

SECUNDARIA  
**Fundamental**  
PLUS

CIENCIAS 3  
**Química**

Vicente Talanquer  
Glinda Irazoque



 **castillo**  
A Macmillan Education  
Company



VERSIÓN REVISADA  
Y ACTUALIZADA

DIRECCIÓN EDITORIAL Cristina Arasa ■ SUBDIRECCIÓN EDITORIAL Tania Carreño King ■ SUBDIRECCIÓN DE DISEÑO Renato Aranda ■ GERENCIA DE SECUNDARIA Aurora Saavedra Solá ■ EDICIÓN Valeria Villamil ■ ASISTENCIA EDITORIAL Andrés Mejía Pérez ■ COLABORACIÓN Luis Paleo ■ REVISIÓN TÉCNICA Maribel Espinosa Hernández ■ CORRECCIÓN DE ESTILO María del Carmen Solano del Moral ■ DISEÑO DE LA SERIE Renato Aranda, Sofía Sauer y Federico Gianni ■ CONCEPTO PORTADA Germán Montalvo ■ COORDINACIÓN DE DISEÑO EDITORIAL Gustavo Hernández ■ COORDINACIÓN DE OPERACIONES Gabriela Rodríguez Cruz ■ COORDINACIÓN DE IMAGEN Ma. Teresa Leyva Nava ■ SUPERVISIÓN DE DISEÑO Gabriela Rodríguez Cruz ■ INVESTIGACIÓN ICONOGRAFICA Judith Sánchez Durán, María Elena del Carmen Zavala Rivera ■ DIAGRAMACIÓN Édgar Vázquez (Reflejos ambulantes) ■ ILUSTRACIÓN Fernando David Ortiz Prado, Eloy Padilla Puga, Olenka Pérez Bravo y Jesús Enrique Gil de María y Campos ■ GRÁFICOS Jesús Emmanuel Urueta Cortés, Judith Sánchez Durán y Nayely Alejandra Mejía Arteaga ■ CARTOGRAFÍA Adela Calderón Franco y Liliana Raquel Ortiz Gómez ■ FOTOGRAFÍA Gerardo González López, Juan José David Morín García y Banco de imágenes Ediciones Castillo ■ IMAGEN PORTADA © Latinstock México. ■ DIGITALIZACIÓN Y RETOQUE DE IMÁGENES Juan Ortega Corona ■ GERENCIA DE PRODUCCIÓN Álma Orozco ■ COORDINACIÓN DE PRODUCCIÓN Ulyses Calvillo

Primera edición: marzo de 2014

Cuarta reimpresión: abril de 2018  
(Edición revisada)

Ciencias 3. Química

Texto D. R. © 2013, Vicente Talanquer y Glinda Irazoqui

Todos los derechos reservados.

D. R. © 2013, Ediciones Castillo, S. A. de C. V.  
Castillo ® es una marca registrada

Insurgentes Sur 1886, Florida,  
Álvaro Obregón, C.P. 01030,  
Ciudad de México, México  
Tel: (55) 5128-1350  
Fax: (55) 5128-1350 ext. 2899

Ediciones Castillo forma parte del Grupo Macmillan

[www.edicionescastillo.com](http://www.edicionescastillo.com)  
[infocastillo@grupomacmillan.com](mailto:infocastillo@grupomacmillan.com)  
Lada sin costo: 01 800 536 1777

Miembro de la Cámara Nacional  
de la Industria Editorial Mexicana  
Registro núm. 3304

ISBN de la serie: 978-607-463-567-6  
ISBN: 978-607-463-939-1

Prohibida la reproducción o transmisión parcial o total  
de esta obra por cualquier medio o método o en cualquier  
forma electrónica o mecánica, incluso fotocopia, o sistema  
para recuperar información, sin permiso escrito del editor.

Impreso en México/Printed in Mexico

Esta obra se terminó de imprimir en abril de 2018 en los  
talleres de Nombre, calle número, C. P. Ciudad de México, México

## Presentación

El presente libro corresponde al tercer curso de Ciencias de nivel secundaria y está enfocado a la Química. Este curso está diseñado para que investigues la estructura íntima de las cosas que te rodean, y los distintos temas que incluye te ayudarán a entender las propiedades y transformaciones químicas de la materia.

El libro está conformado por cinco bloques: *Las características de los materiales*, *Las propiedades de los materiales y su clasificación química*, *La transformación de los materiales: la reacción química*, *La formación de nuevos materiales y Química y tecnología*. Los cuatro primeros bloques se organizan en secuencias didácticas, las cuales desarrollan los contenidos de la asignatura, los propósitos, los aprendizajes esperados, y presentan actividades que invitan a observar, experimentar, comprender, deducir, proponer, analizar y concluir sobre los temas propios de la Química.

Al final de cada bloque y en el quinto incluyen proyectos que al llevarlos a cabo favorecerán la integración y aplicación de conocimientos, habilidades y actitudes.

También al final de cada bloque se presentan evaluaciones tipo ENLACE y PISA para el seguimiento del proceso de aprendizaje.

Asimismo, incluye secciones como "Química asombrosa", "Conéctate con...", "Historia de la ciencia", etcétera, que buscan poner en evidencia la relación de la Química con la Naturaleza, la sociedad, la actividad científica y el entorno.

Por lo anterior, este libro pretende ser un recurso más para la formación de los alumnos y una herramienta para los maestros.

Los autores

Bienvenido a tu curso de Ciencias 3, donde tendrás la oportunidad de desarrollar conocimientos fundamentales de Química. Es posible que, de entrada, te preguntes por qué necesitas aprender esta asignatura. Hay gente que con sólo oír la palabra "Química" se asusta o piensa que se trata de algo complicado y aburrido. Pero la realidad es muy distinta; la Química es una ciencia central que toca cada aspecto de nuestras vidas.

La Química es tan natural como la vida misma y, junto con la tecnología, transforma y conserva el mundo en que vivimos, por ello, está en el centro de muchos de los problemas que hoy nos preocupan: garantizar la salud, alimentación, vestido y albergue a todos los seres humanos; conservar los recursos naturales y proteger el ambiente, entre otros.

La Química está presente en el aire que respiras, en la comida que ingieres, en la ropa que te pones, en los aparatos electrónicos que utilizas, y hasta en el cariño que sientes por tus amigos y los miembros de tu familia. Cada día realizas actividades y tomas decisiones que podrían ser más eficientes, más adecuadas o más productivas si supieras un poco más de Química. Por ejemplo, ¿qué prefieres usar, bolsas de papel o de plástico para cargar o almacenar comida?, ¿qué prefieres comer, una barra de chocolate o un pedazo de queso?, ¿qué ropa es mejor comprar, ropa hecha con algodón o con nailon? La respuesta a este tipo de preguntas no es siempre fácil, pero las decisiones se facilitan al aplicar conocimientos químicos.

Aprender Química no sólo sirve para tomar mejores decisiones en la vida cotidiana, sino para entender y contribuir a solucionar los problemas sociales y ambientales que afectan a las sociedades modernas. Por ejemplo, gracias a la Química contamos con sustancias farmacéuticas que protegen nuestra salud y prolongan la vida, y hemos aumentado la producción de alimentos mediante el desarrollo y uso racional de plaguicidas y fertilizantes.

Seguramente habrás escuchado sobre el calentamiento global de nuestro planeta y las serias consecuencias que provoca. La mayoría de los científicos considera que este fenómeno está siendo acelerado por la quema de combustibles que produce miles de toneladas de dióxido de carbono que se vierten en la atmósfera cada día. La solución a este problema dependerá en gran medida del trabajo de químicos e ingenieros químicos involucrados en diseñar fuentes de energía alternativas y mecanismos para atrapar el dióxido de carbono producido. La solución también dependerá de las decisiones que tome cada persona en su vida diaria sobre qué productos consumir y qué actividades realizar. Sin duda, podrás tomar decisiones más efectivas y responsables, respecto a estos y otros problemas, si sabes más de Química.

La Química no es sólo una ciencia importante, es también una ciencia interesante y divertida. Es una ciencia que nos ayuda a entender, predecir y controlar la formación y transformación de los materiales que nos rodean. Es una ciencia que produce nuevas sustancias con usos prácticos y que nos permite detectar sustancias benéficas o dañinas en nuestro cuerpo o en el ambiente. Es una ciencia en la que hay que realizar experimentos, construir modelos, hacer investigaciones, discutir ideas y, usar la imaginación y la creatividad para encontrar soluciones. Es una ciencia profundamente humana, productiva, colorida y explosiva. ¿Qué más se puede pedir?

## Estimados maestros:

Reconocemos que cada día su esfuerzo, conocimiento y experiencia van dirigidos hacia la educación integral de sus estudiantes de secundaria y de manera particular apoyan su formación científica básica.

La evolución de la educación a nivel nacional e internacional implica buscar nuevos modelos y métodos de enseñanza, basados en la investigación pedagógica y su aplicación en las aulas. Los modelos educativos más actuales demandan organizar los contenidos de tal manera que permitan al estudiante construir sus propios conocimientos, poner en marcha sus habilidades, y adquirir actitudes y valores dirigidos a reconocer la importancia de la ciencia y la tecnología.

El sistema educativo de nuestro país ha tenido diversas reformas con el propósito de mejorar su calidad y para que, sin importar las condiciones socioeconómicas de los estudiantes, todos tengan acceso a la educación y sean capaces de comprender la ciencia, así como resolver problemas propios de su edad.

*Ciencias 3, Química, serie Fundamental* le permitirá abordar los contenidos programáticos de esta asignatura; está organizado en secuencias de aprendizaje, que consisten en actividades vinculadas a alguna situación de reto para que los alumnos la resuelvan gradualmente. Las secuencias didácticas integran los siguientes elementos: Situación inicial, con preguntas detonadoras y de recuperación de conocimientos; Desarrollo, Cierre y Autoevaluación.

Las actividades incluidas en el desarrollo de las secuencias promueven que los estudiantes movilicen sus saberes previos, comparan y construyan nuevos conocimientos; por eso, este libro constituye un recurso didáctico que permite adaptar, sistematizar y vincular los conocimientos con los contextos cercanos de los alumnos, con el propósito de que el proceso educativo sea dinámico e integral. Esta perspectiva es un cambio que transita de la lógica de los contenidos a la acción, porque contribuye a la toma de decisiones responsables e informadas, y aumenta las posibilidades de un aprendizaje significativo.

Mediante los proyectos propuestos al final de cada bloque y en los del bloque 5, a través de la investigación y la elaboración de productos se prorroga que los alumnos comprendan fenómenos, apliquen sus conocimientos y brinden soluciones a problemas de su entorno o su interés. Asimismo, los proyectos y las actividades ofrecen la oportunidad de realizar trabajos colaborativos y que los estudiantes socialicen sus conocimientos.

Reconocemos su valiosa participación en el proceso de aprendizaje de sus alumnos, por lo cual esperamos que encuentre en este libro una guía que apoye su labor diaria.

¿Cómo es mi libro? .....	10	<b>Secuencia 5. ¿Cómo saber si la muestra de una mezcla está más contaminada que otra? .....</b>	46		
Medidas de seguridad .....	14	Toma de decisiones relacionada con la contaminación de una mezcla .....	46		
<b>Bloque 1</b>					
Las características de los materiales .....	18	Comparando concentraciones .....	47		
<b>Secuencia 1. La ciencia y la tecnología en el mundo actual .....</b>	20	Toma de decisiones relacionada con la concentración y sus efectos .....	49		
Relación de la Química y la tecnología con el ser humano, la salud y el ambiente .....	20	Tu propia investigación .....	50		
Relación entre la Química y la vida humana .....	20	<b>Secuencia 6. Primera revolución de la Química .....</b>	54		
La Química y las necesidades humanas .....	20	¿Qué es lo que cambia? .....	54		
Percepción popular ante la Química .....	22	¿Qué se conserva durante el cambio? .....	55		
<b>Secuencia 2. Identificación de las propiedades físicas de los materiales .....</b>	26	Ley de conservación de la masa .....	58		
¿Qué percibimos de los materiales? .....	26	La masa se conserva pero .....	59		
Propiedades cualitativas .....	27	Los conocimientos químicos son tentativos .....	59		
Estados de agregación .....	29	<b>Proyecto ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente? .....</b>	64		
Propiedades cuantitativas .....	30	Mapa conceptual .....	70		
Propiedades extensivas .....	31	<b>Herramientas .....</b>	71		
Propiedades intensivas .....	33	<b>Evaluación .....</b>	72		
<b>Secuencia 3. Experimentación con mezclas .....</b>	36	<b>Evaluación PISA .....</b>	73		
¿Una o muchas sustancias? .....	36	<b>Bloque 2</b>			
Homogéneas y heterogéneas .....	37	Las propiedades de los materiales y su clasificación química .....	74		
Combinando propiedades .....	38	<b>Secuencia 7. Clasificación de los materiales .....</b>	76		
Concentración y cambio de propiedades .....	39	Mezclas y sustancias puras: compuestos y elementos .....	76		
<b>Secuencia 4. Métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes .....</b>	42	Compuestos y elementos, ¿en qué se diferencian? .....	76		
Métodos indispensables .....	42	Representaciones a través de símbolos y fórmulas químicas .....	78		
Separación de mezclas heterogéneas .....	42				
Separación de mezclas homogéneas .....	43				

Representación de elementos y compuestos .....	79	¿Masa atómica o número atómico? .....	115
Representaciones de mezclas .....	81	Propiedades periódicas: carácter metálico y valencia .....	116
<b>Secuencia 8. Estructura de los materiales .....</b>	84	Regularidades en la tabla periódica de los elementos químicos representativos .....	119
Materiales a nivel nanoscópico .....	84	<b>Secuencia 13. Importancia de los elementos químicos para los seres vivos .....</b>	124
Modelos atómicos .....	84	¿Qué elementos son más abundantes? .....	124
Modelo atómico de Bohr .....	86	¿De qué estamos hechos? .....	125
El núcleo atómico .....	88	Los elementos principales y los compuestos que forman .....	126
Organización de los electrones en el átomo. Electrones internos y externos .....	90	Algunos iones que nos dan vida .....	128
<b>Secuencia 9. Enlace químico .....</b>	92	<b>Secuencia 14. Enlace químico .....</b>	132
Electrones de valencia y enlace .....	92	¿Cómo se unen los átomos? .....	132
Estructura de Lewis .....	92	Modelos de enlace: covalente e iónico .....	133
<b>Secuencia 10. ¿Cuál es la importancia de rechazar, reducir, reusar y reciclar los metales? .....</b>	96	Enlace iónico .....	133
Materiales importantes .....	96	Enlace covalente .....	134
Propiedades de los metales .....	97	Relación entre las propiedades de las sustancias con el modelo de enlace: covalente e iónico .....	136
¿De dónde se obtienen los metales? .....	98	Cloruro de sodio: un compuesto iónico .....	136
Toma de decisiones relacionada con rechazo, reducción, reuso y reciclado de metales .....	102	Agua: un compuesto covalente molecular .....	137
<b>Secuencia 11. Segunda revolución de la Química .....</b>	106	<b>Proyecto ¿Cuáles elementos químicos son importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo? .....</b>	140
Química: Un trabajo de equipo .....	106	<b>Proyecto ¿Cuáles son las implicaciones en la salud o el ambiente de algunos metales pesados? .....</b>	143
El orden en la diversidad de las sustancias: aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev .....	110	Mapa conceptual .....	146
Cannizzaro y las masas atómicas .....	110	<b>Herramientas .....</b>	147
Predicción de propiedades .....	111	<b>Evaluación .....</b>	148
<b>Secuencia 12. Tabla periódica: organización y regularidades de los elementos químicos .....</b>	114	<b>Evaluación PISA .....</b>	149
Familias químicas .....	114		
Carácter metálico, valencia, número y masa atómica .....	114		

## Bloque 3

<b>La transformación de los materiales:</b>	
<b>la reacción química</b>	150
<b>Secuencia 15. Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la Química</b>	152
Todo cambia	152
El cambio químico	152
Reactivos y productos	154
La síntesis de nuevos materiales	156
<b>Secuencia 16. Manifestaciones y representación de reacciones químicas (ecuación química)</b>	158
¿Qué ocurre durante las reacciones químicas?	158
Modelando reacciones químicas	158
La ecuación química y la Ley de conservación de la masa	160
Energía en reacciones químicas	163
<b>Secuencia 17. ¿Qué me conviene comer?</b>	166
¿Qué ocurre durante las reacciones químicas?	166
La caloría como unidad de medida de la energía	166
Toma de decisiones relacionada con los alimentos y su aporte calórico	170
Necesidades energéticas	170
Diетas y cultura	172
<b>Secuencia 18. Tercera revolución de la Química</b>	174
Tras la pista de la estructura de los materiales: aportaciones de Lewis y Pauling	174
El enlace químico y la valencia	174
Aportaciones de Lewis	177
Uso de la tabla de electronegatividad	182
<b>Secuencia 19. Comparación y representación de escalas de medida</b>	186
¿Cómo contar lo muy grande o muy pequeño?	186
Escalas y representación	187
Tamaños y masas atómicas	189
Número de partículas	191
Unidad de medida: mol	192
<b>Proyecto ¿Cómo elaborar jabones?</b>	196
<b>Proyecto ¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano?</b>	199
<b>Mapa conceptual</b>	202
<b>Herramientas</b>	203
<b>Evaluación</b>	204
<b>Evaluación PISA</b>	205

## Secuencia 19. Comparación y representación

de escalas de medida	186
¿Cómo contar lo muy grande o muy pequeño?	186
Escalas y representación	187
Tamaños y masas atómicas	189
Número de partículas	191
Unidad de medida: mol	192
<b>Proyecto ¿Cómo elaborar jabones?</b>	196
<b>Proyecto ¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano?</b>	199
<b>Mapa conceptual</b>	202
<b>Herramientas</b>	203
<b>Evaluación</b>	204
<b>Evaluación PISA</b>	205

## Bloque 4

<b>La formación de nuevos materiales</b>	206
<b>Secuencia 20. Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria</b>	208
Una clasificación muy útil	208
Propiedades, usos e importancia de los ácidos y bases	209
¿Cómo reconocer los ácidos y las bases?	211
<b>Secuencia 21. Propiedades y representación de ácidos y bases</b>	214
¿Cómo reaccionan?	214
Neutralización	214
Modelo de Arrhenius de ácidos y bases	216
Los modelos científicos evolucionan	218
La escala de pH	219
<b>Secuencia 22. ¿Por qué evitar el consumo frecuente de los "alimentos ácidos"?</b>	222

## Toma de decisiones relacionada con

la importancia de una dieta correcta	222
--------------------------------------	-----

¿Te gustan los alimentos ácidos?	222
----------------------------------	-----

La acidez de los alimentos	222
----------------------------	-----

¿Antiácidos o cambio de dieta?	223
--------------------------------	-----

<b>Secuencia 23. Importancia de las reacciones de óxido y de reducción</b>	228
--	-----

Reacciones con una larga historia	228
-----------------------------------	-----

Características y representaciones de las reacciones redox	228
--	-----

Dos procesos opuestos	230
-----------------------	-----

Reacciones redox de importancia	231
---------------------------------	-----

<b>Secuencia 24. Número de oxidación</b>	234
--	-----

Un mundo redox	234
----------------	-----

Número de oxidación y su relación con	234
---------------------------------------	-----

la tabla periódica	234
--------------------	-----

Reacciones de síntesis	237
------------------------	-----

Pilas y baterías	240
------------------	-----

<b>Proyecto ¿Cómo evitar la corrosión?</b>	242
--	-----

<b>Proyecto ¿Cuál es el impacto de los combustibles y posibles alternativas de solución?</b>	245
--	-----

<b>Mapa conceptual</b>	248
------------------------	-----

<b>Herramientas</b>	249
---------------------	-----

<b>Evaluación</b>	250
-------------------	-----

<b>Evaluación PISA</b>	251
------------------------	-----

## Bloque 5

<b>Química y tecnología</b>	252
-----------------------------	-----

### PROYECTOS. Ahora tú explora, experimenta

#### y actúa

¿Cómo se sintetiza un material elástico?	254
--	-----

¿Qué aportaciones a la Química se han generado en México?	256
---	-----

## ¿Cuáles son los beneficios y riesgos del uso

de fertilizantes y plaguicidas?	258
---------------------------------	-----

¿De qué están hechos los cosméticos	260
-------------------------------------	-----

y cómo se elaboran?	260
---------------------	-----

¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas	262
---	-----

mesoamericanas?	262
-----------------	-----

¿Cuál es el uso de la Química en diferentes expresiones artísticas?	264
---	-----

¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos?	266
--	-----

<b>Bibliografía</b>	268
---------------------	-----

<b>Créditos iconográficos</b>	271
-------------------------------	-----

## Entrada de bloque

Cada bloque inicia con dos páginas en las que te presentamos los aprendizajes esperados, los contenidos del bloque, así como las competencias que se favorecen durante su desarrollo y los temas transversales.

**La transformación de los materiales: la reacción química**

**1** Tarea 1: Identifica la reacción química y la física en tu entorno. **2** Tarea 2: Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos. **3** Tarea 3: Desarrolla habilidades de observación y análisis. **4** Tarea 4: Compara las reacciones químicas y físicas. **P** Proyecto: Aprende a transformar materiales.

**Aprendizajes esperados:**

- Identifica la reacción química y la física en tu entorno.
- Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos.
- Desarrolla habilidades de observación y análisis.
- Compara las reacciones químicas y físicas.
- Aprende a transformar materiales.

**Bloque 3**

**Competencias:**

- Aplicar conocimientos y habilidades adquiridas en el desarrollo de la actividad.
- Resolver problemas y aplicar conocimientos adquiridos en el desarrollo de la actividad.
- Comunicar y difundir conocimientos adquiridos en el desarrollo de la actividad.
- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo.
- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo.

## Secuencias didácticas

El libro se divide en secuencias didácticas, es decir, en unidades de aprendizaje (texto, actividades e imágenes) donde se abordan contenidos enfocados a lograr los aprendizajes esperados que señala el programa de estudios para la educación secundaria.

**Secuencia 2**

**Identificación de las propiedades físicas de los materiales**

**Objetivo:** Identificar y observar las diferencias entre los materiales.

**Actividad:** Observa y describe las propiedades físicas de los materiales.

**Secuencia 15**

**Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la Química**

**Objetivo:** Identificar cambios químicos y físicos en la naturaleza y en la vida cotidiana.

**Actividad:** Observa y describe cambios químicos y físicos en la naturaleza y en la vida cotidiana.

## Glosario

En este curso aprenderás cosas nuevas y te encontrarás con términos cuyo significado quizás desconoces. El glosario contiene la definición de algunos de ellos, con el fin de que comprendas mejor los temas del libro. Las palabras están resaltadas en azul y su significado se encuentra en un recuadro al margen del texto.

## Desarrollo

En esta sección se abordan los contenidos y los aprendizajes esperados. Por medio de actividades se promueve la movilización de tus saberes, es decir, la construcción de nuevos conocimientos a partir de tus conocimientos previos.

## Conéctate con...

En estos recuadros informativos descubrirás que la Química está inmersa en un contexto cultural, social e histórico; es decir, no es una ciencia aislada, sino que se vincula con otras ciencias y áreas del quehacer humano.

**La transformación de los materiales: la reacción química y la física en tu entorno**

**1** Tarea 1: Identifica cambios químicos y físicos en tu entorno. **2** Tarea 2: Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos. **3** Tarea 3: Desarrolla habilidades de observación y análisis. **4** Tarea 4: Compara las reacciones químicas y físicas. **P** Proyecto: Aprende a transformar materiales.

**Aprendizajes esperados:**

- Identifica cambios químicos y físicos en tu entorno.
- Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos.
- Desarrolla habilidades de observación y análisis.
- Compara las reacciones químicas y físicas.
- Aprende a transformar materiales.

**CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → CH<sub>3</sub>COOH**

La formación de vinagre es un proceso conocido en la gastronomía. Los ácidos carboxílicos, como el ácido acético ( $CH_3COOH$ ), se forman en la naturaleza a través de la actividad de bacterias que convierten el alcohol en ácidos carboxílicos. Por ejemplo, el ácido acético ( $CH_3COOH$ ) se forma cuando el alcohol ( $CH_3CH_2OH$ ) se convierte en el etanol ( $CH_3COOH$ ). El etanol ( $CH_3CH_2OH$ ) es producido a través de la fermentación de frutas y vegetales. El etanol ( $CH_3CH_2OH$ ) se convierte en el etanol ( $CH_3COOH$ ) a través de la actividad de bacterias que convierten el etanol en ácidos carboxílicos.

Los **conceptos y términos importantes** aparecen resaltados en el texto.

## En acción

Son actividades que presentan un reto a resolver y que te permitirán investigar, observar, comparar, experimentar, exponer tus ideas, organizar conceptos, y descubrir o analizar alguna situación relacionada con los temas que estás estudiando. También te ayudarán a construir tus propios conocimientos. Esta sección incluye también actividades experimentales, las cuales podrás realizar en el laboratorio de tu escuela, en el salón de clases e incluso en tu casa.

**Secuencia 29**

**La transformación de los materiales: la reacción química y la física en tu entorno**

**1** Tarea 1: Identifica cambios químicos y físicos en tu entorno. **2** Tarea 2: Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos. **3** Tarea 3: Desarrolla habilidades de observación y análisis. **4** Tarea 4: Compara las reacciones químicas y físicas. **P** Proyecto: Aprende a transformar materiales.

**Aprendizajes esperados:**

- Identifica cambios químicos y físicos en tu entorno.
- Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos.
- Desarrolla habilidades de observación y análisis.
- Compara las reacciones químicas y físicas.
- Aprende a transformar materiales.

**En acción:**

1. Realiza un experimento para preparar vinagre. **Objetivo:** Preparar vinagre.

2. Observa y analiza los cambios que ocurren en la naturaleza y en la vida cotidiana. **Objetivo:** Identificar cambios químicos y físicos.

**Toma nota**

Esta sección incluye recomendaciones e indica las precauciones a tomar para el desarrollo de algunas actividades y proyectos.

