrón es negativa y la del protón positiva.

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud | Símbolo | Unidades en el SI |
|------------------------------|--|---------|-------------------|
| Carga eléctrica | Escalar (un número más una unidad física) | Q ó q | [C] (Coulomb) |

Para saber más...

Hay un estado de la materia llamado plasma que aparece en forma parecida a la de un gas, pero está formado de partículas cargadas que se han separado de los átomos; esta separación ocurre a muy altas temperaturas. El plasma es el menos común de los estados en la vida cotidiana, pero es el más común en el universo porque es el estado predominante en estrellas como el Sol y material intergaláctico que se encuentra a altísimas temperaturas.



Interacciones eléctricas

Se puede comprobar que cuando los cuerpos están cargados eléctricamente de forma diferente se atraen, y si están cargados de la misma forma se repelen. Es decir, entre estos objetos se está dando una interacción o acción mutua, llamada interacción eléctrica; eso ocurre estando las cargas en reposo o en movimiento.

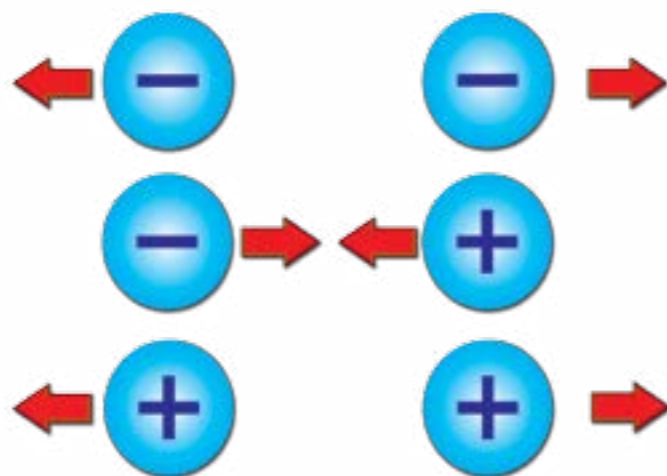


Figura 23.2. Las cargas de igual signo se repelen y las cargas diferentes se atraen.

Fue Charles Coulomb quien en 1785 estableció la naturaleza de la interacción eléctrica, señalando que las cargas eléctricas se atraen o se repelen en la línea que las une, con una fuerza que es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Matemáticamente, la intensidad de la fuerza eléctrica se puede representar de la siguiente manera:

$$F_e = \frac{kq_1q_2}{d^2}$$

Siendo k la constante de permeabilidad eléctrica en el vacío y su valor es de:

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Debido a esta fuerza eléctrica podemos darle explicación a los niveles de organización de la materia en átomos, moléculas, células, tejidos y otros, Los cuales constituyen la mayoría de las estructuras físicas, químicas y biológicas conocidas.



Comparemos la fuerza gravitacional con la fuerza eléctrica de un átomo de hidrógeno

Consideremos el modelo de átomo de hidrógeno propuesto por el físico danés Niels Bohr, formado por un núcleo que tiene un protón, un neutrón y un electrón que se mueven en forma circular alrededor del núcleo. Para ese átomo se conocen los siguientes valores:

$$m_{\text{protón}} = m_{\text{neutrón}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \rightarrow m_{\text{núcleo}} = 3,34 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

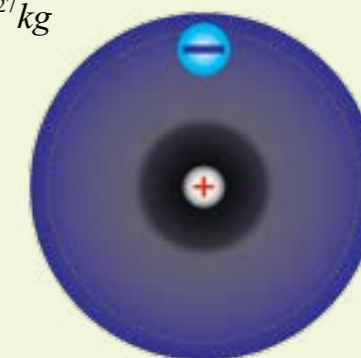
$$m_{\text{electrón}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$q_{\text{electrón}} = q_{\text{protón}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$r = 5 \cdot 10^{-11} \text{ m, radio promedio del átomo de hidrógeno.}$$

$$F_G = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 3,34 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{(5 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 1,48 \cdot 10^{-47} \text{ N}$$

$$F_e = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{(5 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 0,92 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$



Se puede apreciar que la fuerza gravitacional es significativamente de menor valor comparada con la fuerza eléctrica. Es por ello que se considera, de acuerdo a este modelo, que la fuerza que hace que el electrón se mueva alrededor del núcleo es la fuerza eléctrica. Es este sentido se afirma que en el mundo de las pequeñas partículas cargadas es la fuerza eléctrica la que gobierna.

¿Cómo se genera una corriente eléctrica?

Es probable que hayas tenido evidencia de la existencia de la **corriente eléctrica**. Cuando conectas algunos aparatos a una batería o a un "toma corriente", observas que en ellos ocurren fenómenos internos que te permiten activar motores, generar señales de audio y video, entre otros.

Una **corriente eléctrica** se genera cuando los electrones o protones, o cualquier objeto cargado eléctricamente (llamado **portador de carga**), son movidos a través del espacio; se mide por el número de portadores de carga que pasan a través de un medio conductor por unidad de tiempo.

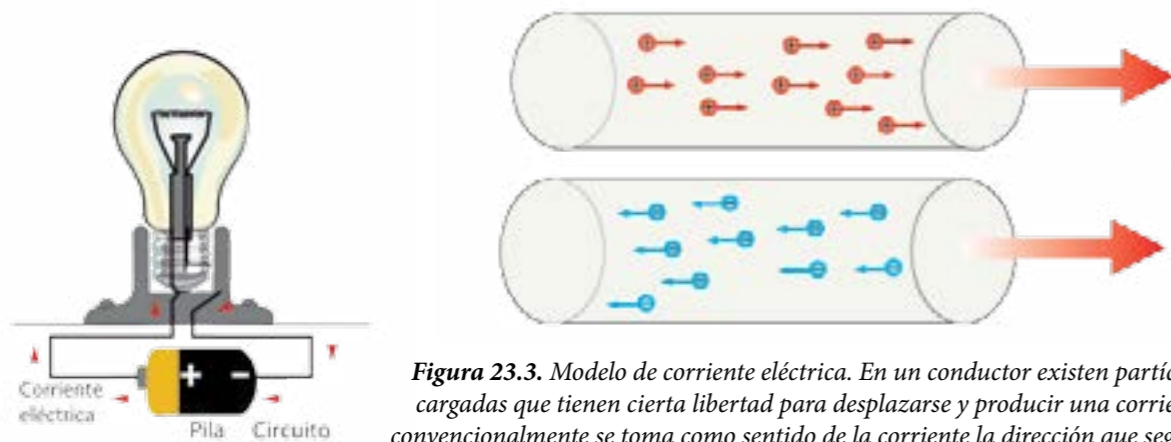


Figura 23.3. Modelo de corriente eléctrica. En un conductor existen partículas cargadas que tienen cierta libertad para desplazarse y producir una corriente. convencionalmente se toma como sentido de la corriente la dirección que seguirían las cargas positivas (representadas por círculos rojos), cuando se muevan cargas negativas (representadas por círculos azules) en sentido contrario.

$$\text{Intensidad de corriente} = \frac{\text{número de portadores de carga}}{\text{tiempo}} \quad I = \frac{q}{t}$$

La magnitud que se utiliza para determinar este fenómeno con mayor precisión se denomina intensidad de corriente y se mide con instrumentos llamados amperímetros. Según la definición anterior, la unidad de medida de corriente eléctrica en el Sistema Internacional es:

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud | Símbolo | Unidades en el SI |
|-----------------------------------|---|-----------|-------------------|
| Intensidad de corriente eléctrica | Escalar (un número más una unidad física) | I ó i | A (Ampere) |

Para que se produzca una corriente eléctrica es necesario que en un medio existan partículas cargadas y con cierta libertad de desplazarse. Estas partículas cargadas pueden ser electrones, iones (positivos o negativos), o partículas que tengan como condición una carga neta.

La intensidad de la corriente es el factor más relevante en las sensaciones y consecuencias de los choques eléctricos. Estudios precisos de este fenómeno permitieron obtener los siguientes valores aproximados:

| Intensidad de la corriente eléctrica | Sensación |
|--------------------------------------|---|
| 1 mA a 10 mA | "Hormigueo". |
| 10 mA a 20 mA | Dolor. |
| Entre 20 mA y 100 mA | Graves dificultades respiratorias. |
| Entre 100 mA y 200 mA | Extremadamente peligrosa, puede causar la muerte de la persona, provoca contracciones rápidas e irregulares del corazón (fibrilación cardíaca). |
| Mayor que 200 mA | No causan fibrilación; sin embargo, dan origen a graves quemaduras y conducen al paro cardíaco. |

El modelo de **corriente eléctrica** presentado nos permite hacer una tipificación. Si el sentido de la fuerza eléctrica se mantiene constante, el sentido de la corriente también se mantendrá inalterado; es decir, las cargas se desplazarán continuamente en un mismo sentido en el material metálico o conductor. Una corriente establecida así se denomina **corriente eléctrica continua**. Ésta se representa por el símbolo CC o CD (corriente directa). Los generadores de energía que proporcionan este tipo de corriente son las pilas, baterías o acumuladores.

El otro tipo de corriente se denomina **corriente alterna** (CA), que se establece cuando las cargas eléctricas en el material conductor no mantienen un solo sentido de desplazamiento, es decir, la dirección de la fuerza eléctrica cambia de sentido en forma periódica. Este efecto provoca que las cargas eléctricas oscilen, desplazándose unas veces en un sentido y otras en sentido contrario.

Este tipo de corriente es la que comúnmente encontramos en las tomas de nuestra casa. Y posee las siguientes especificaciones: una frecuencia de 60 Hertz, es decir, que las cargas eléctricas oscilan en el conductor 60 veces por segundo y puede ser suministrada con un voltaje de 120 V o 220 V.

Sin embargo, es importante mencionar que en algunos equipos como, por ejemplo, el monitor de una computadora, la CA se tiene que transformar en CC para hacer uso de ellos. Esto se hace por medio de dispositivos denominados **rectificadores**. La corriente eléctrica resultante de esta transformación se denomina **corriente rectificada**.



Figura 23.4. Modelos de tipos de corriente. Las flechas indican el sentido de la corriente.

La diferencia de potencial mueve a las cargas eléctricas

Al saber que la corriente eléctrica se produce por el movimiento de portadores de carga, cabe la pregunta: ¿Qué es lo que produce dicho movimiento?

En este desplazamiento la fuerza eléctrica estará realizando un trabajo que vamos a designar como T_{AB} . Este trabajo representa la cantidad de energía que la fuerza eléctrica imparte a la carga q en su desplazamiento de A hacia B . En el estudio de los fenómenos eléctricos hay una cantidad muy importante que se relaciona con este trabajo, la cual se denomina diferencia de potencial entre los puntos A y B y se representa por $V_A - V_B$. La diferencia de potencial se define como la relación entre el trabajo realizado por la fuerza eléctrica sobre la carga, por unidad de carga; esto se expresa como:

$$V_B - V_A = \frac{T_{AB}}{q}$$

En el área de la tecnología, la diferencia de potencial suele denominarse como voltaje o tensión eléctrica.

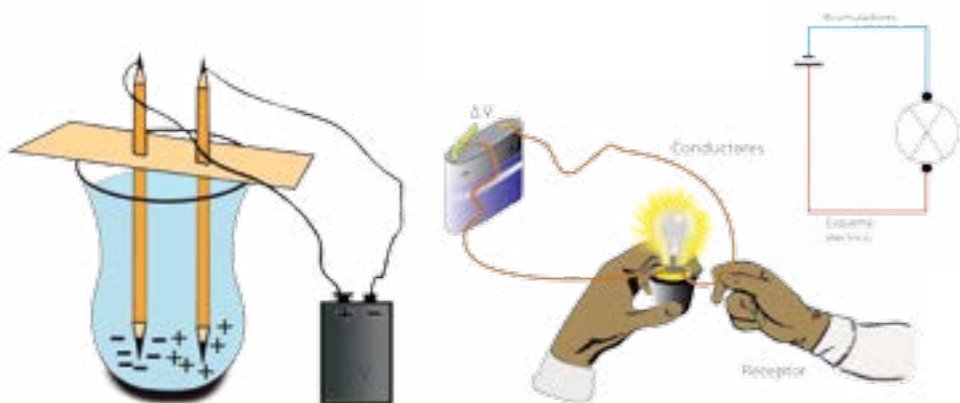


Figura 23.5. En los dos casos, para mover los portadores de carga fue necesario aplicar una diferencia de potencial, que fue suministrada por una batería.

Observa que como T_{AB} y q son magnitudes escalares, la diferencia de potencial es también un escalar. De esta expresión se puede deducir que el potencial en un punto tiene como unidad en el SI:

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud | Símbolo | Unidades en el SI | Equivalencia entre unidades |
|------------------------------|--|---------|-------------------|-----------------------------|
| Potencial eléctrico | Escalar (un número más una unidad física) | V | V (voltio) | $1V = 1 \frac{J}{C}$ |

Es importante que a partir del concepto de diferencia de potencial que acabas de estudiar, reflexiones acerca de estos casos: 1) el concepto de voltaje es usado con frecuencia en nuestra vida diaria. Por ejemplo, en las casas existen tomas de corriente de 110 V; esto se interpreta que 110 V es igual a 110 J/C, es decir, que si un aparato eléctrico se conecta a uno de estos tomacorriente, cada carga de 1 C que se desplace entre los dos puntos de la toma recibirá 110 J de energía, que a su vez se transmitirá al aparato. 2) Si el tomacorriente es de 220 V, podemos concluir que cada carga de 1 C recibirá 220 J de energía al desplazarse de un terminal a otro para ser transformada. 3) Cuando decimos que la batería de un automóvil tiene un voltaje de 12 V, habrá una energía de 12 J para ser impartida a cada carga de 1 coulomb, a fin de que vaya de un terminal a otro (borne o polo) de la batería.

Mucha energía se transforma: potencia eléctrica

De manera muy general puede decirse que los aparatos eléctricos son dispositivos que transforman energía eléctrica en otra forma de energía. Por ejemplo, en un motor eléctrico la energía eléctrica se transforma en la energía mecánica de rotación de la máquina; en un calentador la energía eléctrica se transforma en energía térmica que calienta el agua; en una lámpara la energía eléctrica se transforma en energía luminosa, etcétera.

Para que entiendas mejor estas transformaciones, supongamos que un aparato se conecta a un tomacorriente. Como ya lo sabes, entre los terminales de la toma de corriente se establece una diferencia de potencial a la cual llamamos V_{AB} ; ésta produce un trabajo sobre los portadores de carga. Así, una corriente eléctrica pasará desde A hasta B a través del aparato. Las cargas eléctricas que constituyen la corriente pasarán de un punto en donde poseen mayor energía eléctrica (A) a un punto en donde las cargas tendrán menos energía eléctrica (B); ésta diferencia de energía en las cargas no desaparece: ella ha sido transferida al aparato y aparece como otra forma de energía, por eso las cargas se mantienen con igual energía cinética. Las formas de energía en que se transformará la energía eléctrica cedida dependerá del aparato que esté conectado entre A y B (bombillo, plancha, motor, entre otros).

La cantidad de energía eléctrica que se transfiere al aparato conectado entre los puntos A y B se puede calcular como se explica a continuación. Considerando la corriente I que pasa por el aparato durante un intervalo de tiempo Δt , tendrás una carga Δq que se desplaza de A hacia B , que de acuerdo con la definición de corriente eléctrica podemos expresar como:

$$\Delta q = I\Delta t$$

Recordando la definición de diferencia de potencial, estas cargas recibieron una cantidad de energía debido al trabajo que se realizó para moverlas y está contenida en la siguiente expresión:

$$\Delta E = \Delta q V_{AB} = I\Delta t V_{AB}$$

Como no hay aumento en la energía cinética de la carga, podemos concluir que la energía recibida por dicha carga será transferida al aparato. Generalmente, se desea conocer la potencia P desarrollada por el aparato eléctrico y, como viste en la lectura referente a energía y trabajo, esta potencia es la relación de la energía por unidad de tiempo. Se expresa como:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Por lo tanto, para este caso tenemos que la potencia eléctrica sería el producto de la intensidad de corriente que circula entre dos puntos por la diferencia de potencial entre ellos, lo cual se expresa como:

$$P = \frac{I \cdot \Delta t \cdot V_{AB}}{\Delta t} = IV_{AB}$$

Esta relación nos permite concluir que al ser sometido un aparato eléctrico a una diferencia de potencial, por éste circula una corriente, entonces, la potencia desarrollada en el aparato está dada por:

$$P = IV_{AB}$$

De acuerdo con esta expresión, tenemos que la potencia eléctrica tiene las mismas unidades indicadas en lecturas previas para potencia, que es:

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud | Símbolo | Unidades en el SI | Equivalencia entre unidades |
|------------------------------|--|---------|-------------------|------------------------------|
| Potencia eléctrica | Escalar (un número más una unidad física) | P | W (Watt) | $1W = 1 \frac{J}{s} = 1 V A$ |



¿Cuánta potencia desarrolla la batería de un automóvil?

La batería de un automóvil aplica una diferencia de potencial entre sus bornes de 12 V a los terminales de su motor de arranque, generándose una corriente de 50 A. ¿Cuál es la potencia desarrollada por dicho motor eléctrico?

Esta potencia será:

$$P = iV_{AB} = (50A) (12V) = 600W$$

Este resultado se puede interpretar de la siguiente manera: en cada segundo, 600 J de energía eléctrica se transformarán en energía mecánica de rotación del motor (despreciando las pérdidas por calentamiento en esta máquina).



¿Cuánto se paga de energía eléctrica por un bombillo incandescente?

Si tienes 3 bombillos incandescentes de 40 W, 60 W y 75 W que funcionan con 120 V, determina la energía que en cada bombillo se transforma en una hora de funcionamiento continuo. Con la tarifa de electricidad actual, Calcula cuánto hay que pagar por el servicio de energía eléctrica en ese tiempo

Desarrolla potencia, disipa energía: efecto Joule

Has podido ver que en el fenómeno de transferencia de energía, la carga eléctrica gana y cede energía cinética, dependiendo de cuál sea la naturaleza del elemento. También ocurre un proceso realizado dentro del material (calor) que produce un incremento de su temperatura; todos los dispositivos y equipos que funcionan con corriente se calientan, a este efecto se le denomina **efecto Joule**. Hay casos donde se observa el efecto contrario, esto es, obtenemos corrientes a partir de diferencias de temperatura, a este efecto se le llama **termoeléctrico**, el cual se utiliza para medir la temperatura como por ejemplo en los motores de los automóviles.



Figura 23.6. El dispositivo de la figura es un calentador de bebidas. Internamente, cuando la corriente eléctrica pasa por la resistencia arrollada en forma de espiral, en la base del dispositivo, ésta se calienta y transfiere energía al recipiente y al líquido que se desea calentar, aumentando su temperatura.

El efecto Joule tiene diversas aplicaciones, entre ellas radiadores, parrillas, planchas, hornos eléctricos, secadores de pelo, que consisten esencialmente en un material conocido como "resistencia", la cual se calienta al ser recorrida por la corriente. Los filamentos de tungsteno de los bombillos incandescentes al ser recorridos por una corriente se calientan alcanzando altas temperaturas (casi 2.500 °C), emitiendo una gran cantidad de luz.

Además de las aplicaciones del efecto Joule mencionadas, también están los fusibles. Éstos son elementos de circuitos que se emplean para limitar la corriente que pasa por una conexión eléctrica, es decir, si la corriente que circula por el circuito es superior a un cierto valor, el filamento del fusible se quema, abriéndose el circuito. Estos elementos son utilizados en automóviles, circuitos de la casa, aparatos eléctricos, entre otros. Con los fusibles se evitan los peligrosos **cortocircuitos**.

A pesar de la utilidad de este efecto Joule, también representa para el campo de la ciencia y la ingeniería un problema fundamental, pues en muchos casos se tienen que emplear sistemas de refrigeración para que los equipos funcionen sin recalentarse.

Relación entre la corriente eléctrica y la diferencia de potencial: Ley de Ohm

Para realizar el estudio de circuitos de corriente continua en las Ciencias Naturales, se dispone de una relación que a principios del siglo XIX enunció Georg Simon Ohm (1789-1854), físico alemán, al darse cuenta de que en los circuitos eléctricos la intensidad de la corriente eléctrica en muchos conductores era directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada.

Diferencia de potencial eléctrico proporcional a la Intensidad de corriente

$$V \propto I$$

Quiere decir que al aumentar el valor de la diferencia de potencial aumenta el valor de la intensidad de corriente en la misma proporción; matemáticamente se cumple que el cociente entre estas cantidades debe ser una constante:

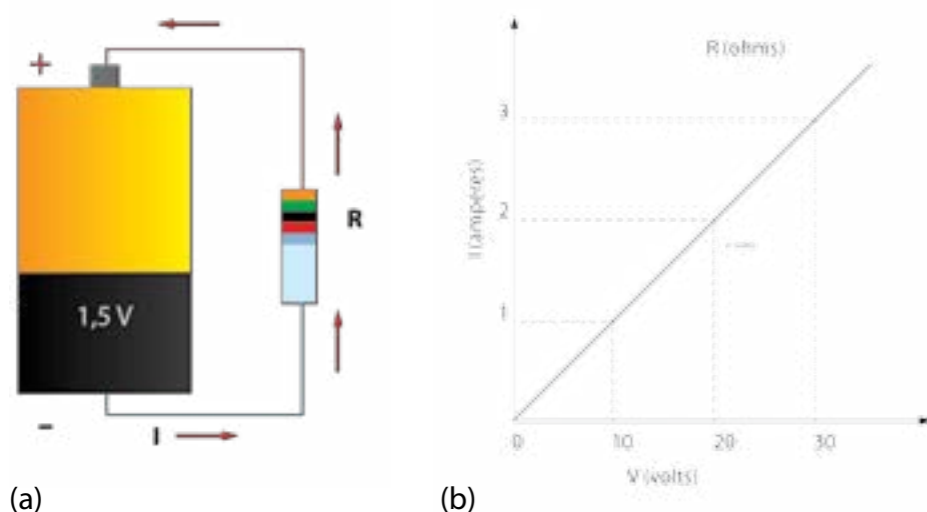
$$\frac{V}{I} = \text{Constante}$$

Como el cociente V/I corresponde a la *resistencia eléctrica* (R) del material, en este caso es constante y tenemos:

$$R = \frac{V}{I} \rightarrow V = RI$$

Es importante mencionar que exactamente esta relación no es una ley, es decir, no se cumple para todos los materiales en general. Más bien es una expresión que representa la característica de muchos materiales. A los materiales que cumplen con esta relación los conocemos como **materiales óhmicos**.

Figura 23.7. a) En el circuito simple de CC tenemos que la intensidad de corriente I depende de la diferencia de potencial de la batería y la resistencia del resistor. b) Gráfica que señala la relación directa que hay entre la intensidad de corriente y la diferencia de potencial; la pendiente de la recta es la constante de proporcionalidad y corresponde a la resistencia del material óhmico.



Todos los materiales, incluyendo los metálicos, presentan la propiedad de la **resistencia eléctrica**. Esta propiedad se puede definir como la mayor o menor dificultad que opone un material conductor al paso de la corriente eléctrica.

La resistencia de un material conductor depende de las características del material: su resistividad (ρ), la longitud (l) y la sección transversal del conductor (A). Estos parámetros se relacionan a través de la expresión:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

De acuerdo con esta relación, a mayor longitud mayor será la resistencia ya que más oposición tendrán los portadores de cargas para pasar a través del conductor, y a mayor área de la sección transversal menor será la resistencia porque los portadores de cargas tendrán más espacios por donde pasar a través del conductor.

| Nombre de la magnitud física | Tipo de magnitud | Símbolo | Unidades en el (SI) | Equivalencia entre unidades |
|------------------------------|---|----------|------------------------------------|---|
| Resistencia eléctrica | Escalar (un número más una unidad física) | R | ohmio (Ω) | $1 \text{ Ohm} = (1 \text{ Ohm} \cdot \text{m}) \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}^2}$ $1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Voltio}}{1 \text{ Ampere}}$ |

Si quisiéramos contrastar cómo circula la corriente eléctrica por el interior de distintos conductores, podríamos modelar el fenómeno con un diseño conformado por mangueras transparentes por donde circula agua. En este caso, el agua es el análogo del flujo de electrones y las mangueras del conductor. Si estas mangueras presentan distinta rugosidad en su interior, pudiésemos observar que cada tubo ofrece una **resistencia distinta** al paso del fluido, en función de sus características internas. Esto es similar a lo que sucede en el conductor y que denominamos **resistividad**. De igual forma, veríamos que el fluido circula mejor por mangueras de menor longitud y de mayor sección transversal, tal como ocurre con los conductores. A continuación mostramos una tabla con los valores de resistividad de distintos materiales.

De acuerdo a esta propiedad física de permitir el paso de los portadores de carga, los materiales se pueden clasificar en:

- **Conductores:** materiales a través de los cuales la corriente fluye con relativa facilidad. Metales como oro, plata, cobre y aluminio se cuentan entre los mejores conductores.
- **Aisladores:** materiales que no conducen electricidad. Por ejemplo cerámica, vidrio, plástico, goma, papel seco, caucho.