**Secuencia 15**

**La transformación de los materiales: la reacción química y la física en tu entorno**

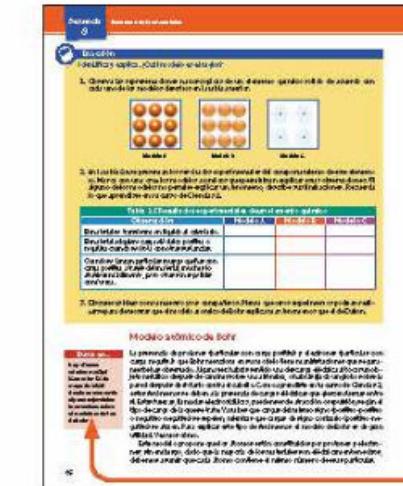
**1** Tarea 1: Identifica cambios químicos y físicos en tu entorno. **2** Tarea 2: Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos. **3** Tarea 3: Desarrolla habilidades de observación y análisis. **4** Tarea 4: Compara las reacciones químicas y físicas. **P** Proyecto: Aprende a transformar materiales.

**Aprendizajes esperados:**

- Identifica cambios químicos y físicos en tu entorno.
- Clasifica los cambios en los materiales en cambios físicos y cambios químicos.
- Desarrolla habilidades de observación y análisis.
- Compara las reacciones químicas y físicas.
- Aprende a transformar materiales.

**Actividad de cierre**

Para reforzar tu aprendizaje hallarás una actividad de cierre cuya finalidad es que compares tus conocimientos antes y después de trabajar la secuencia. También incluye una autoevaluación con la cual te percatarás de tu desempeño al final de la secuencia. La idea es que evalúes si lograste adquirir los aprendizajes esperados que se plantearon al inicio.



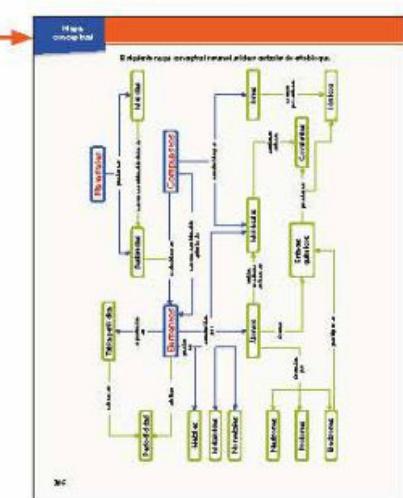
**Busca en...**  
Contiene sugerencias de libros, revistas y películas, así como de páginas electrónicas que te pueden servir para documentar alguna investigación o, bien, para ejemplificar o reforzar algún contenido.

### Química asombrosa

En la naturaleza, y en muchas cosas hechas por el ser humano, ocurren fenómenos que pueden despertar nuestra curiosidad y capacidad de asombro. A lo largo del texto encontrarás esta sección, que muestra fenómenos químicos interesantes; a veces son cosas cotidianas, pero vistas desde una perspectiva diferente.

### Mapa conceptual

Es un recurso gráfico que se encuentra a final de bloque y te ofrece la posibilidad de tener un panorama general de los contenidos del bloque.



### Historia de la ciencia

En esta sección se aborda el desarrollo de la actividad científica y avances tecnológicos importantes para la construcción de la ciencia como disciplina y su contribución a la sociedad. La línea del tiempo brinda elementos para comprender la importancia de estas aportaciones.



### Proyectos

Al final de cada bloque te proponemos que elabores un proyecto de un tema de tu interés, que te permita integrar los conocimientos, habilidades y valores que hayas adquirido. Aprenderás una forma de trabajo para resolver un problema, contestar una pregunta o construir algún aparato o dispositivo. No debes trabajarlos todos, porque sólo son sugerencias; en equipo con tus compañeros trabaja el proyecto que responda a tus inquietudes y a las necesidades propias y de tu comunidad.



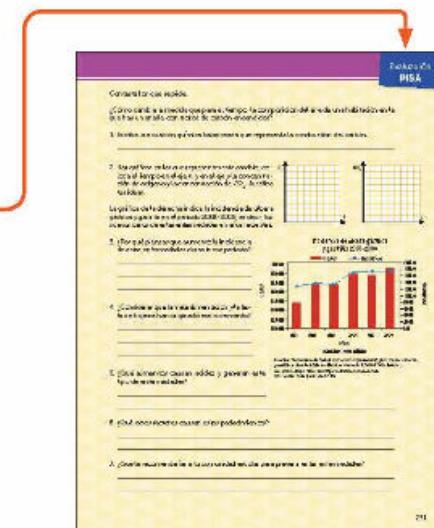
### Transversalidad

Los iconos de temas transversales te indicarán los contenidos de relevancia social que se trabajan en ese momento, como educación ambiental, educación sexual, entre otros.



### Herramientas

En esta página, que se encuentra al final de cada bloque, hallarás diversas actividades en páginas electrónicas para apoyar tu aprendizaje.



### Evaluación

Con el fin de evaluar tu proceso de aprendizaje, esta sección contiene una serie de preguntas y problemas para contestar y resolver, los que te permitirán aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del bloque. Se presentan dos evaluaciones: una bimestral y otra tipo PISA. No pierdas la oportunidad de revisar con tu maestro el avance en tu proceso de aprendizaje y reforzar o repasar los contenidos que no te quedaron claros.

## Normas de seguridad e higiene en el laboratorio de Química

El trabajo en el laboratorio es una experiencia maravillosa y disfrutable, siempre y cuando lo realices en forma segura. Para ello, te sugerimos tomar en cuenta las siguientes normas de seguridad e higiene que te ayudarán a evitar posibles accidentes:

### Normas para tu cuidado personal



- Siempre que deseas trabajar en el laboratorio, asegúrate de que esté presente tu maestro.
- Lee con cuidado cada instrucción, antes de iniciar el trabajo en el laboratorio, para que te familiarices con el procedimiento experimental e identifiques las precauciones y normas de seguridad que debes tener en cuenta.
- Utiliza bata de algodón y lentes de seguridad para evitar que posibles proyecciones de sustancias químicas u objetos lleguen a tu piel y ojos.
- No uses lentes de contacto porque existe el riesgo de que algún material volátil o corrosivo se disuelva en las lentes o se deposite entre las lentes y tus ojos.
- Si tienes el cabello largo, recógelos hacia atrás. No uses aretes largos ni cadenas que puedan engancharse en el material o equipo de trabajo.
- No uses zapatos abiertos ni sandalias.
- En el laboratorio no debes comer, mascar chicle, fumar ni maquillarte.
- Mantén tu área de trabajo limpia, ordenada y sin estorbos.
- No coloques en el suelo o en la mesa del laboratorio mochilas, apuntes o prendas de vestir que puedan entorpecer el trabajo.
- Desde la primera sesión de laboratorio ubica los sitios del equipo de seguridad, de los controles de luces y gas, del extintor, del lavador de ojos, de las salidas de emergencia, entre otros. Asegúrate también de saber usarlos y desconectarlos, según sea el caso.
- Lávate las manos después de haber trabajado en el laboratorio.

### Normas para el uso de los productos químicos

- Como regla general, no tomes ningún producto químico; espera a que tu maestro te lo proporcione o te indique cómo y de dónde lo obtendrás.
- Antes de utilizar una sustancia determinada, asegúrate de que es la que necesitas. Para ello lee con atención la etiqueta del recipiente que la contiene.
- Para cada actividad, utiliza sólo la cantidad recomendada de las diferentes sustancias químicas. Investiga el método de tratamiento de residuos y manejo de los desechos y sigue las indicaciones que dé tu maestro al respecto.
- No devuelvas nunca a los frascos de origen los sobrantes de las sustancias utilizadas sin consultar a tu maestro.
- No toques con las manos, y menos con la boca, los productos químicos.
- No pruebas ninguna sustancia química.
- Cuando requieras percibir el olor de la muestra contenida en un tubo de ensayo o vaso de precipitados, mantén el recipiente a distancia y, con la mano, dirige un poco de los vapores hacia tu nariz.
- No succiones con la boca a través de la pipeta, usa siempre propipeta o jeringa.
- Nunca viertas al drenaje las sustancias, mezclas o disoluciones que sobraron en la actividad, a menos de que así te lo indique tu maestro. Si éste es el caso, permite que circule abundante agua por el desagüe.

- Cuando quieras diluir una sustancia ácida, nunca agregues el agua sobre ella, siempre al contrario, vierte el ácido al agua. **"Nunca debes beber un ácido."**
- Antes de usar sustancias inflamables como el alcohol, apaga y aleja cualquier fuente de calor: mecheros, estufas, hornillas, radiadores, lámparas de alcohol, encendedores, entre otros.
- Si se derrama una sustancia inflamable, cierra de inmediato la llave general de gas y ventila muy bien el laboratorio.
- Cuando se derrame algún producto químico, actúa con rapidez pero sin precipitación.
- Si se vierte sobre ti alguna sustancia ácida o corrosiva, lávate de inmediato con mucha agua y avisa a tu maestro.
- Cuando prepares una disolución, colócalo en un frasco limpio y etíquetalo con el nombre de la sustancia, la concentración y la fecha de preparación.
- Coloca las sustancias y equipo que utilices en el centro de la mesa, para evitar que se caigan.

### Normas para calentar sustancias

- Si hay un mechero o cerillo encendido, muévete alrededor de la flama, nunca sobre ella. Apaga todos los mecheros que no se usen.
- Cuando calientes un tubo de ensayo, manténlo inclinado y muévelo a través de la flama. Dirige la boca del tubo en dirección opuesta a la que te encuentras tú y tus compañeros de clase.



### Normas para usar material de vidrio

- No olvides que el vidrio caliente no se diferencia a simple vista del vidrio frío. Para evitar quemaduras, antes de tocarlo déjalo enfriar sobre ladrillo, arena o un pedazo de material aislante.
- Si requieres tomar el recipiente de vidrio caliente, protégete con guantes especiales o utiliza unas pinzas adecuadas.
- Cuando introduzcas un tapón en un tubo de vidrio, protege las manos con un trapo o con guantes.
- Ten cuidado con los bordes y puntas cortantes de tubos u objetos de vidrio. Alísalos al fuego. Manténlos siempre lejos de los ojos y la boca.

### Sustancias químicas peligrosas

Al leer las etiquetas de los recipientes que contienen sustancias químicas, deberás reconocer los siguientes símbolos o pictogramas de seguridad:

Pictograma	Descripción	Significado	Precaución	Ejemplo
	Una bomba haciendo explosión.	Sustancias o mezclas que pueden explotar al acercarles una flama o por colisión.	Evitar choque, percusión, fricción, chispas y apagar y alejar de cualquier fuente de calor.	Sodio en agua. Mezcla de hidrógeno con aire.
	Una flama.	Sustancias volátiles o que pueden inflamarse fácilmente con una fuente de calor o aumento de temperatura.	Aislar de fuentes de calor, llamas o chispas.	Acetona, alcoholes, benceno, magnesio en polvo, hexano, éter.

# Medidas de seguridad

Pictograma	Descripción	Significado	Precaución	Ejemplo
	La figura de una calavera sobre tibias (huesos) cruzadas.	Sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden implicar riesgos para la salud.	Evitar cualquier contacto con el cuerpo humano.	Benceno, mercurio, metanol, cianuros, arsénico, tetracloruro de carbono, halógenos, fenol, anilinas.
	Un tache (cruz de San Andrés).	Sustancias que producen irritación sobre la piel y la inhalación de los vapores.	Evitar el contacto con la piel y la inhalación de los vapores.	Ácido bórico, permanaganato de potasio, yodo, algunas sales y óxidos de plomo, naftaleno, algunas sales y óxidos de cobre.
	Una llama arriba de un círculo.	Compuestos que pueden inflamar sustancias combustibles o favorecer la propagación de incendios ya declarados, dificultando su extinción.	Evitar el contacto con sustancias combustibles.	Nitratos de amonio, de plomo, de potasio, de aluminio, de cinc. Clorato de sodio y de potasio. Dicromato de potasio, permanganato de potasio, ácido nítrico, agua oxigenada.
	Sustancia ácida en acción.	Por contacto con estas sustancias se destruye tejido vivo y otros materiales.	No inhalar los vapores y evitar el contacto con la piel, ojos y ropa.	Muchos ácidos: nítrico, sulfúrico, clorhídrico. Nitrato de plata. Bases fuertes como el hidróxido de sodio (sosa).
	Paisaje deforestado.	Sustancias que afectan de manera irreversible al ambiente.	Evitar su producción y eliminación de forma incontrolada. Nunca tirar por el desagüe productos tóxicos o nocivos.	Óxidos de nitrógeno y de azufre, productos tóxicos, ácidos y bases sin neutralizar.

Además de los pictogramas descritos, puedes encontrar los siguientes símbolos en las etiquetas de las sustancias y productos químicos:

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
T+	Muy tóxico	O	Comburente
T	Tóxico	C	Corrosivo
Xn	Nocivo	Xi	Irritante
F	Fácilmente inflamable	E	Explosivo
F+	Extremadamente inflamable	N	Peligroso para el ambiente

## Qué hacer en caso de...

Pictograma	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserva la calma.</li> <li>• Avisa a los compañeros sin provocar el pánico.</li> <li>• Evacua el local por la salida principal o la salida de emergencia, si la otra está bloqueada.</li> </ul> <p><i>Si el fuego es pequeño:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apágalo con el extintor adecuado o cúbrelo con un recipiente.</li> <li>• Retira las sustancias químicas inflamables que se encuentren cerca.</li> <li>• No uses agua para apagar un fuego causado por disolventes.</li> </ul> <p><i>Si el fuego es grande:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aísla el fuego.</li> <li>• Utiliza los extintores adecuados.</li> <li>• Si no se controla pronto, acciona la alarma de fuego y avisa al servicio de extinción de incendios.</li> <li>• Evacua el edificio.</li> </ul> <p><i>En caso de fuego en el cuerpo:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pide ayuda.</li> <li>• Estírate en el suelo y rueda sobre ti.</li> <li>• No corras.</li> <li>• Si se trata de otra persona, ayuda a apagarla, cubriéndola con una manta o llévala hasta la regadera de seguridad si está cerca, o bien, haz que ruede por el suelo.</li> <li>• Nunca uses el extintor sobre la persona.</li> <li>• Una vez apagado el fuego, protege del frío al quemado y avisa al médico.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lava con agua corriente.</li> <li>• Si es pequeña y no sangra, lava con agua y jabón, cúbrela con una gasa estéril.</li> <li>• Si es grande y sigue sangrando, cubre con más gasas y comprime la herida.</li> <li>• Busca asistencia médica.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lava la zona afectada con agua fría durante 10 a 15 minutos.</li> <li>• Si es grave, busca atención médica inmediata.</li> <li>• No uses cremas ni pomadas en las quemaduras graves.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protégete con una máscara adecuada o aguanta la respiración para sacar al aire libre a la persona afectada.</li> <li>• Busca asistencia médica.</li> <li>• Aflójale la ropa.</li> <li>• Inicia la respiración boca a boca al primer síntoma de insuficiencia respiratoria.</li> <li>• Identifica el vapor tóxico.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actúa rápidamente (en menos de 10 segundos).</li> <li>• Lava los ojos con agua corriente, a chorro continuo a baja presión, durante al menos 20 minutos.</li> <li>• Tapa el ojo con gasa estéril.</li> <li>• Acude al médico.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pide asistencia médica.</li> <li>• Produce el vómito, salvo que el producto ingerido sea corrosivo.</li> <li>• Tapa al afectado con una manta para que no se enfrie.</li> <li>• Averigua el producto ingerido.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lava la piel inmediatamente con abundante agua corriente, un mínimo de 15 minutos.</li> <li>• Si el derrame es grande, usa la regadera de seguridad.</li> <li>• Quita la ropa impregnada, mientras esté debajo de la regadera.</li> <li>• Retira reloj, pulsera, anillos, etcétera.</li> <li>• Solicita asistencia médica.</li> </ul>

## Las características de los materiales

**1****Tema 1. La ciencia y la tecnología en el mundo actual**

- Relación de la Química y la tecnología con el ser humano, la salud y el ambiente.

**Aprendizajes esperados**

- Identifica las aportaciones del conocimiento químico y tecnológico en la satisfacción de necesidades básicas, en la salud y el ambiente.
- Analiza la influencia de los medios de comunicación y las actitudes de las personas hacia la Química y la tecnología.

**2****Tema 2. Identificación de las propiedades físicas de los materiales**

- Cualitativas.
- Extensivas.
- Intensivas.

**Aprendizajes esperados**

- Clasifica diferentes materiales con base en su estado de agregación e identifica su relación con las condiciones físicas del medio.
- Identifica las propiedades extensivas (masa y volumen) e intensivas (temperatura de fusión y de ebullición, viscosidad, densidad, solubilidad) de algunos materiales.
- Explica la importancia de los instrumentos de medición y observación como herramientas que amplían la capacidad de percepción de nuestros sentidos.

**3****Tema 3. Experimentación con mezclas**

- Homogéneas y heterogéneas.
- Métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes.

**Aprendizajes esperados**

- Identifica los componentes de las mezclas y las clasifica en homogéneas y heterogéneas.
- Identifica la relación entre la variación de la concentración de una mezcla (porcentaje en masa y volumen) y sus propiedades.
- Deduce métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes.

**4****Tema 4. ¿Cómo saber si la muestra de una mezcla está más contaminada que otra?**

- Toma de decisiones relacionadas con:
- Contaminación de una mezcla.
  - Concentración y efectos.

**Aprendizajes esperados**

- Identifica que los componentes de una mezcla pueden ser contaminantes, aunque no sean perceptibles a simple vista.
- Identifica la funcionalidad de expresar la concentración de una mezcla en unidades de porcentaje (%) o en partes por millón (ppm).
- Identifica que las diferentes concentraciones de un contaminante, en una mezcla, tienen distintos efectos en la salud y en el ambiente, con el fin de tomar decisiones informadas.

**Temas transversales**

- Educación para la salud.
- Educación del consumidor.
- Educación ambiental para la sustentabilidad.

**5****Tema 5. Primera revolución de la Química**

- Aportaciones de Lavoisier: la Ley de conservación de la masa.

**Aprendizajes esperados**

- Argumenta la importancia del trabajo de Lavoisier al mejorar los mecanismos de investigación (medición de masa en un sistema cerrado) para la comprensión de los fenómenos naturales.
- Identifica el carácter tentativo del conocimiento científico y las limitaciones producidas por el contexto cultural en el cual se desarrolla.

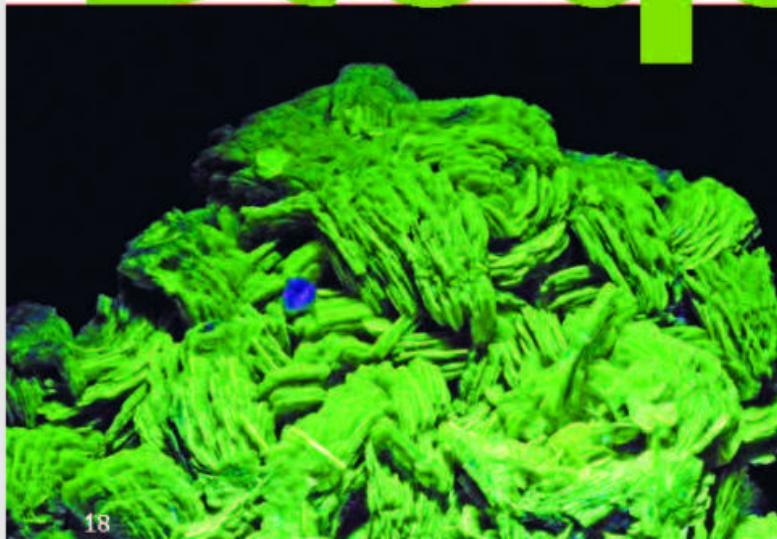
**P****Proyecto. Ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntasopcionales)\*****Integración y aplicación**

- ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente?
- ¿Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente?

**Aprendizajes esperados**

- A partir de situaciones problemáticas plantea premisas, supuestos y alternativas de solución, considerando las propiedades de los materiales o la conservación de la masa.
- Identifica, mediante la experimentación, algunos de los fundamentos básicos que se utilizan en la investigación científica escolar.
- Argumenta y comunica las implicaciones sociales que tienen los resultados de la investigación científica.
- Evalúa los aciertos y debilidades de los procesos investigativos al utilizar el conocimiento y la evidencia científicos.

# Bloque 1



# La ciencia y la tecnología en el mundo actual

## Relación de la Química y la tecnología con el ser humano, la salud y el ambiente

### Relación entre la Química y la vida humana



Aunque nunca antes hayas estudiado Química, seguramente tienes una idea acerca de las transformaciones que ocurren en ciertos materiales y sustancias. Este es precisamente el objeto de estudio de la Química: las sustancias, sus propiedades y sus transformaciones.

Durante cientos de años, uno de los objetivos centrales del trabajo de los científicos ha sido desarrollar materiales que faciliten la existencia del ser humano. En particular, los químicos han producido o sintetizado sustancias antes desconocidas (figura 1.1), muchas de las cuales han tenido un gran impacto en nuestras vidas, mediante la producción de plásticos y fertilizantes, y el desarrollo de medicamentos para tratar la tuberculosis, el cáncer y el sida. Los conocimientos de químicos e ingenieros químicos también han logrado crear métodos para detectar e identificar múltiples sustancias, desde contaminantes en el aire que respiramos hasta sustancias benéficas o dañinas presentes en nuestro cuerpo. ¿Cómo sería tu vida sin la presencia de estas sustancias o materiales?

**Figura 1.1** Existen prototipos de pantallas de teléfonos, monitores o televisiones que se pueden enrollar como un póster; funcionan gracias a transistores que son flexibles como el plástico y están hechos con sustancias derivadas del petróleo que tienen propiedades eléctricas similares a las del silicio (un material rígido que no se puede doblar).

### Situación inicial



#### Clasifica: ¿Natural o sintético?

1. Discutan en grupo cuáles son las diferencias entre un material natural y uno sintético (artificial).
2. Observen los distintos materiales que encuentren a su alrededor y sobre su cuerpo. Hagan una lista de ellos y clasifiquenlos en naturales y sintéticos.
3. Determinen qué porcentaje de esos materiales son naturales y qué tantos son sintéticos. Con base en esta información analicen cuánto dependen, como individuos, de los productos de la Química en su vida.



### Desarrollo

#### La Química y las necesidades humanas

**Figura 1.2** Hoy en México existen automóviles que emiten menor cantidad de gases contaminantes al aire que hace 50 años.



El desarrollo y la aplicación del conocimiento científico y tecnológico ha dado lugar a cambios radicales en la forma y calidad de vida de los habitantes de nuestro planeta. En los últimos 200 años, los seres humanos hemos sido testigos de transformaciones revolucionarias en diversas áreas: agricultura, manufactura, servicios sanitarios y de salud, medios de transporte (figura 1.2), sistemas de almacenamiento, procesamiento y comunicación de la información, biotecnología e industria de la guerra. Muchos de estos cambios no habrían sido posibles sin los logros de quienes se han interesado en descubrir el secreto de la síntesis y transformación de sustancias.

### Conéctate con...

#### Tecnología

En el futuro, los avances en Química, aunados a los tecnológicos, permitirán contar con sorprendentes inventos como piezas de automóviles que se endurecen por sí mismas tras deformarse en un choque y hasta robots que simulen los movimientos de los músculos humanos; todo ello gracias a la ciencia y a la tecnología. En el Bloque 4 estudiarás detalladamente la formación y desarrollo de nuevos materiales.



**Figura 1.3** Gracias a la Química hoy contamos con medicinas diversas, desde antibióticos hasta sustancias para el tratamiento del cáncer.



### Busca en...

Chordá, Carlos, *Ciencia para Nicolás*, ser-Laetoli, 2012 (Libros del Rincón), donde encontrarás cómo un profesor escribe para que uno de sus alumnos de secundaria aprenda ciencias.

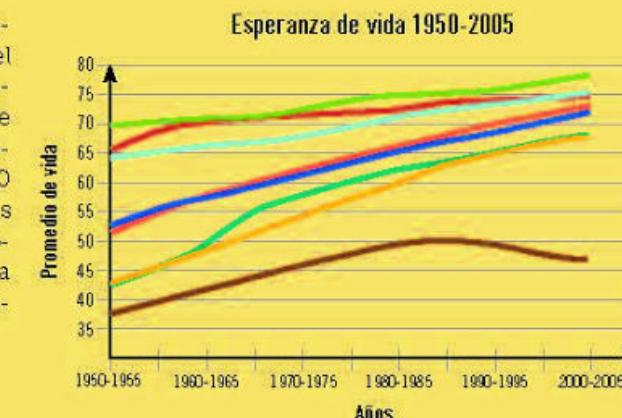


### En acción

#### Infiere: ¿Cómo ha aumentado el promedio de vida?

Con el desarrollo de nuevos medicamentos y productos sanitarios, así como con el avance de métodos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades, el promedio de vida de los seres humanos se ha incrementado significativamente en los últimos 60 años, como se muestra en la gráfica. Este es sin duda uno de los grandes beneficios asociados al notable progreso de la medicina moderna y de la industria química farmacéutica en el mismo periodo.

Asia	EUA y Canadá
México y América Central	Oceania
Europa	América del Sur
Oriente Medio y Norte de África	Africa Subsahariana



Fuente: The World Bank: Data, World Development Indicators, The World Bank Group, 2016, disponible en [www.edutics.mx/jmN](http://www.edutics.mx/jmN) (Consulta: 15 de enero de 2019).

1. En equipo discutan sus respuestas a los siguientes planteamientos.
    - a) Con base en la gráfica, determina cuántas veces se ha incrementado el promedio de vida en los últimos 50 años en México y América Central.
    - b) Discute a qué se deben las diferencias en el incremento del promedio de vida en diferentes partes del mundo.
    - c) ¿Qué beneficios y costos están asociados con el incremento del promedio de vida de los seres humanos?
    - d) ¿Consideras que el desarrollo de la Química y la Medicina modernas permitirá algún día prolongar la vida de un ser humano por cientos de años?
  2. Justifiquen sus conclusiones y participen en una discusión general que dirija su maestro para comparar ideas y opiniones.



**Figura 1.4** El trabajo de los químicos y otros científicos ha puesto en nuestras manos tanto la sulfanilamida, antibiótico que ha salvado millones de vidas, como el gas mostaza, sustancia tóxica usada como arma de guerra.

## Percepción popular ante la Química

A diferencia del conocimiento científico, el desarrollo tecnológico suele tener efectos inmediatos y directos en la sociedad, pues se encamina a resolver problemas prácticos y atender necesidades humanas. La ciencia incide en la sociedad de modo más sutil; por ejemplo, al cuestionar o estimular nuevas formas de pensar (recuerda el impacto que las ideas de Galileo y Newton tuvieron en su época). En ambos casos, tanto las nuevas ideas como los nuevos productos pueden crear problemas o conflictos.

Quizá sea porque la Química es una ciencia-tecnología o porque sus áreas de aplicación son diversas, los costos y beneficios de sus actividades y productos se perciben de manera directa. Como resultado de esto, muchas personas tienen sentimientos encontrados hacia la Química, pues aunque reconocen sus beneficios, sienten temor por las consecuencias negativas del uso de algunos de sus productos en la sociedad, el ambiente y la salud, esto a pesar de que en general la industria química lleva a cabo estudios del impacto de sus productos en el ambiente y la salud humana antes de comercializarlos (figura 1.4).

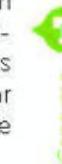
## Glosario

ADN: siglas del ácido desoxirribonucleico, sustancia que se encuentra en el núcleo de las células y distingue a los seres vivos unos de otros.

# LA NOTICIA *en directo*

**Figura 1.5** Las noticias alertan sobre los daños o consecuencias de desarrollos tecnológicos o sustancias químicas.

El conocimiento que desarrollan los químicos ha transformado de manera radical las sociedades humanas y es muy probable que lo siga haciendo por muchos años. Por ejemplo, hoy en día algunos químicos trabajan en la identificación e implementación de fuentes de energía más limpias y renovables; otros desarrollan materiales sintéticos inteligentes que modifican sus propiedades según las condiciones ambientales; también hay quienes buscan crear medicinas para el tratamiento de enfermedades como el sida y el síndrome de Alzheimer, mientras otros buscan métodos para degradar plásticos o capturar sustancias como el dióxido de carbono que producen las distintas industrias. Dado el papel central que la Química tiene y tendrá en nuestras vidas, es imperativo que todos adquiramos una cultura química básica que nos permita evaluar de manera objetiva la información que recibimos, así como tomar decisiones responsables que maximicen los beneficios y reduzcan los costos de transformar la Naturaleza.



## Química asombrosa

## Productos a partir del reuso del urinario

A partir de poliestireno expandido (unido se obtuvieron un recubrimiento (o barniz) y un adhesivo para papel, cartón y madera de bajo costo y amigables con el ambiente.

El unicel se usa en la fabricación de recipientes aislantes útiles para empacar o contener alimentos así como en la industria de la construcción para fabricar paneles y barreras térmicas o acústicas.

A escala mundial, estos materiales constituyen una fuente importante de residuos. Se trata de la llamada "basura blanca", que puede tardar más de 400 años en degradarse. Este fenómeno hace que su acumulación en basureros y cuerpos de agua produzca graves daños ambientales. En la Ciudad de México, diariamente se producen en promedio 12% o 15% se recicla.

La generación de residuos sólidos va en aumento. Según el INE, en 2005 se produjeron 1409000 toneladas de plástico y en 2006 la cifra ascendió a 2013000 toneladas. El poliestireno expandido (unicel) y otros plásticos tienen como destino final los rellenos sanitarios.

Ante ese panorama, varios investigadores se han dado a la tarea de buscar alternativas sencillas y económicas para reusar estos materiales que tardan en degradarse o producir nuevos que no dañen al ambiente. Fue así como hallaron que las disoluciones de poliestireno reusado tiene diferentes aplicaciones. Una disolución a bajas concentraciones se convierte en un recubrimiento común o un barniz para papel, cartón o madera; se trata de un sellador que puede ser aplicado con brocha o aerosol.

El proceso permite la recuperación del material a partir de un método con poco o nulo impacto en el ambiente. Por ello, esta alternativa se podría reproducir en industrias dedicadas a elaborar productos que contribuyan a disminuir el problema de contaminación por unicel, material que por desgracia no ha sido reusado y se acumula en detrimento del ambiente.



En México se desechan más de 350 mil toneladas de unicel al año.

Adaptado de: "Obtiene UNAM productos a partir del unicel", en *Universia México*, 2009, disponible en [UNAM.edu.mx/1a4](http://UNAM.edu.mx/1a4) [Consulta: 15 de enero de 2019].

## Busca en...

www.edutics.mx/4Jj (Consulta: 15 de enero de 2019) más información sobre el agua embotellada.

## Consumo T

## En acción

## Analiza: ¿Esto es verdad?

Algunos medios exageran las noticias con el fin de llamar la atención y provocar alarma para incrementar sus ventas y audiencia. Esta práctica dificulta el análisis de problemas, pues no siempre recibimos información sustentada científicamente. Con la expansión de los medios de comunicación electrónicos estamos más expuestos a mensajes diseñados para llamar la atención. Considera, por ejemplo, la siguiente noticia difundida por correo electrónico.

**Asunto: Agua en botella de plástico**

*A mis amigas y amigos para que se lo pasen a todos sus seres queridos. Si eres de las personas que dejas tu botella plástica con agua en el carro durante días calurosos y te bebes el agua tibia después de que regresas al carro, tienes el riesgo de desarrollar cáncer. En una entrevista en el popular programa dominical "Domingo en familia", el famoso actor Juan Escalante dijo que su madre adquirió cáncer de esta manera. Los doctores explican que el calor hace que el plástico emita un cierto químico tóxico que causa la enfermedad. Así que por favor no te tomes esa botella con agua que dejaste en el carro y pasa este mensaje a todos tus conocidos. Saber y estar preparados quizás pueda salvamos.*

1. Formen equipos y analicen este mensaje; tengan en cuenta las siguientes preguntas.
  - a) ¿Cuáles son las estrategias del autor de este mensaje para llamar la atención?
  - b) ¿Qué estrategias utiliza para hacer el mensaje más "creíble"?
  - c) ¿Qué criterios deben considerar para juzgar la veracidad de este tipo de mensajes?
2. Busquen en distintas fuentes (libros, revistas, internet) información relacionada con el agua embotellada, de preferencia artículos recientes, para verificar si la información es correcta.
3. Comparen su información y determinen si lo que se plantea es cierto o sólo es alarmista.
4. Analicen y concluyan en grupo si toda la información en los medios (especialmente internet) es verídica, aun más la que expone a la ciencia desde perspectivas negativas.

## Cierre

## Investiga: Plásticos, ¿para bien o para mal?

1. Contesta en tu cuaderno.
  - a) ¿Qué aportaciones de la Química y la tecnología satisfacen tus necesidades básicas?
2. Es probable que varios de los materiales que identificaste en la actividad de inicio de la página 20 sean plásticos como los que se usan en la elaboración de bolsas desechables y fibras sintéticas (comúnmente empleadas en la fabricación de ropa) cuyo desarrollo y uso ha revolucionado nuestras vidas. Entre los plásticos y fibras sintéticas más comunes están el polietileno, el poliestireno, el cloruro de polivinilo (o PVC), el poliéster y el nailon.
  - a) Selecciona uno de estos materiales e investiga sus diversas aplicaciones, tanto en tu vida cotidiana como en tu comunidad.
  - b) Busca qué propiedades lo distinguen y lo hacen útil (ligero, muy elástico, poco denso, etcétera).
  - c) Investiga qué tan fácil es reciclar o deshacerse de objetos hechos con ese plástico o fibra sintética.
3. Dado el amplio uso de plásticos y fibras sintéticas en todo el mundo, es común leer o escuchar noticias sobre sus beneficios, costos y riesgos. Mucha de esta información resulta veraz, pero otra presenta datos o hechos erróneos. Considera estas afirmaciones de internet relacionadas con materiales plásticos.
  - Los habitantes de la Ciudad de México utilizan más de 20 millones de bolsas de plástico cada día.
  - La fabricación de una bolsa de plástico consume cuatro veces más energía que la de una bolsa de papel.
  - Los materiales plásticos enterrados en basureros tardan hasta 1000 años en degradarse y son complicadas las alternativas para su eliminación.
  - Se ha demostrado que ingerir alimentos almacenados en recipientes de plástico puede causar cáncer en seres humanos.
  - Sólo una de cada ocho botellas de agua que tiran los mexicanos se recicla.
  - Las sustancias químicas presentes en materiales plásticos pueden ser absorbidas por el cuerpo humano.
  - Los plásticos son el tipo de basura más común en los océanos.
  - Miles de animales marinos mueren cada año al ingerir objetos de plástico.
  - a) Investiga en grupo la veracidad de cada afirmación y con base en esa información discutan qué medidas podrían tomar en su vida diaria para incrementar los beneficios y reducir los costos de usar materiales plásticos.



¿Qué otras consecuencias tiene desechar el plástico en el ambiente?

## Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Reconozco la importancia del conocimiento químico y tecnológico.			
2. Reflexiono sobre la influencia de los medios de comunicación y la actitud de las personas hacia la Química y la tecnología.			



## Identificación de las propiedades físicas de los materiales

### ¿Qué percibimos de los materiales?

Mira a tu alrededor por unos segundos y observa los distintos materiales que te rodean. Entre ellos de seguro encontrarás vidrio, cemento, madera, diferentes tipos de plástico, acero, agua, variedad de fibras como algodón, lana y poliéster, así como materiales cuyo nombre tal vez desconozcas (figura 1.6).

Sin embargo, estos son sólo algunos materiales que puedes ver, porque hay otros que no ves como el aire, que contiene nitrógeno y oxígeno, entre otros componentes. Si alguien cerca de ti bebe café o chocolate caliente, ni siquiera te imaginas que tan sólo en el aroma que percibes de estas bebidas se han detectado cerca de 100 sustancias diferentes! Ante tal diversidad, ¿cómo sabemos que las sustancias que detectamos son realmente diferentes o si se trata de la misma? ¿Cómo distinguimos una sustancia de otra? La clave está en que toda sustancia tiene al menos una propiedad que la hace diferente de las demás. Estas propiedades son determinantes para separar, clasificar o identificar las sustancias.

### Situación inicial



### Clasifica: ¿Cómo distinguir un plástico de otro?

La mayoría de los objetos de plástico que en la actualidad utilizamos están fabricados con materiales **reciclables**, y este proceso se facilita si a los plásticos se les separa en distintos grupos, dependiendo del tipo de sustancia de la que están hechos. Esta separación requiere que podamos distinguir un plástico de otro con base en sus propiedades.

Si maestro les proporcionará ocho muestras pequeñas de distintos plásticos de uso común. La actividad consiste en clasificar y separar las muestras en diferentes grupos a partir de las propiedades que logren percibir de manera directa a través de los sentidos.

1. En equipo propongan cinco propiedades cualitativas (que no requieren una medición) para comparar los plásticos, como color y textura (qué tan liso o rugoso es el plástico).
2. Analicen cada muestra de plástico y describan sus diferentes propiedades en una tabla como la siguiente.

Tabla 1.1 Propiedades de los plásticos

Muestras	Color	Flexibilidad	Rigidez			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

3. Con base en sus observaciones clasifiquen las muestras en grupos distintos; por ejemplo, un grupo de plásticos de color y flexibles, y otro de translúcidos y rígidos.
4. Contesten lo siguiente.
  - ¿Cuántos grupos formaron y qué muestras incluyeron en cada uno?
  - ¿Qué tan fácil fue clasificar con base en las propiedades que eligieron?
  - ¿Es útil su clasificación para separar plásticos con el fin de reciclarlos? Justifiquen su respuesta.
  - ¿Qué se requeriría para mejorar su clasificación y facilitar el reciclaje de plásticos de distintos tipos?

### Desarrollo



### Propiedades cualitativas

En la actividad de inicio consideraste propiedades como el color y la textura para clasificar plásticos en diferentes grupos. Este tipo de propiedades se denominan **propiedades físicas cualitativas** porque resulta difícil medirlas o asignarles un valor numérico. Es decir, no medimos colores, olores o sabores, sólo reconocemos que hay diferentes tipos de ellos. En la vida diaria distinguimos las sustancias con base en este tipo de propiedades porque se detectan de manera directa mediante los sentidos (figura 1.7).

Si no percibíramos las propiedades físicas cualitativas de las sustancias, difícilmente podríamos sobrevivir en nuestro planeta. Imagina qué pasaría si fuéramos incapaces de distinguir entre agua y gasolina por su color, olor y sabor, o entre el perfume de una rosa y el aroma de la comida podrida. Sin embargo, también sabemos que nuestros sentidos no son infalibles y que en ocasiones nos engañan.

En general, las personas pueden percibir las cosas de distinto modo y de acuerdo con las condiciones físicas del medio. Por ejemplo, el color que percibimos de un objeto depende del tipo y la intensidad de la luz que lo ilumina en determinado momento. Nuestra capacidad para distinguir olores y sabores es limitada, y en ocasiones nos resulta difícil reconocer diferentes sustancias si tienen propiedades parecidas o una de ellas es de sabor u olor muy intenso.

Estudios sobre la capacidad olfatoria en las personas indican que hay quienes son hasta mil veces más sensibles que otras a la presencia de ciertos olores (figura 1.8). Por ejemplo, muchos disfrutan del olor de una flor o de un cierto perfume, mientras que ese mismo olor puede causar dolor de cabeza o irritación nasal a otras personas. Estas diferencias se deben, en parte, a cuestiones de edad, género, alergias, enfermedades o hábitos personales (como fumar, que afecta el olfato).

Aunque resulta difícil asignar un valor numérico a las propiedades cualitativas de una sustancia, es posible establecer escalas que faciliten las comparaciones. Por ejemplo, cuando nos referimos a la transparencia de los materiales es común clasificarlos dependiendo de su capacidad para dejar pasar la luz sin dispersarla, desde transparentes a translúcidos y opacos.



Figura 1.7 Propiedades cualitativas como el color y el olor nos ayudan a distinguir alimentos en mal estado.



Figura 1.8 Los expertos perfumeros pueden imaginar olores y combinarlos en la mente para diseñar perfumes.



Figura 1.9 Escala de dureza de los materiales.



## En acción

## Decide: ¿Cuál material es el mejor?

Imagina que eres el responsable de la fabricación de ropa protectora para el cuerpo de bomberos de tu ciudad. La seguridad de los bomberos es muy importante, pero también lo es tomar en cuenta los costos.

En años recientes se han desarrollado fibras resistentes al fuego, algunas hechas con materiales comunes, como lana y algodón, tratados mediante procesos químicos para hacerlos menos inflamables. También hay fibras sintéticas, como la fibra de aramida (Kevlar®), diseñadas para resistir altas temperaturas. Esta fibra es tan dura y resistente que se usa para fabricar chalecos antibalas, pero es muy costosa. Algunas propiedades de estas fibras y su costo se muestran en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Propiedades de fibras

Propiedad	Algodón tratado	Lana tratada	Fibra de aramida o Kevlar
Resistencia al fuego	media/buena	buena	muy buena
Capacidad aislante	media/buena	buena	muy buena
Durabilidad	bueno	buena	muy buena
Comodidad	muy buena	muy buena	bueno
Costo	medio	medio/alto	alto

- Organicen equipos y discutan sobre qué fibra usar para fabricar los uniformes de los bomberos. Su decisión debe considerar las propiedades y costo de los materiales, así como la seguridad de los bomberos.
- Analicen qué otro tipo de información les facilitaría tomar una decisión. Cuando lleguen a una conclusión escriban una carta al jefe de bomberos en la que le expliquen sus ideas.

## Estados de agregación

Una propiedad física cualitativa distintiva de las sustancias es su **estado de agregación**. La misma sustancia puede existir en estado sólido, líquido o gaseoso, dependiendo de las condiciones de temperatura y presión a las que se encuentre. Como aprendiste en Ciencias 2, el agua la encontramos como hielo (sólido) a nivel del mar a temperaturas menores a 0 °C; como líquido a temperaturas entre 0 °C y 100 °C, y como gas (vapor de agua) a temperaturas mayores a 100 °C (figura 1.10).

Como el agua, muchas sustancias cambian de estado al variar la temperatura o la presión; durante estos cambios la naturaleza química de las sustancias no se modifica, lo que resulta difícil de creer es porque la sustancia parece diferente a simple vista (compara el agua líquida con el hielo o el vapor de agua). Sin embargo, una prueba para saber si se trata de la misma sustancia es que podemos cambiar de un estado a otro cuantas veces queramos sólo con modificar la presión o la temperatura. Cambios como estos, en los que no se altera la composición química de las sustancias involucradas, se denominan **cambios físicos**.

Ciertas sustancias experimentan **cambios químicos** cuando se calientan o varía la presión, por lo que no es posible observar su cambio de estado. Algunas reaccionan con el oxígeno o el dióxido de carbono presentes en el aire al calentarlas para generar nuevas sustancias antes de cambiar de estado. En estos casos es posible lograr el cambio de estado si éste se realiza en ausencia de aire. Seguramente habrás notado cómo el azúcar se oscurece al calentarse y fundirse. Esto se debe a que experimenta una transformación química, y por ello es imposible recuperar la sustancia original con sólo cambiar la presión o la temperatura.

Las propiedades de los diferentes estados de agregación de las sustancias se explican mediante el **modelo cinético de partículas**, según el cual todas las sustancias están compuestas de pequeñas partículas en constante movimiento. A altas temperaturas las partículas que constituyen una sustancia se mueven a gran velocidad, lo que las mantiene separadas unas de otras; esto explica las propiedades de las sustancias en estado gas.

Al bajar la temperatura disminuye la velocidad de las partículas y las fuerzas de atracción entre ellas aumentan para hacer que se agrupen y se formen las gotas de líquido. A temperaturas aún más bajas, las partículas se mueven muy lento y las fuerzas de atracción son aún mayores por lo que impiden que se trasladen de un lugar a otro, formando así un sólido (figura 1.11).

Pero si el modelo cinético de partículas es correcto, ¿cómo explicamos que diferentes sustancias, a la misma temperatura y presión, no se encuentren en el mismo estado de agregación? Por ejemplo, a temperatura ambiente el agua es líquida, pero el hierro es sólido. Para explicarlo se asume que, dado que las partículas de agua tienen una composición y estructura diferentes a las del hierro, las fuerzas de atracción entre las partículas deben ser distintas. Si la interacción entre las partículas de hierro es mayor que la fuerza entre las del agua, es de esperar que haya que elevar la temperatura aún más para que el hierro se transforme en líquido, y eso es precisamente lo que se observa cuando se calientan a la vez muestras de hierro y de agua.

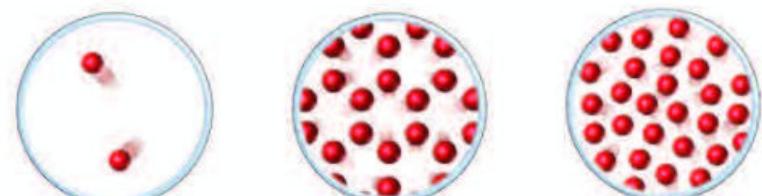


Figura 1.11 Las partículas de las sustancias se representan con un modelo de esferas. Las sombras de las esferas indican la rapidez con la que se mueven los átomos. ¿Qué fase se representa en cada imagen?



## En acción

Clasifica y representa: ¿En qué fase están?

1. Con base en lo que aprendiste en tu curso de Ciencias 2 acerca de los estados de la materia, completa la tabla 1.3 y registra si la forma y el volumen es definido o indefinido para los estados de agregación (asume que las sustancias no están en un recipiente).

Tabla 1.3 Características de los estados de agregación

Estado de agregación	Sólido	Líquido	Gas
Propiedad			
Forma			
Volumen			

2. A partir de la información de la tabla, clasifica en sólido, líquido o gas los siguientes materiales: aceite, gas de la estufa, cera, arena, aire, vidrio y alcohol.
3. Dibuja o representa las partículas de una sustancia en estado sólido, líquido y gaseoso. Usa pequeños círculos para representar cada partícula.
4. Compara tu trabajo con el de tus compañeros y discutan cómo sus representaciones pueden emplearse para explicar la forma y el volumen característicos de cada estado de la materia.

Figura 1.12 Todos estos objetos de plástico tienen diferente masa, pero la misma densidad.



## Busca en...

[www.edutics.mx/ZxQ](http://www.edutics.mx/ZxQ) (Consulta: 15 de enero de 2019) información y un experimento interactivo acerca de la densidad.



## En acción

Clasifica: ¿Extensivas o intensivas?

Considera el siguiente conjunto de propiedades cuantitativas de las sustancias.

Área, viscosidad (medida de qué tan fácilmente fluye una sustancia), concentración, peso, longitud, conductividad eléctrica y temperatura de fusión.

1. Discutan en equipos cómo medirían cada una de estas propiedades y determinen si el valor medido depende de la cantidad de sustancia. Comenten qué instrumentos de medición utilizarían para identificar cada una de estas propiedades. Con base en estas ideas clasifiquen esas propiedades como extensivas o intensivas.

## Propiedades extensivas

Dos de las propiedades extensivas más importantes de un objeto o una muestra de sustancia son la masa y el volumen. En la tabla 1.4 se resumen algunas de sus características.

Tabla 1.4 Características de masa y volumen

Propiedad	Característica	Definición	Unidad de medida (Sistema Internacional)	Otras unidades comunes
Masa	Medida de la cantidad de materia	kg (kilogramo)	g (gramos)	
Volumen	Medida del espacio ocupado	m <sup>3</sup> (metros cúbicos)	l (litros), ml (mililitros)	

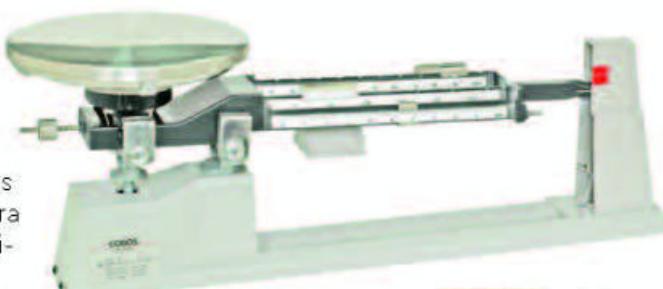
La masa y el volumen, como otras propiedades extensivas, no permiten distinguir una sustancia de otra, porque su valor cambia dependiendo del tamaño, objeto o muestra que se tenga. Por ello, es común que nos equivocemos al predecir a simple vista la masa o el volumen de diferentes objetos. Por ejemplo, si observas un objeto sólido muy voluminoso, es probable que supongas que tiene mucha masa (es decir, que es difícil empujarlo o cargarlo). Sin embargo, si el objeto es de un material plástico como el unicel (poliestireno), su masa es relativamente pequeña comparada con la de un objeto de vidrio o hierro del mismo volumen. También es común equivocarse si al observar un objeto completamente sólido en el exterior se supone que su masa es elevada, sin considerar la posibilidad de que haya huecos en el interior, por lo que su masa será menor de lo que se esperaba (figura 1.13). Para ampliar la capacidad de nuestros sentidos se han diseñado instrumentos de medición específicos que determinan con precisión la masa y el volumen de los objetos y materiales en nuestro alrededor.



Bola de boliche

Figura 1.13 La bola de boliche tiene una masa mayor que la de la pelota. Esto se debe al tipo de material del que está hecha.

Una manera cualitativa de distinguir objetos con masa muy distinta es comparando el esfuerzo necesario para cargarlos. Sin embargo, esta no es una forma precisa de medir su masa. Para hacerlo se han desarrollado instrumentos, como las balanzas de platos y las balanzas granatarias.



La masa de un cuerpo se mide comparando el peso del objeto con el peso de cuerpos de masas conocidas, denominados pesas. Diferentes tipos de balanzas tienen distintas sensibilidades para determinar la masa. Un instrumento diseñado para medir objetos de varios kilogramos (kg) no será de mucha utilidad para medir la masa de muestras de unos cuantos miligramos (mg).

Al respecto, es probable que en los laboratorios de tu escuela haya balanzas granatarias (figura 1.14), y dado que las balanzas son instrumentos de medición costosos, te recomendamos manejarlas con cuidado. No coloques directamente sobre el plato de la balanza los objetos o sustancias cuya masa requieres determinar, usa un vidrio de reloj, un vaso de precipitados o un pedazo de papel para contenerlos.

Figura 1.14 Las balanzas granatarias tienen un platillo donde se colocan las muestras y brazos laterales, en los que se colocan pesas deslizables.



Figura 1.15 ¿Qué volumen de líquido contiene esta probeta?



### En acción

#### Experimenta: ¿Cuánto absorbe?

##### Introducción

Los pañales desechables contienen una sustancia con propiedades sorprendentes llamada poliacrilato de sodio, la cual es capaz de absorber grandes cantidades de agua. Es posible determinar su capacidad absorbente al medir el volumen de agua que retiene cierta masa de esta sustancia.

##### Propósito

Determina la capacidad absorbente del poliacrilato de sodio.

##### Material

1 pañal desechable, 1 frasco de boca ancha, 1 balanza, 1 bolsa de plástico, 1 agitador de madera o vidrio, 1 probeta de 10 o 50 ml, agua de la llave, papel de baño o servilletas.



Midan con cuidado el poliacrilato de sodio.

##### Procedimiento

1. Colocuen el pañal dentro de la bolsa de plástico y rásguelo para sacar el relleno de algodón. Desmenucen el algodón dentro de la bolsa, sacudiéndola de vez en cuando. De esta manera, el polvo blanco cristalino de poliacrilato de sodio se acumulará en el fondo de la bolsa.
2. Pesen el polvo extraído con una balanza y determinen la masa de poliacrilato de sodio que contiene un pañal dentro del frasco.
3. Midan 10 ml de agua con la probeta y agréguelos al polímero. Agiten suavemente hasta que el agua se absorba.
4. Continúen añadiendo 10 ml de agua cada vez. Usen el agitador para mezclar el agua y el poliacrilato y una tira de papel de baño para verificar que se absorbe el agua que agreguen. Recuerden registrar la cantidad de agua que añaden y describan cómo cambian las propiedades de la mezcla al agregar más líquido.
5. Cuando observen que la tira de papel de baño se humedece al tocar la mezcla, añadan el agua de 1 ml en 1 ml hasta que la tira de papel salga mojada.