Según la escala de aplicación tecnológica, también son muy útiles los semiconductores y los superconductores.

| Resistividad de conductores | | |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Metal | ρ ($\Omega \cdot \text{m}$) | Mejor conductor ↑ |
| Plata | 0,01 10^{-8} | |
| Cobre | 0,017 10^{-8} | |
| Aluminio | 0,028 10^{-8} | |
| Zinc | 0,056 10^{-8} | |
| Hierro puro | 0,105 10^{-8} | |
| Hierro en hilos | 0,132 10^{-8} | |
| Platino | 0,106 10^{-8} | |
| Oro | 0,024 10^{-8} | |
| Níquel | 0,1 10^{-8} | |
| Estañio | 0,139 10^{-8} | |
| Mercurio | 0,942 10^{-8} | |
| Aislantes | | |
| • Vidrio | • Madera | |
| • Porcelana | • Papel | |
| • Barniz | • Silicona | |

Semiconductores: materiales como el silicio o el germanio, que son pobres conductores de la electricidad. Cuando les son "agregadas" pequeñas cantidades de otros materiales como arsénico, fósforo o boro, pasan a ser semiconductores, es decir, conducen corriente aunque menos que un conductor y a menudo más en una dirección que en la otra. Éstos se utilizan para construir dispositivos como diodos, leds y transistores.

Superconductores: materiales que a temperatura ambiente son malos conductores, pero si se ponen a muy bajas temperaturas resultan muy buenos conductores, es decir, ofrecen poca resistencia al paso de la corriente. Se han encontrado aplicaciones en el transporte en trenes de levitación magnética, en la medicina para la resonancia magnética, entre otras.



El único problema que presentan los superconductores es que esta propiedad de superconducir corriente se logra a temperaturas extremadamente bajas, comparadas con las que experimentamos de forma cotidiana, por consiguiente su estudio y aplicación se ha logrado en condiciones ambientales muy alejadas de las normales.

La investigación continúa para poder tener materiales que conduzcan corriente con resistividad casi cero, lo cual permitiría poder construir conductores utilizados en máquinas en donde la producción de calor por la resistencia del material sea muy baja, aumentando en un nivel significativo su capacidad de realizar trabajo. ¿Te imaginas lo útil que sería tener cables, motores, circuitos... que no transformaran electricidad en energía térmica?

Para saber más...

El doctor H. Kamerlingh Onnes (1856-1926), de la Universidad de Leiden en Holanda, a principios del siglo XX investigó las propiedades de la materia a baja temperatura. Con ello logró producir helio en estado líquido en 1908, y descubrir que en materiales como el mercurio a bajas temperaturas (-296°C) se puede generar la conducción de corriente eléctrica con mayor efectividad que en los metales. Esto le valió el premio Nobel de Física en 1913. Una de las aplicaciones tecnológicas actuales de los superconductores se realiza en trenes de alta rapidez, denominados popularmente "trenes bala".

Los circuitos eléctricos

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos unidos de tal forma que permitan el paso de la corriente eléctrica para conseguir algún efecto útil (luz, calor, movimiento, entre otros). Todo circuito eléctrico debe disponer como mínimo de 3 elementos imprescindibles: **generadores, conductores y receptores**. Los receptores, en general, son resistencias comerciales o aparatos eléctricos, los conductores son cables, y los generadores son pilas, baterías, acumuladores, entre otros.

Función de las pilas en un circuito. Ya hemos mencionado que para establecer una corriente eléctrica en el interior de un conductor se deben conectar sus extremos a los bornes de una pila eléctrica o batería. Esta diferencia de potencial entre dichas terminales se mantiene gracias a las reacciones químicas que se producen en su interior. En una pila seca común (de las que usan las linternas, radios portátiles) el borne positivo (+) tiene un potencial más alto que el del borne negativo (-). En general, el polo positivo de estas pilas es una barra de carbón, y el polo negativo es una envoltura de zinc. La diferencia de potencial que se mantiene entre estos polos es debida a la energía liberada gracias a las reacciones electroquímicas.

La diferencia de potencial proporcionada por una pila seca es aproximadamente de 1,5 V. Si conectamos el terminal positivo de una pila al negativo de otra, hablamos de una **conexión en serie**. Con esto conseguimos una diferencia de potencial mayor entre los extremos libres, tal como puedes apreciar en el interior de una linterna, radio u otros equipos eléctricos que funcionan con pilas. El voltaje total conseguido con la conexión se calcula:



$$V_{\text{Total de la conexión}} = N V_{\text{una sola pila}}, \text{ donde } N \text{ representa el número de pilas en la conexión.}$$



Figura 23.8. Conexión de 3 pilas en serie para obtener una diferencia de potencial más elevada (4,5 V).

Con la batería y los otros dos elementos- el conductor y el receptor-, conectados uno a continuación del otro, cerramos el circuito. Este voltaje que se aplica entre los extremos del circuito genera una corriente eléctrica, cuyo sentido es del polo positivo hacia el negativo.

Cuando la corriente llega al polo negativo debido a la diferencia de potencial, las cargas son obligadas a desplazarse en el interior de la batería hacia el polo positivo, lo cual completa el circuito. Al proseguir en su movimiento, las cargas seguirán desplazándose por el conductor, yendo nuevamente del polo positivo hacia el polo negativo. Mientras se mantenga la diferencia de potencial entre los polos de la batería, tendrás una corriente que circulará en forma continua de la manera en que aprendiste.

Asociación de resistencias en serie

Muchas veces en los circuitos eléctricos se observan receptores o resistencias conectadas una después de la otra. Cuando esto sucede decimos que tales elementos, al igual que en el caso anterior de las pilas, están **conectados en serie**. Por ejemplo, los bombillos que se emplean para adornar los árboles de navidad, generalmente, se hallan conectados de esta manera (figura 19.9.a).

Si entre los extremos de la asociación se aplicara una diferencia de potencial, por la conexión pasaría una corriente eléctrica. El número de cargas que pasa por un punto del circuito será el mismo que pasa por otro punto en este mismo tiempo, con lo cual podemos concluir que **la intensidad de corriente tiene el mismo valor en todas las secciones de este circuito**. las resistencias, representadas en este caso por los bombillos (figura 23.9.b), serían recorridas por la misma corriente, incluso si éstas tuviesen distintos valores de potencia.

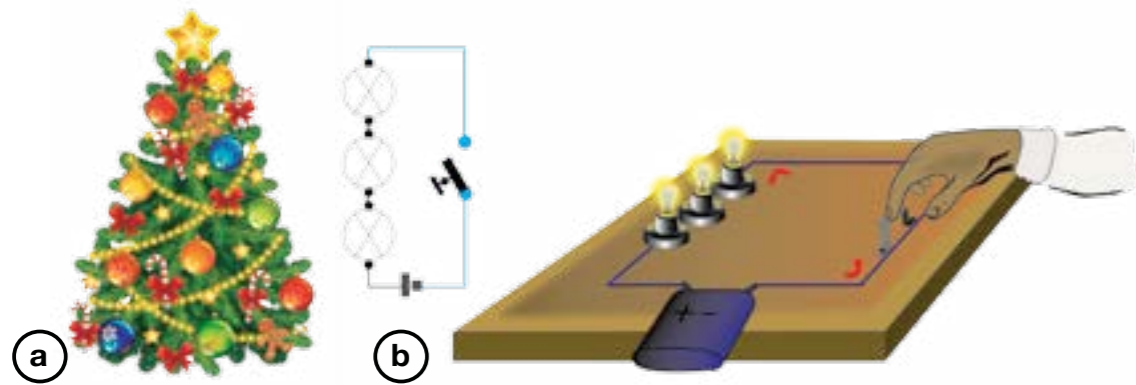


Figura 23.9. (a) En la iluminación de un árbol de navidad, los bombillos generalmente se encuentran conectados en serie. (b) Circuito conformado por tres bombillos (resistencias) conectados en serie, un generador (pila), conductores y un interruptor, el cual sirve para dejar pasar la corriente por todo el circuito.

Como en las asociaciones en serie la corriente es la misma en cualquier sección del circuito, tenemos: $I_1 = I_2 = I_3 = I$. Además, la diferencia de potencial suministrada por el generador al circuito se distribuye entre los receptores, de forma que el voltaje en cada receptor variará según su resistencia. De esta forma, el voltaje total aplicado por el generador es la suma de los voltajes en cada receptor, lo cual se expresa como: $V_T = V_1 + V_2 + V_3$. Por razones prácticas en los circuitos, se suele representar la diferencia de potencial sólo con la letra V .

Conforme con lo aprendido en la sección de ley de Ohm, y como por cada receptor circula una corriente I que está bajo un voltaje V , dicho voltaje se puede expresar como: $V = IR$, siendo R su resistencia. De esta forma en la relación de voltaje total sustituimos el voltaje que corresponde a cada resistencia, obteniendo: $IR_T = IR_1 + IR_2 + IR_3$.

La resistencia total se obtiene entonces sumando algebraicamente todas las resistencias conectadas en el circuito, simbólicamente: $R_T = R_1 + R_2 + R_3$.

En general, en estos circuitos en serie, la resistencia que tenga mayor valor observará una mayor voltaje, debido a que por todas circula la misma corriente.

Otra forma de conectar a las resistencias es en paralelo o derivación, como se puede apreciar en la figura 23.10. Ejemplos de estas asociaciones son los faros de un automóvil y las lámparas y aparatos eléctricos de una casa.

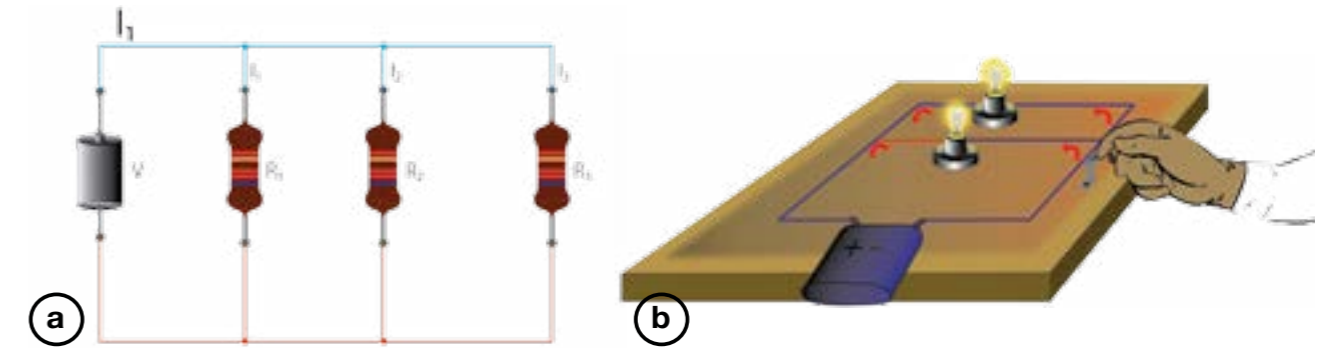


Figura 23.10. (a) Esquema de un circuito de resistencias en paralelo. La corriente que pasa por cada una de ellas es distinta, contrario al caso de la asociación en serie, y depende de la resistencia. (b) Dos lámparas conectadas en paralelo, con un interruptor.

A diferencia de algunas instalaciones de bombillos del arbolito navideño, que al desconectar una se apagan las otras debido a que el circuito queda "abierto", los faros de un automóvil funcionan de manera independiente, es decir, si uno se daña el otro continúa iluminando; lo mismo ocurre con las lámparas de una casa: si apagas una, no surge ningún efecto sobre las demás. Esto ocurre porque en cada resistencia el **voltaje es el mismo** e independiente, así: $V_1 = V_2 = V_3 = V_T$.

Debido a que cada resistencia está sometida al mismo voltaje, la intensidad de corriente que circula por cada una dependerá de su resistencia; por la resistencia de menor valor circulará la corriente de mayor intensidad. Por tanto, la corriente que entra al paralelo se distribuye y esto se puede expresar como: $I = I_1 + I_2 + I_3$.

Esta distribución se debe a que el flujo de electrones al llegar al punto del circuito en donde se realiza la conexión de las resistencias (nodo) se divide, dependiendo de la resistencia en cada línea. Análogamente a este fenómeno, podemos pensar en una conexión de tuberías por donde fluye agua. Si la conexión no encuentra ningún impedimento, el flujo de agua viajará sin interrupción ni desviación con el mismo caudal, pero si las tuberías se encuentran conectadas a un codo que las divida en dos, tres, cuatro... secciones, la intensidad del flujo de agua se distribuirá.

Tal como en las conexiones en serie, de lo que aprendiste en la sección de ley de Ohm, y dado que en cada receptor el voltaje es el mismo y las corrientes son diferentes, tenemos que para cada uno:

$$I = \frac{V}{R}$$

De esta forma sustituimos en la relación anterior de corrientes y resulta que la relación entre las resistencias queda de la siguiente forma:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Si analizas esta expresión, encontrarás que el valor de la resistencia equivalente para este circuito es menor que la menor de las resistencias utilizadas.

En las conexiones de nuestra casa, como los receptores están conectados en paralelo, cuanto mayor sea el número de los mismos tanto menor será la resistencia equivalente del conjunto; además, la intensidad de corriente total aumenta con el incremento de los receptores. Ésta es la razón por la cual no podemos agregar muchas ramas al circuito paralelo, pues si la corriente aumenta mucho se pueden quemar. Para evitar esto se emplean fusibles o "brakers".

Si en nuestras casas los elementos no se encontraran conectados en paralelo y los tuviéramos conectados en serie, la interrupción de la corriente en cualquier sección del circuito haría que el flujo de electricidad se interrumpiera en todos los elementos del circuito, apagándolos.



Análisis de circuitos en serie y en paralelo

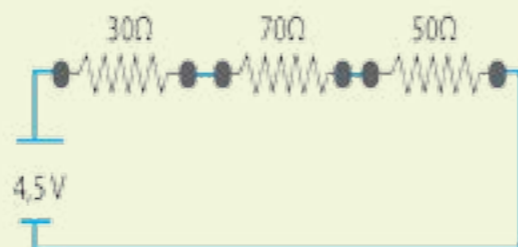
En esta prueba práctica podrás analizar los cambios que sufren los valores del voltaje, resistencia equivalente y corriente, cuando las conexiones de resistencias se hacen de maneras distintas, en serie y en paralelo. Las resistencias se representan en los esquemas de los circuitos con el símbolo:

1. En el circuito de la siguiente figura sabemos que el generador es de 4,5 V y las resistencias tienen un valor de $R_1 = 30 \Omega$, $R_2 = 70 \Omega$ y $R_3 = 50 \Omega$. Queremos calcular la resistencia total o equivalente del circuito, la intensidad de corriente que circulará por él cuando se cierre el interruptor y el voltaje en cada una de las resistencias.

El dibujo del esquema representa el circuito:

Los datos suministrados por el ejercicio los organizamos en una tabla y los señalamos con un color (rojo). Identificamos en el circuito los puntos A y B en la salida del generador.

| Resistencia | 1 | 2 | 3 | AB |
|--------------------|----|----|----|-----|
| Valor (Ω) | 30 | 70 | 50 | |
| Voltaje, V (V) | | | | 4,5 |



El circuito total está formado por tres resistencias en serie, al sumarlas obtenemos la resistencia total del circuito:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 150 \Omega$$

Con el valor del voltaje total 4,5 V calculamos la intensidad de corriente total en el circuito, dividiendo este voltaje entre la resistencia total en este caso será:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{4,5V}{150 \Omega} = 0,03A$$

Esta corriente es igual por todas las resistencias.

Ahora podemos conocer el voltaje en cada elemento resistivo:

$$V_1 = I R_1 = 0,03 A \cdot 30 \Omega = 0,9 V$$

$$V_2 = I R_2 = 0,03 A \cdot 70 \Omega = 2,1 V$$

$$V_3 = I R_3 = 0,03 A \cdot 50 \Omega = 1,5 V$$

En la tabla inicial vamos agregando columnas para las asociaciones, y filas para los valores del voltaje y la corriente que hemos obtenido, destacándolos con otro color. Para este problema nos queda lo siguiente:

| Resistencia | 1 | 2 | 3 | AB |
|--------------------|------|------|------|------|
| Valor (Ω) | 30 | 70 | 50 | 150 |
| Corriente, I(A) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Voltaje, V (V) | 0,9 | 2,1 | 1,5 | 4,5 |

• ¿Cuáles serían los valores en la tabla, si las resistencias se conectan en paralelo?



Montaje y estudio de circuitos básicos de CC

Para realizar esta actividad experimental van a necesitar dos pilas secas comunes (de 1,5 V cada una), tres bombillos de linterna con su respectivo soporte (más o menos de 3 V cada uno), así como cables delgados.

- Monten un circuito con un bombillo y una pila. Observen el brillo probando los tres bombillos.
- Monten un circuito con dos bombillos y las pilas en serie. Observen el brillo de cada bombillo (figura 23.9).
- Abran el circuito e introduzcan el tercer bombillo en serie; cierren nuevamente el circuito. Observen el brillo de los bombillos. ¿Qué pueden decir de la corriente en el circuito: aumentó, disminuyó o no cambió? ¿Qué indicador tienen para su respuesta? ¿Cómo es la resistencia total del circuito debido a la introducción del tercer bombillo?
- Desconecten uno de los bombillos y observen. ¿Cómo explican lo sucedido?
- Si es posible, midan el voltaje en los extremos de cada bombillo y la corriente en la línea con un voltímetro-amperímetro. Determinen la resistencia equivalente.

Analicen lo que sucede al conectar los 3 bombillos en paralelo. Expliquen sus observaciones (figura 23.10).

Hacia la toma de conciencia

A lo largo de la historia el ser humano ha ido utilizando la energía en sus diversas formas de manifestarse: el fuego, por ejemplo, permitió disponer de alimentos cocidos, iluminación, calefacción natural; la energía hidráulica se usó para obtener harina en los molinos y tablones de madera en los aserraderos; la energía producida por el vapor, para la industria y los medios de transporte. Éstas y muchas otras actividades se realizan en la actualidad mediante el uso de la energía eléctrica, aumentando la producción y la calidad de las mismas y disminuyendo el esfuerzo muscular que el ser humano tenía que realizar para su desarrollo.

Se ha vuelto común en nuestros días todo lo referente al consumo de energía eléctrica. El uso que hacemos de ella influye de forma directa en el ambiente. Dicha influencia se manifiesta en todas las fases del proceso tanto por el tipo de fuente de energía que se utilice en su generación, como durante su transporte, distribución, transformación y consumo.

Dadas las campañas llevadas a cabo en casi todo el mundo, el uso razonado de la energía está calando cada vez más en nuestros hábitos de consumo y conciencia, causando efectos positivos en muchos aspectos.

La elección correcta de materiales de construcción, el uso moderado de equipos eléctricos y la puesta en práctica de dispositivos de ahorro de energía son algunos de los parámetros con los que podemos contribuir en el ahorro energético buscando cambiar nuestra conciencia hacia el uso responsable que le demos a uno de los inventos que transformaron el mundo: la producción de electricidad.



Actividades de autoevaluación

1. Dos hojas de un mismo tipo de papel son frotadas entre sí ¿quedarán electrizadas? ¿Y si frotáramos dos barras hechas de un mismo tipo de plástico? Discute con tu grupo de clase las respuestas.

2. En las industrias textiles o de papel, esos materiales se encuentran en constante fricción con las piezas de las máquinas de producción. Para evitar incendios el aire del ambiente es humedecido continuamente. ¿A qué se debe este proceso?

3. Dos cargas puntuales negativas de valores " q " están situadas en el aire y separadas cierta distancia. Construye una figura en donde representes las fuerzas que se ejercen entre las " q ". ¿Cuál es el valor de la fuerza entre ellas?

4. Usando un papel de aluminio (por ejemplo, de un chocolate) hagan una esferita y cuélguela del extremo de un hilo de coser, en un soporte aislante (puede ser en lo alto del marco de madera de una puerta, o en un gancho de ropa de plástico); así obtendrán un péndulo eléctrico. Frotando un peine para electrizarlo, acérquenlo a la esferita. Observen que ésta es inicialmente atraída por el peine, pero después de hacer contacto con él es rechazada; comprueben esta repulsión tratando de aproximarle otra vez el peine. ¿Por qué la esferita fue atraída por el peine?, ¿por qué después de tocarlo fue repelida?

5. Un estudiante posee un radio que funciona con un voltaje constante de 6 V.

- ¿Cuántas pilas secas de 1,5 V debe conectar y cómo lo debe hacer?
- Representa en un diagrama la disposición de las pilas en el aparato.

6. En un laboratorio, un conductor de electricidad es sometido a diversos voltajes. Al medir los valores del voltaje y de la corriente obtuvimos los siguientes resultados:

| | | | | |
|--------|------|------|------|------|
| $V(V)$ | 5,0 | 10 | 15 | 20 |
| $I(A)$ | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 |

- Construye una representación gráfica del voltaje en función de la corriente.
 - ¿Este conductor es un material óhmico? Justifica tu respuesta. ¿Cuál es el valor de la resistencia?
- 7.** Supón que en tu casa, cuya instalación eléctrica es de 120 V, únicamente está encendida una lámpara de resistencia igual a 240Ω :
- ¿Cuál es la intensidad de la corriente que pasa por este elemento?
 - Si enciendes una segunda lámpara idéntica a la primera, ¿la resistencia eléctrica de la instalación de la casa aumentaría o disminuiría? ¿Por qué?
 - Con ambos receptores encendidos, ¿cuánto vale la corriente que pasa por el medidor de consumo eléctrico de la casa?

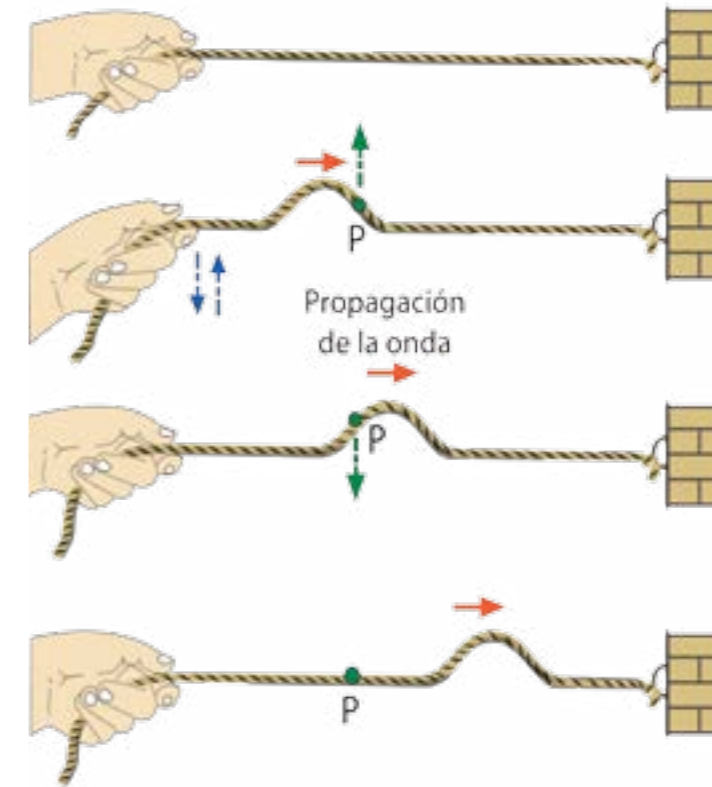


Vivimos rodeados de una inmensa variedad de sonidos. Desde ruidos de vehículos, sirenas y gritos en la calle, que nos resultan molestos y llegan a generar la contaminación sónica, hasta los más agradables de la voz humana o la música suave y armoniosa, que nos resultan placenteros. En nuestras manifestaciones culturales encontramos diversos instrumentos diseñados de acuerdo a los fenómenos del sonido. Hoy en día, según el tipo de instrumento encontramos, por ejemplo: de percusión como furruco, curbata cumaco; de cuerda, como cuatro, arpa llanera o mandolina; de viento como guarura, carrizo flauta; y todo vibra, maracas, quitiplás, charrascas. El sonido es una onda mecánica que viaja a través de medios materiales y la podemos evidenciar en variados contextos o circunstancias.

Experimentamos diversos fenómenos asociados a estas ondas, en nuestras comunidades y en el ambiente. Por ejemplo, animales que emplean la reflexión de las ondas para conseguir los alimentos y protegerse; o las olas que se mueven en la superficie del agua. Conocer estos fenómenos permite, entre otras aplicaciones, facilitar la comunicación o evitar el derrumbe de edificios o puentes por efecto de la resonancia de las ondas.

A continuación encontrarás información sobre este tema y respuestas a preguntas como: ¿De qué se tratan las vibraciones y las ondas, en particular, el sonido? ¿Cómo se producen? ¿Cómo se propagan? ¿Qué características tienen? ¿Qué puede sucederles cuando viajan? También te proponemos actividades para que apliques estos conocimientos y valores su efecto en diversos contextos sociales y productivos.