##### Análisis de resultados y conclusiones

6. Determinen el máximo volumen de agua que la masa de poliacrilato de sodio absorbe en el pañal.
7. Comparen sus resultados con los de otros equipos y expliquen las diferencias.
8. Dividan el volumen total de agua absorbido entre la masa de la sustancia. Esa cantidad es una medida de cuánta agua absorbe el polímero por unidad de masa (ml/g). Discutan en grupo si esta propiedad (capacidad absorbente del material) es extensiva o intensiva.

9. Analicen y evalúen sus posibles errores en la medición de masas y volúmenes durante el experimento. Propongan estrategias para mejorar las mediciones y comenten qué otros instrumentos de medición les facilitarían el trabajo.

##### Manejo de residuos

Coloquen el pañal en el contenedor de basura inorgánica y la disolución de poliacrilato de sodio en el recipiente que les indique su maestro.

## Propiedades intensivas

Hay una gran variedad de **propiedades intensivas** útiles para diferenciar las sustancias: temperaturas de ebullición y fusión, densidad, solubilidad y viscosidad, entre otras. Algunas de estas propiedades se miden de manera directa con instrumentos diseñados para tal propósito; por ejemplo, la temperatura de fusión y la temperatura de ebullición se miden con termómetros. Los **termómetros** indican la temperatura de un sistema, ya sea en una escala graduada o de manera digital a través de una pantalla. Estos instrumentos son indispensables en el laboratorio de Química y en la vida cotidiana, debido a que no es posible determinar la temperatura de las cosas sólo con nuestros sentidos. Por ejemplo, haz el siguiente experimento: sumerge una mano en un recipiente con agua fría y la otra en un recipiente con agua caliente. Déjalas ahí por unos minutos y, cuando las saques, sumérgelas en un recipiente con agua a temperatura ambiente. ¿Sientes el agua igual de fría o caliente en cada mano? ¿Cómo lo explicas?

La **temperatura de fusión** y **ebullición** de una sustancia puede determinarse mediante diferentes métodos. Considera el siguiente procedimiento para medir estas propiedades intensivas en el caso del agua. Si calientas en la estufa un recipiente con hielo a la presión atmosférica a nivel del mar, la temperatura del hielo aumenta como muestra la figura 1.16. Cuando el hielo comienza a fundirse, la temperatura se mantiene constante y se identifica como la temperatura o el punto de fusión de la sustancia. ¿Cuál es el valor para el agua de acuerdo con la gráfica? Una vez que el hielo se funde completamente, la temperatura aumenta si seguimos calentando. Cuando el agua líquida comienza a hervir, la temperatura otra vez se mantiene constante hasta que todo el líquido se transforma en vapor. Esta temperatura se identifica como la temperatura o el punto de ebullición. ¿Cuál es el valor para el agua con base en la gráfica?

Las temperaturas de fusión y ebullición de las sustancias dependen de la presión atmosférica a la que se encuentran. Entre mayor es la presión, mayor será la temperatura necesaria para que hierva la sustancia. El efecto de la presión sobre la temperatura de fusión depende del tipo de material del que se trate, y en general, a mayor presión más alta es la temperatura de fusión.

En ocasiones, determinar una propiedad intensiva requiere medir propiedades extensivas por separado. Un ejemplo típico es la **densidad**, definida como la masa por unidad de volumen de una sustancia.

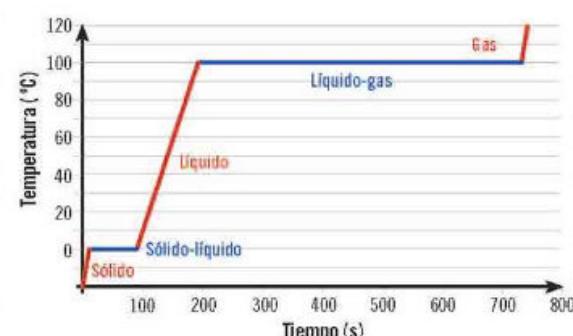


### Conéctate con...

#### Astronomía

Para determinar la temperatura del Sol y otras estrellas se analiza el tipo de radiación electromagnética que emiten. Las estrellas más calientes emiten radiación de menor longitud de onda y por ello se ven azuladas, mientras que las estrellas más calientes emiten radiación con mayor longitud de onda y poseen colores más rojizos. El Sol tiene una temperatura cercana a 6 000 °C.

Figura 1.16 Relación temperatura contra tiempo del agua con una fuente de calor constante



Cambios de estado para el agua con presión,  $P = 1 \text{ atm constante}$ .



**Figura 1.17** La viscosidad de un líquido se puede determinar midiendo el tiempo que tarda en fluir fuera de un recipiente.

Esta propiedad intensiva, que por lo común se representa con la letra griega  $\rho$ , se calcula dividiendo la masa ( $m$ ) de la muestra entre su volumen ( $V$ ):  $\rho = m/V$ . En el Sistema Internacional (SI) las unidades de la densidad son  $\text{kg}/\text{m}^3$ , pero también suelen emplearse  $\text{g}/\text{ml}$  o  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

A diferencia de las propiedades extensivas, cuyo valor puede variar de una muestra a otra de la misma sustancia, las propiedades intensivas son características de una sustancia específica, por lo que resultan de gran utilidad en su análisis químico. La temperatura de fusión del agua a la presión atmosférica a nivel del mar es siempre  $0^\circ\text{C}$ , sin importar si se tienen 1 ml, 1 l o 1000 l de agua. La densidad de todas estas muestras será la misma, aunque su valor dependerá de las condiciones en que se mida.

Dado que el valor de las propiedades intensivas de las sustancias, como densidad, solubilidad y viscosidad (figura 1.17) dependen de la temperatura y la presión, se suele medir en condiciones estándar, es decir, a una presión equivalente a la que ejerce la atmósfera al nivel del mar (definida como una atmósfera de presión o 1 atm) y una temperatura que normalmente se elige como  $0^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$  o  $25^\circ\text{C}$  según la propiedad de que se trate. Por ejemplo, la densidad del agua a 1 atm y  $4^\circ\text{C}$  es 1.0 g/ml y su viscosidad a 1 atm y  $20^\circ\text{C}$  es 10 centipoise o 10 cP. La solubilidad del cloruro de sodio (NaCl) en agua a 1 atm y  $25^\circ\text{C}$  es 0.359 g/ml.



### En acción

#### Predice e identifica: ¿Cómo cambian las propiedades?

##### 1. Reúnete con un compañero y contesten.

La temperatura de ebullición del agua cambia cuando la presión externa sobre el líquido se incrementa o se reduce. Estos cambios se pueden aprovechar con fines prácticos.

- Las ollas de presión están diseñadas para reducir el tiempo de cocción de alimentos, porque al estar sellados y calentarlos, la presión sobre la comida es mayor que la presión atmosférica externa. Predigan si la temperatura de ebullición del agua será menor o mayor a  $100^\circ\text{C}$  dentro de una olla de presión. Expliquen sus ideas con base en el modelo cinético de partículas.
- Las personas que habitan en regiones a gran altitud deben modificar sus recetas de cocina porque el agua no ebulle a la misma temperatura que al nivel del mar. Predigan si la temperatura de ebullición del agua será menor o mayor a  $100^\circ\text{C}$  en regiones elevadas. Expliquen sus ideas a partir del modelo cinético de partículas.



### Cierre

#### Experimenta: ¿Cómo reciclar plásticos?

##### Introducción y propósitos

Los conocimientos que has adquirido en esta secuencia se pueden aplicar en el diseño de una estrategia para separar plásticos de distintos tipos y así facilitar su reciclaje. Un método de separación común se basa en la diferencia de densidades. Los plásticos a reciclar se cortan en pedazos y luego se sumergen en diversos líquidos. De acuerdo con su densidad, los distintos plásticos flotan en ciertos líquidos, pero no en otros, lo que permite separarlos. En esta actividad de cierre determinarás la densidad de diferentes plásticos para identificarlos.

##### Material

Pedazos pequeños de diversos plásticos, 1 balanza, vasos de plástico (tales como los tipos de plástico que tengan), 1 probeta de 50 ml, 1 agitador de madera o vidrio, agua, aceite de cocina, glicerina y disolución de alcohol isopropílico (3 partes de alcohol: 2 partes de agua).

### Procedimiento

- En equipos midan con la probeta 10 ml de cada líquido; determinen su masa y asegúrense de que la probeta esté perfectamente limpia antes de pesar otro líquido.
- Calculen la densidad de cada líquido. Registren los resultados en su cuaderno.
- Viertan un poco de cada líquido en un vaso de plástico distinto.
- Dejen caer una pieza de plástico en un líquido. Si no se sumerge inmediatamente, empujénla con suavidad con el agitador para comprobar si flota o se hunde. Si flota, su densidad es menor que la de ese líquido; si se hunde, su densidad es mayor. Registren los resultados.
- Repetan el experimento con todas las muestras de plástico en los diferentes líquidos.



Observen si el plástico flota o se hunde.

### Ánalisis de resultados y conclusiones

- Determinen la identidad de cada muestra comparando sus resultados con los datos de la tabla 1.5, que indica las propiedades de flotación de los seis plásticos más utilizados en la vida diaria. Estimen su densidad por comparación con la de los líquidos de este experimento.

**Tabla 1.5 Flotación de plásticos en diferentes sustancias**

Código de reciclaje para plásticos	Aceite de maíz	Alcohol/agua	Agua	Glicerina
1 PET	No	No	No	No
2 HDPE	No	No	Sí	Sí
3 PVC	No	No	No	No
4 LDPE	No	Sí	Sí	Sí
5 PP	Sí	Sí	Sí	Sí
6 PS	No	No	No	Sí

Fuente: Woodward, Linda, *Polymers all around you*. E. U. A., Terrific Science Press. Middletown, 1995.

- Discutan en grupo si este método fue útil para separar los diferentes tipos de plástico.
- Propongan un método sistemático para separar una mezcla de diversos plásticos con base en sus densidades u otras propiedades intensivas.
- Investiguen cómo se reciclan los plásticos según el código de reciclaje. Comparen los métodos utilizados comúnmente para separar plásticos con el que emplearon en este experimento.

### Manejo de residuos

Separen los trozos de plástico y colóquelos en el recipiente para reciclar. Conserven el agua y el alcohol en una botella para experimentos posteriores y pongan el aceite de maíz y la glicerina en el recipiente que su maestro les señale. No olviden indicar el contenido de cada envase.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde:

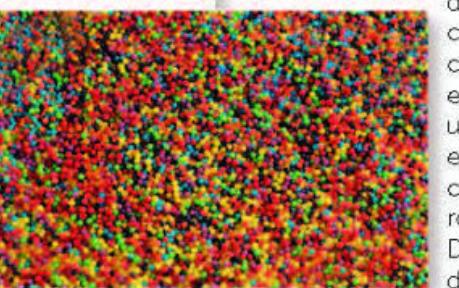
	Lo logré	No lo logré	¿Por qué?
1. Clasifico diferentes materiales según su estado de agregación y su relación con las condiciones físicas del medio.			
2. Reconozco las propiedades de algunos materiales y la importancia de los instrumentos de medición.			

# Experimentación con mezclas

## ¿Una o muchas sustancias?



Figura 1.18 ¿Has hecho una mezcla? ¿con qué sustancias?



Si alguien te preguntara de qué está hecho el jugo de naranja, es posible que respondas que de agua y otras sustancias. Y si luego te pregunta de qué está hecha tu casa, tal vez menciones que de una mezcla de ladrillos y otros materiales. Ahora piensa en productos que provee la naturaleza y que consumimos, como el café o la leche. ¿De qué están hechos? La mayoría son mezclas que contienen no cientos, sino incluso miles de distintas sustancias (figura 1.18). La realidad es que la mayoría de los materiales en la naturaleza son mezclas de muchas sustancias. Por ejemplo, el componente principal del agua de un río es ciertamente agua, pero mezclada con una gran variedad de otras sustancias. Otro ejemplo es la sal que se extrae del mar, la cual contiene una alta proporción de cloruro de sodio, además de otros componentes. Dada esta realidad, es importante distinguir diferentes mezclas y comprender cómo sus propiedades cambian según su tipo y la cantidad relativa de sustancias presentes. ¿De qué están hechos los productos que se preparan a partir de las sustancias que sintetizan los químicos, como los refrescos? ¿Cuáles son sus componentes? Veamos.

## Situación inicial



### Predice y observa: ¿Flotan o se hunden?

1. Los refrescos son un típico ejemplo de mezclas que contienen agua como componente principal, por lo que se les llama **mezclas acuosas**. Tu maestro hará una demostración experimental frente al grupo. En un recipiente con agua colocará una lata llena de refresco normal y otra lata de refresco de dieta. Antes del experimento realiza lo siguiente.



Los refrescos además tienen sabores, edulcorantes, colorantes, entre otras sustancias.

a) Comenta con un compañero las diferencias entre los dos tipos de refresco en términos de sus componentes y de las propiedades intensivas de las dos mezclas.

b) Predigan si las latas flotarán o se hundirán en el agua. Justifiquen sus ideas con base en las diferencias en composición y propiedades entre los dos tipos de bebidas.

2. Una vez hechas sus predicciones y justificaciones, compártanlas con el grupo. El maestro registrará las diferentes ideas en el pizarrón y luego realizará el experimento.

a) Analiza lo que sucedió y comenta con tus compañeros las diferencias entre lo que observan y sus predicciones.

b) ¿Cómo explicarías los resultados si son distintos a los que esperabas?

c) Propón cómo prepararías un refresco en lata que al ponerlo en un recipiente con agua quede suspendido, es decir, que no flote en la superficie ni se sumerja hacia el fondo del recipiente.

## Desarrollo

### Homogéneas y heterogéneas

En la actividad inicial observaste algunas propiedades de dos tipos de refrescos, los cuales son mezclas de diversas sustancias. Pero ¿cuál es la diferencia entre material, mezcla y sustancia?

En la vida diaria es común usar estos términos de manera indistinta para referirse a aquello de lo que están constituidos los objetos que nos rodean. Sin embargo, la manera de emplear estos conceptos puede resultar confusa cuando se trata de diferenciar una cosa de otra. Por ello, en Química, como en otras ciencias, es importante definir los términos con claridad y usarlos de manera consistente.

En general, en Química el término **materiales** se refiere a las diferentes formas de materia que componen las cosas, ya sea madera, hierro, agua o acero. Aunque no ha sido fácil, después de cientos de años de trabajo e innumerables investigaciones, los químicos han descubierto que es muy útil clasificar los materiales en dos grandes grupos: sustancias y mezclas.

Las **sustancias** son materiales "puros" que no pueden separarse en componentes más simples por medios físicos, esto es, sin alterar su composición química; por ejemplo, el hierro, el carbón, el oxígeno, el cloruro de sodio y el agua. Las **mezclas**, por su parte, son materiales que se separan mediante procedimientos físicos en al menos dos componentes diferentes. El acero, por ejemplo, es una mezcla de hierro con carbón y otras sustancias; el agua de mar es una mezcla cuyos principales componentes son agua y cloruro de sodio.

Muchas de las mezclas que encontramos en la naturaleza o que se producen en el laboratorio son fáciles de identificar a simple vista porque podemos distinguir dos o más de sus componentes. Si observas un trozo de madera, notarás que hay zonas de diferente color que corresponden a diferentes componentes (dos de los cuales son **celulosa** y **lignina**). Este tipo de mezclas se clasifican como **mezclas heterogéneas**. El granito que se usa en construcciones es otro ejemplo. Los materiales mencionados son mezclas heterogéneas sólidas; sin embargo, también hay mezclas heterogéneas líquidas, como el agua de mar, y mezclas heterogéneas gaseosas, como el humo de una chimenea.

En otras mezclas sus componentes están distribuidos uniformemente en todo el sistema y a simple vista es imposible distinguir uno de otro. El acero, el agua de la llave y el aire puro son ejemplos de **mezclas homogéneas** (figura 1.19), por lo que, como puedes concluir, hay mezclas homogéneas sólidas (acero), líquidas (agua de la llave) y gaseosas (aire). Las mezclas homogéneas cuyas sustancias que la componen no se pueden distinguir, incluso con un microscopio, se denominan **disoluciones**.

En una disolución, el componente en mayor cantidad se llama **disolvente**, mientras que las otras sustancias se conocen como **solutos** (figura 1.20). Los refrescos son disoluciones acuosas en las que el disolvente es el agua y el azúcar es uno de los principales solutos.



Figura 1.19 ¿Cuáles de estas imágenes son mezclas? ¿Cuáles son sustancias?

## Glosario

**Celulosa:** sustancia sólida, blanca e insoluble en agua que se halla en las partes fibrosas y leñosas de las plantas.  
**Lignina:** sustancia presente en los tejidos leñosos de las plantas y que da rigidez a sus tallos.

## Busca en...

Press, Hans Jürgen, *Experimentos sencillos con sólidos y líquidos*, México, SEP-Paidós, 2006 (Libros del Rincón), donde encontrarás información para realizar tus experimentos en clase o en tu casa.



Figura 1.20 El agua de jamaica es una disolución. ¿Cuál es el soluto?



## En acción

## Clasifica: ¿Homogéneas o heterogéneas?

En nuestro mundo existe una amplia gama de mezclas distintas, tanto homogéneas como heterogéneas. Aprender a reconocerlas es importante no sólo porque cada día estamos en contacto con ellas, sino porque con frecuencia las utilizamos para elaborar ciertos productos.

1. Considera las mezclas de café, esmog, leche, niebla, arena, vidrio, mármol y agua de limón.
  - a) Clasifícalas como homogéneas o heterogéneas.
  - b) Determina su estado de agregación (sólido, líquido, gas).
  - c) Si la mezcla es homogénea, indica si se trata de una disolución o no, e identifica al disolvente.
  - d) Distingue al menos dos sustancias distintas presentes en cada mezcla. Investiga los componentes principales de cada mezcla.



## Conéctate con...

## Tecnología

Los materiales inteligentes se denominan así porque cambian drásticamente sus propiedades al variar la temperatura, la presión o la humedad; es decir, responden de manera sensible a las condiciones ambientales. Por ejemplo, existen materiales que cambian de color con la temperatura y sirven como termómetros; otros más se encogen cuando hace calor y se alargan si hace frío, por lo que se usan en la fabricación de ropa de playa.

## Combinando propiedades

Las mezclas son materiales muy útiles porque sus propiedades pueden alterarse con relativa facilidad al cambiar la cantidad relativa (proporción) de sus diferentes componentes o añadiendo otros. En la fabricación de productos de uso práctico es común hacer mezclas tanto homogéneas como heterogéneas, porque ello nos permite generar nuevos materiales en los que se combinan las propiedades de las distintas sustancias. La fibra de vidrio, por ejemplo, es una mezcla heterogénea en la que se combinan la elasticidad de los plásticos con la resistencia del vidrio.

La fibra de vidrio es un ejemplo de un tipo de materiales conocidos como compósitos, que son mezclas heterogéneas sólidas de dos o más sustancias en las que se aprovechan las propiedades de cada componente. Estos componentes se pueden mezclar en diversas proporciones para obtener distintos tipos de materiales. Los compósitos se utilizan para fabricar desde la cubierta de aeroplanos hasta la coraza de barcos y tanques.



## En acción

## Experimenta: ¿Cómo cambiar las propiedades de las sustancias?

## Introducción y propósito

La industria de los materiales compósitos ha crecido significativamente en los últimos años gracias a la producción de mezclas de una gran variedad de sustancias. En esta actividad tu reto es fabricar un nuevo tipo de material compósito y comparar sus propiedades con las de otras mezclas.

## Material

1 taza de harina, 1/2 taza de sal, 3 cucharadas de aceite de cocina, 2 cucharadas de cremor tártaro, papel aluminio, 1 sartén o vaso de precipitados, parrilla eléctrica o mechero, paño para limpiar, 1 cuchara o 1 agitador de madera o vidrio, 1 taza de agua.

## Procedimiento

1. En equipo coloquen el aceite en la sartén o vaso de precipitados y calienten ligeramente.
2. Añadan harina, sal, cremor tártaro y agua; agiten con la cuchara o el agitador por 5 minutos hasta obtener la textura de la imagen, página 39.

3. Viertan la mezcla sobre un trozo de papel aluminio y dejen enfriar hasta que se pueda moldear con las manos.
4. Armasen la mezcla hasta que obtengan una textura consistente.
5. Dividan la masa en dos partes iguales y conserven una mitad.
6. Para preparar su compósito elijan un material sólido para mezclar con la masa (grava, arena, trozos de papel de baño o papel bond, etcétera). Añadan este componente a la mezcla y amásenla hasta incorporar ambos.



## Análisis de resultados y conclusiones

7. Observen y comparan las propiedades de la masa original con las de su compósito. Realicen pruebas para analizar textura, maleabilidad, elasticidad y dureza, así como la capacidad de rebote de ambos materiales.
8. Registren sus observaciones en su cuaderno. Comparen las propiedades de su compósito con las de sus otros compañeros.
9. Diseñen un "catálogo de ventas" en el que describan los nuevos materiales considerando su composición, propiedades y posibles usos prácticos.

## Manejo de residuos

Coloquen su compósito en el recipiente que señale su maestro y no olviden indicar su contenido.

## Concentración y cambio de propiedades

Las propiedades de las mezclas dependen de la cantidad relativa, o proporción, de sus distintos componentes. En las disoluciones esta proporción se determina calculando la concentración de los diferentes solutos. La **concentración**, por tanto, es una medida de la cantidad de soluto presente en cierta cantidad de disolución (figura 1.21). Considera el siguiente ejemplo: imagina que tienes dos recipientes distintos, uno con 100 ml de agua y el otro con 400 ml de agua. Al primero le añades 10 ml de etanol (el alcohol presente en bebidas alcohólicas) y al segundo 20 ml de la misma sustancia. ¿Cuál es la concentración de etanol en cada mezcla? La respuesta dependerá de cómo se defina la concentración de las disoluciones. Por ejemplo, puede calcularse el porcentaje en volumen de soluto en la disolución. Este **porcentaje en volumen**, expresado como %v/v, es una medida del volumen de soluto por unidad de volumen de disolución y se calcula así:

$$\% \frac{v}{v} = \frac{\text{volumen de soluto}}{\text{volumen total de la disolución}} \times 100$$

Sustituyendo en la fórmula las cantidades de las mezclas alcohólicas, obtenemos:

## Mezcla 1:

$$\% \frac{v}{v} = \frac{10 \text{ ml}}{100 \text{ ml} + 10 \text{ ml}} \times 100 = 9.09\%$$

## Mezcla 2:

$$\% \frac{v}{v} = \frac{20 \text{ ml}}{400 \text{ ml} + 20 \text{ ml}} \times 100 = 4.76\%$$

Observa que aun cuando la primera mezcla tiene menos alcohol que la segunda (10 ml contra 20 ml), la concentración de alcohol es mayor en la mezcla 1 porque tiene más etanol en proporción a la cantidad de agua. Esto es, la mezcla 1 tiene más soluto por mililitro de disolución. Puedes concluir que no es igual hablar de la cantidad total de soluto en una mezcla que referirse a la concentración de dicha sustancia (figura 1.22). ¿Cuál es la concentración de una tercera disolución con 15 ml de etanol y 300 ml de agua? ¿Cuál de las tres mezclas tiene más alcohol? ¿Cuál es la más concentrada?



Figura 1.21 En Química es común trabajar con disoluciones acuosas a diferentes concentraciones.



Figura 1.22 ¿Funcionarían igual los productos de higiene si variaran sus concentraciones?

La concentración de una disolución también puede expresarse en términos de **porcentaje en masa** (%*m/m*). Esa cantidad es una medida de la masa de soluto por unidad de masa de disolución y se calcula de la siguiente manera:

$$\% \frac{m}{m} = \frac{\text{masa de soluto}}{\text{masa total de la disolución}} \times 100$$

El cálculo del porcentaje en masa de una disolución requiere la medición o determinación de la masa del soluto y del disolvente. Si se trata de sustancias líquidas, es posible calcular su masa si conocemos su densidad (*ρ*) y volumen (*V*). Dado que la densidad es una medida de la masa por unidad de volumen (*ρ* = *m/V*), la masa de cada sustancia se calcula con la relación *m* = *ρ* × *V*.

Consideremos, por ejemplo, las mezclas 1 y 2 antes mencionadas. La densidad del agua a temperatura ambiente es 1 g/ml, mientras que la del etanol es 0.789 g/ml. Con esta información es posible calcular los porcentajes en masa de etanol en cada mezcla:

#### Mezcla 1:

$$\text{masa (agua)} = 1 \text{ g/ml} \times 100 \text{ ml} = 100 \text{ g}$$

$$\text{masa (etanol)} = 0.789 \text{ g/ml} \times 10 \text{ ml} = 7.89 \text{ g}$$

$$\% \frac{m}{m} = \frac{7.89 \text{ g}}{100 \text{ g} + 7.89 \text{ g}} \times 100 = 7.31 \%$$

#### Mezcla 2:

$$\text{masa (agua)} = 1 \text{ g/ml} \times 400 \text{ ml} = 400 \text{ g}$$

$$\text{masa (etanol)} = 0.789 \text{ g/ml} \times 20 \text{ ml} = 15.8 \text{ g}$$

$$\% \frac{m}{m} = \frac{15.8 \text{ g}}{400 \text{ g} + 15.8 \text{ g}} \times 100 = 3.80 \%$$

Si comparas estos resultados con los porcentajes en volumen antes calculados, notarás valores distintos; sin embargo, en ambos casos la concentración de etanol en la mezcla 1 es mayor que en la mezcla 2. Esto implica que los dos tipos de concentraciones permiten determinar cuál disolución es la más concentrada. ¿Qué supones que ocurriría si aplicas estas ideas para calcular el porcentaje en masa de la mezcla con 15 ml de etanol y 300 ml de agua?