Lo que vibra perturba al medio



En el ambiente nos podemos encontrar con muchos objetos que tienen un movimiento de vaivén. Por ejemplo, un péndulo, algo colgando de un resorte, el cuero tenso de un tambor, las cuerdas vocales, las partículas del agua cuando hay oleaje. Este tipo de movimiento es lo que llamamos **vibración**. Para darnos cuenta de este fenómeno necesitamos observarlo durante un cierto tiempo.

Seguramente, has jugado con cuerdas tensas, tal como lo muestra la figura 24.1. Al subir y bajar un extremo de la cuerda, observamos que cada trozo de la cuerda también sube y vuelve a bajar, mientras que a lo largo de ella se mueve una perturbación que conocemos como **onda impulsiva o pulso**. Desde la fuente vibrante (la mano), la energía se propaga por la cuerda mediante la onda. Al paso de la onda la materia sube y baja, sin avanzar.

Figura 24.1. Al mover una cuerda tensa con la mano, hacia arriba y hacia abajo, se produce una onda impulsiva que avanza a lo largo de ella.

Veamos ahora un pulso que se propaga en un resorte estirado sobre el piso como en la figura 24.2. Un estudiante lo comprime y lo estira dos veces; de esta forma, cada espira hace un movimiento hacia adelante y hacia atrás. Así se transfiere la energía de una espira a la siguiente. Observa que en cada instante hay un grupo de espiras juntas y otro grupo de espiras que están más separadas, de manera alterna; entonces, el pulso avanza a lo largo del resorte.



Figura 24.2. Ondas impulsivas que se propagan en un resorte bajo tensión.

Cuando la onda se repite continuamente, tal que la perturbación ocurre de manera armónica, como en la figura 24.3, podrás ver el tipo de movimiento donde se repite el vaivén de la mano (fuente de perturbación) en este caso hablamos de onda periódica.



Figura 24.3. Al mover una cuerda tensa con la mano, hacia arriba y hacia abajo y de manera repetida, se propaga en ella una onda periódica.

Tipos de ondas

Al comparar la dirección de propagación de la onda con la del movimiento de las partículas del medio, podemos distinguir dos tipos de ondas. Cuando la vibración de las partículas del medio ocurre en la misma dirección de propagación de las ondas, decimos que son **ondas longitudinales** como en el caso de la onda en el resorte de la figura 24.2.

También podemos producir ondas longitudinales en el aire. Cuando vibra el cuero de un tambor, escucharás un sonido mientras vibra. Esto ocurre debido a que las partículas del aire alrededor del cuero se perturban y oscilan; a su vez, éstas perturban a sus vecinas y así sucesivamente. De esta manera, en el aire se propaga una onda, que traslada una cantidad de energía de un lugar a otro. Cuando la onda sonora llega hasta un detector, éste empieza a vibrar, como ocurre en el interior de nuestro oído.

En cambio, como se muestra en la cuerda de la figura 24.3, puede suceder que las ondas viajen en dirección horizontal, hacia la derecha, mientras que los distintos trozos de cuerda vibran verticalmente; es decir, la materia oscila en dirección perpendicular al movimiento de la onda. A éstas las denominamos **ondas transversales**.

Algunas ondas que encontramos en la naturaleza no son de ninguno de estos dos tipos. Tal es el caso de las ondas en la superficie del agua, donde el movimiento de las partículas de agua es una combinación de vibraciones en dirección longitudinal y transversal.

Como puedes ver en los casos descritos, para crear una onda necesitamos una fuente vibrante y un medio material para propagarse. El medio tiene que ser elástico para permitir la vibración de sus partículas. Es importante resaltar que las partículas del medio oscilan, no se trasladan en la dirección de la onda. Además, estas ondas necesitan de un medio material para propagarse, bien sea sólido, líquido o gaseoso; en general, las llamamos **ondas mecánicas**. Cabe destacar que existe otro tipo de ondas como las electromagnéticas, que pueden propagarse en el vacío.

Recuerda que las vibraciones son fundamentales para la creación de las ondas mecánicas, su transmisión en un medio elástico y su detección por parte de otro medio. Las ondas mecánicas son un efecto que observamos a lo largo del tiempo y en el transcurso de espacio. Estamos rodeados de ondas mecánicas, como las ondas sonoras, las ondas sísmicas, las ondas en el agua y muchas más.

Para saber más...

Nuestra voz en una grabación la percibimos extraña debido a que las ondas sonoras que se generan en las cuerdas vocales son detectadas en el oído por dos vías: externa, transmitidas por el aire, e interna, conducidas por estructuras óseas de la cabeza.



Explorando con las ondas aprendemos

Prepara un recipiente ancho y poco profundo (ponchera cuadrada) con agua hasta más o menos 5 cm de profundidad. Coloca unos trozos pequeños de corcho para que floten. Introduce un lápiz unos 2 cm en el centro y sácalo; describe la onda que observas. Repite el proceso cada 2 s. y describe los cambios. ¿Qué sucede con los trozos de corcho? Si lo haces más rápido, ¿qué sucederá? Explica lo observado y construye un modelo gráfico del tipo mostrado en las figuras anteriores.

Caractericemos las ondas

Las ondas mecánicas periódicas varían en el tiempo de manera armónica; las partículas del medio oscilan en el espacio y así la onda se trasmite. A continuación estudiaremos tres características relacionadas con estas dos variaciones de las ondas.

1. Amplitud. Ésta tiene que ver con la máxima perturbación de las partículas del medio producida al paso de la onda (figura 24.4). Una onda con mayor amplitud lleva mayor energía.

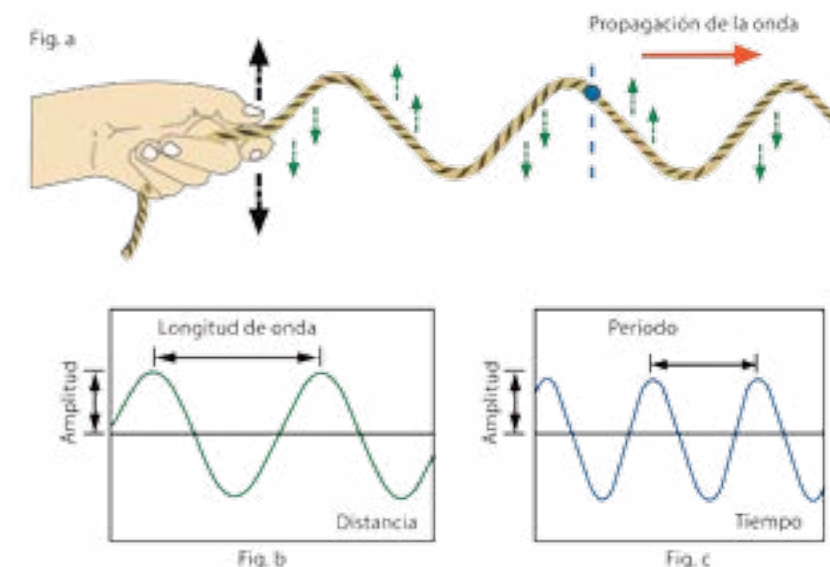


Figura 24.4. (a) Una onda transversal armónica que se propaga en la cuerda. (b) Forma de la cuerda en un instante dado. (c) Gráfico de la posición de un punto de la cuerda, que sube y baja periódicamente en función del tiempo.

La amplitud inicial de la onda está determinada por la potencia de la fuente, es decir, depende de la energía por unidad de tiempo que ésta trasmite. Sin embargo, la amplitud va disminuyendo a medida que la onda se propaga por el medio porque, por lo general, parte de la energía se transfiere a partículas del medio por el calor. En el caso del sonido, el volumen o intensidad dependen fuertemente de la amplitud de las vibraciones del cuerpo que lo produce.

2. Longitud de onda. En la figura 24.4b destacamos la distancia entre dos posiciones seguidas de la cuerda con la máxima perturbación, que denominamos **longitud de onda**. En general, la longitud de la onda es la distancia entre una partícula ubicada en una cierta posición y la siguiente partícula en una posición equivalente.

Ahora observa una representación de ondas sonoras transmitidas en el aire (figura 24.5). En este caso, la distancia entre dos zonas de mayor (o menor) densidad de partículas del aire seguidas corresponde a la longitud de la onda.

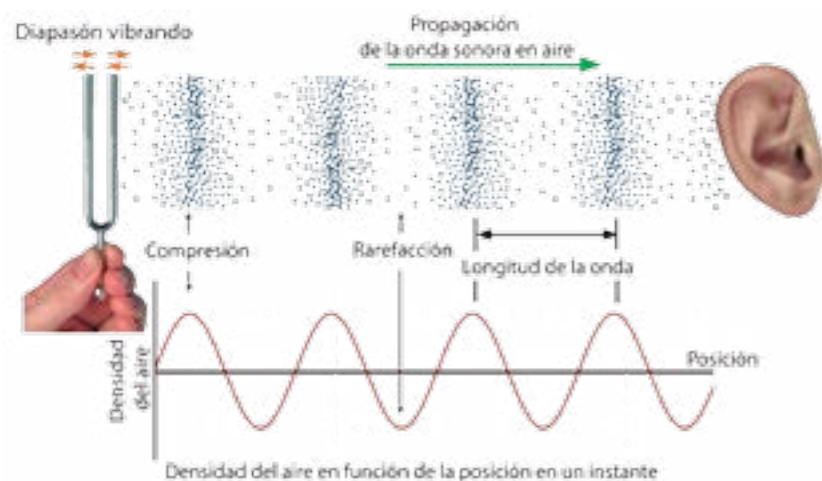


Figura 24.5. Un diapason que vibra trasmite ondas sonoras en el aire; se generan zonas con muchas partículas (compresión) y zonas con pocas partículas (rarefacción). La distancia entre regiones adyacentes con igual densidad de partículas corresponde a la longitud de onda.

3. La frecuencia. Cuando la onda se propaga por la cuerda, cada punto de la misma ejecuta un número de vibraciones por unidad de tiempo que denominamos **frecuencia de la onda**. Esta característica de la onda está determinada por la frecuencia de la fuente que la produce.

En la Figura 24.4a, el punto azul de la cuerda vibra periódicamente al paso de la onda. El movimiento de la partícula está representado en el gráfico 24.4c. El tiempo que tarda en ocurrir una vibración completa es lo que llamamos **período**. ¿Te diste cuenta de que el período es el inverso de la frecuencia?

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número de vibraciones}}{\text{Intervalo de tiempo}} \quad f = \frac{N}{\Delta t} \quad \text{Frecuencia} = \frac{1}{\text{Período}} \quad f = \frac{1}{T}$$

| Magnitud | Tipo | Símbolo | Unidad en el SI | Equivalencia |
|------------|---------|---------|----------------------|----------------------|
| Frecuencia | Escalar | f | Hertz (hertzio) (Hz) | 1 Hz = 1vibración/1s |
| Período | Escalar | T | Segundos (s) | |

Hay sonidos que no puedes oír

Aunque los seres humanos tengamos un oído estupendo, nuestra audición está restringida sólo a sonidos en un rango de frecuencias aproximado entre 20 Hz y 20.000 Hz. Por debajo de 20 Hz están los **infrasonidos**. Estas ondas no podemos oírlas, pero algunos animales como los elefantes las emplean para comunicarse. Los sonidos de frecuencia superior a los 20.000 Hz se llaman **ultrasonidos**. Diversos animales como el murciélago los emplean como una especie de radar para identificar los obstáculos.

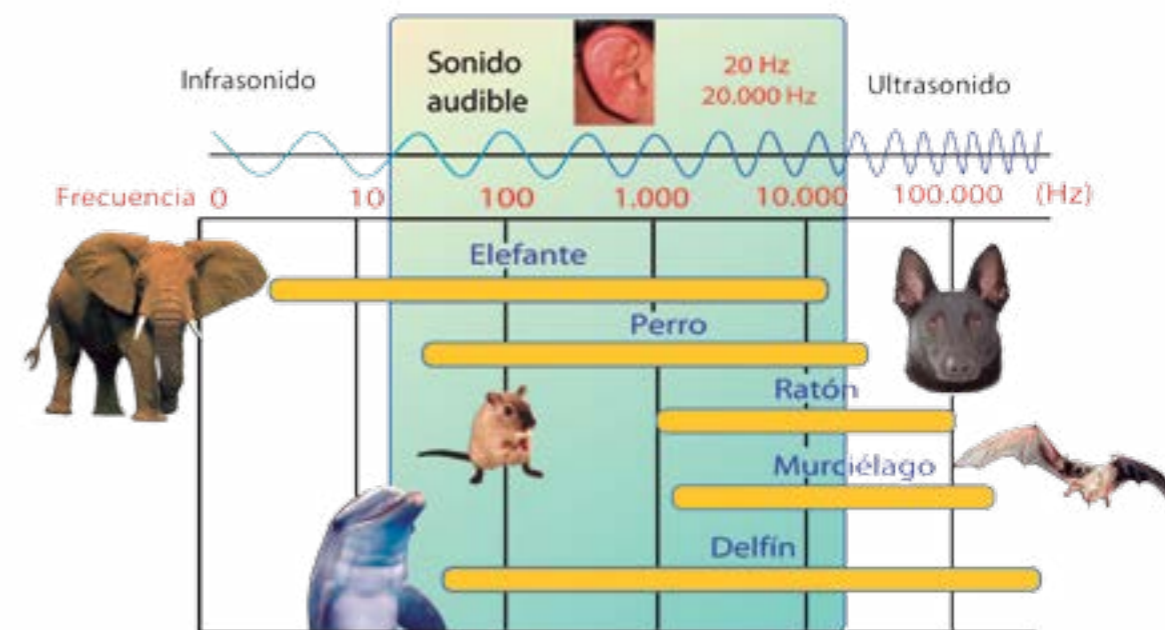


Figura 24.6. El sonido según su frecuencia, desde los infrasonidos hasta los ultrasonidos. Frecuencias de sonidos que perciben algunos animales.



Probando la audición del grupo

Exploren el rango de frecuencias de la audición de las personas (figura 24.6); recuerden que con la edad perdemos esta capacidad y el rango se va reduciendo. Utilicen generadores de sonidos disponibles en la web, como en el video:

http://www.youtube.com/watch?v=4G60hM1W_mk

Utilizando audífonos, vayan incrementando poco a poco la frecuencia manteniendo un volumen fijo. Registren la frecuencia a partir de la cual ya no logran escuchar nada. Comparen los resultados de cada estudiante del grupo.

¿Rápido o lento? Depende del medio

Hemos visto que desde una fuente de vibración hasta un receptor se transfiere energía a través de un medio mediante una perturbación que viaja: la onda; por tal razón, hablamos de la **rapidez de propagación de la onda**.

Esta rapidez depende de algunas propiedades del medio. Por ejemplo, en el aire a 20°C el sonido viaja con una rapidez aproximada de 344 m/s. ¿Te imaginas? ¡El sonido en el aire recorre un kilómetro en apenas tres segundos! Es por esto que no te das cuenta de su demora al llegar desde la fuente hasta tus oídos.

Imagina que a un determinado lugar llegan dos ciclos de una onda en cada segundo, cuya longitud de onda es 1 m. ¿Con qué rapidez viaja esta onda? Veamos cómo una onda recorre una distancia igual a la longitud de onda en un tiempo equivalente al período, entonces su rapidez es:

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$\text{Rapidez} = \frac{\text{Longitud de onda}}{\text{Período}} = \text{Frecuencia} \times \text{Longitud de onda}$$

Para saber más...

Durante una tormenta eléctrica en la atmósfera, habrás notado que primero ves el relámpago y unos segundos después escuchas el sonido. Esto es debido a que las ondas sonoras (mecánicas) son más lentas que las ondas luminosas (electromagnéticas).



La onda avanza por la cuerda

Planteamiento con respecto al tema: Una estudiante amarra una cuerda larga y la mantiene tensa, como la mostrada en la figura 24.1. Produce en ella una onda mecánica y sugiere saber cuál es la frecuencia de la onda y cuál es su rapidez. Para ello, un compañero toma fotos a alta velocidad. Con las fotos observan que la cuerda oscila 3 veces cada segundo y la longitud de la onda es de 20 cm. Verás cómo lo resolvieron.

Hay dos **objetivos**: Conocer la frecuencia y la rapidez de la onda. Y hay dos **condiciones**: oscila 3 veces por segundo y la longitud de onda es 20 cm.

Recuerda el significado de los conceptos y sus relaciones mediante el análisis del mapa (figura 24.7). Fíjate que la primera condición se refiere a la frecuencia y permite responder a la primera pregunta:

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número de vibraciones}}{\text{Intervalo de tiempo}}$$

$$f = \frac{3}{1\text{s}} = 3 \text{ Hz}$$

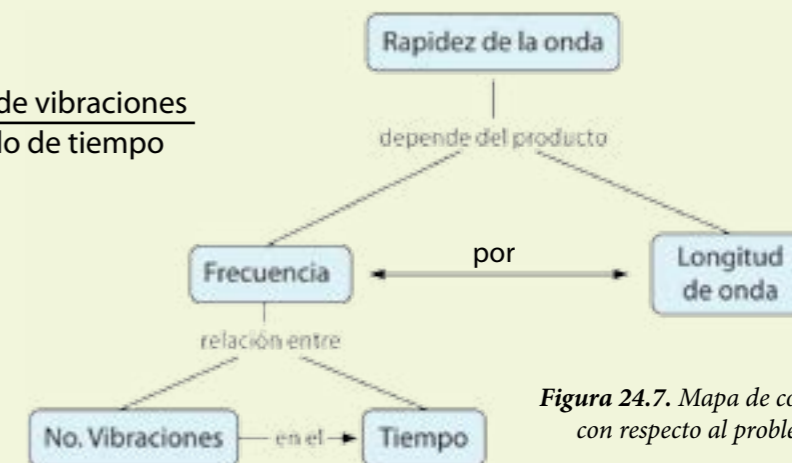


Figura 24.7. Mapa de conceptos con respecto al problema.

Analiza el mapa de nuevo; verás que con la frecuencia y la segunda condición medida (longitud de onda) es posible determinar la rapidez de la onda:

$$\text{Rapidez de la onda} = \text{Frecuencia} \times \text{Longitud de la onda}$$

$$v = 3 \text{ Hz} \cdot 0,20 \text{ m} = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Resuelve otros casos

1. Un emisor de ultrasonidos para espantar insectos ejecuta 4.000 vibraciones en 0,1 s. ¿Cuál es la frecuencia de las ondas? ¿Cuál es el período?
2. La nota do mayor de la escala musical tiene una frecuencia de 262 Hz. Si esta nota viaja en el aire a 340 m/s, ¿cuál es su longitud de onda?
3. Un pescador observa que por su bote anclado pasan las crestas de las olas cada 5 segundos. Si la distancia entre dos crestas es de 10 metros, ¿a qué velocidad viajan las ondas en la superficie del agua?

¿Cómo se comportan las ondas?

Los fenómenos que vamos a describir en esta sección son comunes a todas las ondas, sin embargo, haremos especial énfasis en ejemplos relacionados con las ondas sonoras.

1. Reflexión. Habrás notado que las ondas que se generan en la superficie del agua de una piscina, al llegar a las paredes se regresan. En general, cuando las ondas se propagan por un medio, lo más probable es que encuentren barreras y se devuelvan hacia la zona de donde venían. Este fenómeno lo conocemos como **reflexión de la onda**.

En el caso de las ondas sonoras en espacios abiertos, suele suceder que si encuentran un obstáculo, la onda reflejada no se percibe ya que tiene poca intensidad. Sin embargo, en espacios cerrados, como una cueva o un gran salón vacío, las ondas viajan con mayor intensidad, y al reflejarse en las paredes las percibimos con claridad y las distinguimos de las que vienen directamente de la fuente. Esto es lo que conocemos como un **eco**.

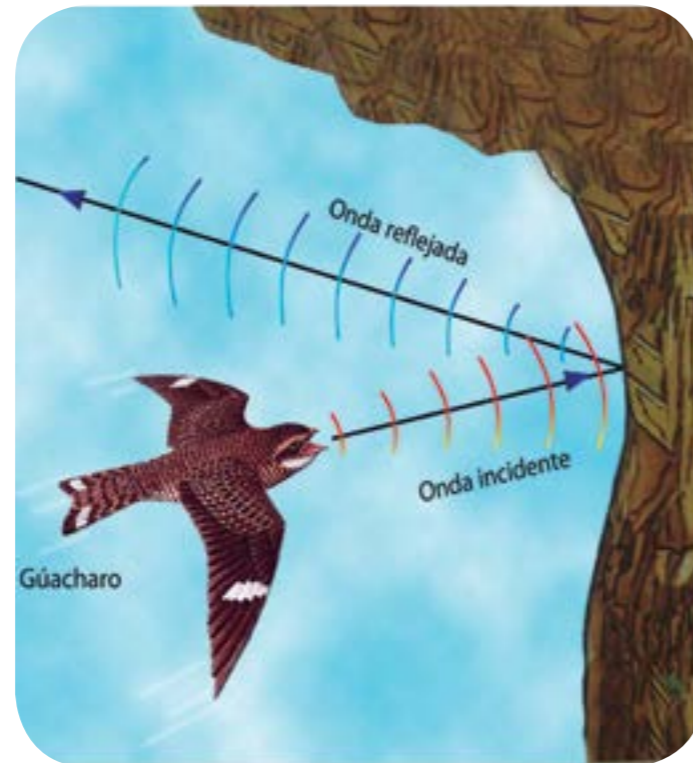


Figura 24.8. El gúacharo emite ondas sonoras que llegan a la pared y se reflejan. Este efecto, llamado eco, lo emplean éstos y otros animales para orientarse y alimentarse.

Para saber más...

Una de las aplicaciones más conocidas de los ecos es la **ecografía**. Por ejemplo, podemos "observar" el interior del cuerpo humano mediante imágenes construidas a partir de ultrasonidos reflejados (ecos) por la estructura corporal.



2. Refracción. La rapidez del sonido en el aire varía con la temperatura; por tal razón, cuando en nuestro entorno el aire cercano al suelo tiene una temperatura menor que el aire que está más arriba, observamos que los sonidos disminuyen su rapidez y se desvían hacia abajo (figura 24.9).

Cuando hay un cambio en las características del medio en que se propaga una onda, se observa que la onda se transmite con una rapidez diferente y por ello cambia de dirección. Este fenómeno es conocido como **refracción**; también sucede cuando la onda pasa de un medio a otro, por ejemplo, del aire al piso o al agua de una piscina. ¿Alguna vez has pegado tu oreja al suelo para escuchar un sonido lejano que no escuchas por el aire?

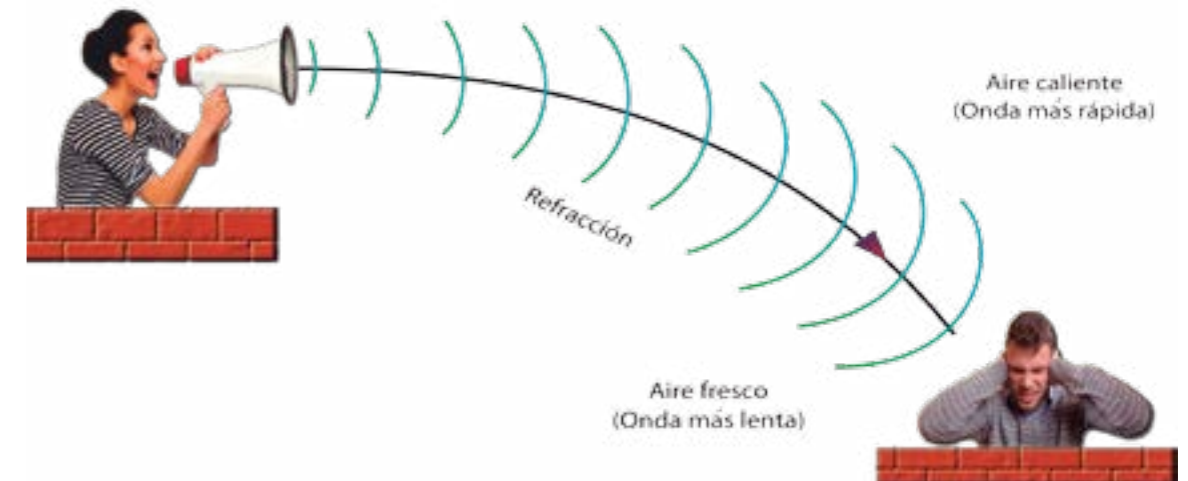


Figura 24.9. Las ondas, al propagarse en un medio que varía sus condiciones, cambian de rapidez y de dirección; cuando esto sucede decimos que se refractan.

3. Interferencia. A un mismo lugar puede llegar más de una onda al mismo tiempo. Por ejemplo, si dejas caer simultáneamente gotas sobre la superficie del agua, las ondas que cada una produce pueden llegar a combinarse en cada punto de la superficie. Esto genera lo que se conoce como un patrón de interferencia parecido al de la figura 24.10.