Las propiedades intensivas de una disolución, como su densidad, viscosidad, punto de fusión y ebullición, pueden cambiar considerablemente cuando se varía la concentración de los diferentes solutos de la mezcla; tales cambios tienen innumerables aplicaciones prácticas.



#### En acción

##### Explica: ¿Cómo cambia la temperatura?

Para preparar mermeladas y otros dulces es común hacer mezclas de agua con azúcar. La siguiente tabla incluye las temperaturas de ebullición de varias mezclas de agua con azúcar preparadas con diferentes cantidades de las dos sustancias.

Tabla 1.6 Temperatura de mezclas de azúcar con agua

Masa de azúcar (g)	Volumen de agua (ml)	Porcentaje en masa	Temperatura de ebullición (°C)
0	50		100
5	45		100.4
9	1		127.8
9	21		101
10	40		100.6
11	11		102
14	6		106.5
15	10		103
18	27		101.5
24	6		112

- Calcula la concentración en porcentaje en masa (%*m/m*) de cada disolución de la tabla 16.
- Con los resultados obtenidos elabora una gráfica que represente cómo cambia la temperatura de ebullición con la concentración. Analiza la gráfica y responde las siguientes preguntas.
  - ¿Qué ocurre con la temperatura de ebullición de la mezcla al aumentar el porcentaje en masa de azúcar?
  - ¿Cómo explicas estos cambios a partir del modelo cinético de partículas?
  - ¿Por qué la concentración de azúcar afecta el punto de ebullición de la mezcla?
  - ¿Qué esperarías que suceda si preparas mezclas de agua con sal en vez de añadir azúcar?
  - ¿Cómo aplicarías estos conocimientos para acelerar la cocción de carnes y verduras en agua?

#### Cierre



##### Diseña: ¿Cómo hacerlas flotar?

#### Introducción y propósito

La relación entre las propiedades de las mezclas y la concentración de las mismas se aprovecha en la fabricación de alimentos y bebidas, e incluso hasta de productos de limpieza y medicamentos.

Imaginen que trabajan para una industria refresquera interesada en producir un refresco para beber bajo el agua. La idea es producir una mezcla líquida que al empacarla en una lata de aluminio de 355 ml tenga una densidad idéntica a la del agua. Esto es, la lata con refresco no debe hundirse ni flotar en la superficie al sumergirla en agua. Consideren que la mayoría de los refrescos se venden en latas de aluminio de 355 ml y contienen 40 g de azúcar. ¿Cuál sería la concentración, en porcentaje en masa, que tendría el nuevo refresco? Para responder deben diseñar sus propios experimentos. Consideren de material 1 probeta de 100 ml, 1 probeta de 10 ml, 1 balanza, 1 agitador, 1 cubeta, latas de aluminio usadas, agua y azúcar.



Tengan cuidado de no derramar líquidos en la balanza.

#### Procedimiento

- Diseñen experimentos que se basen en la preparación de diferentes mezclas de agua con azúcar y en pruebas de flotación en agua. No olviden considerar el manejo de residuos.
  - Midan con precisión las cantidades de agua y azúcar.
  - Calculen la concentración en porcentaje en masa de las disoluciones que preparan.
  - Registren con detalle y cuidado los resultados de sus mediciones y cálculos matemáticos.

#### Ánalisis de resultados y conclusiones

- Expongan los resultados del equipo y determinen la concentración en porcentaje en masa de la disolución que contiene la lata de refresco que no flota ni se hunde en el agua.
- Comparen sus resultados con los de otros equipos. Discutan y expliquen las diferencias. Analicen las estrategias de los distintos equipos para producir su respectivo refresco, así como las similitudes y diferencias de sus procedimientos.

#### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico los componentes de las mezclas, las clasifico y relaciono sus propiedades con su concentración.			



**Figura 1.23** De la corteza del tejo del Pacífico se obtiene taxol, sustancia con la cual se produce un medicamento para el tratamiento del cáncer de seno y de ovario.

## Métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes

### Métodos indispensables

La supervivencia humana depende en gran medida de nuestra capacidad para separar mezclas de diversos componentes. El agua que bebemos, por ejemplo, se somete a diversos procesos para separar sustancias nocivas para la salud. Los materiales plásticos que se utilizan en la fabricación de envolturas para conservar alimentos se elaboran con sustancias que se separan del petróleo, una mezcla heterogénea con cientos de componentes distintos. Muchas de las sustancias empleadas en la producción de medicamentos se extraen de hojas y flores de distintos tipos de plantas (figura 1.23). Incluso dentro de nuestro cuerpo ocurren cientos de procesos que permiten, por ejemplo, separar el oxígeno del aire que respiramos y extraer nutrientes de los alimentos que consumimos. La mayoría de estos **métodos de separación de mezclas** se basan en diferencias de las propiedades físicas de sus componentes, como densidad, punto de ebullición o solubilidad en distintos disolventes.



### Situación inicial

#### Deduce: ¿Cómo separar estas mezclas?

Para separar los componentes de una mezcla es fundamental identificar las propiedades físicas de cada uno, para luego diseñar y aplicar estrategias experimentales que permitan separarlos de la mezcla.

1. Reúnanse por equipos y consideren las distintas mezclas que se describen en la tabla 1.7.
2. Clasifiquenlas como mezclas homogéneas o heterogéneas.
3. Identifiquen las diferentes propiedades físicas de los componentes y propongan una estrategia para separarlos.

**Tabla 1.7 Ejemplos de mezclas**

Mezcla	Tipo de mezcla	Propiedades físicas de los componentes	Estrategia de separación
Agua con arena			
Agua con sal			
Tinta negra			
Aire			
Tierra con sal			
Aire con polvo			

4. Compartan sus resultados con los de otros equipos. Comparen y contrasten las propiedades físicas identificadas y los métodos de separación propuestos.



### Desarrollo

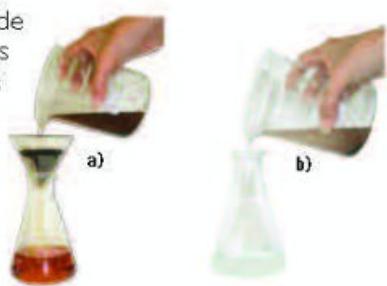
#### Separación de mezclas heterogéneas

Dado que la mayoría de los materiales de nuestro entorno son mezclas, se han desarrollado diversas técnicas que facilitan la separación de sus componentes. Muchos

de estos métodos se basan en diferencias en las propiedades físicas de las distintas sustancias y el tipo de método depende de si la mezcla es homogénea o heterogénea. Para **separar mezclas heterogéneas** los métodos más comunes son la filtración y la decantación.

La **filtración** logra separar sustancias con base en diferencias en el tamaño de las partículas de cada componente, y en general se usa para separar líquidos (partículas más pequeñas) de sólidos (partículas más grandes). La filtración es el método más utilizado para eliminar residuos sólidos del agua que bebes o con la que te bañas (figura 1.24a).

La **decantación** es un método que permite separar mezclas heterogéneas de sólidos que se depositan en el fondo de un líquido. La mezcla se deja reposar para que el sólido se sedimente, por densidad, en el fondo del recipiente, el cual se inclina con cuidado para verter el líquido sobrenadante en otro recipiente (figura 1.24b). Se recurre a este método de separación en la producción de bebidas como vino y cerveza, y para separar el líquido de residuos sólidos como cáscaras de frutas o granos.



**Figura 1.24**  
a) Filtración.  
b) Decantación.

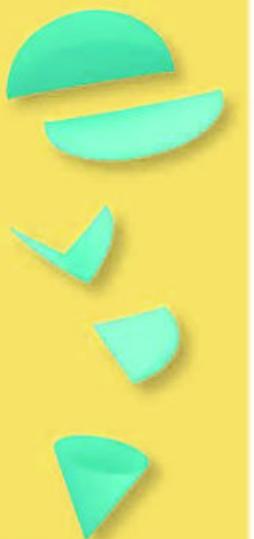


### En acción

#### Diseña y aplica: ¿Filtración o decantación?

##### Propósito

Diseña y aplica una estrategia mediante la cual logres separar cada componente de una mezcla heterogénea de agua, tierra y arena.



##### Material

3 vasos de precipitados de 250 ml, 1 embudo de separación, papel filtro, 1 soporte universal, 1 anillo de hierro, 200 ml de agua con tierra y arena.

##### Procedimiento

1. Organíense en equipos y diseñen una estrategia para separar los componentes de la mezcla de agua con tierra y arena mediante la decantación y la filtración. No olviden considerar el manejo de residuos.
2. Observen la imagen de cómo doblar el papel filtro antes de colocarlo en el embudo. El papel filtro funciona mejor si, una vez doblado y dentro del embudo, se moja con un poco de agua para que se adhiera a las paredes.

Pasos para doblar el papel filtro.

##### Análisis de resultados y conclusiones

3. Con base en sus resultados discutan qué tan efectivas son la decantación y la filtración para separar los componentes de la mezcla. Propongan modificaciones a su estrategia de separación para hacerla más efectiva.

### Separación de mezclas homogéneas

Para **separar mezclas homogéneas** se recurre a métodos como la destilación, la extracción y la cromatografía. En todos ellos se aprovechan las diferencias con que las partículas de los diversos componentes se atraen entre sí.

Por ejemplo, las mezclas de distintos líquidos o de sólidos solubles en líquidos frecuentemente se separan por **destilación**. Esta técnica se basa en las diferencias entre los puntos de ebullición de los líquidos que componen la mezcla.

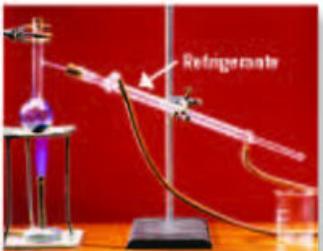


Figura 1.25 Equipo de destilación.

Así, la mezcla de líquidos a separar se calienta y los líquidos con menor punto de ebullición son los primeros en transformarse en gas. Este gas pasa por un refrigerante (figura 1.25) que los enfria y condensa, con lo que cada líquido se recupera por separado. La destilación de mezclas es indispensable en la preparación de bebidas alcohólicas y en la separación de los componentes del petróleo.

La **extracción** se basa en diferencias de solubilidad de las sustancias que componen una mezcla. Esta técnica se utiliza con frecuencia para extraer sustancias de productos naturales: el producto se sumerge en un disolvente que sólo extrae (disuelve) la sustancia o sustancias de interés, como se hace para extraer la cafeína de los granos del café. Los granos se sumergen en disolventes en los que la cafeína es soluble, como el dióxido de carbono a alta presión y temperatura, y para recuperar la cafeína, el disolvente se calienta para evaporarlo.

La **cromatografía** es uno de los métodos de separación más versátiles y tiene una gran variedad de aplicaciones. En investigación forense, por ejemplo, permite analizar tintas, toxinas y hasta la causa de un incendio. En la industria de alimentos es de utilidad para analizar colores y sabores artificiales. En chromatografía son necesarias dos fases para lograr la separación de sustancias. Una se denomina **fase estacionaria** (normalmente un sólido, como el papel) y la otra es la **fase móvil** (un líquido, como el agua, o un gas). La mezcla a separar se disuelve en la fase móvil y se hace pasar a través de la fase estacionaria. Como los componentes de la mezcla interactúan de manera distinta con la fase estacionaria, algunos se mueven más rápido que otros a través del sólido, con lo que las sustancias presentes se separan.

La chromatografía es una técnica de análisis muy flexible que permite utilizar diferentes materiales como fase estacionaria. En ciertos casos se emplea papel, y en otros, óxido de silicio colocado en una columna de vidrio (figura 1.26) o impregnado sobre una placa. En otros casos, como en la **cromatografía de gases**, se utilizan granos de un sólido impregnados con un líquido, los cuales se empacan en una columna muy larga y delgada (figura 1.27). Esta técnica puede emplearse para separar los componentes de mezclas gaseosas, desde el aroma que emana de una taza de café hasta tu aliento.

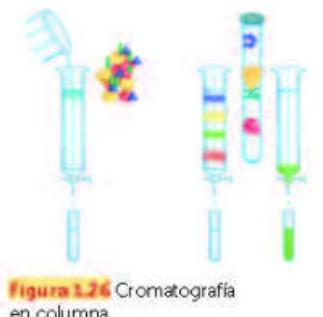


Figura 1.24 Cromatografía en columna.

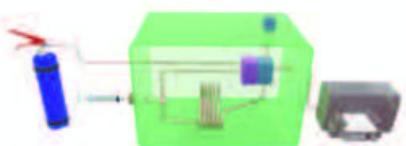


Figura 1.27 Cromatógrafo de gases.



### En acción

#### Experimenta: ¿Qué tinta hay en la escena del crimen?

##### Introducción y propósito

Por lo común, los criminalistas analizan la composición de las tintas con que se escriben cartas o mensajes relacionados con un crimen. Como no todas las tintas contienen los mismos componentes, con su separación se logra identificar de qué tipo de tinta se trata. Determina los componentes de la tinta encontrada en la escena de un crimen mediante la chromatografía.

##### Material

3 plumones de tinta negra (soluble en agua) de distintas marcas, agua y alcohol, 2 papeles filtro para cafetera y 2 vasos transparentes.

##### Procedimiento

1. Recorten un cuadrado de  $8 \times 8$  cm de papel filtro y tracen con lápiz una línea a 1 cm del borde del papel.

2. Doblen el papel para formar cuatro secciones iguales. (Observen la imagen, donde se aprecian tres líneas del doblez.)
3. Soliciten a su maestro que marque, en el centro de la línea de una de las cuatro secciones, un punto de 2 mm de diámetro con su plumón (que será la tinta negra de la "escena del crimen").
4. Con los tres plumones de referencia marquen otro punto sobre la misma línea en cada una de las secciones. Utilicen cada vez un plumón distinto.
5. Repitan estos pasos en otro papel filtro.
6. Agreguen agua en un vaso y alcohol en otro, a 0.5 cm de altura en ambos casos. Introduzcan cada cuadrado de papel en un vaso distinto con los puntos de tinta hacia abajo. Eviten mover los vasos.
7. Dejen que el líquido ascienda sobre el papel hasta que llegue a 1 cm de su parte superior. Retiren el papel y marquen con una línea el nivel que alcanzó el líquido. Esperen a que seque el papel.



Cromatografía en papel.

### Análisis de resultados y conclusiones

8. Comparen los "cromatogramas" (resultados en el papel filtro) para cada tinta analizada. Describan en su cuaderno sus similitudes y diferencias.
9. Detallen las diferencias entre los chromatogramas obtenidos en agua y en alcohol.

En chromatografía es común calcular el **factor Rf** de cada sustancia, el cual se define como el cociente de la distancia que avanza cada componente en el chromatograma entre la distancia que recorre el disolvente, ambos medidos desde la misma marca. Dos sustancias distintas tendrán diferentes Rf, aun cuando a simple vista sea difícil diferenciarlas (mismo color, por ejemplo).

10. Calculen el Rf de los colores separados en cada una de las tintas de sus chromatogramas.
11. Identifiquen, a partir de sus resultados, cuál de los plumones de referencia tiene tinta con una composición similar a la de la tinta encontrada en la escena del crimen.

### Cierre

#### Aplica: ¿Cómo separar estas mezclas?

En la actividad inicial (página 42) tus compañeros y tú propusieron estrategias para separar los componentes de las mezclas. ¿Qué tal si ahora aplicas lo que has aprendido?

1. Considera mezclas de agua con arena, agua con sal, tinta negra, aire, tierra con sal, aire con polvo y limadura de hierro con arena.
  - a) ¿Cuál método de separación es mejor en cada caso?
  - b) ¿Cuál sería la utilidad práctica al separar estos componentes?
  - c) ¿Qué otras mezclas de uso común podrían separarse con el mismo procedimiento?
2. Verifica tus respuestas con ayuda de tu maestro.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Deduzco qué método de separación emplear para determinada mezcla.			

# ¿Cómo saber si la muestra de una mezcla está más contaminada que otra?



Figura 1.28 El propósito más importante del monitoreo de la calidad del aire es generar y proporcionar la información necesaria a científicos, gobernantes y legisladores para que decidan acerca de la gestión y mejora ambiental.

## Toma de decisiones relacionada con la contaminación de una mezcla

De las grandes ventajas de entender las propiedades físicas y químicas de las mezclas de nuestro entorno es que podemos detectar la presencia de posibles sustancias nocivas para la salud que afecten de manera negativa el ambiente. Gracias a estos conocimientos, en la actualidad se tienen instrumentos (como el cromatógrafo de gases) que facilitan la detección de contaminantes diversos del aire que respiramos y del agua. Estos dispositivos también permiten medir la concentración de contaminantes y comparar sus valores en distintos lugares o en diferentes horas del día. Este monitoreo ambiental se realiza en varias ciudades de nuestro país para tomar decisiones que ayuden a controlar la contaminación (figura 1.28). La habilidad para detectar y cuantificar la concentración de sustancias nocivas en distintas mezclas es también importante en la industria alimentaria para asegurar la calidad de los alimentos. El gran reto en todas estas áreas es detectar y cuantificar la presencia de sustancias que en general no son perceptibles a simple vista ni con la ayuda de microscopios.



### Situación inicial

#### Investiga: ¿Cuáles son sus efectos?

Seguramente has escuchado que son varios los tipos de sustancias contaminantes presentes en el aire de las grandes ciudades, cuya concentración se monitorea de manera regular cada día. Por ejemplo, en la Ciudad de México la medición del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (imecal) indica la concentración de las sustancias que se mencionan en la siguiente tabla.

Tabla 1.8 Sustancias contaminantes en el aire de la Ciudad de México

Sustancia	Propiedades	Efectos nocivos sobre la salud
Dióxido de azufre		
Dióxido de nitrógeno		
Monóxido de carbono		
Ozono		

1. Realicen en equipo lo siguiente.

- Investiguen las propiedades físicas (color, olor, temperatura de ebullición, densidad, solubilidad en agua) de las sustancias de la tabla 1.8.
- Busquen información sobre los efectos de cada sustancia en la salud. Es importante que identifiquen si estos efectos varían según la concentración de las sustancias. Copien la tabla y complétenla en su cuaderno.

- Si es posible, consulten en internet la página del Sistema de Monitoreo Atmosférico, Simat ([www.edutics.mx/JWJ](http://www.edutics.mx/JWJ)) y exploren la información que se presenta en el mapa interactivo de la Ciudad de México.

## Desarrollo

### Comparando concentraciones

Para conocer la calidad de distintas mezclas, como el aire en una ciudad a diferentes horas del día o en el agua que se extrae de diferentes manantiales, es necesario determinar la concentración de los componentes que nos interesan (figura 1.29). Como vimos, la concentración de una sustancia es una medida de la cantidad de soluto presente en cierta cantidad de disolución, la cual puede expresarse en porcentaje en masa (%m/m) o porcentaje en volumen (%v/v). Sin embargo, existen otras formas de expresar concentraciones que resultan útiles cuando se trabaja con mezclas en las que ciertos componentes están presentes en concentraciones muy bajas. Para ilustrar cómo expresar y calcular la concentración de solutos con otro tipo de unidades, consideremos el caso del agua embotellada.



Figura 1.29 Aunque el agua parezca pura y cristalina, no significa que esté libre de sustancias nocivas para la salud.

México es el mayor consumidor de agua embotellada por persona en el mundo (figura 1.30). Esta mezcla líquida proviene de diversas fuentes naturales y contiene una gran variedad de sustancias disueltas en pequeñas cantidades. La tabla 1.9 muestra los resultados del análisis de una muestra típica de agua embotellada.

Tabla 1.9 Composición del agua embotellada. Concentraciones promedio en miligramos por litro (mg/l)

Calcio	66	Sulfatos	42
Magnesio	24	Cloruros	48
Sodio	18	Nitratos	6



Figura 1.30 Aproximadamente cada mexicano desecha más de 7 kg de botellas de plástico diario. Al año se acumulan más de 780 mil toneladas.

Estos datos indican la “concentración en masa” de cada sustancia en el agua. La **concentración en masa** es una medida de la masa de soluto disuelta en cierto volumen de disolución; por ejemplo, la concentración de calcio es, en promedio, de 66 mg por litro de agua embotellada. Dicha concentración se puede expresar mediante otro tipo de unidades, por ejemplo, en **partes por millón (ppm)**. Esta unidad establece cuántas partes de soluto hay por cada millón ( $1\ 000\ 000 = 1 \times 10^6$ ) de partes de disolución. Una “parte” se refiere a cualquier unidad de masa que se elija; por ejemplo, miligramos de calcio por cada millón de miligramos de disolución o kilogramos de calcio por cada millón de kilogramos de disolución.

Dado que la densidad del agua es cercana a 1 kilogramo (o 1 000 g) por litro, cada litro tiene una masa en miligramos igual a:

$$1000 \text{ g} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 1000\ 000 \text{ mg} = 1 \times 10^6 \text{ mg}$$

Esto indica que tenemos 66 mg de calcio en cada millón de mg de agua embotellada y la concentración se expresa como 66 ppm. Lo anterior significa que la concentración en mg/l es igual a la concentración en ppm, pero sólo cuando la densidad de la disolución es de 1 kg/l (disoluciones acuosas).

Busca en...  
[www.edutics.mx/JW3](http://www.edutics.mx/JW3) (Consulta: 15 de enero de 2019)  
 un interesante artículo acerca de la cantidad de agua embotellada que se consume en México.

## Busca en...

Soderbergh, Steven (Director) (2000). *Erin Brockovich* [Película]. Estados Unidos de América: Universal Pictures, donde conocerás la historia de cómo ciertos contaminantes afectan a los empleados de las compañías que los generan y a las comunidades cercanas a estas industrias.

En disoluciones en las que la concentración de solutos es mucho mayor que las que se presentan en la tabla 1.9, es recomendable utilizar otras unidades de concentración como **unidades en porcentaje (%)**. Este tipo de unidad indica cuántas partes de soluto hay por cada 100 partes de disolución; por ejemplo, si sabemos que hay 66 mg de calcio por cada millón de miligramos de agua, ¿cuántos miligramos de calcio habrá en 100 mg de agua? Para calcular el resultado establecemos la siguiente proporción:

$$\frac{66}{1000\,000} = \frac{C}{100}$$

$$C = \frac{66 \times 100}{1000\,000} = 0.0066 \text{ mg de calcio en 100 mg de agua o bien, } 0.0066\%$$

donde  $C$  representa la concentración en porcentaje de calcio en el agua embotellada (0.0066% de calcio). En general, para convertir **partes por millón (ppm)** a porcentaje (%) basta dividir la concentración expresada en partes por millón entre 10 000.

Estas expresiones de la concentración son importantes porque te permitirán determinar si una mezcla está más contaminada que otra.



## En acción

## Calcula: ¿Cuál es el máximo?

Las normas oficiales mexicanas de salud ambiental establecen límites máximos de contaminantes atmosféricos con el fin de proteger la salud de la población. Este límite equivale a 100 puntos Imeca, y cuando éste es mayor a 100, el riesgo de contraer enfermedades respiratorias se incrementa considerablemente. La tabla 1.10 incluye las concentraciones máximas permisibles en partes por millón para algunos contaminantes atmosféricos.

Tabla 1.10 Principales contaminantes atmosféricos

Sustancia	Concentración		
	ppm	%	mg/l
Dióxido de azufre	0.13		
Dióxido de nitrógeno	0.21		
Monóxido de carbono	11		
Ozono	0.11		

1. Calcula las concentraciones de cada sustancia en porcentaje (%) y en masa (mg/l). Considera que la densidad del aire a temperatura ambiente es cercana a 1200 mg/l.
2. Analicen en grupo cuál de las tres formas de representar la concentración de estas sustancias es más conveniente. ¿Qué criterios utilizaron para tomar su decisión?



## Conéctate con...

## Medicina

En la actualidad, un tercio de las muertes en nuestro planeta se deben a la falta de agua potable. Casi 80% de todas las enfermedades que afectan a los seres humanos se relacionan con problemas en la calidad y salubridad del agua que consumen. En muchas comunidades de nuestro país el agua de ríos y lagos se ha contaminado por sustancias tóxicas provenientes de minas, campos de cultivo o plantas industriales.

## Toma de decisiones relacionada con la concentración y sus efectos



Salud

Toda sustancia presente en el agua o en el aire puede causar problemas de salud si su concentración excede determinado límite, que es específico para cada tipo de sustancia. En general, identificamos como **toxinas** o venenos a las sustancias que son nocivas en cantidades muy pequeñas (figura 1.31). Con base en investigaciones sobre efectos en la salud y cálculos de riesgo ha sido posible determinar la máxima concentración de un contaminante en el agua o en el aire sin que haya mayores problemas.

Como ejemplo, en la tabla 1.11 se presentan las concentraciones máximas permitidas para algunos de los contaminantes del agua de origen mineral más comunes. Estas concentraciones se determinan usando como referencia a una persona de 70 kg. Alguien con esta masa podría beber diariamente hasta dos litros de agua con la concentración de contaminantes que indica la tabla durante 70 años sin sufrir problemas de salud. Sin embargo, si esa concentración se rebasa, pueden surgir afecciones graves. Ingerir plomo en altas concentraciones, por ejemplo, causa daños neurológicos severos y permanentes.



Figura 1.31 La serpiente taipán posee uno de los venenos más potentes, pues con sólo 0.8 mg puede causar la muerte de un adulto de 80 kg y en una mordedura libera mucho más que eso.

Tabla 1.11 Contaminantes en el agua

Contaminante	Concentración (ppm)
Mercurio	0.002
Cadmio	0.005
Plomo	0.015
Cobre	1.3
Cinc	2

Fuente: Environmental Protection Agency, USA, disponible en [www.edutics.mx/Jmf](http://www.edutics.mx/Jmf) (Consulta: 15 de enero de 2019).