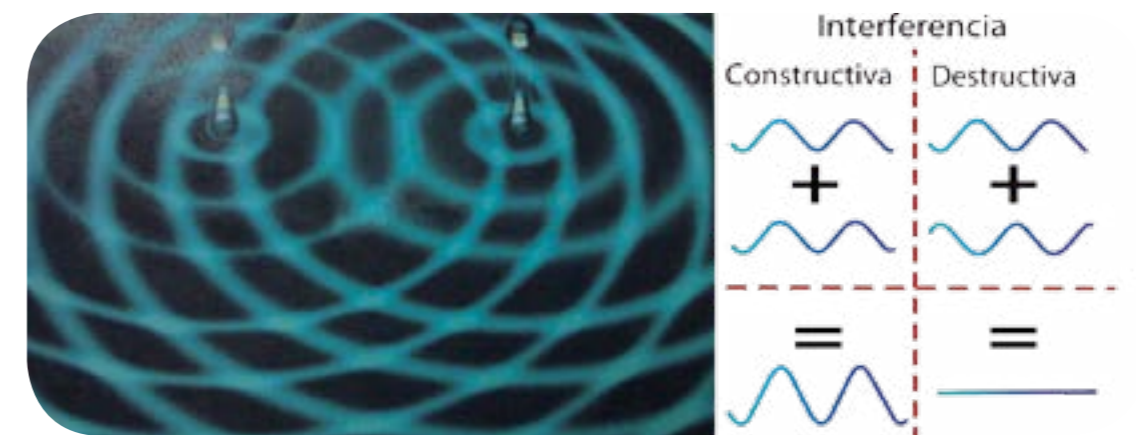


Figura 24.10. Patrón de interferencia por ondas en la superficie del agua.

En la figura anterior se ilustra que cuando la cresta (parte alta) de una onda se superpone a la cresta de otra, los efectos individuales se refuerzan, resultando una onda de mayor amplitud, por tal razón se denomina **interferencia constructiva** y decimos que estas **ondas están en fase**. En cambio, cuando la cresta de una onda se superpone con la parte baja de la otra (que llamamos valle) **las ondas están fuera de fase**, los efectos individuales se neutralizan y hablamos de **interferencia destructiva**.

4. Difracción. La longitud de una onda sonora audible puede tener entre unos pocos centímetros y unos cuantos metros. Cuando estas ondas encuentran los bordes de un obstáculo o un orificio cuyo tamaño es parecido al de su longitud de onda, tienden a desviar la dirección de su camino sin devolverse. Este fenómeno lo conocemos como **difracción** y es el que nos permite escuchar los sonidos que se producen en otro salón, o el que se produce detrás de las esquinas en una construcción.

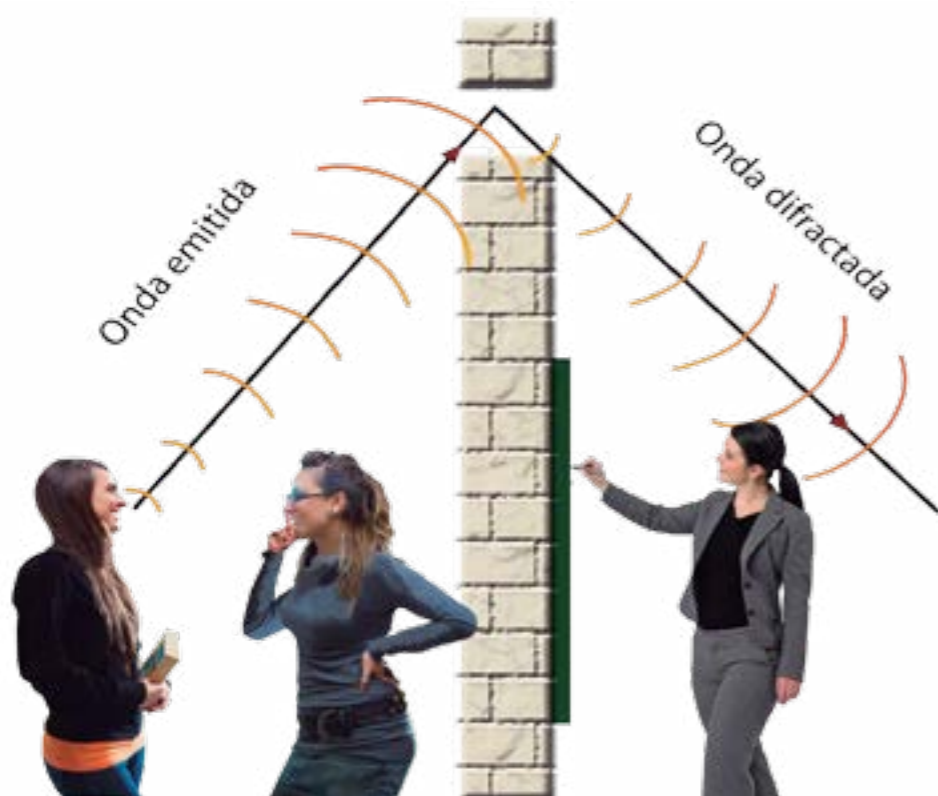


Figura 24.11. Las ondas se difractan cuando su longitud de onda es del mismo orden del tamaño del obstáculo u orificio que encuentran.

5. Resonancia. Los edificios, los autos, los puentes, los columpios, los átomos son entre muchos otros, objetos elásticos que vibran. Cada uno de ellos tiene una o varias maneras específicas de vibrar; por ello hablamos de sus frecuencias naturales de vibración. Éstas dependen de la composición de la materia y de su grado de elasticidad.

Bajo ciertas condiciones estos objetos que vibran pueden perturbarse unos con otros. Cuando la frecuencia natural de vibración de uno de ellos coincide con alguna de las frecuencias naturales de otro, se produce un fenómeno conocido como **resonancia**.

Veamos de qué se trata. Fijemos una copa de vidrio con cierta cantidad de agua dentro, y con un dedo mojado empezamos a frotar su borde hasta hacer que vibre según su frecuencia natural. Si a su lado tenemos otra copa de igual frecuencia natural veremos que al cabo de un tiempo esta empieza a vibrar al mismo ritmo, y poco a poco va aumentando la amplitud de sus vibraciones inducidas. ¿Recuerdas otros casos de resonancia?

Para saber más...
Una copa de cristal delgado puede romperse por resonancia, al emitir un sonido de alta energía que tenga su misma frecuencia natural. Una voz como la soprano con gran intensidad puede lograr este efecto. Esto también puede ocurrir en los edificios: si su frecuencia natural de vibración es igual a la de las ondas producidas en un sismo, es posible que colapsen.



6. Efecto Doppler. Observa la figura 24.12 en el centro hay una fuente fija de ondas sonoras, que se propagan en todas direcciones, como lo representan los círculos azules. De esta forma, las ondas van llegando al oído de las personas a su alrededor, quienes las perciben con la misma frecuencia que la de emisión.

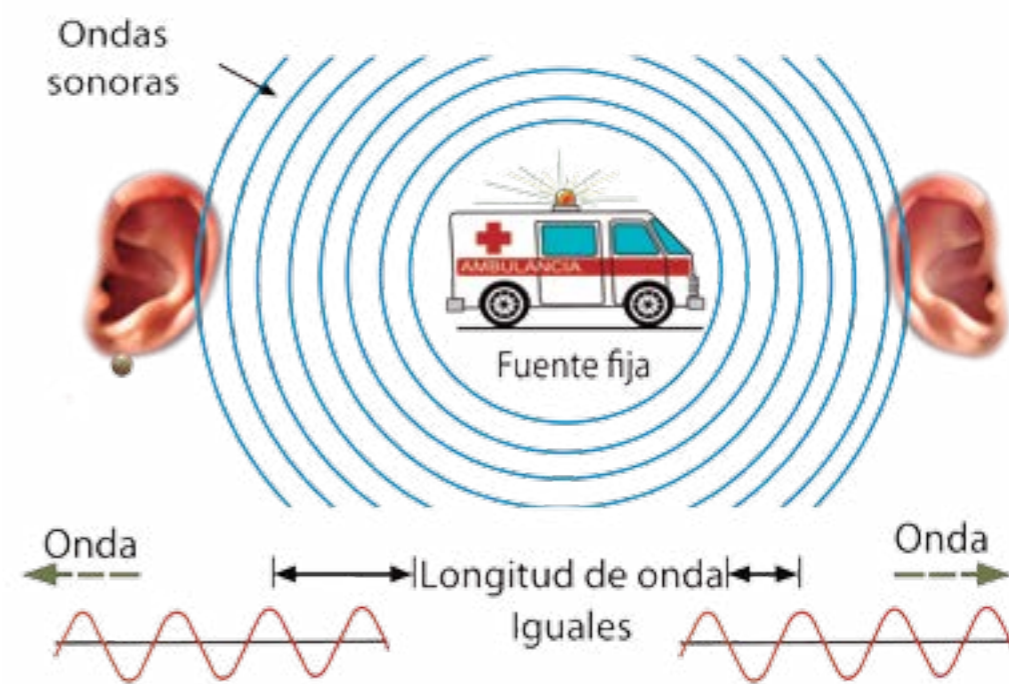


Figura 24.12. Una fuente sonora fija emite un sonido hacia todo el espacio, que es percibido con igual frecuencia por dos personas ubicadas a la misma distancia respecto a la fuente fija.

¿Qué sucederá con las ondas que llegan al oído si la fuente sonora se acerca o se aleja de él? Seguramente has escuchado que la intensidad del sonido de la sirena de una ambulancia o camión de bomberos cuando se acerca al sitio donde te encuentras es diferente al que percibes cuando se aleja. Esto es debido a que la frecuencia del sonido se modifica al estar en movimiento la fuente que lo genera. En la medida en que la velocidad de la fuente emisora sea mayor, el efecto es más acentuado.

Este fenómeno lo conocemos como **efecto Doppler**. Si la fuente se acerca al oído, las ondas llegarán con menor longitud de onda y se perciben con mayor frecuencia. Mientras mayor sea la velocidad de acercamiento de la fuente, mayor será la frecuencia de las ondas que se reciben. Por el contrario, si la fuente se aleja del receptor, su longitud de onda será mayor y la frecuencia de la onda que se recibe será menor que la emitida (figura 24.13).

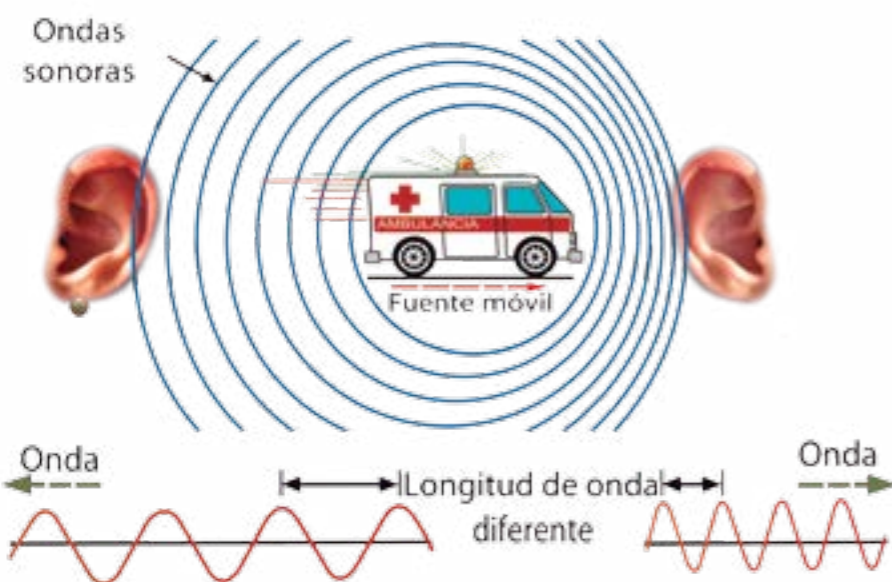


Figura 24.13. Efecto Doppler. La persona de la derecha percibe un sonido de frecuencia mayor que el emitido por la fuente, y la que está en la izquierda percibe un sonido de frecuencia menor que la de la fuente.

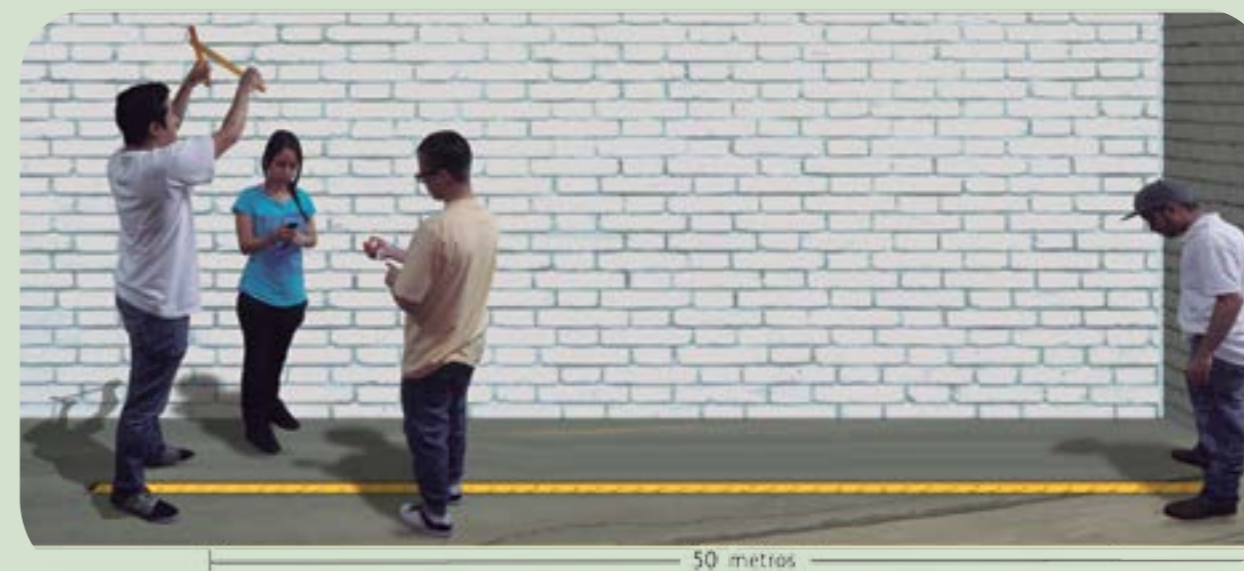
¿Qué necesitan?

- Dos palos de madera (entre 20 cm y 30 cm). Una cinta métrica larga. Varios cronómetros. Un lugar de gran longitud (como una piscina olímpica vacía de 50 m), poco ruidoso y con una "barrera" que permita producir ecos.

¿Qué harán?

- Produzcan ecos en el lugar escogido y verifiquen que perciben el sonido emitido y el reflejado con claridad. Identifiquen la distancia de 50 m desde la barrera. alguien del grupo golpea un palo contra el otro para generar el eco. Los otros miembros de grupo (por lo menos 10) miden el tiempo que transcurre entre el sonido emitido y el sonido reflejado.

Para tener una mejor medida, al oír un eco golpeen los palos para producir otro eco, y así produzcan una serie de por lo menos 10 ecos repetidos con ritmo. Practiquen. Midan el tiempo entre un sonido emitido y el décimo eco recibido.



Este método nos permite suponer que esto equivale a un sonido que recorre 50 metros de ida más 50 metros de vuelta, diez veces: ¿cuántos metros son en total? Evalúen las medidas de tiempo en los 10 cronómetros; repitan las medidas si es necesario. ¿La medida es precisa? ¿La podemos aceptar como válida? (Revisen la lectura 11 del libro de 2^{do}. año de esta serie).

Obtengan el promedio de las medidas de tiempo y calculen la velocidad del sonido. Comparen el resultado con el valor de referencia. Evalúen la precisión y la exactitud de este método. Indaguen acerca de otros métodos para determinar la rapidez del sonido.



Midiendo la velocidad del sonido en el aire

Para medir la velocidad de un objeto requerimos medir la distancia recorrida y el tiempo invertido en ello. La meta es medir la velocidad del sonido en el aire que como sabes, es más o menos 344 m/s. Éste es un trabajo en equipo porque hay que determinar el tiempo que tarda el sonido en ir y volver por un largo camino.



Trabajando con simulaciones

Baja a tu computador la simulación "Ondas Acústicas" (sound.es.jar) de la página web: <http://www.colorado.edu/physics/phet>. Realiza las siguientes actividades:

- Varía la frecuencia y escucha el sonido; con cada frecuencia varía la amplitud. ¿Cómo es el sonido de frecuencias altas comparado con el de frecuencias bajas? ¿Cómo varía la longitud de la onda con la frecuencia? ¿Cómo percibes la amplitud? ¿Qué representan las zonas oscuras y las claras? ¿Por qué a medida que se propagan las ondas las ves más claras? ¿Qué escucha el oyente al acercarlo y alejarlo de la corneta?



- En la sección *Mida*, usando la regla y el contador de tiempo determina la velocidad de la onda para dos o tres frecuencias (baja, media, alta).
- En la sección *Escuche con presiones de aire que varían*; ¿cómo explicas que al quitar el aire de la campana que encierra a la corneta, dejas de escuchar el sonido? ¿Depende esto de la frecuencia y la amplitud de la vibración de la fuente?
- En la sección *Interferencia por reflexión*, emite un pulso y observa la dirección del pulso emitido y la del pulso reflejado. Repítelo cambiando el ángulo de la pared. Establece algún patrón entre la dirección del pulso incidente y el reflejado.
- Elabora un reporte con todas las observaciones y explicaciones de cada caso. Compártelo con tus compañeras y compañeros.



Un mapa de ruidos de la comunidad

Problema: en tu comunidad es probable que existan lugares con alto nivel de ruido. Resulta valioso hacer un mapa de ruidos de la zona y proponer alternativas para mejorar la calidad sónica.

Con la lectura 2 de este libro y las lecturas sobre saberes para investigar de 1^{ro} y 2^{do} año de los libros de esta serie, planifica con tus compañeras y compañeros el siguiente proyecto. Preparen un plan de trabajo:



Identifiquen los lugares ruidosos y algunas personas que habitan o trabajan en ellos. Diseñen una encuesta para indagar acerca de: fuentes de ruido, épocas u horas de mayor ruido, efectos que sienten debido al ruido, iniciativas que consideren que pueden disminuir el ruido. Procesen y analicen los datos.

Complementen el análisis de la encuesta con observaciones de los lugares. Si es posible midan la intensidad de sonido. Preparen un mapa de ruidos de la zona estudiada.

Consulten con su profesora o profesor y otras personas de la comunidad que los puedan ayudar a diseñar un plan de intervención para alguno de los lugares, con el fin de disminuir los niveles de ruido. Además, planteen preguntas e indaguen sobre aspectos como:

- ¿Cómo pueden lograr que el sonido de un lugar disminuya o no perturbe a los vecinos?
- ¿Es posible eliminar todas las vibraciones generadas por el sonido? ¿Qué materiales son adecuados para insonorizar los ambientes?
- ¿Qué patrones de conducta debemos modificar para disminuir la contaminación sónica? ¿Cómo afectan los ruidos y sonidos de alto volumen a los diferentes seres vivos?
- ¿Cómo podemos tomar conciencia de este problema?

Socialicen con la comunidad el mapa de ruidos y su plan de intervención.

Beneficios y riesgos con las ondas sonoras

El sonido es vital para muchos seres vivos. Algunos animales como los murciélagos, guácharos, entre otros, lo emplean para conseguir los alimentos, protegerse y moverse (ecolocalización). Emiten sonidos y perciben el eco que proviene de los objetos u otros seres vivos que están a su alrededor. También las personas invidentes pueden desarrollar esa capacidad!

Conocer, describir y explicar la naturaleza de las ondas mecánicas y los fenómenos observados en ellas han permitido desarrollos importantes para el vivir bien. Entre los muchos beneficios que podemos citar, tenemos:

- Comprender el funcionamiento sonoro de los instrumentos musicales, la producción de melodías, la voz humana, entre otros, ha enriquecido nuestras vidas y la creación humana. Cabe mencionar a los lutiers: artesanos acuciosos, dedicados a construir hermosos y armoniosos instrumentos, muy preciados por los intérpretes. También están los avances en la construcción de edificaciones con calidad acústica para teatros, conchas acústicas, viviendas, entre otros.
- Otro de los usos, quizás muy conocido, es en el diagnóstico médico con ultrasonido. Los tejidos (piel, músculos y huesos) reflejan las ondas sonoras que se le envían; con estos ecos se construyen imágenes para evaluar desde el exterior el estado de los mismos, evitando el uso de otras ondas dañinas y otros métodos de diagnóstico invasivos.

Este tema puede servir de inspiración para que lleven a cabo nuevos proyectos de investigación.

Por último, queremos alertarlos sobre el uso indiscriminado de los sonidos en todo su espectro ya que puede resultar perjudicial para la salud integral de los seres vivos y el ambiente. La contaminación sónica es un problema de los tiempos modernos, que debemos conocer y controlar por el bien común. Aprendamos a escuchar y disfrutar del silencio.



Figura 24.14. Orquesta Juvenil Simón Bolívar. Deleite sonoro nacional.



Actividades de autoevaluación

1. Un guácharo emite sonidos, “clics”, con una frecuencia promedio de 7 kHz desde un cierto lugar. El pájaro está en una cueva donde una pared tiene un hueco de 14 cm de profundidad. Unas ondas recorren una cierta distancia hasta la pared, mientras que otras llegan hasta el fondo del hueco.

- ¿Cuánto tiempo después llegan al guácharo las ondas reflejadas en el fondo del hueco? (Rapidez del sonido en el aire: 340 m/s)
- Si la cueva en vez de aire se llena con otro gas, ¿ocurrirá lo mismo?

2. Explica mediante diagramas y palabras cómo se puede medir la profundidad de un mar o lago, mediante un sonar. ¿Qué otros usos tiene este aparato?

3. Nuestro sistema de audición permite discriminar una onda sonora de otra con un intervalo de tiempo de 0,1 s. ¿A qué distancia debe estar una barrera, para poder distinguir el sonido emitido del eco cuando se propaga en el aire a 344 m/s? ¿Cambiaría esta distancia si estamos en el pico Bolívar? ¿Por qué?

4. Cuando estamos sumergidos en una piscina o laguna, es difícil que escuchemos los sonidos que se producen afuera, en el aire. Si el sonido viaja tanto en el aire como en el agua, construye una explicación a este hecho.

5. ¿Qué sucede cuando una fuente sonora se mueve con una velocidad mayor que la del sonido? Te invitamos a indagar acerca de “romper la barrera del sonido” y onda de choque.

6. *Dos sistemas de comunicación:* Montaje: 1. Pasa por el fondo de dos vasos plásticos una cuerda de más o menos 2 m; anuda en sus extremos un trozo de palillo para que haga contacto con el fondo de los vasos. 2. Sobre la parte estrecha de dos embudos caseros, encaja bien una manguera de 2 m a 3 m de largo.

Establezcan una conversación con cada montaje. ¿Cómo perciben el sonido en cada caso? ¿Qué diferencias encuentran en los sonidos? Comparen los medios de propagación. Elaboren un diagrama que represente cada situación sonora.

Introduzcan variantes como: cambiar la tensión de la cuerda, echar aire caliente en la manguera o ponerla en la nevera un rato, entre otras. Observen y expliquen.



Así como las ondas sonoras nos deleitan con sus armoniosas y expresivas melodías musicales, la luz es otro mundo vibracional de nuestro entorno que a diario disfrutamos en una diversidad de coloridos paisajes ofrecidos por la bella naturaleza. La fuente de luz que nos acompaña desde siempre y que sustenta toda forma de vida sobre la Tierra es el Sol. Durante centenares de miles de años el Sol y la llama del fuego fueron los únicos medios de que se valió el ser humano para alumbrarse.

La luz, como el sonido, está compuesta de ondas que se propagan en el espacio y tienen algunos comportamientos similares. Sin embargo, las ondas luminosas son de una naturaleza diferente. Se trata de una onda electromagnética que tiene su origen en saltos cuánticos de cargas eléctricas en la intimidad de la materia; estas ondas generadas pueden propagarse sin necesidad de ningún medio material, es decir, en el vacío.

Con el ingenio, la creatividad y los saberes construidos por mujeres y hombres, hoy en día disponemos de una variedad de fuentes artificiales de luz, como tubos de neón, bombillos incandescentes, leds, láseres, entre otros.

El sentido de la visión junto con la luz permite que veamos los objetos y el color. Sin luz todo sería oscuridad ¡Qué suerte que no es así! Gracias a la luz podemos vivir, recrearnos y beneficiarnos de muchas maneras.

En esta lectura nos proponemos dar respuesta a algunas cuestiones relacionadas con la luz: ¿Cómo modelamos su naturaleza? ¿Cómo se propaga? ¿Por qué vemos los objetos? ¿Por qué a veces percibimos con la visión cosas que no son reales? ¿Qué es el color? ¿Cómo explicamos las imágenes que vemos en un espejo? ¿Qué son las lentes y cómo se utilizan en los instrumentos ópticos? Esperamos despertar tu curiosidad por el tema y te motivamos a que sigas indagando.

El misterio de la luz: ¿Onda o partícula?

¿Cómo es que podemos ver los objetos? ¿Qué es eso que llamamos luz? Son preguntas que han intrigado a la humanidad desde siempre. Hace unos 2.500 años filósofos griegos formularon diversas hipótesis contrapuestas. Una proponía que de los ojos salían “filamentos” que viajaban en línea recta, y al caer sobre los objetos producía el efecto luminoso que permitía verlos. Otra hipótesis planteaba que cuando se observaban los objetos, desde éstos emanaba “algo”, luz, por lo cual algunos pensaban que la luz eran como pequeñas “pelotas” que viajaban en línea recta y llegaban a nuestros ojos, y otros pensaban que podía ser una onda.

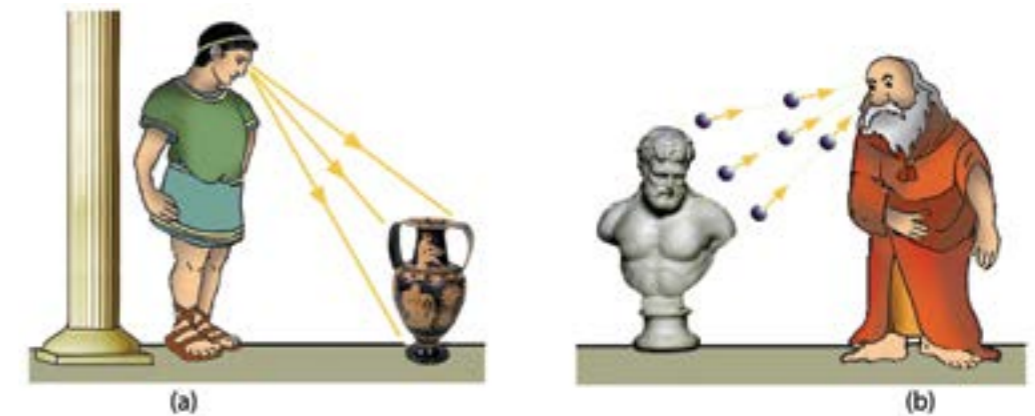


Figura 25.1. Modelos de la luz en la cultura griega hace unos 2.500 años. (a) Filamentos de luz salen de los ojos; (b) Los objetos emiten pequeñas pelotas que llegan a los ojos.

Mucho después, en el siglo X, el científico árabe Alhacén esclareció el dilema entre ambas hipótesis. Estableció que como los ojos se irritaban al observar el Sol de manera directa, ellos tenían que ser receptores y no emisores. Además, la luz que hay en el ambiente proviene del Sol: y cuando llega a algunos objetos “rebota”; nos da la impresión de que ellos también iluminan, como sucede con la Luna. De manera que la luz que viene de los objetos llega a los ojos y permite que los veamos. Además, sin luz resulta imposible poder verlos. Alhacén también dio explicaciones a otros fenómenos asociados con el comportamiento de la luz, como su propagación rectilínea, la reflexión y la refracción.

Este científico combinó la construcción de ideas teóricas, modelos geométricos y posibles explicaciones con el trabajo experimental y controlado. Su modo de investigar al parecer influyó en científicos posteriores de la Edad Media como Leonardo Da Vinci, Francis Bacon y Galileo Galilei.

En el siglo XVII surgieron dos modelos sobre lo que sería la luz: Isaac Newton la imaginó como pequeñas partículas que viajan en línea recta a gran velocidad (teoría corpuscular) y construyó explicaciones mecánicas de algunos fenómenos luminosos sin embargo, su teoría no permitía explicar fenómenos como la difracción. A la par Christiaan Huygens, holandés, consideró la luz como una onda mecánica y explicó los otros fenómenos que el modelo de partícula no permitía, como el porqué la luz se desviaba al pasar por una rendija muy fina y por qué al encontrar dos rendijas finas muy próximas se formaba un patrón de franjas oscuras y claras alternadas. En el siglo XVIII esta teoría de luz como onda fue ampliada por Thomas Young. En el siglo XIX se concluye que la luz es una onda electromagnética.

La idea de la luz como partícula retornó. Desde comienzos del siglo XX se acepta que la luz puede ser descrita de manera dual: a veces puede ser considerada como **onda** electromagnética y en otras ocasiones como **partícula (fotón)**. Algo así como si tuviera doble personalidad y su comportamiento dependiera de las circunstancias que estamos observando.

¿Cuándo se comporta como onda la luz? Esto ocurre, por ejemplo, cuando dos ondas llegan a un mismo sitio y se combinan, reforzando o anulando sus efectos y dando como resultado un patrón de interferencia (figura 25.2.a). Algo parecido a lo que viste en la lectura anterior con las ondas mecánicas en la superficie del agua.

¿Cuándo se manifiesta como partícula la luz? Esto ocurre, por ejemplo, en el efecto fotoeléctrico, donde las partículas de luz interactúan con los átomos de un metal, golpeándolos para “arrancarles” electrones según la energía con la que inciden (figura 25.2.b). A esa partícula que golpea Einstein la consideró como un pequeño paquete de energía que llamó cuanto de luz o fotón.

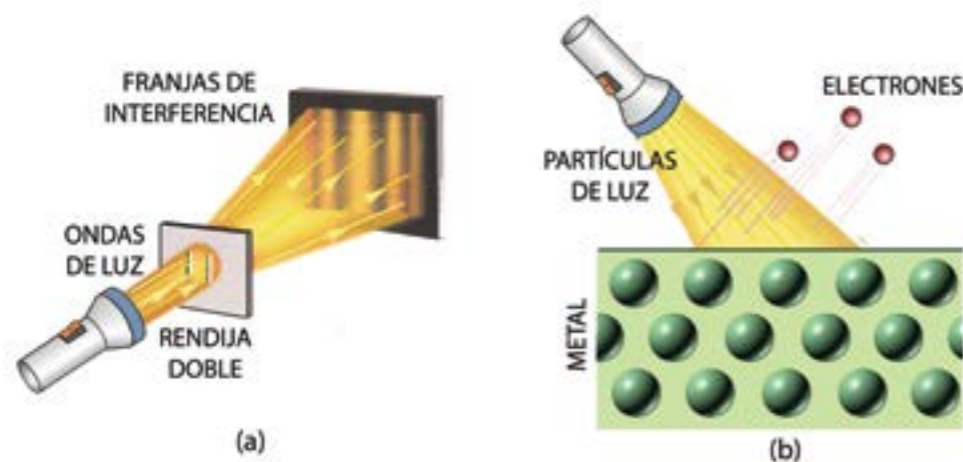


Figura 25.2. La luz dualidad onda-partícula. a) La luz como onda, experimento de interferencia de doble rendija. b) La luz como partícula (fotón), experimento del efecto fotoeléctrico.



Figura 25.3. Fotones de luz emitidos desde el interior de un átomo al caer los electrones desde una órbita superior a una inferior (saltos cuánticos).

Sobre el origen de la luz... Si nos centramos en las fuentes luminosas como el Sol, una vela, un bombillo, las luciérnagas, entre otras, encontramos que en todas ellas los átomos de la materia son los encargados de la emisión de luz. A grandes rasgos podemos imaginar un átomo con sus electrones girando en torno al núcleo en determinados orbitales de energía. Estos átomos pueden recibir energía por distintos mecanismos, como calentando el material o por una reacción química, con lo cual sus electrones pueden ser excitados para pasar a ocupar un orbital de nivel superior por breves instantes. La energía extra que adquirió el electrón es liberada al volver a niveles de energía inferior (más próximos al núcleo); esta emisión se piensa como paquetes de energía: fotones (figura 25.3).

La luz en movimiento

Para saber más...

Entre los seres vivos que pueden emitir luz propia mediante reacciones químicas (bioluminiscencia) está la luciérnaga o cocuyo. El macho intercambia con la hembra destellos de luz para atraerla; ella responde si lo percibe adecuado: ¿será amor a primera luz? También emplean la luz para defenderse.



Durante siglos se pensó que la luz llegaba de manera instantánea desde la fuente al receptor. La idea de que la luz tiene una rapidez finita y que ésta se puede medir comienza en el siglo XVII. Galileo intentó medir la rapidez de la luz a partir del tiempo que le tomaba a ésta desplazarse una distancia conocida entre la cima de dos colinas. El tiempo fue tan corto, que su única conclusión fue: “La rapidez de la luz es extremadamente alta”.

El primer valor de rapidez de la luz del que se tiene información lo obtuvo Ole Roemer (año 1676) siendo 214.000 km/s. Después se hicieron nuevos ensayos, siendo más aceptado el experimento de Michelson en 1926, quien obtuvo un valor de 299.520 km/s. Posteriores experimentos han confirmado que la rapidez de la luz es una constante universal, lo cual sirvió de base para que Albert Einstein desarrollara la famosa teoría de la relatividad. La propagación de la luz es el fenómeno físico más rápido que conocemos. En la actualidad se acepta que la rapidez de la luz en el vacío tiene un valor de 299.793 km/s (≈ 300.000 km/s). ¡Te imaginas!, la luz tarda apenas un par de nanosegundos en llegar desde un bombillo hasta una pared en un cuarto.

La luz también es una onda electromagnética

En el siglo XIX James C. Maxwell, escocés, sintetizó en la teoría electromagnética observaciones anteriores, experimentos y leyes, lo cual le permitió calcular la velocidad de ondas, como las de radio. Él obtuvo un valor igual al que se había obtenido experimentalmente para la luz. Como ya antes se había mostrado que la luz era una onda, esta afortunada coincidencia permitió concluir que tanto la luz como las otras ondas conocidas para la época eran de un mismo tipo: la combinación de dos ondas, una eléctrica y otra magnética, que viajan en dirección transversal a estas dos perturbaciones.

Hoy en día aceptamos que las distintas ondas electromagnéticas conocidas sólo se diferencian por su longitud de onda y por su frecuencia. Considerando la primera, existe un amplio espectro que se extiende desde longitudes de onda tan pequeñas como los rayos gamma ($\approx 10^{-14}$ m), hasta longitudes de onda mucho más grandes como las ondas de radio ($\approx 10^3$ m).

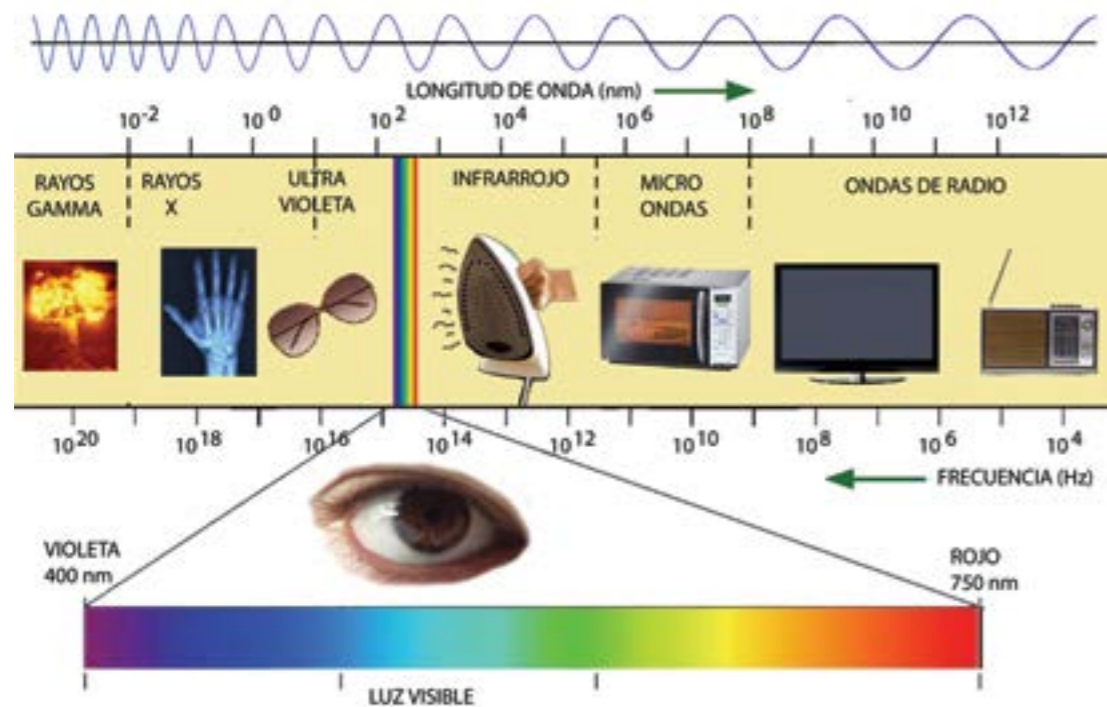


Figura 25.4. Las diferentes ondas del espectro electromagnético (EM). Todos son de la misma naturaleza y sólo se diferencian en sus longitudes de onda (y frecuencia).

Como puedes notar en la figura 25.4, el rango de luz visible apenas ocupa una pequeña porción de este amplio espectro. Las longitudes de onda de la luz visible están comprendidas más o menos entre 0,400 milésima de milímetro para la luz roja y 0,750 milésima de milímetro para la luz violeta.

Vimos antes que los fotones emitidos en los átomos por los saltos cuánticos de los electrones son paquetes de energía. Algunos de estos saltos producen la luz visible, que en nuestros ojos es percibida con diversos colores. Sabemos hoy que existe una relación directa entre la energía que transporta un fotón y su frecuencia como onda EM: a mayor energía mayor será su frecuencia y menor su longitud de onda, ya que como ocurre con las ondas mecánicas, la rapidez v de las ondas EM es el producto de su frecuencia f por su longitud de onda, λ , ($v = \lambda f$).

Los átomos pueden emitir muchísimas radiaciones que no podemos ver. Entre estas luces invisibles para nosotros está la luz infrarroja, con longitudes de onda mayores a la luz roja, como la que emiten los átomos de objetos calientes. Al otro lado del rango visible está la luz ultravioleta, de menor longitud de onda que la luz violeta.

Para saber más...

Recibir radiación ultravioleta (UV) en cantidades pequeñas resulta beneficioso para la salud, ya que contribuye con la producción de vitamina D y el desarrollo de los huesos, entre otros. Sin embargo, una prolongada exposición a las ondas UV se asocia con alteraciones de la salud como: cáncer de piel, quemaduras de sol, envejecimiento prematuro de la piel, diversas enfermedades oculares y disminución de la eficacia del sistema inmunológico. La reducción de la capa de ozono aumenta la incidencia de ondas UV sobre la Tierra. Alerta.

La luz se propaga en línea recta

Una de las evidencias frecuentes que nos permite afirmar que la luz viaja en línea recta es que un objeto opaco colocado en el camino de la luz forma una sombra, es decir, una zona donde la luz no llega. Esta sombra conserva la misma forma del objeto interpuesto. Las sombras chinescas que seguramente has visto o producido con tus manos datan de la Antigüedad y se forman con base en esta propiedad de la luz.

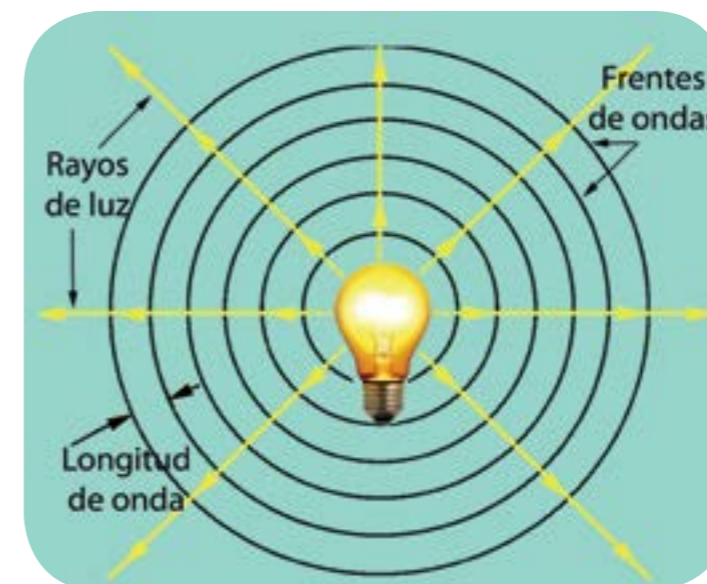


Figura 25.5. Frentes de onda esféricos de la luz (círculos negros). Los rayos son perpendiculares a los frentes de onda.

¿Recuerdas cómo sueles representar a la luz cuando dibujas?, con rayitos. De igual forma, la figura de la izquierda nos sugiere que podemos utilizar líneas rectas con flechas para indicar la dirección y sentido de propagación de la luz. A estas líneas las llamamos **rayos**. Los rayos se dibujan perpendiculares a las superficies que representan las crestas o valles de las ondas, las cuales avanzan en una cierta dirección separadas entre sí por una distancia que equivale a una longitud de onda. Estas superficies son llamadas **frentes de ondas** (figura 25.5).

Veremos más adelante que el trazado de estos rayos nos permitirá simplificar el análisis geométrico de los fenómenos luminosos. Es por ello que solemos hablar de óptica geométrica.

Los cuerpos frente a la luz

Hasta ahora hemos conversado acerca del origen de la luz, su naturaleza y su propagación en el vacío. Ahora bien, ¿qué sucede cuando la luz encuentra materia en el camino? En la fotografía siguiente, una persona que está dentro de un ambiente observa cómo la luz que proviene desde el Sol distante llega por varios caminos. ¿Cuáles caminos puedes identificar tú en esa foto?

Algunos de los recorridos de la luz del Sol que podemos describir en la foto son:



Figura 25.6. Foto de un ambiente iluminado por la luz del Sol que penetra en forma directa y a través del vidrio de una ventana.

- Luz que entra directamente e incide sobre el florero, las frutas y otros objetos que están en el interior; desde ellos es desviada hasta la persona.

- Luz que desviada por diversos objetos que están afuera llega hasta sus ojos, razón por la cual los puede ver.

- Hay luz desde el exterior que atraviesa el vidrio de la ventana penetrando a todo el ambiente o encuentra objetos que no le permiten pasar.

En estos y otros recorridos podemos identificar que hay una fuente de luz, objetos con los que ésta interactúa y un receptor. Entre los objetos con los que interactúa la luz podemos distinguir:

- Objetos en los que la mayor cantidad de luz incidente se devuelve, por lo cual parece que brillan; éstos los llamamos **reflectores**. Tal es el caso de la Luna cuando la luz del Sol incide sobre una región y se refleja, o el caso de los espejos.

- Hay otros materiales como el agua o el vidrio, en los que casi toda la luz incidente pasa a través de ellos. Esto los hace poco visibles o **transparentes**. ¿Alguna vez te has pegado con una puerta de vidrio? Los materiales altamente transparentes dejan pasar la luz sin dispersarla en su interior, de manera que podemos ver con claridad a otros objetos a través de ellos. También hablamos de materiales **traslúcidos**; éstos dejan pasar la luz, pero en su interior parte de ella se dispersa, por lo tanto, los objetos que están al otro lado se ven borrosos o difusos. Observa este efecto en algunas zonas de la cortina de la figura 25.6.

- Cuando los cuerpos no dejan pasar la luz en absoluto decimos que son **opacos**, como la pared de tu salón y muchos otros materiales a tu alrededor.

Una explicación para esta interacción es que la energía electromagnética transportada por los fotones de la luz, al interactuar con la materia, hace que los electrones de sus átomos salten a orbitales de energía superiores. Como los electrones tienen permitidos ciertos saltos entre orbitales, según los átomos de cada material, es probable que parte de los fotones que inciden sean re-emitidos, mientras que otros son absorbidos por el material; éstos últimos provocan un aumento en su temperatura. Ésta es la razón por la cual cuando estamos expuestos a la luz del Sol podemos sentir nuestro cuerpo cada vez más caliente.

Fenómenos luminosos

La luz, al igual que las ondas sonoras, se refleja, se refracta y es “absorbida”. También en algunos medios puede ocurrir que la luz se descomponga en sus distintos colores. A continuación analizaremos estos fenómenos luminosos, haciendo uso de la óptica geométrica, para lo cual representaremos la luz mediante rayos.

La luz que se devuelve: la reflexión

Viste que en muchos materiales la luz incidente es devuelta, esto es, se refleja. Gracias a que los objetos reflejan luz es que podemos verlos. El porcentaje de energía (luz) reflejada puede variar. En superficies muy pulidas, como los espejos, la cantidad reflejada es muy alta comparada con la incidente. Además, los rayos (perpendiculares a los frentes de onda) que inciden paralelos salen paralelos después de reflejarse; decimos entonces que ocurrió una **reflexión especular**. En cambio en superficies “rugosas”, como una pared o una hoja de papel, los rayos de luz se reflejan en múltiples direcciones y hablamos de **reflexión difusa** (figura 25.7).

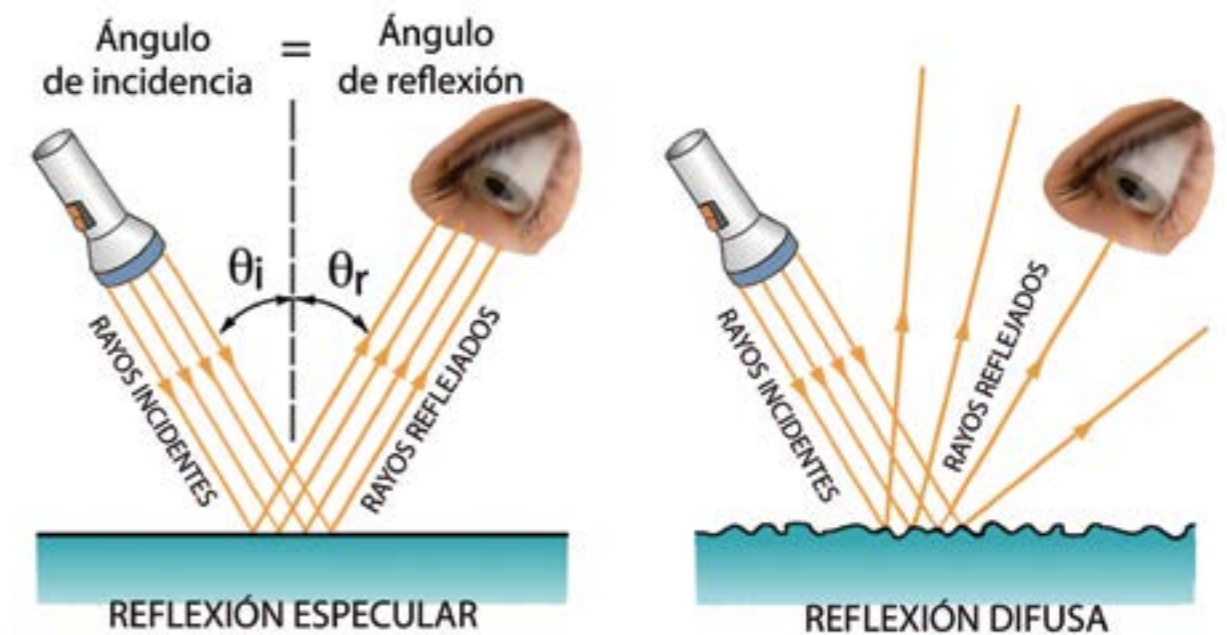


Figura 25.7. (a) En una superficie pulida ocurre reflexión especular: la luz sale en una sola dirección. (b) En una superficie rugosa ocurre reflexión difusa: la luz sale en varias direcciones.

Como viste en la figura anterior, la reflexión especular sigue un patrón que puedes verificar en tu casa utilizando un espejo plano, un láser y un transportador. Esta regularidad la resumimos a continuación:

El rayo de luz incidente, la perpendicular a la superficie en el punto de incidencia y el rayo de luz reflejado están en un mismo plano.

El ángulo de incidencia (θ_i) es igual al ángulo de reflexión (θ_r): $\theta_i = \theta_r$

Reflexión especular y espejos

Los espejos son objetos que tienen una superficie muy pulida y producen reflexión especular de la luz. Estas superficies pueden ser de forma plana o curva.

Cuando se coloca un objeto iluminado enfrente de un **espejo plano**, los rayos de luz que provienen de él llegan al ojo del observador después de reflejarse en el espejo. El ojo interpreta el fenómeno como si los rayos provinieran desde puntos imaginarios ubicados detrás del espejo (figura 25.8). Este tipo de imagen recibe el nombre de **imagen virtual**, para diferenciarla de una **imagen real**, como la que vemos proyectada en los cines, donde los rayos de luz provienen realmente de la pantalla. Observa que en la imagen las letras de la camisa del joven aparecen invertidas lateralmente. ¿Será esto un error del dibujante? ¿Tú qué piensas?