En la actualidad, la toxicidad de muchas sustancias se evalúa en animales de laboratorio determinando sus efectos a corto y largo plazos sobre órganos como hígado y riñón, y en sistemas, como el nervioso o reproductor (figura 1.32). Una de las pruebas de toxicidad se basa en la determinación de la dosis mínima requerida para matar 50% de los animales necesarios en una prueba. Esta dosis letal se conoce como  $LD_{50}$  (por sus siglas en inglés).

Todas las sustancias son letales en determinada concentración, de ahí la frase "la dosis hace al veneno"; sin embargo, la  $LD_{50}$  de cada sustancia depende de su composición y estructura química. Por ejemplo, la  $LD_{50}$  del cloruro de sodio (sal común) es de 3 750 mg/kg. Esto significa que la dosis letal es de 3 750 mg por cada kilogramo de peso del animal de prueba, que es mucho mayor que la dosis de otras sustancias reconocidas como veneno. La  $LD_{50}$  de la nicotina que contienen los cigarrillos es de 2 mg/kg y la estricnina, un poderoso veneno presente en la nuez vómica, es de 0.8 mg/kg.



Hacer uso de animales para determinar la toxicidad de las sustancias no es nuevo. Desde tiempos inmemoriales los seres humanos han observado el efecto de sustancias diversas sobre los animales para evaluar sus efectos tóxicos. Esta práctica ha desempeñado un papel fundamental en la producción de medicamentos, y éstos no se ponen en venta sin antes determinar su  $LD_{50}$ . El uso de animales de laboratorio para estos fines siempre ha sido tema de controversia. ¿Tú qué opinas?

Figura 1.32 Los ratones de laboratorio son los animales que comúnmente se usan para hacer pruebas de toxicidad.



## En acción

## Analiza y decide: ¿Animales con derechos?

Muchos grupos defensores de los derechos de los animales se oponen al uso de la prueba LD<sub>50</sub> pues consideran que es inhumano matar animales para determinar la dosis letal de una sustancia. En oposición, hay quienes argumentan que esas pruebas son necesarias para asegurar la efectividad y la seguridad de los medicamentos.

1. Discute tus ideas en torno a esta controversia con tus compañeros y escriban una carta dirigida a un diputado en la que expresen y defiendan su posición al respecto.



## Conéctate con...

## Ecología

En China se desarrolla una tecnología para limpiar agua y además será capaz de generar electricidad simultáneamente mediante un sistema de celdas de combustible. En la Universidad de Jiao Tong, en Shanghai, construyeron esa celda con una serie de nanotubos de óxido de titanio y un cátodo de platino.

La celda usa energía solar para degradar sustancias presentes en las aguas residuales y generan flujo de electrones que pasan a través del cátodo y a su vez convierte la energía química en electricidad (similar a como lo hace una pila).



Los cambios químicos que producen electricidad son electroquímicos.

## Tu propia investigación

Los conocimientos que has adquirido sobre las mezclas, sus propiedades y los métodos de separación son de gran utilidad para analizar problemas relevantes de nuestro mundo. Para ilustrarlo te invitamos a investigar un problema ambiental con base en métodos de análisis químico. Considera la siguiente situación ficticia:

Los habitantes de San Juan, donde vives, están muy preocupados porque en los últimos meses han encontrado gran cantidad de truchas muertas en las orillas del lago que abastece de agua al pueblo. Tu maestra de Química ha comentado que el agua posiblemente esté contaminada por los desechos de la mina cercana al río Atenco que baja hasta el lago, pero muchas personas no están convencidas de eso porque dicen que el agua está tan transparente como siempre. Sin embargo, tu maestra sabe que muchos contaminantes no se detectan a simple vista y que es muy posible que el lago esté contaminado por al menos uno de los denominados metales pesados: plomo o cobre, pues la mina es rica en ambos minerales. Para verificar su hipótesis ha tomado muestras de agua del lago y quiere analizarlas en el laboratorio de la escuela.

## A) Pruebas cualitativas

Para detectar la presencia de contaminantes en un sistema se requieren pruebas de confirmación. Estas son pruebas de análisis químico cualitativo en las que es común utilizar sustancias que cambian o reaccionan con el contaminante y producen cambios observables, por ejemplo de color, o forman nuevas sustancias insolubles que precipitan (forman un sólido) en agua. Si la prueba es positiva, se confirma la presencia del contaminante. Sin embargo, una prueba negativa no necesariamente implica que la sustancia que se busca no está presente, ya que en ocasiones se encuentra en concentraciones tan bajas que resulta difícil detectarla.



## En acción

## Experimenta: ¿Cuál es la evidencia?

## Propósito

Para detectar la presencia de sustancias contaminantes en el agua es necesario hacer pruebas cualitativas (figura 143). En esta actividad analiza el agua del lago San Juan para confirmar o rechazar la hipótesis de la maestra.

## Material

- 10 ml de agua no contaminada que se usará como disolución de referencia o control.
- 10 ml de cada una de las disoluciones de referencia: Disolución de nitrato de plomo (20 g/l). Disolución de cloruro de cobre (10 g/l). (Se puede utilizar cualquier sal soluble de plomo y cobre disponible).
- 10 ml de cada una de las disoluciones de prueba (saturación: máxima cantidad de soluto que puede disolverse en cierta cantidad de disolvente): Disolución saturada de carbonato de sodio Disolución saturada de cloruro de sodio Disolución saturada de sulfuro de sodio Disolución saturada de hidróxido de sodio
- 2-7 pipetas beral o goteros.
- 1 microplato (16 pozos) (también se pueden usar 16 tubos de ensayo).



Recolección de muestras de agua de río.

## Procedimiento

Antes de realizar las pruebas al agua del lago deberán observar qué sucede al mezclar las disoluciones de control y referencia con las disoluciones de prueba. De esta manera tendrán una idea de cómo estas sustancias cambian en el agua con cada reactivo de prueba, y podrán utilizar los resultados como referencia para analizar la muestra de agua contaminada.

1. Coloquen 20 gotas de la disolución de control (agua no contaminada) y de disoluciones de referencia (plomo y cobre) en cada uno de los pozos de las columnas verticales del microplato, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.12 Muestras de agua contaminada

Disolución	Agua no contaminada	Disolución de plomo	Disolución de cobre	Agua del lago de San Juan
Carbonato de sodio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cloruro de sodio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sulfuro de sodio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hidróxido de sodio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Recuerden que deben limpiar bien las pipetas o los goteros cada vez que cambien de disolución.

2. Añadan cinco gotas de las disoluciones de prueba (carbonato de sodio, cloruro de sodio, sulfuro de sodio e hidróxido de sodio) a cada uno de los cuatro pozos en la línea horizontal que llevan su nombre.
3. Observen qué ocurre en cada pozo y registren los resultados en su cuaderno (color de la disolución, formación del precipitado y color del precipitado).
4. Soliciten al maestro 10 ml del "agua contaminada del lago" y coloquen 20 gotas en los cuatro pozos de la última columna. Analicen con detalle lo que sucede y registren sus resultados.
5. Comparen el contenido de los cuatro pozos de la columna del "agua del lago de San Juan" con el de los pozos de las otras columnas.

#### Análisis de resultados y conclusiones.

##### Discutan en equipo las respuestas de lo siguiente.

6. ¿Con base en sus resultados y observaciones se puede concluir que el agua del lago de San Juan contiene alguno de los metales investigados? Si es así, mencionen cuál o cuáles de ellos y cómo lo saben.
7. ¿Pueden concluir que el metal o metales encontrados son contaminantes? Justifiquen sus respuestas.
8. ¿Qué problemas detectaron en el método de análisis que utilizaron en esta investigación? ¿Qué proponen para mejorar el experimento?

#### Manejo de residuos

Al concluir la actividad coloquen los residuos de las sustancias que usaron en el recipiente de desechos químicos del laboratorio.

#### B) Pruebas cuantitativas

Cuando se realizan investigaciones científicas es común hacer más de un experimento para verificar y corroborar que las evidencias obtenidas por diferentes métodos apuntan en la misma dirección. Algunos de estos experimentos son cualitativos y permiten detectar la presencia de una sustancia o explorar el comportamiento de un sistema. Sin embargo, también es importante realizar experimentos cuantitativos que involucren mediciones y la generación de datos numéricos. En estos casos, para facilitar el análisis es común representar los resultados en gráficas.



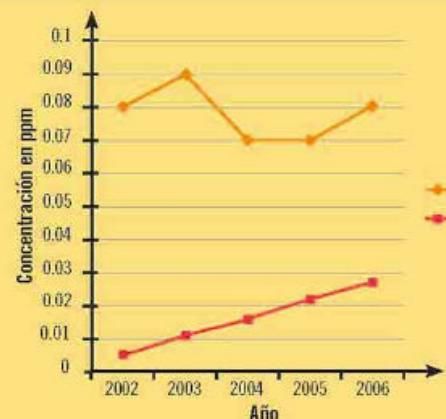
#### En acción

##### Infiere: ¿Quién tiene razón?

Al terminar el análisis cualitativo del agua del lago San Juan, la maestra de Química contactó a un grupo ambientalista, cuyo director le comentó que en los últimos cinco años han llevado a cabo mediciones de la concentración de metales en el lago y le envió los datos que se detallan en la gráfica.

1. Analiza los datos y contesta.

- a) ¿Existe un patrón en el comportamiento de las concentraciones para cada metal?



b) ¿Alguno de los metales rebasan los límites de concentración permitidos? (Consulta la tabla 1.11 de la página 49 como referencia).

2. Predice qué podría suceder con la concentración de cada metal si no se toman medidas para prevenir la contaminación del lago.

Así como los resultados del grupo ambientalista te ayudaron a comprender el problema del agua contaminada en el lago San Juan, los profesionales de la Química usan las ideas y resultados de otros investigadores para guiar su trabajo. Por ello, una buena parte de la investigación en ciencias está dedicada a generar artículos y libros para comunicar de manera clara y precisa los resultados.

Hoy día, muchos descubrimientos o resultados de investigaciones científicas se publican a través de internet porque este medio facilita la distribución de información a millones de personas en todo el mundo. No obstante, antes de usar estos recursos es importante evaluar qué tan confiables son las fuentes de información disponibles (figura 1.33).



Figura 1.33 Internet es un excelente medio para encontrar información, pero debe emplearse de manera cuidadosa, ética y responsable.

#### Cierre

#### Investiga y comunica: ¿Cuáles son tus propuestas?

1. Busca en internet información acerca de los efectos en la salud de las sustancias tóxicas que contaminan el lago San Juan y otros cuerpos de agua, así como de los métodos propuestos para eliminar esos contaminantes.
2. Con base en lo que encontraste escribe una nota informativa de dos páginas de extensión en la que des a conocer a la comunidad de San Juan las consecuencias de beber directamente agua del lago. Incluye tus propuestas para resolver el problema.
3. Organízcan un debate para comunicar los resultados de las investigaciones y discutir los pros y contras de las soluciones propuestas para disminuir la contaminación del lago.

#### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Aprendí que los componentes de una mezcla pueden no apreciarse a simple vista y ser contaminantes.			
2. Comprendí que la concentración que se expresa en partes por millón (ppm) es una opción útil para sustancias disueltas en pequeñas cantidades.			
3. Soy consciente de que las diferentes concentraciones de una sustancia contaminante tienen efectos nocivos en la salud.			

## Primera revolución de la Química

### ¿Qué cambia?

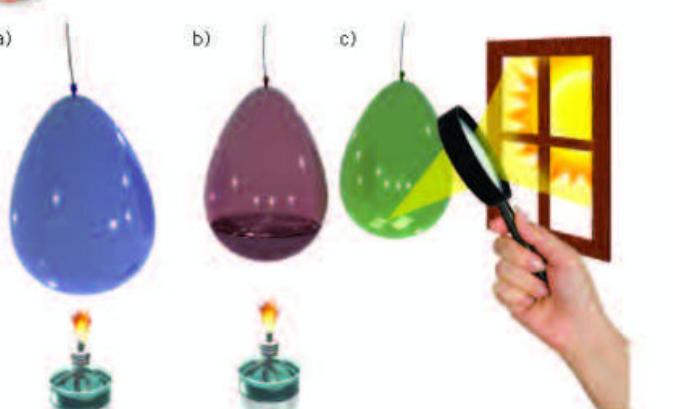
Aprender a determinar la composición de los materiales que nos rodean es fundamental si los queremos utilizar con fines prácticos. Sin embargo, no es suficiente saber de qué están hechos esos materiales o cómo separar sus componentes, también debemos entender cómo cambian sus propiedades al calentarlos (figura 1.34), enfriarlos, variar la presión a la que se encuentran e incluso al mezclarlos con otras sustancias. Por ejemplo, ¿qué le ocurre a un plástico con el que queremos fabricar platos cuando se calienta? ¿Qué le sucede a una fibra sintética con la que se fabrica ropa al sumergirla en agua con jabón?

En estos estudios se debe identificar qué propiedades de los materiales cambian y determinar cómo cambian, pero también prestar atención a las propiedades que no experimentan modificación alguna. Sólo de esta manera es posible tomar decisiones sobre cómo emplear los recursos con los que contamos.

Figura 1.34 Cuando se calientan, los materiales sufren distintos cambios.



### Situación inicial



### Predice: ¿Cambia o no?

1. Considera los siguientes experimentos. Se tienen tres globos elásticos, resistentes al fuego e impermeables (esto último significa que el material con que están hechos no deja escapar los líquidos ni gases de su interior).
  - a) El globo A sólo se llena de aire.
  - b) Al globo B se le añade un poco de agua y luego se infla con aire;
  - c) Al globo C se le introduce un pedazo de papel y luego se infla con aire.

Los tres globos tienen inicialmente el mismo volumen y su masa se mide con una balanza.

2. Los globos A y B se calientan unos tres minutos hasta que el agua en el globo B se transforma en vapor, mientras que el papel dentro del globo C se quema con una lupa. La masa y el volumen de cada globo se miden después de realizar estos cambios.
3. Comenta con un compañero tus respuestas a las siguientes preguntas.
  - a) ¿El volumen de cada globo cambia durante el experimento o se mantiene igual? Justifiquen su respuesta.
  - b) ¿La masa de cada globo cambia durante el experimento o se mantiene igual? Argumenten.
4. Discutan en grupo sus ideas.

### Desarrollo

### ¿Qué se conserva durante el cambio?

El valor de las propiedades cuantitativas de una sustancia depende de las condiciones en las que se mide. Por ejemplo, las temperaturas de fusión y ebullición de una sustancia cambian al variar la presión atmosférica o al mezclarla con otra sustancia. Así, cuando una sustancia en estado sólido se calienta su volumen se incrementa (dilatación) y su densidad disminuye; la conductividad eléctrica de los metales disminuye al incrementar la temperatura y la viscosidad de algunas sustancias puede variar según la fuerza con la que se agiten.

Al estudiar transformaciones es importante determinar cómo cambian las propiedades de las sustancias involucradas. Este conocimiento resulta muy valioso si queremos aprender a controlar el proceso y darle utilidad práctica. Sin embargo, no sólo identificar lo que cambia es primordial. Muchas veces se aprende más de los fenómenos de la Naturaleza al descubrir que hay características o propiedades que no cambian (también se dice que "se conservan"), a pesar de que un sistema experimenta una transformación (figura 1.35). Por desgracia, identificar las propiedades que se conservan durante un proceso no siempre es fácil porque, como suele ocurrir, nuestros sentidos nos engañan.

De seguro la discusión de la actividad de inicio de la página 54 te mostró que durante un cambio no es tan fácil identificar qué propiedades de las sustancias cambian y cuáles se conservan. Con frecuencia la dificultad radica en que no prestamos suficiente atención a las condiciones en las que se realizan los procesos. En otros casos usamos el conocimiento que hemos adquirido en la vida diaria sin reflexionar en torno a las diferencias entre nuestra experiencia y el fenómeno que observamos. Por ejemplo, casi todo el mundo sabe que cuando un pedazo de madera se quema, la masa de las cenizas es menor que la del trozo original. Como nuestro sentido de la vista no logra detectar la gran cantidad de gases que se escapan durante el proceso, hay quienes piensan que la materia simplemente desaparece. Otros consideran que aunque se atrapan todos esos gases, la masa total al final de la combustión sería menor que la masa inicial. No obstante, experimentos llevados a cabo en **sistemas cerrados**, es decir, sistemas en los que no se escapa ninguna materia, muestran que la masa total nunca cambia, siempre se conserva (figura 1.36).

Es común que en experimentos que producen gases cualquier persona suponga que la masa disminuye debido a la creencia de que los gases pesan poco o nada. Sin embargo, todos los gases tienen masa, aunque parecen pesar poco porque su densidad es muy pequeña y, por tanto, pequeñas cantidades de gas ocupan un gran espacio. Cuando sostenemos algo lleno de gas, como un globo, parece tener poco peso porque no hay mucho gas dentro él. El aire que nos rodea es menos denso, pero su masa total es gigantesca si se considera el gran volumen de la atmósfera.



Figura 1.35 ¿Qué cambia y qué se conserva en esta transformación?



Figura 1.36 Nuestro cuerpo es un sistema abierto, y por eso nuestra masa total no necesariamente se conserva. Sin embargo, la masa de los alimentos que ingerimos debe ser igual a la suma de la masa de las sustancias que se acumulan en nuestro organismo y la masa de lo que desecharmos.



## Aportaciones de Lavoisier

A lo largo de la historia de la humanidad, distintos filósofos y científicos han propuesto que la materia que nos rodea se conserva durante los cambios o transformaciones. En Grecia, el filósofo Anaxágoras (500-428 a.n.e.) estableció que nada se crea o destruye, sólo se combina y separa. Demócrito (460-370 a.n.e.) postuló que toda la materia se constituía por pequeñas partículas o "átomos" inmutables e indestructibles.

Estas ideas se transmitieron de una generación de filósofos a otra y de una a otra cultura durante siglos, sin que cambiaron significativamente. El filósofo árabe Nasir al-Din al-Tusi (1201-1274) escribió: "Un cuerpo material no puede desaparecer completamente. Sólo cambia su forma, condición, composición, color y otras propiedades, y se transforma en formas complejas o elementales de materia." Ideas como ésta se basaban en creencias y opiniones sobre las características y propiedades del Universo, pero no en observaciones y mediciones de las propiedades de la materia y sus transformaciones. Se trataba, pues, de especulaciones carentes de pruebas convincentes que las sustentaran.

Fue hasta el siglo xvi que los científicos de Occidente reconocieron y verificaron en forma convincente lo que hoy conocemos como "Principio de conservación de la materia". Aunque muchas personas contribuyeron a este logro al aportar novedosos experimentos y proponer valiosas ideas, el trabajo del químico francés **Antoine Laurent Lavoisier** (1743-1794) fue decisivo no sólo porque demostró de forma contundente la validez de este principio, sino porque revolucionó las ideas y métodos de trabajo de los químicos.

Lavoisier trabajaba como recaudador de impuestos durante los últimos años de la monarquía francesa. Al heredar una pequeña fortuna de su familia pudo conseguir el puesto de supervisor en los talleres oficiales de fabricación de pólvora. Esta actividad le permitió construir y equipar su propio laboratorio, el cual se convertiría en uno de los más famosos y productivos de la época. Allí Lavoisier realizó una gran cantidad de experimentos con diversas sustancias, pero su trabajo con mercurio y estaño fueron cruciales para demostrar la conservación de la materia.



Los filósofos islámicos hicieron contribuciones valiosas al desarrollo, preservación y difusión de ideas fundamentales para la ciencia moderna.

En la época de Lavoisier, los científicos observaron que diversas transformaciones químicas producían gases que escapaban de sus recipientes. Con esta idea, Lavoisier pesó y calentó estaño en un recipiente sellado hasta transformarlo por completo en "cal metálica" (óxido de estaño); luego pesó de nuevo su sistema y con ello demostró que el peso total del recipiente no cambiaba durante el proceso. Para explicar la transformación, Lavoisier razonó que el estaño debía haberse combinado con una sustancia presente en el aire (oxígeno), pues al abrir el recipiente el aire exterior entraba con violencia y la masa de la cal metálica producida era mayor que la del metal original.

En 1777, después de llevar a cabo múltiples experimentos, Lavoisier concluyó que, sin lugar a dudas, la masa que los metales ganaban al calentarlos en presencia de aire era igual a la masa perdida por el aire presente cuando se calentaban. Publicó el *Tratado elemental de Química* que incluía una ley general denominada "de la conservación de la masa", la cual establecía que "nada se crea, nada se destruye, sólo se transforma." Lavoisier, como Isaac Newton, consideraba que la masa de las sustancias era una medida directa de la cantidad de materia presente en ellas. Por ello sus resultados se conocen como Principio de conservación de la materia o de la masa.

El pensamiento y trabajo de Lavoisier estuvieron influidos por los de otros científicos. En particular, basado en las ideas de Newton, buscó explicar las propiedades de las sustancias y sus transformaciones con base en principios o leyes físicas bien establecidas. A partir del trabajo de Carl von Linneo en Biología, Lavoisier desarrolló un sistema riguroso de clasificación y nomenclatura de las sustancias conocidas. El éxito de su trabajo se debió en gran medida a que estaba convencido de la necesidad de:

- Hacer mediciones cuidadosas de las propiedades de las sustancias antes y después de realizar cualquier proceso.
- Controlar las variables de cada experimento para asegurar que los resultados fueran reproducibles.

Para ello escribía en su bitácora, con ayuda de su esposa, cómo llevaba a cabo cada experimento y en qué condiciones.

Durante la Revolución Francesa de 1789, Lavoisier apoyó a los reformistas y pudo mantener su puesto en el arsenal de armas y explosivos. Sin embargo, cuando la revolución alcanzó su etapa más extrema (El Terror), las personas más acomodadas y relacionadas con la aristocracia, como Lavoisier, empezaron a ser perseguidas. Los recaudadores de impuestos eran despreciados y Lavoisier terminó su vida en la guillotina.



Realizando experimentos bajo condiciones controladas y mediciones cuidadosas, Lavoisier hizo hallazgos que revolucionaron la Química.



En 1789, Lavoisier publicó su *Tratado elemental de Química* para dar a conocer sus hallazgos.



El célebre matemático J. L. Lagrange dijo de Lavoisier: "Se necesitó sólo un instante para cortar su cabeza y probablemente cien años no serán suficientes para producir otra como ella".

EDAD ANTIGUA		EDAD MEDIA	
	500 a. n.e.		1000
• 500 a. n.e. Nace el filósofo griego Anaxágoras, quien considera que las cosas sólo se combinan o separan, pero no se crean ni sestruyen.	• 460 a. n.e. Nace el filósofo griego Demócrito, quien postula que la materia está formada por átomos indestructibles.	• 1201 Nace Nasir al-Din al-Tusi, filósofo árabe que creía que la materia puede cambiar pero no desaparecer.	1500

EDAD MODERNA		EDAD CONTEMPORÁNEA	
	1687		1748
Isaac Newton introduce el concepto de masa de los objetos como una medida de la cantidad de materia que los forma.		Mikhail Lomonosov hace experimentos que demuestran que la masa se conserva.	1748 •
		Lavoisier formula el Principio de conservación de la materia.	1789 •
		1789 •	1794 •
		Estalla la Revolución Francesa.	Muere Lavoisier guillotinado a los 51 años.
			1820

## Ley de conservación de la masa

**Busca en...**

García Fernández, Horacio. *El investigador de fuego: Antoine L. Lavoisier*. México, SEP-Pangea, 1999, que incluye más información interesante sobre Lavoisier.



Figura 1.37 La masa de este recipiente sellado es la misma antes y después de que el cerillo se queme.

Las ideas y métodos de trabajo de Lavoisier sentaron las bases para el surgimiento de la Química moderna. Gracias a sus investigaciones, los químicos reconocieron la importancia de hacer mediciones precisas y controlar cuidadosamente las variables durante sus experimentos. El establecimiento de la Ley de conservación de la masa permitió realizar predicciones de la cantidad de sustancia necesaria para llevar a cabo una transformación química, y de la cantidad de productos generados. Lavoisier contribuyó de manera decisiva a cambiar la forma de pensar y actuar de los químicos y por ello sus ideas y trabajo se consideran revolucionarios.

No obstante que la idea de que la materia no se crea ni se destruye se formuló por primera vez cientos de años antes del nacimiento de Lavoisier, fue hasta el siglo xvii que los filósofos y científicos reconocieron la necesidad de cuantificar la cantidad de materia y desarrollaron procedimientos rigurosos para determinarla. De hecho, antes de esta época el concepto de masa no estaba bien definido y no se utilizaba para referirse a la cantidad de materia de las cosas. Tampoco se daba gran importancia a la medición cuidadosa de las propiedades ni a la verificación de ideas o hipótesis mediante experimentos.

De manera general, la **Ley de conservación de la masa** establece que “la masa total de un sistema cerrado se mantiene constante, independientemente de los cambios que ocurrán dentro del sistema”. Esto implica que no importa si las sustancias que conforman el sistema cambian su estado de agregación o se combinan químicamente, pues mientras el sistema se mantenga cerrado, la masa total permanece constante (figura 1.37). La Ley de conservación de la masa se cumple en todo tipo de cambios químicos en sistemas cerrados, sin importar si las sustancias resultantes son gases, líquidos o sólidos. La masa total al principio del proceso será igual que la masa total al final del cambio. Recuerda que los cambios químicos se pueden presentar al calentar o variar la presión de las sustancias, lo que da lugar a la formación de nuevas sustancias.

**En acción****Argumenta: ¿Cómo reducir las emisiones de dióxido de carbono?**

El calentamiento global de nuestro planeta es en la actualidad uno de los fenómenos más preocupantes para la humanidad. Los resultados de diversas investigaciones científicas sugieren que los seres humanos somos en parte responsables de la rapidez con la que las temperaturas promedio en la Tierra se han incrementado en los últimos 100 años.

Los combustibles que usamos en nuestras casas y automóviles, como el carbón, el gas natural y la gasolina, producen dióxido de carbono cuando en el aire se combinan con el oxígeno. El dióxido de carbono es un gas que absorbe radiación térmica, lo que origina un incremento de la temperatura atmosférica.