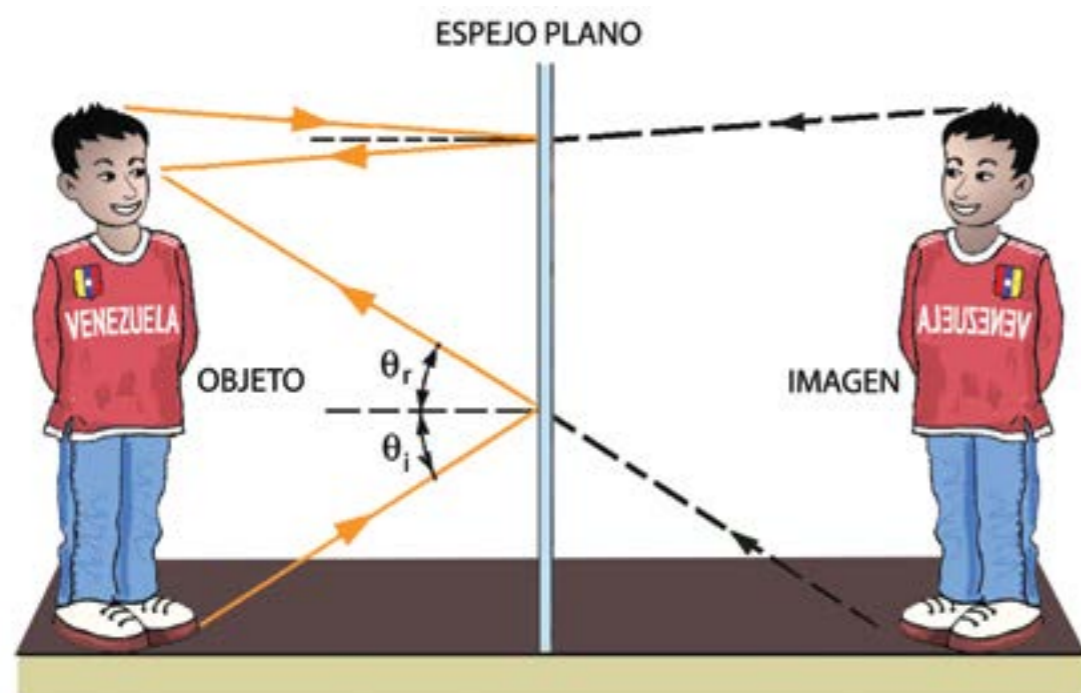


Figura 25.8. Trazado de rayos de luz incidentes en un espejo plano: uno que viene desde los pies, llega al espejo, se refleja en él de manera especular según el patrón $\theta_i = \theta_r$ y llega al ojo; y uno que viene desde la cabeza llega al espejo, se refleja en él de manera especular con el mismo patrón y es recibido por el ojo. Los rayos que llegan al ojo prolongados por detrás del espejo, permiten trazar la imagen (virtual) de la persona. Esta imagen tiene el mismo tamaño que el objeto.

También existen espejos curvos, como los de los retrovisores de los carros. Hay dos tipos de espejos curvos: los cóncavos que están curvados hacia adentro, y los convexos que están curvados hacia fuera (figura 25.9). Habrás notado que las imágenes en los espejos curvos lucen deformadas y pueden ser de mayor o menor tamaño que el objeto.

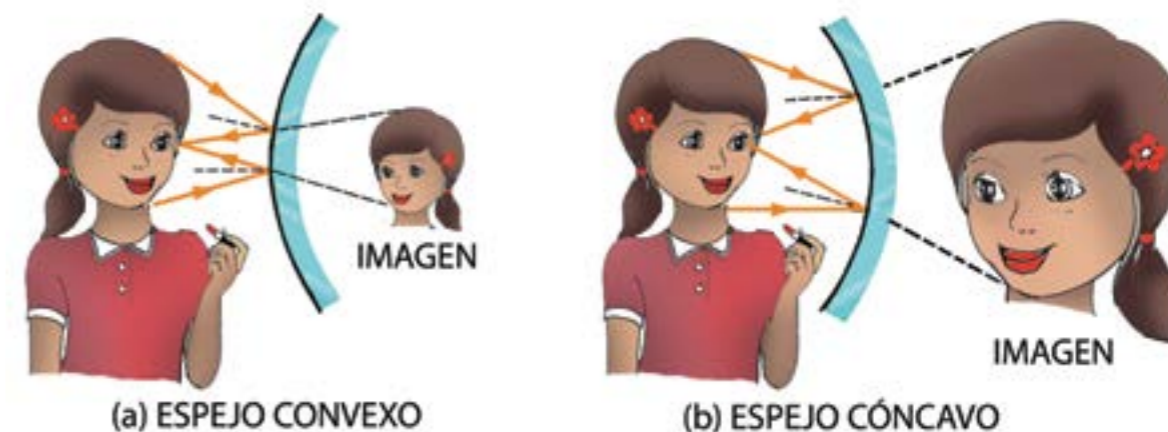


Figura 25.9. Formación de una imagen en espejo curvo. Los rayos de luz en estos espejos siguen el mismo patrón de reflexión que en el espejo plano: $\theta_i = \theta_r$.

Estos curiosos efectos los puedes comprobar tu mismo con un cucharón de cocina muy pulido. Su superficie exterior te podrá servir como espejo convexo, y como espejo cóncavo su superficie interior. Si alejas tu cara del lado convexo del cucharón, verás primero tu imagen derecha, y a partir de cierta posición empezarás a verla boca abajo (invertida). Haz la prueba con los dos lados del cucharón.

La luz que atraviesa y se desvía: la refracción

¿Alguna vez has mirado a través de un frasco de vidrio redondo, lleno de agua? Habrás notado que los objetos que están dentro parecen deformados y como si estuviesen en una posición que es diferente a la real. ¿Qué observas en esta foto? Seguramente, te darás cuenta del efecto de los palitos que parecen quebrarse en la frontera entre el agua y el aire; además parece que se agrandan dentro del agua.

Estos efectos visuales se deben a que cuando la luz llega a una superficie que separa dos medios diferentes, se produce un cambio en la rapidez de la luz; como consecuencia ocurre un cambio en la dirección. A este fenómeno lo denominamos **refracción**, que ocurre cuando los rayos luminosos tienen que atravesar diferentes sustancias, en este caso del agua al aire.



Figura 25.10. Palitos de madera en un vaso con agua. Los efectos ópticos observados se deben al fenómeno de refracción de la luz al pasar del agua al aire.

En realidad cuando la luz llega a la superficie que separa dos medios transparentes, se producen simultáneamente los fenómenos de reflexión y de refracción por lo general, la mayor cantidad de luz (energía) se refracta, pasa de un medio a otro.

Si tomamos como referencia que la rapidez de la luz en el vacío tiene su valor máximo ($c \approx 3 \times 10^8$ km/s) y la comparamos con su valor en otros medios, podemos definir el **índice de refracción (n)**.

$$\text{Índice de refracción} = \frac{\text{Rapidez de la luz en el vacío}}{\text{Rapidez de la luz en otro medio}} \quad n = \frac{c}{v_{\text{medio}}}$$

| Sustancia | Rapidez de la luz (km/s) ($\times 10^3$) | Índice de Refracción |
|-------------------|--|----------------------|
| Aire | 299,7 | 1,00 |
| Agua (20 °C) | 224,9 | 1,33 |
| Alcohol etílico | 220,2 | 1,36 |
| Aceite comestible | 203,5 | 1,47 |
| Vidrio (medio) | 189,6 | 1,58 |
| Diamante | 124,0 | 2,42 |

Tabla 25.1. Rapidez de la luz e índice de refracción de diversas sustancias.

En la figura 25.11 ilustramos dos situaciones diferentes. Cuando la luz pasa de un medio a otro en que se propaga a una velocidad menor ($n_2 > n_1$), ejemplo del aire al agua, el rayo refractado se desvía acercándose a la línea perpendicular (normal) a la superficie. Al contrario, el rayo de luz se aleja de la normal cuando n_2 es menor que n_1 , como al pasar del agua al aire.

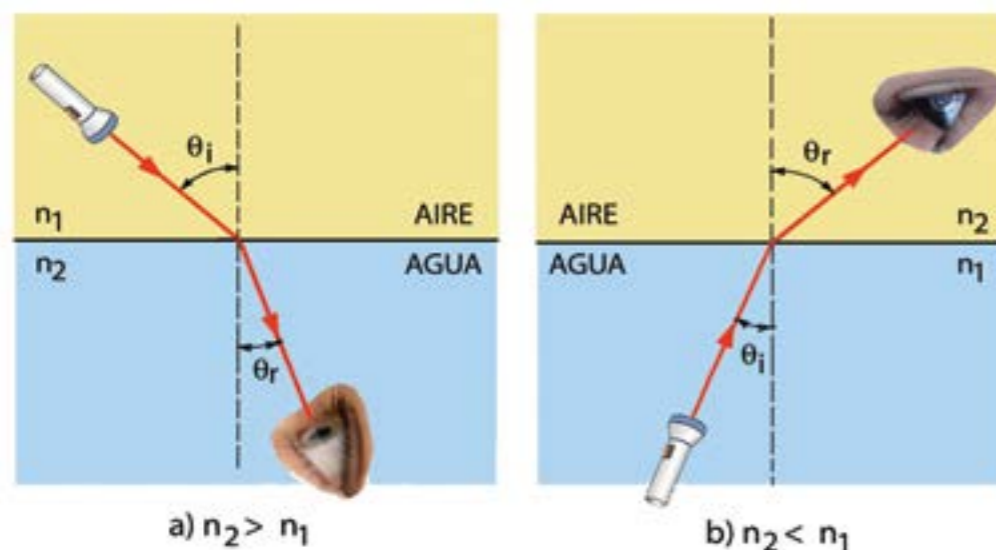


Figura 25.11. (a) Refracción de un rayo de luz que pasa del aire al agua ($n_2 > n_1$) donde $\theta_i > \theta_r$. (b) Refracción de un rayo de luz que pasa del agua al aire ($n_2 < n_1$) y $\theta_i < \theta_r$.

Entubando la luz, la reflexión total interna

Imagínate que colocamos una linterna debajo del agua y apuntamos el haz de luz hacia la frontera con el aire, ¿qué crees que sucederá? En principio podemos pensar que se debe observar algo de reflexión, pero que predomina la

Para saber más...

En la industria alimentaria y química, en la construcción de lentes correctivos y en muchas otras actividades de la vida, determinar el índice de refracción de las sustancias es importante para reconocer el tipo de compuesto.

refracción. Ciertamente, sin embargo en estos casos la refracción sólo ocurrirá hasta cierto valor crítico del ángulo de incidencia θ_c . En efecto, al aumentar el ángulo de incidencia por encima de este valor toda la luz se reflejará, quedando atrapada en el agua; este fenómeno lo conocemos como reflexión total interna (figura 25.12).

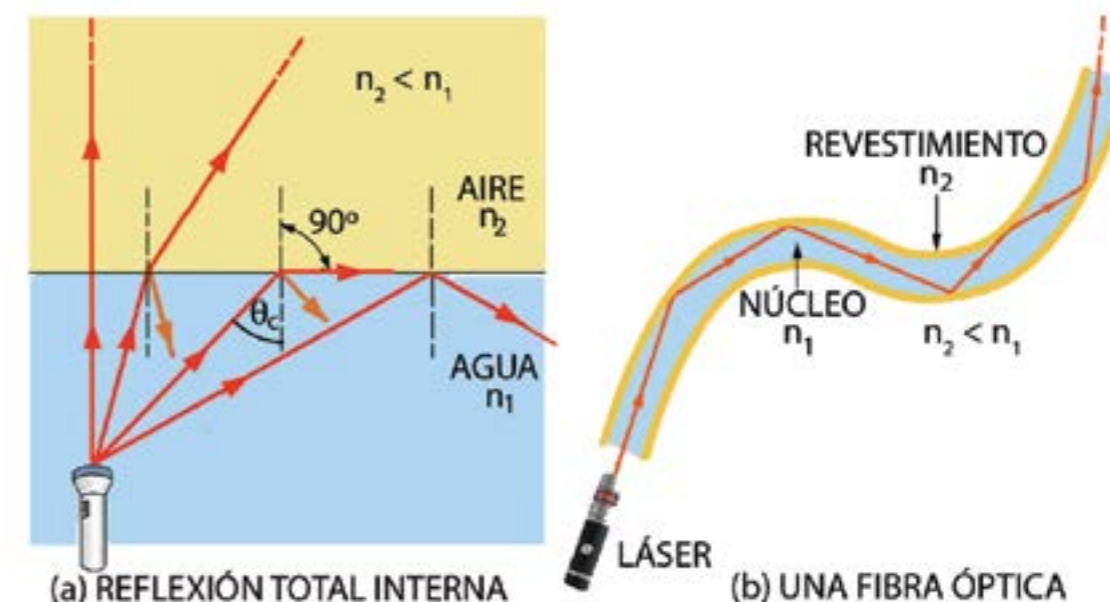


Figura 25.12. (a) Diagrama de rayos de luz que pasan del agua al aire para diferentes ángulos de incidencia θ_i . La reflexión total interna ocurre para ángulos de incidencia mayores a θ_c . (b) Representación de un rayo de luz en una fibra óptica.

Este fenómeno de reflexión total interna permite dirigir la luz desde un lugar hacia otro lejano o inaccesible al ojo. Con este principio se han producido desarrollos tecnológicos como la fibra óptica (figura 25.12-b), que es muy usada en telecomunicaciones y en medicina, donde permite ver órganos internos para intervenciones quirúrgicas.

Para saber más...

Una fibra óptica consiste en filamentos de vidrio o plástico más delgados que un cabello humano (diámetro = 10^{-5} m), recubierto con una capa fina de otra sustancia cuyo índice de refracción es menor al de la fibra. Permite la reflexión total interna de la luz (onda EM) de manera repetida a lo largo de la fibra, con muy poca disminución de energía.

La luz blanca: Una mezcla de diferentes colores

En el espectro de ondas EM que viste anteriormente (figura 25.4), la luz visible corresponde a un rango de longitudes de onda ($4 \times 10^{-6} \text{ m} - 7,5 \times 10^{-6} \text{ m}$). Cada una de estas ondas equivale a un "color luz". La luz que proviene del Sol casi siempre nos parece blanca, sin embargo, en ella están viajando juntas diversas ondas de diferentes longitudes de onda. ¿Cómo podemos distinguirlas?

Un método conocido que se le atribuye a Newton: consiste en hacer pasar un haz fino de luz blanca por un prisma de vidrio. La rapidez de las diferentes ondas que componen ese haz en el vidrio disminuye y cambia su dirección con un ángulo de refracción diferente, según su longitud de onda λ . Así, los colores (ondas de distinta λ) se separan y al abandonar la otra cara del prisma se hacen visibles, formando un bello espectro continuo como el arcoiris (figura 25.13). Observa que la luz que más se desvía es la violeta ($\lambda = 0,40 \mu\text{m}$) y la que menos lo hace es la roja ($\lambda = 0,75 \mu\text{m}$). Las sustancias en las que esta separación de las ondas se hace evidente son conocidas como **medios dispersivos**.



Figura 25.13. Arriba, un haz de luz blanca incide en una cara del prisma y se dispersa al salir por la otra cara, después de refractarse dos veces. A la izquierda, la luz del Sol incide en la cara superior de un prisma de agua, y al salir por la otra cara se observa el espectro de luz visible.

Podemos concluir, entonces, que el blanco no es en realidad un "color luz". La luz blanca procedente del Sol y de la mayoría de las fuentes de luz artificial es la unión de diferentes colores (ondas con distintas λ).

Así mismo, el color que percibimos de los objetos depende del "color luz" que incide sobre ellos y de los "colores luz" que ellos reflejen. Si hacemos incidir luz blanca sobre un objeto, su color es el resultado de la o las ondas (fotones) de luz que se reflejan, las otras se absorben dentro de la materia; a este fenómeno lo llamamos **absorción** de la luz. Por ejemplo, si vemos algo rojo, es porque refleja la onda de ese "color luz" y absorbe el resto. Los objetos que vemos blancos es porque reflejan ondas de todos los colores; Al contrario, un objeto que absorbe todas las ondas de luz no refleja luz, lo vemos negro.

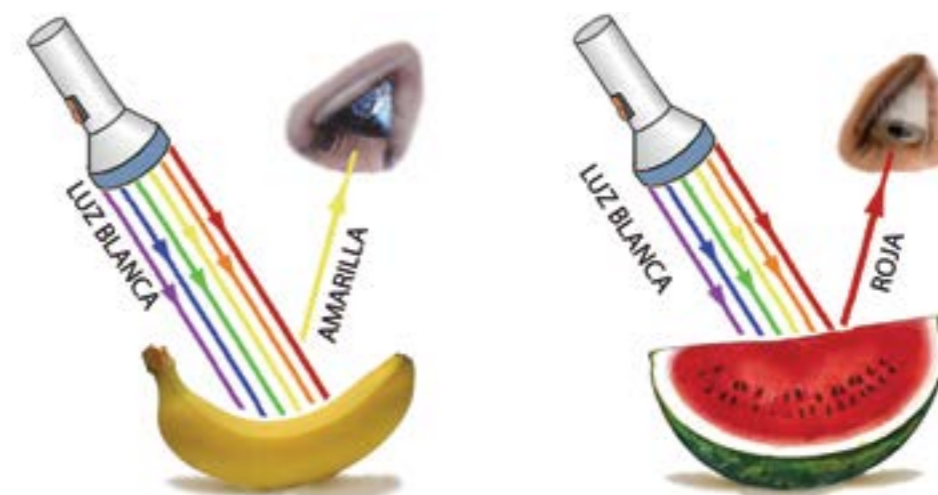


Figura 25.14. El color de un objeto es el de la luz (onda, fotón) que refleja. Un cambur es amarillo o una patilla es roja porque sus respectivas pigmentaciones reflejan las componentes amarilla o roja de la luz blanca que reciben y absorben todas las demás.



Mezcla con un trompo

Con una metra, un CD desechado y un círculo con varios colores puedes hacer un trompo que baila "más fino". ¿Qué colores tiene cuando está quieto? ¿Y cuando está girando? Construye una explicación argumentada para esta experiencia y compártela.



Lentes e instrumentos ópticos

Las lentes son piezas de materiales transparentes, como el vidrio, que tienen curva al menos una de sus caras. Ellas nos permiten producir imágenes cuando son atravesadas por la luz procedente de los objetos. Además, son la base del funcionamiento de aparatos ópticos como: cámaras fotográficas, microscopios, telescopios y también las utilizamos para corregir nuestros defectos visuales.

Una pieza de vidrio que tiene sus dos caras curvas con los bordes más estrechos que el centro permiten que los rayos de luz paralelos que inciden sobre ella se desvíen hacia el centro al atravesarla, y converjan en un punto; a esta pieza la llamamos **lente convergente**. Esto ocurre porque en el centro de la lente la luz se retrasa al viajar una distancia mayor, a menor rapidez que en los bordes. A cada lado de la lente podemos identificar estos puntos de convergencia de los rayos y los llamamos focos. Puedes probar a colocar un trozo de papel cerca del foco de una lupa para concentrar allí los rayos del Sol, y así lograrás calentarlo. ¡Cuidado, que puedes llegar a quemarlo! A veces los incendios forestales son producidos por vidrios de desecho que tienen esta forma (figura 25.15a).

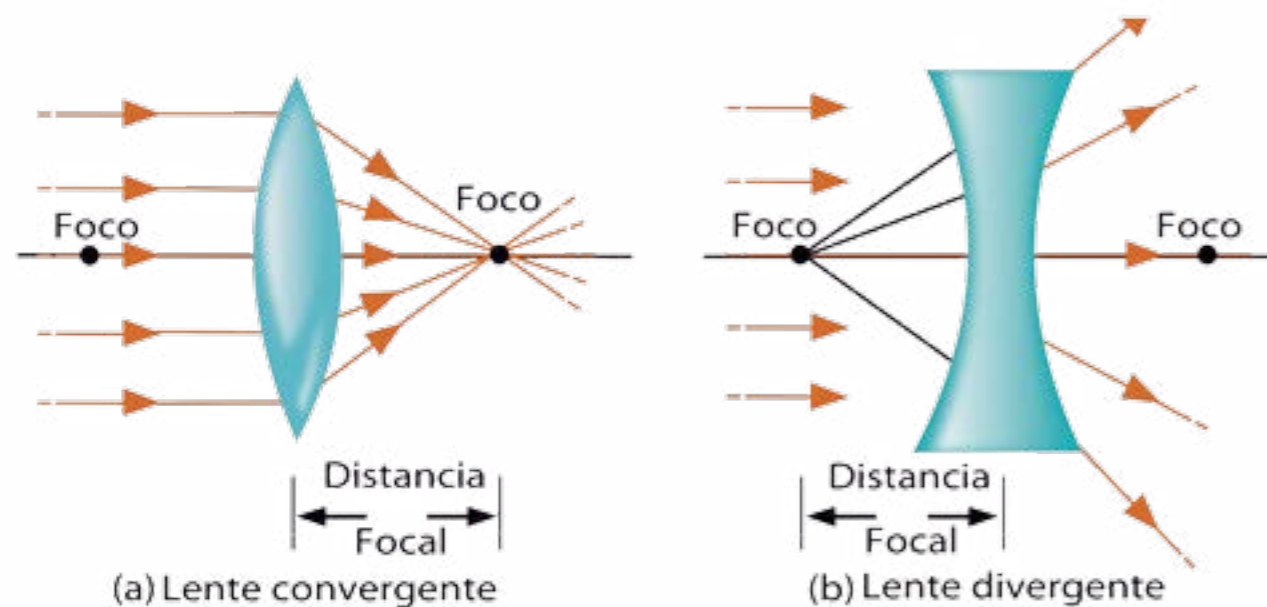


Figura 25.15. Lentes convergentes y divergentes, con su foco y la distancia focal indicadas.

También podemos moldear una pieza transparente de forma inversa, es decir, hacer que sus bordes sean más anchos que el centro. Así, los rayos de luz paralelos que inciden sobre la pieza al atravesarla se separan entre sí, alejándose del centro, es decir, **divergen**. Las ondas en el centro tardan menos en salir que en los bordes. Esta pieza es conocida como **lente divergente** (figura 25.15).

¿Cómo se forman las imágenes con una lente? En la figura 25.16 puedes observar dos casos de formación de imágenes: una en lente convergente y otra en lente divergente. Cuando la imagen se forma mediante la intersección de los mismos rayos que han sido refractados, decimos que es una **imagen real**. Por el contrario, cuando se construye mediante la prolongación imaginaria de rayos refractados, decimos que es una **imagen virtual**.

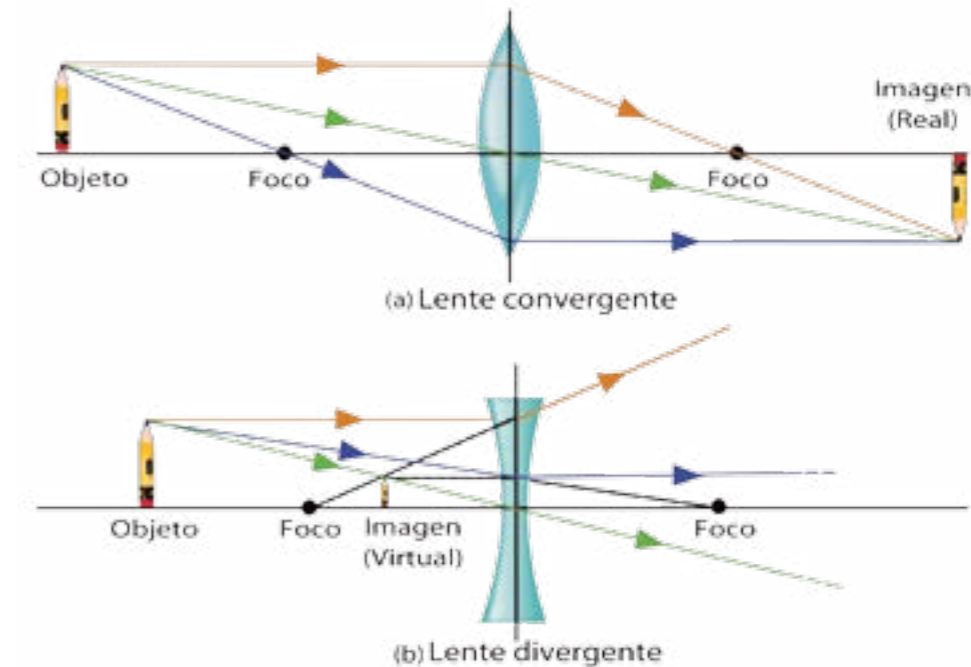


Figura 25.16. Formación de imágenes con lentes convergentes y divergentes. Para construir las imágenes basta con usar dos o tres rayos de luz especiales que salen de un punto del objeto: rayo azul, incide en la lente pasando por el foco y se refracta en dirección paralela al eje; rayo verde, incide pasando por el centro de la lente y no se desvía; rayo naranja, incide en dirección paralela al eje y se refracta pasando por el foco.

La conocida lente de aumento o **lupa** no es más que una lente convergente de corta distancia focal, de modo que permita formar una imagen ampliada de un objeto colocado detrás de ella (figura 25.17).



Figura 25.17. Trazado de rayos e imagen en una lupa. Imagen del ojo humano observado con una lupa.

Cuando la imagen que produce una lente es usada como objeto de una segunda lente, logramos efectos especiales. Éste es el fundamento de los diversos instrumentos ópticos. En la figura 25.18 ilustramos el principio óptico de un **microscopio**.

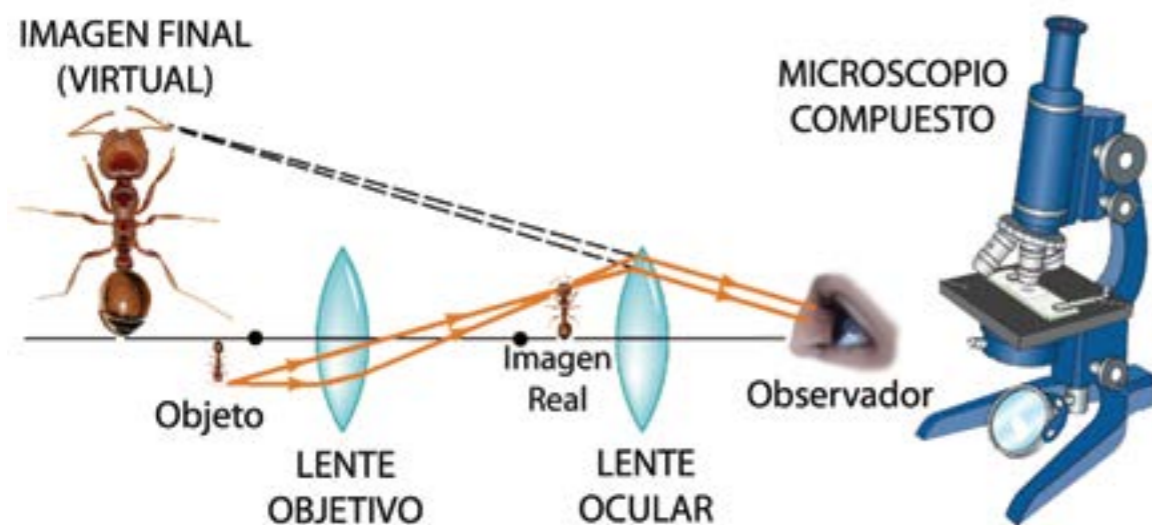


Figura 25.18. Principio de funcionamiento de un microscopio.

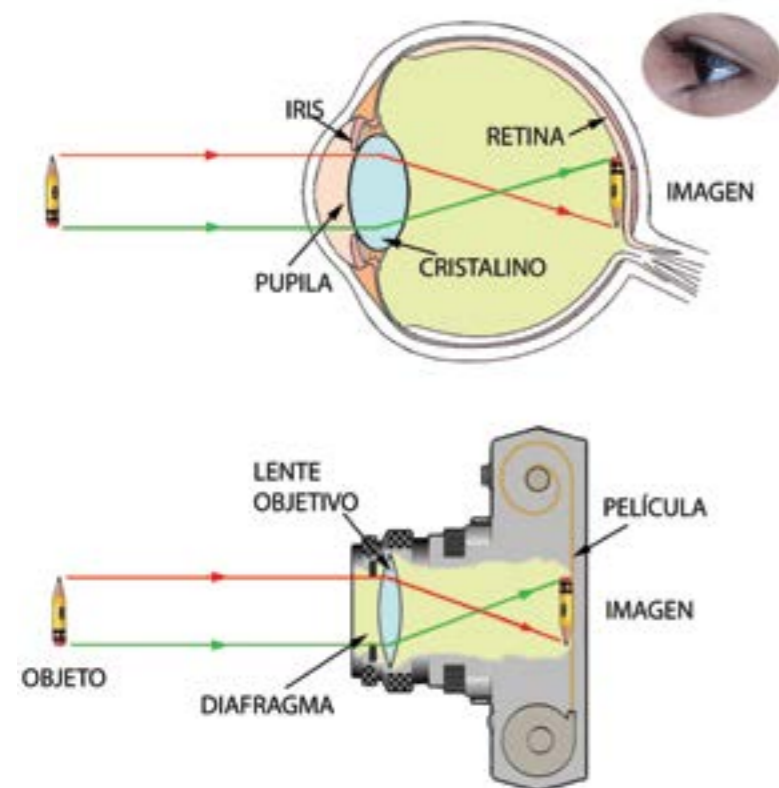


Figura 25.19. Diagrama óptico de la formación de imágenes en un ojo humano y con una cámara fotográfica sencilla.

Una **cámara fotográfica tradicional** funciona de manera parecida al ojo humano. Recuerdas el **crystalino** del ojo?, ¿éste tiene forma de lente convergente. Los rayos de luz que le llegan se refractan en él, así se forma la imagen en la retina. El ojo humano ajusta el grosor de la lente: si el objeto está lejos, el centro del cristalino se adelgaza, y cuando está cercano, se engrosa. Además, el iris regula la cantidad de luz que entra cambiando el diámetro de la pupila. En la cámara es posible hacer ajustes de la posición de la lente y regular la cantidad de luz que le entra.

El valor de la luz

A lo largo de esta lectura habrás encontrado que hay muchos aspectos de nuestra vida relacionados y dependientes de la luz, de su energía. Ella representa mucho más que una propiedad que nos permite ver los objetos que nos rodean. La luz, considerada como onda o como fotón que transporta energía, es la fuente de vida de los seres que habitamos en el planeta Tierra y de diversos procesos de la dinámica de las geósferas.

Por esta razón, desde sus inicios la humanidad se ha interesado por comprender qué es y cómo se comporta la luz. Sabemos que lo que llamamos luz corresponde a un pequeño rango de longitudes de onda dentro del espectro EM, y que justamente debido a esa magnitud los humanos podemos verla. Sin embargo, hay otras luces, ondas, que son visibles para otros seres vivos. Por ejemplo, la luz ultravioleta puede ser percibida por múltiples insectos y aves.

Los fotones, las ondas EM de frecuencia mayor que la de la luz blanca (ultravioleta, rayos X y gamma) transportan mayor cantidad de energía; además, pueden penetrar en las estructuras moleculares orgánicas y romper sus enlaces. Este hecho puede resultar beneficioso, por ejemplo, cuando se emplea en diagnóstico o tratamiento médico, en tareas de esterilización, purificación de agua, entre otros. Sin embargo, puede ser dañino para la salud provocando enfermedades y alteraciones en el ambiente; nuestra atmósfera es un escudo protector para muchas de estas radiaciones, por eso debemos protegerla para que no se destruya.

Por otro lado, las ondas EM de frecuencia menor que la luz visible (infrarroja, ondas de radio y de TV) transportan menor cantidad de energía; de más está decir cómo las utilizamos diariamente.

Volviendo a la importancia de la luz para las comunidades, tenemos que muchas de las actividades humanas como las expresiones artísticas, la vida de los seres vivos, el comportamiento de los elementos abióticos, el análisis de muchas sustancias bioquímicas, la iluminación de las calles y espacios comunes en general, la ubicación de las lámparas en ambientes de trabajo, estudio o descanso, y muchísimos más usos, requieren de conocimientos acerca de ella.



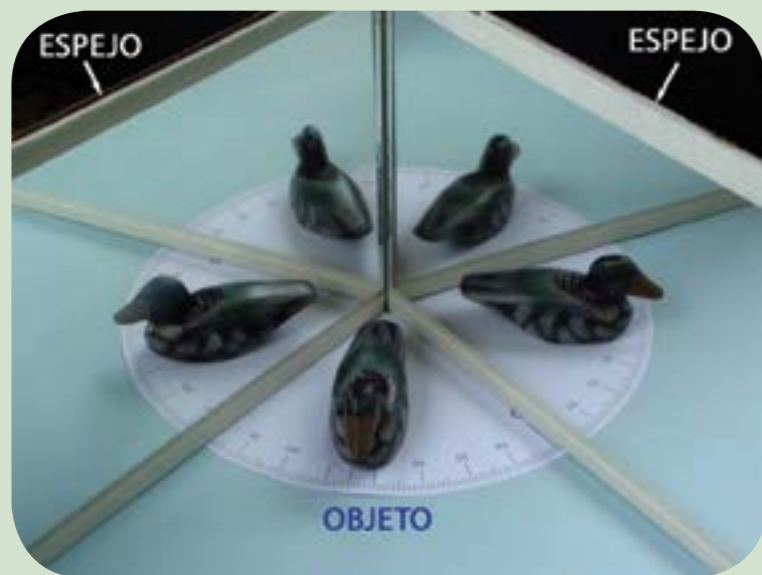
Obra de Fidel Santamaría.
Fuente: <http://amantesartesvenezolanas.blogspot.com/>

Por último, vivimos inmersos en un "mar" de ondas EM, no sólo de luz visible. como todas son energía transportada por ondas o fotones, tenemos que cuidarlas y utilizarlas de manera eficiente y responsable para evitar riesgos no sólo para las personas, sino también para el ambiente en general.



¡Oh! ¡Cuántas imágenes!

A un compañero se le ocurrió unir un par de espejos planos por un borde con tirro. Esto le permitió variar el ángulo entre ambos y al colocar un objeto entre ellos observó sorprendido que se formaban varias imágenes, por eso tomó una foto como la que observas. Él quiere saber cómo variará la cantidad de imágenes en función del ángulo entre los espejos. Para ayudarlo pueden hacer una investigación experimental.



¿Qué necesitan?

Dos espejos planos de más o menos 20 cm x 15 cm, tirro, hojas blancas, un objeto pequeño, un transportador circular impreso (opcional).

¿Qué pueden hacer?

- Con base en los conocimientos sobre la reflexión especular y la formación de imágenes en espejos planos, analicen mediante el trazado de rayos lo que muestra la foto.
- Discutan acerca de lo que sucederá al ir aumentando el ángulo entre los espejos.
- Preparen un montaje parecido al de la foto y registren el número de imágenes que se forman para una serie de ángulos. Construyan un gráfico con los resultados de las variables asociadas.
- Elaboren una respuesta a la inquietud sobre las variaciones de la experimentación y comparen con lo que esperaban que ocurriera. Elaboren explicaciones individuales y evalúen su consistencia.
- ¿Qué características tienen las imágenes observadas? ¿Son virtuales o reales?
- Si los espejos estuviesen uno frente al otro (ángulo cero), ¿cuántas imágenes se formarían? Construyan un diagrama de rayos de esta última situación.
- ¿Qué aplicaciones prácticas pueden tener estos montajes de espejos?



Jugando con simuladores de lentes

Obtengan el archivo en español *geometric-optic*, de la siguiente dirección web: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/geometric-optics>. Así podrán utilizarlo sin tener que recurrir a la conexión de internet. Organícense en grupos de 2 o 3 e interaccionen con la simulación, para que se planteen preguntas relacionadas con características de las lentes, de los objetos y de las imágenes en las lentes delgadas:

- ¿Cómo varía la distancia focal de la lente con el radio de curvatura, el índice de refracción o el diámetro?

Para cada lente:

- ¿En qué región debe estar ubicado el objeto para que la imagen sea virtual? ¿Y para que la imagen sea real?
- ¿En qué condiciones se produce una imagen mayor que el objeto y menor que el objeto?
- ¿Puede ser la imagen del mismo tamaño que el objeto? ¿En dónde tiene que estar el objeto?
- ¿Cómo es la imagen del objeto cuando éste se encuentra en el foco de la lente?

¿Qué pueden hacer?

Es importante familiarizarse con los elementos de la simulación y explorar las diversas variables que se pueden escoger (radio de curvatura de la lente, índice de refracción del material, forma del objeto, entre otras). Revisen, discutan y replanteen las preguntas iniciales. Propongan posibles respuestas argumentadas antes de interactuar con la simulación y manténganlas como hipótesis.

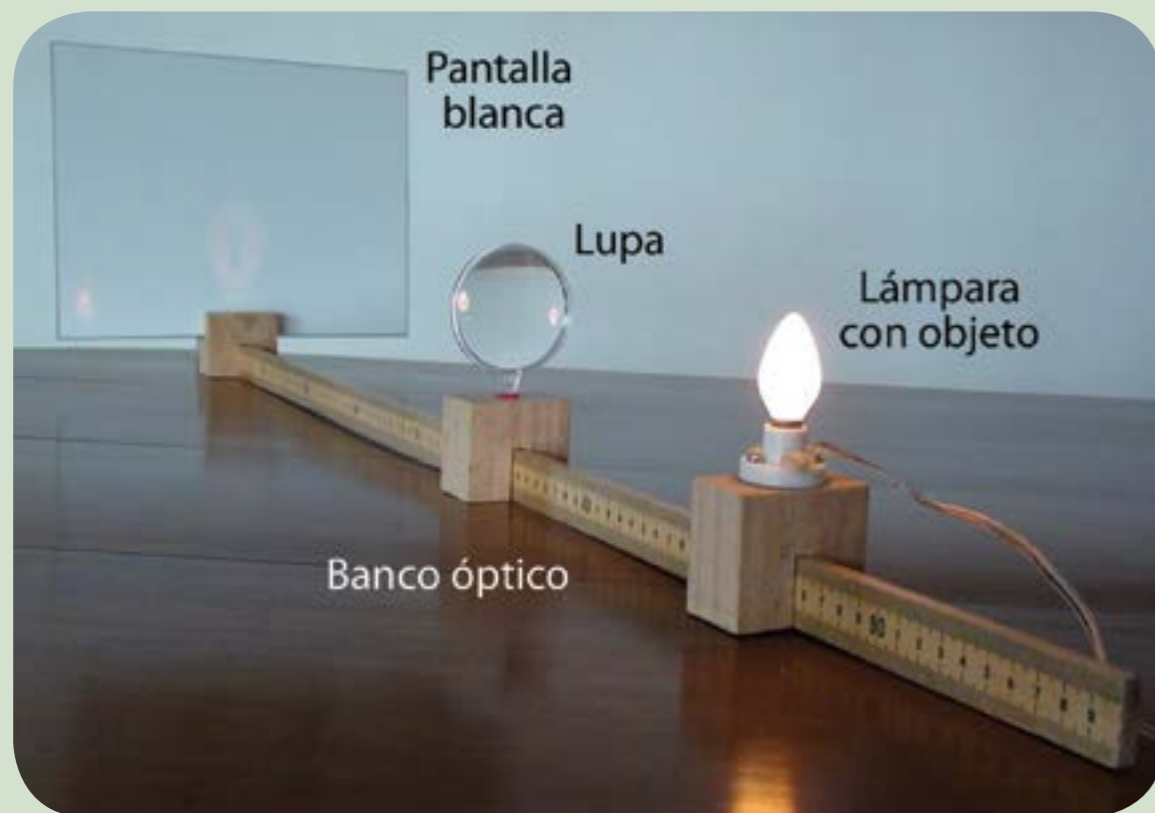
Identifiquen las variables que van a estudiar y varíen una a la vez, controlando el resto. Observen y registren las variables que se afectan en cada caso y cómo cambian. Elaboren conclusiones; para ello consideren las preguntas que se hicieron y otras que puedan surgir durante la actividad. ¿En qué empleamos las diferentes lentes? ¿Qué tipo de lentes serán las que usan nuestros familiares y vecinos?



Si tapamos la mitad de la lente, ¿qué veremos?

Tenemos una lupa que tiene la mitad inferior tapada, ¿cambiará su función? ¿Cómo?

Necesitarán: una lupa, una regla de un metro, un objeto-fuente de luz de más o menos 3 cm de alto (puede ser un bombillo con una marca oscura que sustituya al objeto, montado en un sócate y conectado a una fuente eléctrica), una pantalla, algún sistema de soportes para mantener los elementos alineados.



Construyan un montaje parecido al que se indica en la foto. Exploren cómo varían las características de la lente en la pantalla, cambiando la posición relativa entre el objeto y la lente. Determinen la distancia focal de la lupa.

Tapen la mitad del círculo inferior del círculo de la lente, exploren y comparen lo observado con lo anterior.

Elaboren conclusiones y comparen resultados entre grupos. ¿En qué se diferencia la actividad experimental de la actividad simulada anterior?

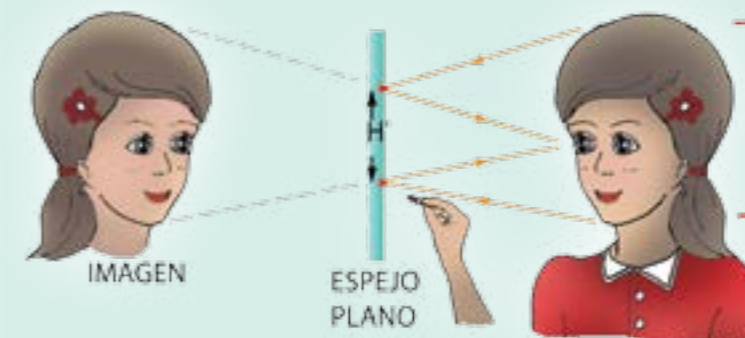


Actividades de autoevaluación

1. Construye un modelo explicativo usando un frente de ondas, para explicar por qué la dirección de la luz se acerca a la línea perpendicular en el punto de incidencia, cuando pasa de un medio donde viaja con mayor rapidez a otro donde viaja con menor rapidez.

2. Construye un diagrama de rayos de luz que explique un eclipse de Sol y un eclipse de Luna. Elabora un modelo tridimensional de cada caso y prepara una explicación para otros grupos del liceo.

3. Todos los días te ves en el espejo; ahora lo vas a hacer marcando en el vidrio la parte más alta de tu cabeza y tu mentón. Compara esa altura (H') con la altura de tu cabeza (H). ¡Sorpresa!, elabora una explicación a este resultado mediante trazado de rayos de luz y conocimientos de geometría.



4. Imagina que un grupo de productores ha creado una nueva sustancia y te piden determinar el índice de refracción y el ángulo a partir del cual ocurre la reflexión total interna en ella. Para eso te dan una muestra de la sustancia, un recipiente cúbico de vidrio y un láser. Diseña un plan para resolver el problema.

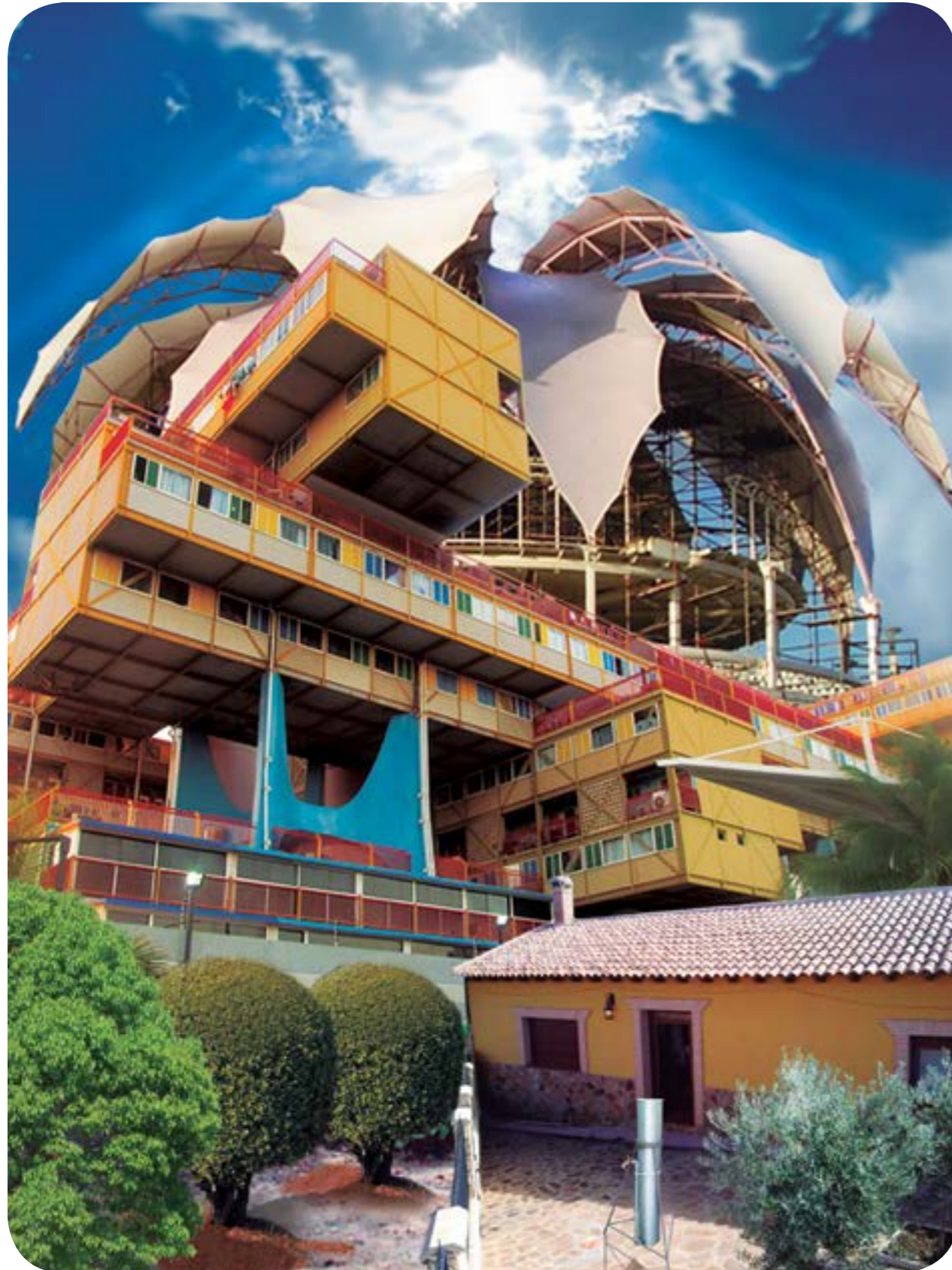
5. Si en una ventana de vidrio transparente e incoloro, que es atravesada por luz solar, colocamos hojas de papel celofán de distintos colores, ¿qué crees que verás en cada caso si incide sobre una hoja blanca? ¿Y al incidir sobre papel de color? Realiza la experiencia y contrasta tus hipótesis. Construye una explicación. Puedes hacer un hermoso vitral para una ventana.

6. Con pinturas de tres colores: verde, azul y rojo, realiza mezclas a pares de las tres sustancias. ¿Qué color ves en cada mezcla? ¿Será igual la mezcla de "colores pigmento" que la mezcla de "colores luz"? ¿Qué sucedería si sobre cada mezcla incide algún color luz? Verifica tus respuestas tentativas de manera experimental. Puedes usar linternas potentes cubiertas con papel celofán de colores. Construye una explicación para estos resultados, considerando la luz (onda o fotón) que se refleja en cada pigmento y en cada mezcla al incidir luz blanca o de color.

7. Con los diferentes fenómenos que has conocido en esta lectura, prepara con el grupo una charla con demostraciones en vivo sobre la luz. La pueden presentar en el liceo o en algún lugar de la comunidad, hogar de adultos mayores, centros de educación inicial, una reunión de cumpleaños, u otros. Verás qué divertido es.



ALGO MÁS PARA SABER SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Fruto Vivas: una arquitectura ecológica y social

¿Qué interpretas en cada una de las siguientes expresiones?

- “Yo hablo de... coexistir con la naturaleza, sin que seamos más importantes que la flor de mastranto o una mariposa. O salvamos los árboles... o desapareceremos del planeta”.
- “Más importante que crear ciudades, es crear hombres libres”.
- “Sueño con el día de la limpieza comunitaria... y los techos de zinc convertidos en jardines”.
- “Los centros comerciales están diseñados para acabar con los comercios pobres... para enriquecer a un pequeño grupo de gente”.
- “Hay que hacer espacios donde la gente viva, que los niños jueguen... donde tengan calidad de vida”; “Es mi trabajo, crear ciudades humanas”.

¿A cuál de estas o estos profesionales corresponderá cada expresión?

- | | |
|-----------------|-----------------|
| - Maestra(o) | - Política(o) |
| - Científica(o) | - Arquitecta(o) |
| - Ambientalista | - Socióloga(o) |

En realidad todas esas expresiones son de un excepcional venezolano que por más de 55 años ha hecho importantes aportes en el área de la arquitectura urbana. Su visión integral de los saberes favorece respuestas alcanzables para resolver necesidades arquitectónicas de grupos numerosos, con una tecnología y un arte de la construcción que procura mantener un equilibrio entre la naturaleza y el ser humano, integrando lo sencillo y lo popular. Nos referimos a José Fructuoso Vivas, mejor conocido como Fruto Vivas.

Este ícono de la construcción poco convencional ha creado un sistema de arquitectura incluyente, que algunos llaman popular por la accesibilidad de los materiales que propone, así como por la fácil comprensión de la tecnología para la construcción. Vivas nació en el estado Táchira en el año 1928. Se graduó como arquitecto en la Universidad Central de Venezuela en 1956 y fue activista de la lucha política clandestina durante la década de los años 60.

Uno de los elementos socio-tecnológicos más extraordinarios de su propuesta es la idea de conformar “el pueblo constructor”, un concepto acorde con los procesos de organización y protagonismo de las comunidades, promovidos por nuestra Constitución.



Ha planteado ideas para superar la pobreza y crear mejores condiciones de vida a través de diversos medios pedagógicos, tales como la capacitación de la población en áreas productivas la enseñanza de técnicas para asegurar la resistencia de viviendas inestables, en casos de sismos; la creación de centros administrados por la comunidad para producir materiales de construcción, basados en técnicas sencillas e insumos poco convencionales y de la localidad, como barro, bambú y madera; la fabricación de artefactos asociados a las viviendas, como taladros, soldadores, zócalos, pilas y muchos más.