1. Reflexiona sobre cómo la Ley de conservación de la masa permite predecir qué tanto dióxido de carbono se produce en distintas actividades humanas. Piensa, por ejemplo, qué mediciones podríamos hacer y cómo predecir cuánto dióxido de carbono se genera cuando alguien usa un automóvil, ve la televisión o se baña con agua caliente.
2. Analiza cómo utilizar la Ley de conservación de la masa para controlar y reducir la cantidad de dióxido de carbono que producen los seres humanos.
3. Discute tus ideas con un compañero y comparten sus conclusiones con el grupo.

## La masa se conserva pero...

Dado que la masa total de un sistema cerrado se conserva sin importar si se produce un cambio físico o químico, se podría pensar que no hay que preocuparse en cómo se utilizan los recursos disponibles en nuestro planeta. Finalmente, si nada se crea ni se destruye, ¿cuál es el problema? ¿Por qué hay quienes insisten en la necesidad de “conservar” los recursos de la naturaleza? (figura 1.38).

Para efecto práctico, la Tierra se considera un sistema cerrado. Aunque cierta materia escapa de la atmósfera hacia el espacio exterior y constantemente somos “bombardeados” por partículas y objetos que llegan de fuera del planeta, la masa total que se gana o pierde es muy pequeña en comparación con la masa total de la Tierra. Desde esta perspectiva, no importa lo que hagamos, es difícil que lleguemos a alterar la masa del planeta.

Sin embargo, cada vez que ocurre un cambio químico, aunque la masa total no cambie, la naturaleza química de las sustancias involucradas se altera: algunas sustancias se consumen y otras se forman. En muchos casos, las nuevas sustancias son de gran utilidad en múltiples aplicaciones, y en otros, se generan productos que difícilmente se pueden reutilizar.

Por ejemplo, el petróleo que se extrae del subsuelo es una mezcla de cientos de sustancias diferentes. Algunas de ellas, como el octano, son excelentes combustibles y se les separa de la mezcla para fabricar gasolina. En el caso de un automóvil, la gasolina se combina en el motor con el oxígeno del aire produciendo dióxido de carbono y vapor de agua que escapan hacia el ambiente. En este proceso se genera la energía suficiente para mover el vehículo.

Si pudiéramos atrapar todo el dióxido de carbono y el agua que se producen, comprobaríamos que su masa total es idéntica a la de la gasolina y el oxígeno que reaccionaron en el tanque. El problema real es que las nuevas sustancias que se generan ya no pueden utilizarse como combustibles y hay que invertir una gran cantidad de energía para transformarlas de nuevo en oxígeno y octano.

Otros recursos, como los metales, se “consumen” de manera distinta. Para que una mina se considere productiva es necesario encontrar minerales que contengan el metal de interés en cierta concentración. Si la concentración es más baja que ese límite, el dinero y esfuerzo invertidos para extraerlos no compensa lo que se gana por procesarlos. Cada vez que se explota una mina, la cantidad de minerales con la concentración deseada disminuye en el planeta, aunque sin duda la masa total del metal sobre la Tierra no cambia (figura 1.39).

## Los conocimientos químicos son tentativos

Antes de que Lavoisier estableciera la Ley de conservación de la masa, los químicos pensaban que cuando un objeto o material se quemaba, una sustancia invisible llamada “flogisto” se consumía o escapaba. Lavoisier pensó que si esta idea era correcta, entonces la masa de todas las cosas debía ser más pequeña después de quemarlas. Sin embargo, en varios de sus experimentos encontró que, sorprendentemente, la masa de algunos materiales se incrementaba al quemarlos. Estos resultados contradictorios lo llevaron a otros experimentos que no sólo le

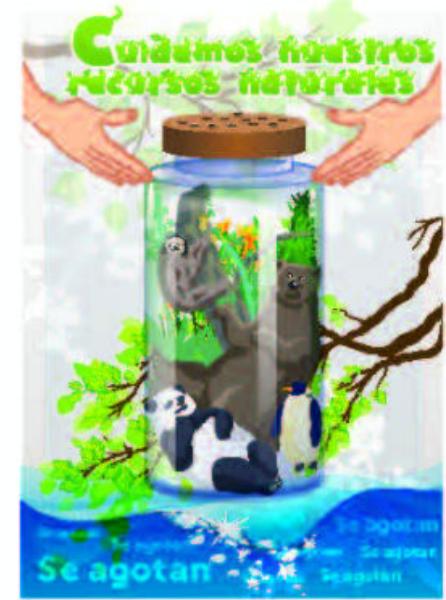


Figura 1.38 Aunque la masa se conserve, la supervivencia humana en el planeta dependerá de nuestra habilidad para conservar los recursos con que contamos.

**Sustentabilidad**



Figura 1.39 La industria minera se basa en la extracción de minerales de los que, por medios químicos, se separan sustancias metálicas. Estos minerales son recursos no renovables.

permitieron establecer la Ley de conservación de la masa, sino a entender el proceso de combustión. Con base en sus estudios, Lavoisier demostró que el flogisto no existía y que la combustión era el resultado de la reacción química entre los materiales y el oxígeno presente en el aire.

Los trabajos e ideas de Lavoisier en el siglo XVIII cambiaron la forma de pensar y trabajar de los químicos de manera fundamental. En particular, la propuesta de medir la masa de las sustancias con las que se trabaja tuvo una influencia determinante en el desarrollo de la Química moderna. Por ello, a este periodo de la historia de la Química se le conoce como **Primera Revolución de la Química**. En secuencias posteriores veremos que los químicos han cambiado su manera de pensar en diversas ocasiones a partir de los resultados de experimentos que contradicen sus ideas. El conocimiento químico, como todo conocimiento científico, es tentativo y está sujeto a cambios como resultado de la nueva información y el avance tecnológico. Para ilustrarlo, considera este otro ejemplo.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología a principios del siglo XX permitió transformar la materia en formas antes inimaginables. En particular, los avances tecnológicos permitieron explorar y transformar el interior de los átomos, que son los componentes de las sustancias. Estos trabajos fueron la base para el desarrollo de los procesos de **fisión** y **fusión atómicas** que liberan grandes cantidades de energía y que hoy se aprovechan en plantas de energía nuclear. Mediciones precisas de las masas de los combustibles nucleares antes y después de transformarlos muestran que la masa total no es la misma antes y después del proceso. En las "transformaciones nucleares" una pequeña cantidad de masa se transforma en grandes cantidades de energía. Estos resultados llevaron a los científicos a reformular la Ley de conservación de la masa en reacciones nucleares y les permitieron entender mejor la relación entre masa y energía.

### Glosario

**Fisión atómica:** proceso que rompe el núcleo de los átomos.  
**Fusión atómica:** significa unir los núcleos de dos átomos distintos.

### Salud



### En acción

#### Analiza: ¿Cómo cambian los métodos y las ideas?

La experimentación sistemática y la medición precisa se volvieron características distintivas de la Química moderna gracias a los trabajos de Lavoisier. No obstante, a lo largo de la historia los seres humanos han recurrido a otras estrategias para entender la naturaleza y aprovechar este conocimiento para mejorar sus condiciones de vida. Los aztecas, por ejemplo, utilizaban diversas plantas medicinales a las que nombraban empleando palabras con la terminación *patli* (medicina).

- Reúnete con un compañero y contesten.
- ¿Qué métodos consideran que seguían los aztecas para conocer las propiedades medicinales de las plantas?
- ¿En qué se diferencian esos métodos de los que utilizan los científicos en la actualidad?
- ¿A qué argumentos recurrían los aztecas para explicar la acción medicinal de las plantas?
- ¿Cuál es la diferencia entre estas explicaciones y las de los científicos de hoy?



El *cihuapatli* (*cihua* = mujer) se usaba para activar la función del útero durante el parto (el nombre científico de esta planta es *Montanoa tomentosa*).



El *totonicapatl* (*totoni* = fiebre) todavía se emplea para disminuir la fiebre (el nombre científico de esta planta es *Galphimia glauca*).

- Compartan sus respuestas en grupo y con su maestro.

### Cierre

#### Diseña y analiza: ¿La masa se conserva?

##### Introducción

Con el apoyo de una buena balanza, y algunas sustancias y materiales de uso casero, es posible diseñar experimentos que permitan verificar la Ley de conservación de la masa durante una reacción química. Una de estas reacciones puede iniciarse con bicarbonato de sodio y vinagre; otra reacción resulta al poner en agua una pastilla efervescente.

##### Propósito

Diseña un experimento para verificar la validez del principio de conservación de la masa.

##### Material

1 globo, 1 probeta, 1 balanza, 1 botella de plástico con tapa, agua, vinagre, bicarbonato de sodio y 1 pastilla efervescente.

##### Procedimiento

- Discutan qué materiales necesitan y cómo utilizarlos para comprobar que la masa se conserva después de mezclarlos en un sistema cerrado, pero no si la realizan en un sistema abierto. Consideren el manejo de residuos.
- Analicen cómo diseñarán el experimento para asegurar que ningún producto se escape de su sistema cerrado.
- Decidan qué propiedades necesitan medir antes y después del experimento para determinar si la masa total cambia o no.
- Escriban sus ideas en su cuaderno y discútanlas con el maestro antes de llevar a cabo sus experimentos.
- Registren en su cuaderno todas sus mediciones y observaciones.

##### Análisis de resultados y conclusiones

- Comparen las masas de su sistema antes y después de la reacción química. A partir de sus resultados argumenten si su experimento fue efectivo para confirmar la Ley de conservación de la masa.
- Analicen las ventajas y desventajas de su diseño experimental y, en su caso, propongan modificaciones para mejorarlo. Consideren el manejo de residuos.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Conozco la importancia del trabajo de Lavoisier y la medición de la masa en un sistema cerrado antes y después de cualquier proceso.			
2. Identifico las características de la Ley de conservación de la masa.			
3. Comprendo que los avances de la ciencia dependerán de las limitaciones culturales y sociales del entorno en el que se desarrollan.			

## Proyectos

En ciencias, los proyectos son un conjunto de actividades sistemáticas e interrelacionadas para reconocer y analizar una situación o problema, y proponer posibles soluciones. Además, brindan oportunidades para que reflexiones acerca de diferentes situaciones de tu entorno, y te conducen no sólo a saber indagar, sino también a actuar de manera informada y participativa (figura 1.40).

La intención es que integres y apliques los conocimientos adquiridos, fortalezcas tus habilidades al aplicar diferentes metodologías de investigación, identifiques situaciones problemáticas, plantees hipótesis, diseñas experimentos, identifiques variables, busques alternativas de solución, interpretes resultados, hagas uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), elabores generalizaciones y modelos, expreses tus ideas, establezcas juicios fundamentados y comuniques los resultados de tu proyecto, todo a partir del trabajo colaborativo.

Los siguientes son tres posibles tipos de proyectos.

- Proyectos científicos.** Desarrollarás actividades relacionadas con el trabajo científico formal al describir, explicar y predecir mediante investigaciones, algunos fenómenos o procesos naturales que ocurren en tu entorno. Con ellos se promueve la inquietud por conocer, investigar y descubrir, la perseverancia, la honestidad, la curiosidad, la minuciosidad, el escepticismo informado, la apertura a nuevas ideas, la creatividad, la participación, la confianza en ti mismo, el respeto, el aprecio y el compromiso.
- Proyectos tecnológicos.** Estos te permitirán estimular tu creatividad en el diseño y la construcción de objetos técnicos, e incrementarán tu dominio en el manejo de materiales y herramientas. Construir un producto técnico te permite atender alguna necesidad o evaluar un proceso, poniendo en práctica habilidades y actitudes que fortalecen tu disposición a la acción y al ingenio, para dar solución a problemas de preferencia sólo con los recursos disponibles, así como establecer relaciones costo-beneficio entre el ambiente y la sociedad.
- Proyectos ciudadanos.** Contribuyen a valorar de manera crítica las relaciones entre la ciencia y la sociedad a partir de una dinámica de investigación-acción, que te llevan a interactuar con otras personas para intervenir con éxito en situaciones con vecinos, consumidores o usuarios. Los contextos que se consideran en el desarrollo de los proyectos ciudadanos pueden ser locales (tu salón de clases, tu casa) o incluso tu ciudad o país.

Con la orientación de tu maestro, los proyectos te darán la oportunidad de:

- Comprender los alcances científicos y tecnológicos en diferentes contextos sociales a partir del estudio del desarrollo histórico.
- Obtener herramientas para la toma de decisiones fundamentadas, el cuidado del ambiente y la promoción de la salud con base en la integración de los contenidos estudiados y relacionados con el entorno.
- Comprender mejor ciertos fenómenos naturales desde su estudio y representación.

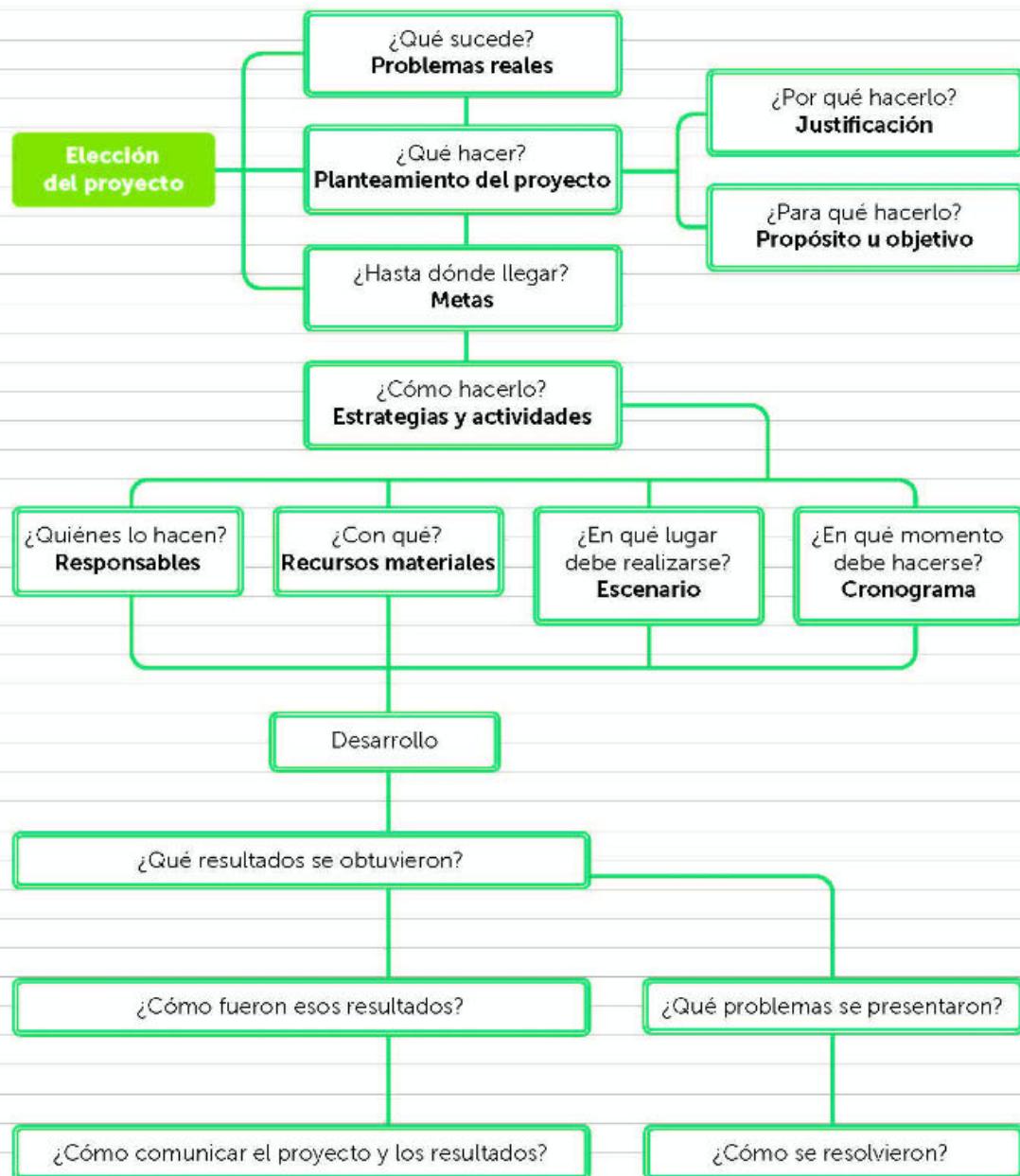


Figura 1.40 La mejor manera de desarrollar los proyectos en Ciencias es mediante el trabajo en equipo.

En todos los proyectos propuestos es importante que apliques los aprendizajes que obtuviste en el bloque. Recuerda que esta es sólo una guía para que los lleves a cabo con tu equipo de trabajo, pero puedes proponer otras alternativas para desarrollar tu proyecto.

También puedes elegir otra pregunta que deseas responder relacionada con los contenidos del bloque a partir de las propuestas de todos los integrantes del equipo y según sus inquietudes e intereses. Desde luego, la selección se debe vincular con su vida cotidiana.

En tus proyectos incluye las siguientes fases: planeación, desarrollo, comunicación y evaluación. Observa este esquema y considéralo como guía.



T

## ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente?

Lean lo siguiente.

En los últimos años, la producción mundial de sal superó los 200 millones de toneladas. La figura 1.41 muestra el porcentaje aportado por los 10 mayores productores del mundo, entre los que se encuentra nuestro país. Más de una tercera parte de la sal producida en el mundo se obtiene por evaporación del agua de mar, y la industria química utiliza casi 60% para sintetizar otros productos, como cloro y soda cáustica que se usan en la industria petroquímica y en la fabricación de vidrio. Las personas consumen alrededor de 30% en bebidas y alimentos y el resto de la sal se utiliza para deshielar calles y carreteras en países en zonas frías, así como en la purificación de agua.

La pureza de la sal obtenida por evaporación es cercana a 99.5% en cloruro de sodio (NaCl), y entre más pura la sal, más valiosa es. Una gran proporción de la sal producida en México es de alta pureza y se obtiene en las salineras localizadas en Baja California Sur, en Guerrero Negro.

En este proyecto, su trabajo se centrará en responder: *¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente?*

Recuerden que lo que se propone es una opción entre muchas de cómo abordar este proyecto. En el equipo pueden decidir otro camino para llevar a cabo su investigación.

### El reto

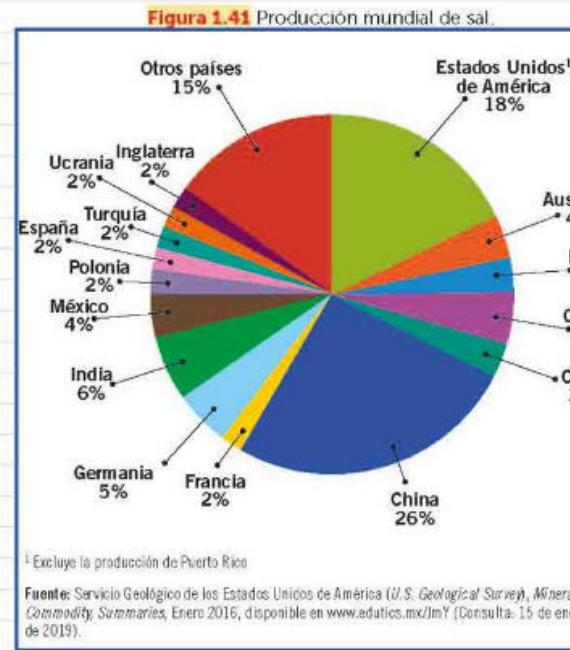
Imaginen que trabajan en una compañía interesada en instalar una nueva salinera en nuestro país, y han encargado a su equipo obtener información detallada sobre el tema en México con el fin de conocer su funcionamiento y hacer recomendaciones en torno a la construcción de una nueva planta.

### Planeación

Para iniciar su trabajo les recomendamos hacer una breve investigación para identificar las salineras que hay en nuestro país y elegir una de ellas. Una vez que hagan su elección, es importante que establezcan qué tipo de información deben obtener.

A continuación se enlistan temas que podrían considerar, junto con el tipo de preguntas a las que sería importante responder.

- **Geografía e historia:** ¿Dónde se ubica la salinera? ¿Qué poblaciones se encuentran cercanas a ella? ¿De qué tamaño es? ¿Cuánto tiempo lleva funcionando? ¿Quiénes son los propietarios?
- **Ecología:** ¿Qué tipo de flora y fauna se localiza en la región donde se ubica la salinera?
- **Funcionamiento:** ¿Cómo funciona la salinera? ¿Cuáles son sus métodos de extracción? ¿Cómo se purifica el producto? ¿Cómo se transporta de un sitio a otro?



- **Producción:** ¿Cuál es su producción anual? ¿Cuánta sal se produce por litro de agua de mar? ¿Cuál es la pureza de la sal que se obtiene? ¿Cuál es el costo de la sal producida?

- **Impacto económico:** ¿Cómo afecta la salinera la economía de la región? ¿Cuántos empleados trabajan en la salinera? ¿Qué tan importante es la contribución de la salinera en la producción nacional? (Figura 1.42)

- **Impacto ambiental:** ¿Cómo afecta la salinera el ambiente? ¿Cuál es el destino de los residuos generados durante la extracción de la sal?

- **Métodos alternativos:** ¿Qué otras estrategias se utilizan para producir sal? ¿Cuáles son sus ventajas y desventajas comparadas con las de una salinera?



**Figura 1.42** Nuestro país produce el 3% de la sal a nivel mundial.

Piensen otros temas y preguntas que consideren importante investigar y responder para entender cómo funciona la salinera que eligieron y cuál es su impacto en diferentes áreas. Planeen con sus compañeros cómo dividir el trabajo de investigación para hacer uso efectivo del tiempo y sus recursos disponibles.

### Desarrollo

#### a. Conexiones

Un objetivo central de los proyectos de investigación es aplicar los conocimientos que han adquirido en el bloque para aprender más sobre un sistema de interés, en este caso las salineras. Por ello es importante que realicen sus investigaciones buscando establecer conexiones con los conceptos e ideas de Química que se revisaron en clase. Seguramente encontrarán una gran variedad de ellas que resulten relevantes. A continuación se presentan ideas que pueden ser una guía en el desarrollo de su trabajo.

- **Aportaciones del conocimiento químico y tecnológico en la satisfacción de necesidades básicas.** Identifiquen los conceptos e ideas químicas principales que permiten el funcionamiento de la salinera.
- **Propiedades físicas de los materiales.** Analicen cómo los conocimientos sobre las propiedades físicas extensivas e intensivas del agua de mar y el cloruro de sodio se aprovechan en el funcionamiento de una salinera.
- **Mezclas y métodos de separación.** Describan los diferentes métodos de separación que se aplican en la salinera y la naturaleza de las diversas mezclas que se producen.
- **Concentración.** Discutan cómo se aprovechan los conocimientos sobre la concentración de sal en el agua de mar, así como el uso de radiación solar para separar la sal disuelta.
- **Conservación de la masa.** Analicen cómo los conocimientos sobre la conservación de la masa durante cambios físicos y químicos son útiles para predecir cuánta sal es posible producir a partir de cierto volumen de agua de mar.

#### b. Modelado

Para comprender cómo funciona una salinera y sus efectos ambientales, recomendamos que utilicen los aprendizajes adquiridos en sus investigaciones para diseñar y realizar algunos experimentos para modelar el proceso de extracción de sal.

A continuación se presentan algunas sugerencias, pero ustedes pueden proponer otros experimentos:

- **Preparación y comparación de disoluciones salinas.** Como parte del proceso de modelado pueden preparar disoluciones de sal con concentraciones similares a las que se obtienen en diferentes momentos durante el proceso de extracción de sal en una salinera. Una vez preparadas, deben comparar sus propiedades: densidad, viscosidad o punto de ebullición.
- **Elaboración de un evaporador solar.** Para entender e ilustrar el funcionamiento de una salinera pueden diseñar y construir un aparato que les permita extraer sal de disoluciones salinas mediante la energía solar.
- **Impacto sobre plantas verdes.** En esta etapa sugerimos diseñar experimentos para modelar el efecto de disoluciones salinas con diferentes concentraciones sobre el crecimiento de plantas verdes. Este tipo de experimentos ayudan a entender el efecto de desechar disoluciones con altas concentraciones de sal en un ecosistema.

#### Busca en...

[www.edutics.mx/4zf](http://www.edutics.mx/4zf)  
(Consulta: 15 de enero de 2019) donde encontrarás la Historia de la sal en México y datos para tu proyecto.



**Figura 1.43** Los equipos podrán exponer los resultados de sus investigaciones mediante una mesa redonda donde participe todo el grupo.

#### Evaluación

Durante la mesa redonda deberán evaluar de manera colectiva tanto el contenido como la calidad de cada presentación. Para ello, les recomendamos construir una rúbrica en la que describan los diferentes criterios (calidad de la información, presencia de conexiones con conceptos del bloque) que utilizarán para evaluar las presentaciones, así como diferentes niveles de competencia en cada área (insuficiente, bueno, excelente). Al finalizar su presentación cada equipo también deberá autoevaluarse.

Adicionalmente, al terminar el proyecto, es necesario que respondan el siguiente cuestionario en forma individual.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

#### Ánalisis y organización de la información

Organicen los resultados de las diferentes actividades de investigación y modelado de manera que respondan a la pregunta inicial en forma congruente y constructiva. Les recomendamos hacer una síntesis de los resultados más importantes, así como cuadros, gráficas y esquemas para organizar y resumir los resultados más significativos.

#### Comunicación

Su maestro organizará una mesa redonda en la que los diferentes equipos tendrán la oportunidad de exponer los resultados de sus investigaciones (figura 1.43). Es fundamental incluir información sobre cada uno de los temas que decidieron investigar, así como ilustrar con claridad las conexiones entre los conocimientos adquiridos en el bloque 1 y la información recopilada. También deben describir el tipo de experimentos que diseñaron y desarrollaron para modelar el funcionamiento de la salinera y su impacto ambiental. Por último, consideren las recomendaciones que harían a una compañía que quisiera instalar otra salinera en nuestro país.