Como puedes inferir, su genio creativo-tecnológico tiene un marcado acento social para atender las necesidades y el derecho a una mejor vivienda de las familias que han padecido de la exclusión político-económica y social. Sin embargo, otros sectores de la población con mayor solidez socioeconómica también se han beneficiado de su talento arquitectónico.

Como sello de identidad, propone desarrollar las ciudades latinoamericanas con base en la herencia cultural indígena, árabe y romana. Ha ideado el concepto arquitectónico de "estructura límite", que busca lograr la mayor eficiencia en las construcciones empleando los materiales justos y necesarios, sin que nada falte ni nada sobre. Vivas es autor del libro titulado *Las casas más sencillas* con 11 capítulos donde sintetiza su experiencia e investigación en el arte de hacer y construir y colectivamente viviendas para ponerlas al servicio del pueblo.

Fruto Vivas ha venido ejecutando una propuesta arquitectónica desde 1994, que ha llamado "Árbol para vivir". Se trata de módulos habitacionales a cierta altura desde el suelo, cuya distribución arquitectónica y materiales se conjugan con las condiciones climáticas y geográficas del lugar donde se ubica. Un ejemplo de esta propuesta estética es la serie de edificios bioclimáticos en Puerto La Cruz, estado Anzoátegui, o en el barrio Los Aguacaticos, en La Vega, Caracas.



Dentro de su visión arquitectónica de carácter humanista, popular y ecológica, este extraordinario artista sostiene que busca la felicidad urbana representada por una ciudad familiar que se adapte a las necesidades de las personas, no a las necesidades rentistas o de lucro de pequeños grupos.



Vivas fue galardonado con el Premio Nacional de Arquitectura en el año 1987. En el año 2000 diseñó el exitoso "Pabellón de Venezuela" para la Exposición Universal de Hannover, Alemania. Esta imponente estructura que denominó "Una flor para el mundo" está inspirada en los tepuyes de la Gran Sabana, estado Bolívar, y la orquídea, flor nacional; consta de 16 pétalos con un diámetro de 39m, que pueden abrirse para permitir el paso de la luz al pabellón. Su altura es de 25m con los pétalos abiertos y tiene tres niveles. Esta hermosa obra se encuentra actualmente en la ciudad de Barquisimeto, estado Lara, no sólo para el ornamento sino para el provecho de la comunidad. Fruto Vivas lleva más de 50 años formando arquitectas y arquitectos en la Universidad Central de Venezuela. Ha sido reconocido nacional e internacionalmente por su obra y, además, por su postura crítica y su actitud de permanente educador.

Arístides Bastidas: pionero del periodismo científico en Venezuela

Arístides Bastidas, yaracuyano, del pueblo de San Pablo, nació en el seno de una familia humilde en el año 1924. Apenas logró estudiar hasta el primer año de bachillerato, pues la necesidad económica lo obligó a incorporarse al campo de trabajo para ayudar a cubrir las necesidades básicas familiares.



A los 21 años Bastidas incursiona en el periodismo en forma autodidacta. Para 1950 se encuentra cubriendo noticias científicas de la Federación Médica Venezolana y luego, en 1952, escribe sobre las convenciones anuales de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (Asovac). Fue cofundador de la Asociación Iberoamericana de Periodismo Científico en el año 1969.

A partir de 1971 comienza a

publicar una columna fija, *La ciencia amena*, en un diario de cobertura nacional. Con ello y con los programas radiales que hacía tomaba auge en el país el periodismo científico, especialidad que permite dar a conocer, interpretar y opinar, de forma amena, acerca de temas científicos, tecnológicos, sociales y culturales.

Su estilo estaba impregnado de matices pintorescos, anecdóticos, humorísticos y hasta poéticos: "La ciencia y la tecnología tienen la misma procedencia que la poesía y el arte"; "Así, la gente recibe el conocimiento científico sin darse cuenta", justificaba.

Cabe destacar que para ese momento histórico el periodismo científico era escasamente cultivado en el país, y el interés por el desarrollo y alcance de la ciencia y la tecnología poco favorecido para los sectores populares.

La mayor parte de su vida Arístides Bastidas sufrió de reumatismo, enfermedad que lo mantenía reducido a una silla de ruedas, y durante 17 años, hasta su muerte, estuvo inválido. Su dolor lo transformaba en energía positiva para su trabajo y para contagiar a sus discípulos, quienes compartían su excepcional capacidad de análisis, síntesis y memorización.

Fue un hombre de pensamiento crítico y de convicciones democráticas, lo que demostró formando parte de la resistencia contra la dictadura de Marcos Pérez Jiménez. Profesaba un gran sentido de justicia social con las comunidades necesitadas; el amor al prójimo y el deseo de hacerle bien eran para él una manera ética de vivir.

Su perseverancia, seriedad y compromiso con la misión educadora a través del periodismo científico lo hizo merecedor de diversos reconocimientos y premios nacionales e internacionales, como el Premio Kalinga para la divulgación científica otorgado por la Unesco en 1981. Para que tengas una idea de su relevancia, este premio es para el periodismo como el Premio Nobel para otros campos.

Recibió dos veces el Premio Nacional de Periodismo. También recibió el Premio Latinoamericano de Periodismo Científico "John Reitemeyer" y varias veces el Premio Municipal de Periodismo.

Su contacto con la ciencia, las científicas y los científicos, le permitió construir una idea acerca de la importancia de la investigación en este campo para el país:

...Yo creo en la ciencia básica como algo fundamental de la cultura humana y algo necesario para el enriquecimiento interior del hombre... pero, a largo plazo, la ciencia está destinada a ayudar al hombre a mitigar sus calamidades... Un país que cultiva la sola ciencia aplicada está comprometiendo su porvenir... Por lo demás, la ciencia básica es indispensable para la docencia... Pero no se puede hacer únicamente ciencia pura, pues la sociedad necesita de las aplicaciones de la ciencia... .

Horas antes de fallecer, el 23 de septiembre de 1992, conoció del Premio Capire por un Futuro Creativo que le otorgaba la Universidad de Florencia, Italia.

A continuación incorporamos uno de sus escritos divulgativos científicos. Esperamos que su lectura te motive a buscar y disfrutar de otros trabajos de este autor. En especial y en relación con este texto, te recomendamos las crónicas relacionadas con el átomo.

"El azufre es inocente del vínculo que le atribuyen con el diablo: eso es invento de la ingratitud"

La S con que los químicos simbolizan el azufre dista mucho de la de Santo. El azufre no es un explosivo como la dinamita, pero se comporta como un niño travieso que si lo dejan de su cuenta, tumba una casa entera. Ese elemento tiene el número 16 en la Tabla de Mendeleev y posee particularidades que lo hacen apreciable. Al secarse las piedras las disparábamos contra las aceras para complacernos con las detonaciones que producían al rebotar en el pavimento. No lo sabía, pero de ese modo la sustancia hacía gala de sus propiedades.

El azufre es considerado el metal del diablo. ¡Tamaño injusticia! No podría serlo por la sencilla razón de que no es un metal, es metaloide. Aunque es sólido y ostenta un color amarillo está más emparentado con el oxígeno que es un gas, que con el plomo o la plata. El azufre era ampliamente conocido en la antigüedad. Es aludido por los profetas bíblicos Isaías y Ezequiel, en los libros de los Salmos y el Apocalipsis. No es un pecador, y por eso es extraño que en las Sagradas Escrituras lo mencionen para describir el juicio de Dios y los tormentos del infierno. El pobre azufre se preguntará siempre qué hizo de malo para que lo vincularan con asuntos tan solemnes.

Los chinos lo emplearon. Eso sigue siendo posible porque el azufre puede imitar la conducta asomada del oxígeno que se combina con todo el mundo. Y como él, actúa de comburente o de celestino del fuego en unión de los metales y de los no metales; y además, se vuelve combustible como la gasolina, cuando se junta con los halógenos, que tal es el apellido de una familia que se las da de taquititaqui, constituida por el cloro, el flúor, el bromo y el yodo. Los beneficios médicos del azufre han sido aplicados desde tiempos inmemoriales. Sus compuestos estaban indicados contra la sarna y aún se les usa contra el acné juvenil y otras alteraciones de la piel.

En dosis exageradas es un purgante muy activo. Se dice que Nerón lo ingería en pequeñas porciones como laxante, a fin de neutralizar los excesos de la mesa, sólo comparables a los de la alcoba. La intervención de los fósforos o cerillas tuvo en el azufre un aliado imprescindible. Hoy se le dan los más diversos destinos industriales. Durante siglos, Sicilia tuvo en sus minas de azufre un factor importante de su prosperidad. El estado de Louisiana, en Norteamérica, le saca provechos imponderables a sus yacimientos de este metaloide. Y en Venezuela las circunstancias nos obligaron a desulfurar los petróleos pesados, porque si no lo hacíamos, la municipalidad de Nueva York se negaba a comprarlo, aduciendo justificadamente que al quemarlo para calentar los hogares, contaminaba el ambiente. Esa presión, condujo a Lagoven y Maravén a aislar el azufre de sus hidrocarburos pesados en Amuay y Cardón. La venta de ese elemento nos otorga ahora ganancias adicionales. El azufre es uno de los integrantes del cuerpo humano. Quizá sea el responsable del demonio que a veces nos acompaña. En efecto, una persona de setenta kilos tiene ciento cuarenta gramos en su organismo. Ese azufre es estable, o sea, que no se desintegra emitiendo radiaciones, como el de las manecillas de los antiguos relojes luminosos.

El ácido sulfúrico es característico de los huevos descompuestos, pero no es exclusivo de ellos. Está presente también en carnes y otros compuestos orgánicos cuando se echan a perder. Se debe a que el azufre se combina con el hidrógeno y entre ambos urden una conspiración contra el olfato humano. Puede decirse en su descargo que sirve para alertar a buitres, hienas y zamuros sobre la presencia de restos de animales con el objeto de que vayan a consumirlos haciendo de paso una encomiable labor sanitaria. Por otra parte, este gas le comunica su olor típico a las aguas termales como las de San Juan de los Morros, y es de nuevo buen amigo cuando se incluye en los medicamentos para enfermedades de la laringe y la fabricación de anilina. Si se le quema se despoja de su mal olor y muestra una llama potente de un fascinante color azul.

Bastidas, A. El átomo y sus intimidades". Alcasa del Orinoco.



Mesas técnicas de agua: escuelas de corresponsabilidad

Corresponsabilidad es responsabilidad compartida; significa que debes participar y decidir en la solución de tus problemas y los de tu entorno familiar y comunitario. Las dificultades del mundo moderno exigen de tu aporte y contribución, como ha sucedido en nuestro país con las llamadas Mesas Técnicas de Agua (MTA), una particular forma de organización creada en el seno de las comunidades para solucionar, con las técnicas y los técnicos de las empresas hidrológicas, los problemas relacionados con el servicio de agua potable y saneamiento.

Atendiendo a los principios de corresponsabilidad y participación enunciados en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), en los artículos 70, 184 y 304, que promueven la construcción protagónica del poder popular para la toma de decisiones, muchas ciudadanas y ciudadanos han asumido su papel transformador al crear las MTA. Las personas que han trabajado en dichas mesas saben abordar un tema trascendental porque el agua, como el aire que respiras, es un elemento esencial para la vida humana y para el funcionamiento de cada célula de tu organismo y de todo en el ambiente. Quienes participan en las MTA buscan la resolución de sus problemas de suministro de agua potable y de saneamiento de aguas servidas o residuales.

Las MTA son las vías de fomentar el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos. Han generado redes de abastecimiento de agua potable y de saneamiento en los vecindarios mediante proyectos, que parten de un diagnóstico de necesidades y se ejecutan con la transferencia directa de recursos por parte del Estado venezolano, bajo el ejercicio de la contraloría social e institucional.

Hoy en día en Venezuela existen más de nueve mil MTA. Han motorizado la construcción de 52 plantas de agua potable y la ampliación o rehabilitación de otras 35 plantas. Y lo más importante la construcción de acueductos donde no los había, construcción de tanques de almacenamiento para el abastecimiento comunitario, y el diseño y creación de sistemas para el saneamiento de cloacas, alcantarillados y 25 plantas de tratamiento de aguas residuales. Todo ello para cubrir el servicio potable o de tratamiento del agua de los sectores comunitarios a los que pertenecen. De esta manera, las MTA han sido verdaderos espacios educativos y creativos; en ellas, diversas comunidades han aprendido a ejercer el poder sobre los recursos hídricos y han asumido la revisión y unificación de numerosos reglamentos de agua, lo que se constituyó en la base de la Ley Orgánica de Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (Lopsaps), aprobada en el año 2001.

Esta ley redefine la estructura del llamado sector de agua potable y saneamiento (APS), y ha permitido el aumento del acceso al agua potable a un 96% en el país, cifra que para 1998 alcanzaba el 80%. En consecuencia, alcanzamos la meta del milenio relativa al acceso al agua, aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2000, para cumplir en el 2015. Este logro favorece, además, un desarrollo humano sostenible mediante un enfoque ecológico humanista que armoniza el ciclo hidrológico con el ciclo social, y auspicia la corresponsabilidad del ser humano con el ambiente, con su comunidad y consigo mismo.

Impactante ha sido la influencia de las MTA. Han propiciado la creación del Fondo de Proyectos Comunitarios de Agua y programas educativos como: Las Mesas Escolares de Agua, los Encuentros de Saberes del Agua y la Fiesta del Agua. Sus iniciativas se han proyectado internacionalmente. En el año 2008 los gobiernos de Venezuela y Paraguay, que adoptan la figura de las Mesas Técnicas de Agua, suscriben una Carta de Intención. Las naciones de la Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América (ALBA-TCP) —organización conformada por Venezuela, Cuba, Nicaragua, Bolivia, Honduras, Antigua y Barbuda, Ecuador, Dominica, San Vicente y las Granadinas— han asumido el lema “el agua que nos une”. Asimismo, Venezuela ha firmado convenios de cooperación, dotación e intercambio de asistencia técnica, equipos y suministros con Nicaragua y Cuba.

Las MTA nos recuerdan que el saber y la organización del poder popular son una buena opción para la preservación de la vida en el planeta. Son organizaciones comunitarias que se transforman en intercambio y creación de saberes populares técnico-científicos.

Con una mentalidad belicista se ha afirmado que las próximas confrontaciones mundiales serán por el agua. Con una mentalidad pacifista, en Venezuela pensamos que las confrontaciones mundiales llegarán a su fin por el agua, porque la necesitamos para la subsistencia, porque es un recurso no renovable cuyo idioma, como afirma Pablo Neruda, “fue enterrado y las claves se perdieron o se inundaron de silencio”.

Los seres humanos vivimos en una misma cuenca hidrográfica, estamos unidos por el agua. Lo que hagamos o dejemos de hacer afecta nuestra cuenca y nos afectará a todas y todos. La nueva conciencia alcanzada por las personas que participan en las mesas técnicas, basada en el conocimiento de su realidad concreta, es la vía para su transformación.



Fuentes de consulta para las estudiantes y los estudiantes

- _____ (sf). Mezclas y sustancias. (Documento en línea). <http://www.slideshare.net/alealmeida73/elementos-compuestos-y-mezclas>.
- Azuaje, J. y Andrés, M. M. (edts) (2012). Serie Ciencias Naturales. Colección Bicentenario. Educación Media. Primer Año. Segundo Año Caracas: MPPE.
- Barrientos, H., Tello, J. y otros (sf). Purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad de Kuychiro. (Documento en línea) Disponible: <http://perusolar.org/16-spes-ponencias/PURIFICACION> [Consulta: 2012, julio].
- Batista, L. (2011). A segunda Lei das... Ervilhas? Disponible en: <http://www.pontociencia.org.br>.
- Carpi, A. (2003). Propiedades del agua. Visionlearning Vol. CHE-2 (1s). (Documento en línea) Disponible: http://www.visionlearning.com/library/modulo_espanol.php?mid=57&l=s&c3=.
- Ecured. (sf). Gregorio Mendel. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Gregorio_Mendel.
- Edu.car. El portal educativo del estado argentino. Núcleo teórico: Estado del arte. [Página web en línea] <http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/recorrido-historico/>.
- Fernández, N. (coord) (sf) [Recursos de física y química en línea] Disponible: <http://www.portaleso.com>
- Vivas, F (Documento en línea) Disponible: <http://www.frutovivas.net/> [Consulta: 2012, julio]
- Fundacite Lara. Revista electronica Bariqui Cuadernos de Ciencias. <http://www.fundacite-lara.gob.ve/index.php/revista-bariqui/publicaciones-bariqui?task=view>
- Fundacite Lara. Revista electrónica Equis. Ciencia y tecnología con y para la gente. <http://www.fundacite-lara.gob.ve/index.php/revista-equis-3/publicaciones-equis-3?task=view>
- Gaite, M. (sf) Iniciación Interactiva a la materia. (Animación en línea) http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/index.html
- Gil, S. y Rodríguez, E. (2012). Física re-creativa. (Ciberpágina en línea). Ver especialmente: Vínculos a sitios relacionados, Ciencia para niños y adolescentes. (Recurso en línea) Disponible: www.fisicarecreativa.com/sitios_vinculos/ciencia/children.html.
- Hewitt, P., (2005). Conceptos de Física. México: Limusa, S.A.
- Icarito (2012). La célula. (Documento en línea). Disponible en: <http://www.icarito.cl/enciclopedia/articulo/segundo-ciclo-basico/ciencias-naturales/estructura-y-funcion-de-los-seres-vivos/2009/12/60-7920-9-la-celula.shtml>.
- Junta de Castilla y León. Aprendiendo la tabla periódica de forma divertida. (Recurso en línea). [Consulta: 2012, mayo] http://revistas.educa.jcyl.es/revista_digital/index.php?option=com_content&view=article&id=730:aprendiendo-la-tabla-periodica-de-forma-divertida&catid=8:propuestas-didacticas
- Lacueva, A. (2002). Más de 400 ideas para actividades y proyectos estudiantiles de investigación. Caracas: Laboratorio Educativo.
- Material de apoyo para Enseñanza Media sobre Biología Molecular. [Consulta: 2012, mayo] <http://labvirtuales.med.uchile.cl/index.html>.
- McDonald, D. (2008). Citogenética básica (traducido por Ángel Herráez de Cytogenetics Information Site). [Página web en línea]: <http://www2.uah.es/biomodel/citogene/dynacare/geninfo.htm#cariotipo>
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Hidrocapital. (sf) (Recursos varios sobre tema de agua, en línea) http://www.hidrocapital.com.ve/internet/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=4&Itemid=19.
- Ministerio del Poder Popular para la Energía. (sf) Sobre petróleo. (Recursos en línea) http://www.pequiven.com/pqv_new/kids%20web.swf
- Organización Panamericana de la Salud. Guía latinoamericana de tecnologías alternativas en agua y saneamiento (1997). (Documento en línea) Disponible: <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-print.htm#> [Consulta: 2012, junio].
- Peña, C. (sf) E+educaplus.org. (Recursos varios de Ciencias Naturales) <http://www.educaplus.org/>
- RENA. (2000). Reacciones químicas. Velocidad de las reacciones químicas. Catalizadores [Recurso en línea] Disponible: <http://www.rena.edu.ve/TerceraEtapa/Quimica/ReaccionesQuimicas.html> [Consulta: 2012, enero].
- RENA. (2000). El agua potable. (Recurso en línea) Disponible: <http://www.rena.edu.ve/SegundaEtapa/ciencias/aguapotable.html>.
- Simulador de sistema de control eléctrico. (Recurso en línea) <http://www.ree.es/educacion/controla/>
- Vélez, J. Intercambio de sustancias en células (Documento en línea) : <http://academic.uprm.edu/~jvelez/lab7.pdf>.
- Vivas, F. (2012). *Las casas más sencillas*. Caracas: Fundación Editorial El perro y la rana.
- Van Cleave, J. (2010). Física para niños y jóvenes. México: Limusa, S.A.
- Vargas, L. (2006). Actividades de física y su aplicación en la vida cotidiana. Caracas: Fundación Cenamec.
- Animaciones para temas de física y química: (Recurso en línea) <http://perso.wanadoo.es/cpalacio/30lecciones.html>.

- Interactive Simulations. (2011). Universidad de Colorado. (Página web en línea) <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>. Simulaciones sugeridas: Densidad. (Density) / Concentración. (Concentration) / Reactantes, productos y residuos. (Reactants, products and leftovers) / Balanceando ecuaciones químicas. (Balancing chemical equations) / Construir un átomo (Build an atom) / Visión del color (Color vision) / Ondas acústicas (Sound) / Propiedades de los gases (Gas properties) / Efecto invernadero (Green house) / Kit de construcción de circuitos CC (circuit construction kit DC) / Circuitos de resistencias (Battery resistor circuit) Sales y solubilidad. (Salts & solubility) / Soluciones de azúcar y sal. (Sugar and salt solutions).
- Video en línea sugerido (Página web en línea): Cambios químicos: <http://www.youtube.com/watch?v=VZ8SWIRs2Bg>. Lectura: calor y temperatura: http://www.youtube.com/watch?v=Zv0_ZVzZ3E0. Corriente eléctrica: <http://www.youtube.com/watch?v=ApCu6mVBSs0>. Corriente eléctrica: <http://www.youtube.com/watch?v=ySYeSiAEpiY>. Energías alternativas: <http://energiaslibres.wordpress.com/2011/08/16/un-video-sobre-la-energia-que-deberia-ver-todo-el-mundo-por-favor-compartan/>. Bosque de aspirina. (Página web en línea) <http://www.youtube.com/watch?v=IsCuNFxtd9c&feature=related>.

Referencias para las educadoras y los educadores

- _____ (sf). 100cia Química. (Recursos varios en línea). <http://www.100ciaquimica.net/temas/tema3/index.htm>.
- Barberil, E. (1998). *El pozo ilustrado*. Cuarta edición. Caracas: Ediciones Foncied
- Brown, T.; LeMay, H. y Bursten, B. (2001). *Química. La ciencia central* (7^{ma} ed.). [Libro en línea] http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/blb_la/.
- Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio). El Cuaderno -- • El boletín didáctico del Programa Educativo. Por qué biotecnología. (Recurso en línea) <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5>.
- Franco, A. (2010). Curso Interactivo de Física por Internet. (Recurso en línea). <http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/default.htm>.
- Fundación Cientec. (2008) Biología. Disponible en: <http://www.cientec.or.cr/ciencias/experimentos/biologia.html>.
- Hernández, F. (2000). Los proyectos de trabajo: la necesidad de nuevas competencias para nuevas formas de racionalidad. *Educar*. 26: 39-51. Disponible: ddd.uab.cat/pub/educar/0211819Xn26p39.pdf
- Herrera, E. y Sánchez, I. (2009). *Unidad didáctica para abordar el concepto de célula desde la resolución de problema por investigación*. Paradigma, vol. 30, no.1, p. 63-85.
- Lacueva, A. (2008). *Proyectos estudiantiles en la escuela y el liceo*. Caracas: Laboratorio Educativo.
- National Human Genome Research. Institute del Mapa a Usted <http://www.genome.gov/12511467>.
- Ramos, M., Muñoz, P. y Muñoz, M. (2010). Guía metodológica de biología. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Disponible en: http://www.portal.buap.mx/portal_pprd/work/sites/forobachillerato/resources/LocalContent/25/2/GUIA%20DE%20BIOLOGIA.pdf.
- Vera Ramírez, N. y Bojorquez, G. (comp.) (2011). Manual de prácticas de genética. Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. (Documento en línea) <http://www.uacj.mx/ICB/cqb/licenciaturaenbiolog%C3%ADa/Documents/Manuales/avanzado/GENETICA.pdf>.
- Victoria, V. (sf) El blog de profesor jano. (Recursos de ciencias en línea). <http://profesorjano.org/fisiologia-y-anatomia/genetica-molecular/>.
- Visionlearning (2012). (Documentos en línea). http://www.visionlearning.com/library/cat_view.php?cid=49&l=s.
- Videos en línea sugerida (Página web en línea): Clasificación de la materia y métodos de separación de mezclas <http://www.youtube.com/watch?v=ndA5gKlpWbc>. Técnicas básicas de laboratorio: destilación. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=cocwhLBtJGg>. Técnicas básicas de laboratorio: extracción. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=ixSj9Tx3Fvo>. Técnicas básicas de laboratorio: filtración. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=CYEzaEehK-E>. Técnicas básicas de laboratorio: centrifugación. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=LWZMmCgC5rQ&feature=relmfu>. Introducción a la química: tipos de reacciones. (Introducing Chemistry: types of chemical change) [Página web en línea] <http://www.youtube.com/watch?v=VZ8SWIRs2Bg>. Técnicas básicas de laboratorio: reacciones químicas. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=P4GdCd0OyYY&feature=relmfu>. La importancia de los enlaces químicos. <http://www.youtube.com/watch?v=wDnTVxN4vy0>.





*Más importante que crear
ciudades, es crear hombres
libres.*

FRUTO VIVAS



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para la Educación