## ¿Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente?



Sustentabilidad

Lean el siguiente fragmento del artículo "Agua, el recurso más valioso", de Verónica Guerrero Mothelet, publicado en la revista *¿Cómo Ves?*

Al reflexionar acerca de la cantidad de agua en el planeta sabemos que 75% de la superficie de la Tierra está cubierta por ella, con un volumen aproximado de 1 400 000 000 de kilómetros cúbicos. Pero, ¿por qué tanta insistencia sobre la importancia de cuidar el agua? El problema es que más de 97% de esta inmensa cantidad se encuentra en forma de agua salada en mares y océanos. Por si fuera poco, más de dos terceras partes del resto se ubica en el interior de la corteza terrestre, en las regiones polares, en forma de glaciares y en las nieves externas que cubren los picos de las montañas más altas. Menos de 1% es agua de ríos, lagos, pantanos y vapor atmosférico.

Otro punto que se debe resaltar es que su distribución por uso es muy irregular. A escala mundial, la agricultura emplea para la irrigación 66% del agua disponible, cantidad que puede aumentar hasta 90% en regiones áridas. Del 34% restante, 20% lo utilizan las industrias, 10% se destina al consumo doméstico y cerca de 4% simplemente se evapora.

Además, el crecimiento de las poblaciones, así como el aumento de la urbanización, han generado diversos peligros para nuestra reserva de agua dulce. En la actualidad, el ritmo de la producción industrial, con su desalojo de desechos contaminantes sobre cuerpos hídricos, el mal uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura y la sobreexplotación generalizada del agua han roto el equilibrio natural.

En México, según la Comisión Nacional del Agua, la disponibilidad de agua entubada *per cápita* se ha reducido desde la década de 1970 de 11 000 metros cúbicos anuales por habitante a 4 600, y se espera que esta cifra disminuya a 3 500 metros cúbicos por persona para el año 2030.

Fuente: Adaptado de Guerrero M., Verónica, "Agua, el recurso más valioso", en *¿Cómo ves?*, núm. 88, 2006, disponible en: [www.edutics.mx/4sY](http://www.edutics.mx/4sY) (Consulta: 15 de enero de 2019).

Ante esta situación mundial se plantea el siguiente problema: ¿Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente? (figura 1.44).

Recuerden que lo que a continuación se propone es una opción de las diversas respuestas o soluciones para este problema y que en equipo pueden decidir otro camino para realizar su proyecto.

La filtración es uno de los pasos más importantes en el proceso de purificación del agua en pueblos y ciudades. Los filtros especiales que se utilizan en las plantas de tratamiento de agua están diseñados para eliminar partículas sólidas, organismos microscópicos y sustancias disueltas que pueden ser nocivas para la salud. La fabricación de estos filtros se basa en el conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los materiales que se deben eliminar.



**Figura 1.44** ¿Qué método de separación de mezclas consideran más adecuado para recuperar y reutilizar el agua?

#### El reto

Una empresa dedicada a la fabricación de filtros te ha contratado para diseñar un dispositivo para purificar agua contaminada con tierra y lodo. El propósito es fabricar el filtro más efectivo, ligero y barato posible.

**Planeación****Busca en...**

www.edutics.mx/45Q  
www.edutics.mx/4zY  
www.edutics.mx/4dd (Consultadas: 21 de enero de 2019) donde encontrarás información de los filtros de agua.

Para facilitar el diseño de su filtro:

- Investigan la estructura y funcionamiento de los filtros de agua más comunes en casas e industrias, y cómo se filtra el agua de manera natural en el ambiente.
- Identifiquen qué tipo de objetos y materiales utilizarían para construir su filtro. Para ello consideren tanto objetos que permitan contener el agua como materiales que la filtren y seleccionen al menos tres materiales sólidos porosos que puedan empacarse dentro del filtro (grava, algodón, papel filtro, tela). Analicen las ventajas y desventajas que tendría emplear cada uno por separado o combinados.
- Acuerden cómo obtener los materiales y lean la siguiente propuesta de actividades para elaborar un cronograma que guíe su trabajo.
- Preparen un plan de trabajo que describa el tipo de pruebas que proponen antes de construir su filtro y los materiales que necesitarán para implantarlas. Presenten y discutan sus ideas con su maestro antes de iniciar sus experimentos.

**Desarrollo**

Para diseñar un buen filtro es fundamental realizar pruebas con diferentes materiales que retengan las partículas sólidas que se deben eliminar. También hay que determinar la cantidad mínima de material necesario para lograr el nivel de purificación deseado (figura 1.45).

- Preparen varias muestras de "agua sucia" mezclando agua con tierra. Recuerden que es importante trabajar con muestras de características similares para comparar los resultados. Mantengan una de las muestras como control durante sus experimentos.
- Diseñen un método para filtrar las muestras de agua a través de diferentes cantidades de uno de los materiales sólidos porosos que eligieron. Sean sistemáticos en la selección de la cantidad de material de filtración que utilizarán en cada una de sus pruebas (50 ml, 100 ml, etcétera).
- Filtran las muestras de agua sucia y colecten el líquido para analizarlo. Comparen las propiedades del agua filtrada con las del agua en su vaso de control.

Registren sus observaciones en su cuaderno, como en la tabla 1.13, para resumir sus resultados.



**Figura 1.45** A partir de una situación problemática, como la de reutilizar el agua, puedes buscar alternativas de solución. Para construir un dispositivo deberán considerar las propiedades de los materiales.

**Tabla 1.13 Registro del estudio de distintas muestras de agua**

	Volumen de líquido	Color	Olor	Transparencia	Presencia de sólidos
Control					
Muestra 1					
Muestra 2					
Muestra 3					

Hagan los experimentos necesarios para determinar la cantidad mínima de material de filtración requerido para obtener agua transparente a simple vista.

**Otras pruebas**

Repetan sus pruebas con los otros dos materiales que seleccionaron. En cada caso comparan la transparencia del agua cuando filtran muestras de agua sucia con diferentes cantidades de cada material. Recuerden que su objetivo es determinar la cantidad mínima de distintos materiales para obtener agua transparente a simple vista. Registren sus observaciones en una tabla como la anterior para cada material.

**Elaboración y puesta a prueba**

Con base en los resultados de sus pruebas de filtrado, diseñen y construyan el filtro más efectivo, ligero y barato posible. En este proceso es importante que:

- Consideren tanto la evidencia que obtuvieron en sus experimentos como los resultados de sus investigaciones respecto a la estructura de filtros comerciales.
- Lleven a cabo un estudio de mercado para estimar el costo de su filtro. Recuerden que se trata de diseñar un filtro efectivo y económico.
- Hagan las mediciones necesarias para identificar la combinación de materiales y el orden en que deben colocarse para producir un filtro efectivo pero ligero.
- Pongan en práctica su creatividad e inventiva.

**Ánalisis y organización de la información**

Organicen los resultados de las actividades de tal forma que den respuesta a la pregunta inicial de manera congruente y constructiva. Si encontraron más de lo que buscaban, piensen qué pregunta se responde con su información.

**Comunicación**

Reúnan la información y consideren cómo la presentarán, ya sea para elaborar cuadros, gráficas y reportes de lectura, entre otros. Pueden realizar una síntesis de los resultados más importantes.

El maestro organizará una "Feria del filtro" para que cada equipo presente su producto y muestre su funcionamiento y eficiencia. Es importante que acompañen su exposición con un esquema que muestre la estructura interna de su filtro y donde se explique el papel de cada componente.

**Evaluación**

Aprovechen la presentación para evaluar en grupo las ventajas y desventajas de cada uno de los filtros. Determinen cuál o cuáles representan el mejor balance entre confiabilidad, efectividad, durabilidad, ligereza, seguridad, impacto ambiental, costo y beneficios para la comunidad. Para concluir, respondan el siguiente cuestionario en forma individual.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

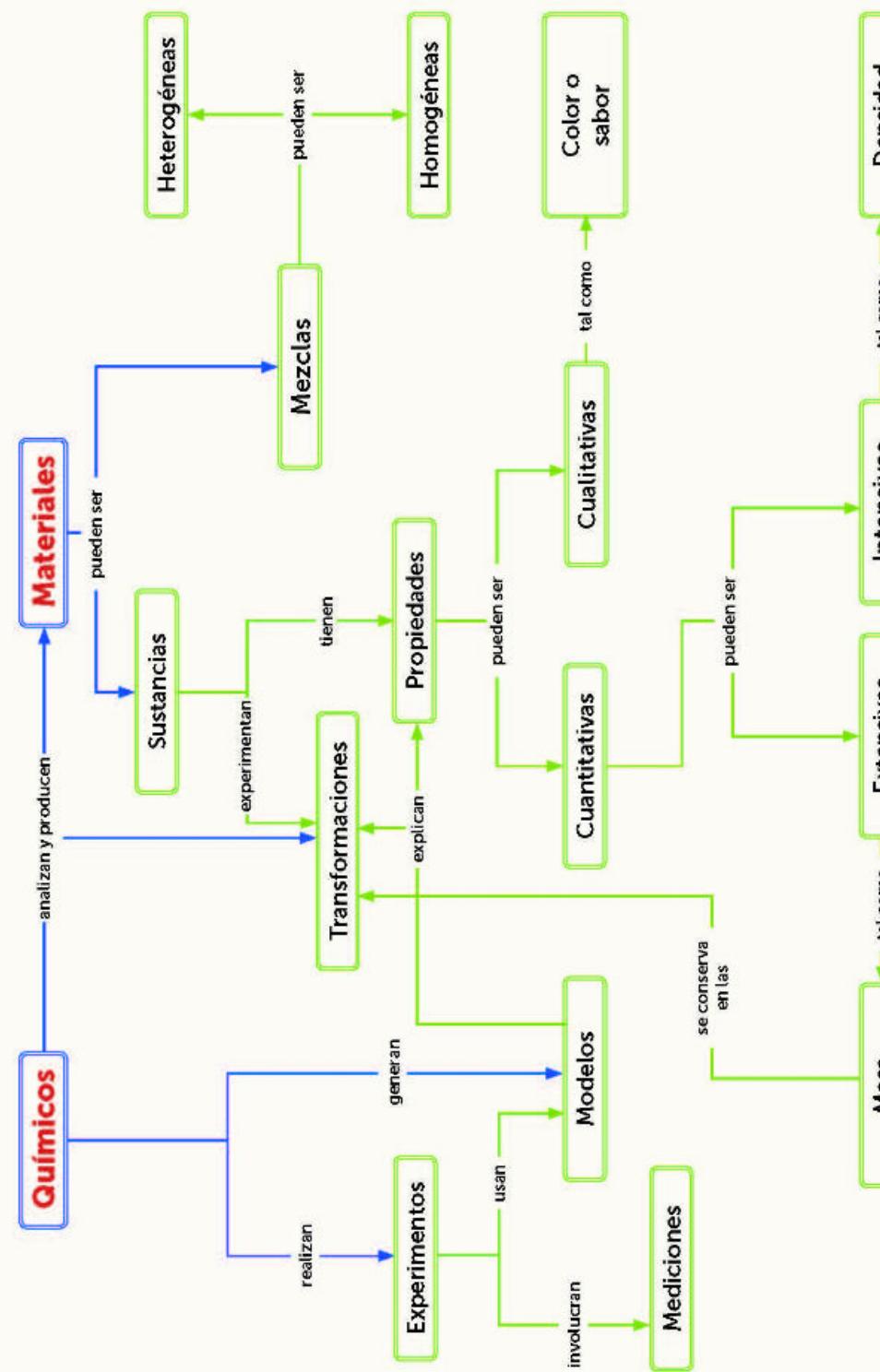
**Toma nota**

El carbón activado es un material poroso que se usa como agente decolorante y desodorizante. Las sustancias con color y olor disueltas en el agua penetran en los poros del carbón y quedan atrapadas en éstos. Este material se puede añadir al agua que se desea purificar y luego se filtra.

**Toma nota**

El alumbre es una sustancia química que forma un material gelatinoso cuando se mezcla con un poco de cal en agua. Este material se deposita en el fondo del vaso y al hacerlo arrastra consigo otras partículas suspendidas en el agua. Por ello se usa para purificar este líquido.

El siguiente mapa conceptual resume las ideas centrales de este bloque.



El desarrollo de las computadoras ha transformado la actividad científica en nuestra época. Así, la posibilidad de efectuar en segundos miles de cálculos matemáticos y representar los resultados en una pantalla ha abierto las puertas a un área de investigación científica basada en "simulaciones computacionales". Una simulación es una herramienta que usa modelos para estudiar el comportamiento de un sistema.

### Modelo cinético de partículas

¿Qué tal si exploras el modelo cinético de partículas usando una simulación computacional? Para ello abre la página

<http://www.edutics.mx/488>

Esta simulación requiere que tu computadora tenga el plugin **flash** que se puede bajar de internet sin costo. Una vez que abras la página de la simulación, lee las instrucciones en el botón "?" para aprender a usarla.

Este simulador te permitirá estudiar la relación entre distintas variables en el modelo cinético de partículas, como número y masa de partículas, fuerza de atracción entre las partículas, temperatura y volumen. En forma similar a como se trabaja en un laboratorio, al usar simulaciones es importante hacer "experimentos" en los que se controlen las variables del sistema. Esto implica observar el efecto de cambiar el valor de una variable cuando se mantiene constante el valor de las demás. Como ejemplo, haz los siguientes experimentos.

#### Experimento 1. Efecto del número de partículas sobre la presión

1. Coloca cinco partículas en el recipiente de la simulación y deja que la presión se estabilice. Registra en tu cuaderno el valor de la presión (ésta siempre varía un poco; registra un valor promedio).
2. Incrementa el número de partículas de cinco en cinco y observa el efecto sobre la presión. Siempre deja que la presión se estabilice, registra tus resultados en la tabla y describe en palabras lo que pasa. Explica tus observaciones.

#### Experimento 2. Efecto de la temperatura sobre la presión

1. Coloca 10 partículas en el recipiente de la simulación y permite que la presión se estabilice. Escribe en la tabla el valor de la presión y la temperatura. La temperatura inicial es de 300 °C.
2. Modifica la temperatura en incrementos de 200 °C y observa el efecto sobre la presión. Registra tus resultados en la tabla y describe qué pasa; explica tus observaciones.

Discute con tus compañeros qué otros experimentos podrían hacer. Consideren el efecto sobre la presión de otras variables, como el volumen, la fuerza de atracción entre partículas y la masa de las partículas.

### Más simulaciones:

También pueden explorar otras simulaciones en estas páginas:

<http://www.edutics.mx/48X> y <http://www.edutics.mx/48B>

Ambas requieren el plugin de java que se obtiene sin costo en internet.

## Respuestas

Llena el óvalo de la respuesta correcta



Contaminante	Concentración (ppm)
Límite máximo permitido	0.049
Aparición de síntomas	0.49
Problemas graves	1.29

Fuente: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Toxicological profile for Mercury, 1999, disponible en [www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/mex/mer.html](http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/mex/mer.html) (Consulta: 21 de enero de 2019).

- A** **B** **C** **D**

4. ¿La concentración de mercurio en la sangre del trabajador, del problema anterior, representa un riesgo para su salud?

A) No, puesto que la concentración es menor que el límite permitido.  
B) Sí, porque la concentración de mercurio es mayor que el límite permitido y puede generar problemas graves de salud.  
C) Sí, puesto que la concentración es mayor al límite permitido y es probable que aparezcan los primeros síntomas de intoxicación.  
D) No, porque la concentración está en el límite permitido y el organismo aún no se afecta.

**A** **B** **C** **D**

5. En un viaje a la Selva Lacandona, un grupo de investigadores descubre una especie de planta con grandes flores color azul intenso y fragancia penetrante. Los científicos toman muestras de las flores y las llevan al laboratorio para extraer las sustancias que dan esa fragancia. ¿Qué técnica deben llevar a cabo para separar las sustancias, considerando que éstas pueden ser líquidas?

A) Extracción, porque se basa en la diferencia de solubilidades que tienen las sustancias de la mezcla.  
B) Filtración, porque las sustancias se pueden retener en un papel filtro aprovechando la diferencia en tamaño de partículas.  
C) Decantación, porque las sustancias se quedan en el fondo de un recipiente por ser más densas que el resto.  
D) Cristalización, porque las sustancias son líquidas y no forman cristales.

Lee y contesta lo que se pide.

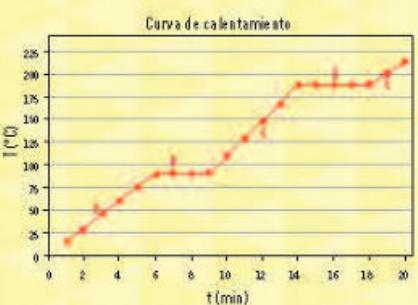
La gráfica de la derecha muestra el porcentaje de supervivencia de niños a los que se les diagnosticó cáncer de hueso en el periodo 1940-1995. Los tratamientos de cáncer con sustancias químicas (quimioterapia) se empezaron a desarrollar en la década de 1960.

1. Con base en esta información analiza y comenta el impacto de los desarrollos en Química en la salud humana.

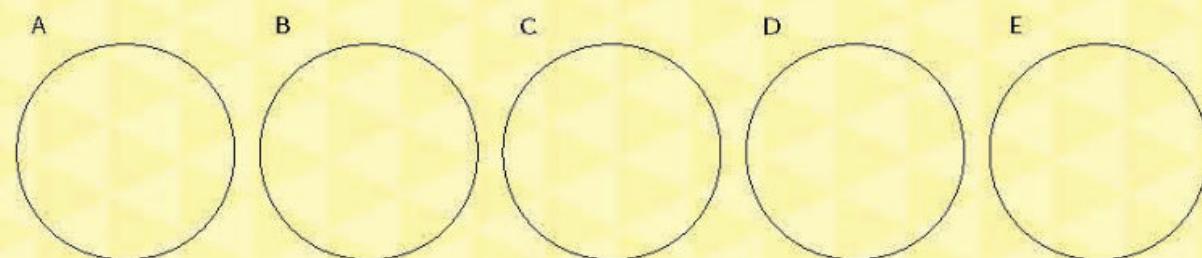


Durante una investigación policiaca se descubre un polvo sobre los muebles de una casa. Con el fin de identificarlo, los investigadores lo calientan para determinar sus puntos de fusión y ebullición. La gráfica de temperatura contra tiempo que se muestra ilustra los cambios durante el calentamiento.

2. Identifica los estados de agregación presentes en las cinco distintas regiones marcadas sobre la gráfica. ¿Cuál es el punto de ebullición?



3. Con base en el modelo cinético corpuscular, haz representaciones a nivel nano de cómo se verían las partículas de esta sustancia a las temperaturas correspondientes a las zonas A, B, C, D y E en la gráfica 16.



4. La tabla muestra las temperaturas de fusión de distintas sustancias. Analiza la información de la gráfica y de la tabla para determinar la identidad del polvo encontrado. ¿De qué sustancia se trata?

Sustancia	Temperatura de fusión (°C)
Acero	1535
Aluminio	660
Cobre	1083
Plata	961
Plomo	327
Plástico	300
Aluminio fundido	660
Acero fundido	1535
Cobre fundido	1083
Plata fundida	961
Plomo fundido	327
Plástico fundido	300

Sustancia	Temperatura de fusión (°C)
Cocaína	90
Aspirina	136
Glucosa	146
Cafeína	237

## Las propiedades de los materiales y su clasificación química

1

### Tema 1. Clasificación de los materiales

- Mezclas y sustancias puras: compuestos y elementos.

#### Aprendizajes esperados

- Establece criterios para clasificar materiales cotidianos en mezclas, compuestos y elementos considerando su composición y pureza.
- Representa y diferencia mezclas, compuestos y elementos con base en el modelo corpuscular.

#### Temas transversales

- Educación para la salud.
- Educación ambiental para la sustentabilidad.

2

### Tema 2. Estructura de los materiales

- Modelo atómico de Bohr.
- Enlace químico.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica los componentes del modelo atómico de Bohr (protones, neutrones y electrones), así como la función de los electrones de valencia para comprender la estructura de los materiales.
- Representa el enlace químico mediante los electrones de valencia a partir de la estructura de Lewis.
- Representa mediante la simbología química elementos, moléculas, átomos, iones (aniones y cationes).

3

### Tema 3. ¿Cuál es la importancia de rechazar, reducir, reusar y reciclar los metales?

- Propiedades de los metales.
- Toma de decisiones relacionada con: rechazo, reducción, reuso y reciclado de metales.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica algunas propiedades de los metales (maleabilidad, ductilidad, brillo, conductividad térmica y eléctrica) y las relaciona con diferentes aplicaciones tecnológicas.
- Identifica en su comunidad aquellos productos elaborados con diferentes metales (cobre, aluminio, plomo, hierro), con el fin de tomar decisiones para promover su rechazo, reducción, reuso y reciclado.

4

### Tema 4. Segunda revolución de la Química

- El orden en la diversidad de las sustancias: aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica el análisis y la sistematización de resultados como características del trabajo científico realizado por Cannizzaro, al establecer la distinción entre masa molecular y masa atómica.
- Identifica la importancia de la organización y sistematización de elementos con base en su masa atómica, en la tabla periódica de Mendeleiev, que lo llevó a la predicción de algunos elementos aún desconocidos.
- Argumenta la importancia y los mecanismos de la comunicación de ideas y productos de la ciencia como una forma de socializar el conocimiento.

5

### Tema 5. Tabla periódica: organización y regularidades de los elementos químicos

- Regularidades en la tabla periódica de los elementos químicos representativos.

#### Aprendizajes esperados

- Carácter metálico, valencia, número y masa atómica.
- Importancia de los elementos químicos para los seres vivos.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica la información de la tabla periódica, analiza sus regularidades y su importancia en la organización de los elementos químicos.
- Identifica que los átomos de los diferentes elementos se caracterizan por el número de protones que los forman.
- Relaciona la abundancia de elementos (C, H, O, N, P, Si) con su importancia para los seres vivos.

6

### Tema 6. Enlace químico

- Modelos de enlace: covalente e iónico.

- Relación entre las propiedades de las sustancias con el modelo de enlace: covalente e iónico.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica las partículas e interacciones electrostáticas que mantienen unidos a los átomos.

- Explica las características de los enlaces químicos a partir del modelo de partición (covalente) y de transferencia de electrones (iónico).

- Identifica que las propiedades de los materiales se explican a través de su estructura (atómica, molecular).

- Relaciona la abundancia de elementos (C, H, O, N, P, Si) con su importancia para los seres vivos.

P

### Proyecto. Ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas opcionales)\* integración y aplicación

- ¿Cuáles elementos químicos son importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo?

- ¿Cuáles son las implicaciones en la salud o el ambiente de algunos metales pesados?

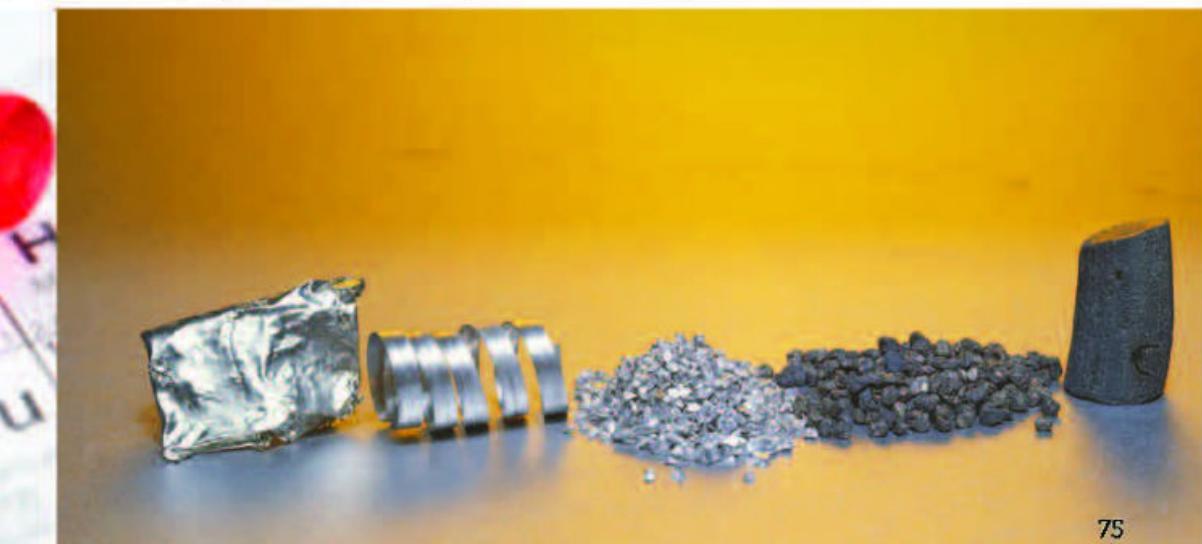
#### Aprendizajes esperados

- A partir de situaciones problemáticas, plantea preguntas, actividades, desarrollar y recursos necesarios, considerando los contenidos estudiados en el bloque.

- Plantea estrategias con el fin de dar seguimiento a su proyecto, reorientando su plan en caso de ser necesario.

- Argumenta y comunica, por diversos medios, algunas alternativas para evitar los impactos en la salud o el ambiente de algunos contaminantes.

- Explica y evalúa la importancia de los elementos en la salud y el ambiente.





**Figura 2.1** El nitrógeno (arriba) y el dióxido de carbono (abajo) son sustancias diferentes. ¿Cómo propondrías clasificarlas?

# Clasificación de los materiales

## Mezclas y sustancias puras: compuestos y elementos

La mayoría de las sustancias naturales están mezcladas en los materiales que componen todo lo que nos rodea (seres vivos, como animales y plantas, y materia inerte, por ejemplo rocas y minerales). ¡Tan sólo en el aire que respiramos hay más de 16 sustancias distintas! Muchas otras se han sintetizado en laboratorios de Química, donde día con día se producen sustancias que nunca antes habían existido sobre la Tierra. El número de sustancias naturales y sintéticas que se han identificado en nuestro planeta es impresionante: más de 70 millones de sustancias distintas.

De acuerdo con su pureza, los científicos han dividido los materiales en mezclas y sustancias (figura 2.1). En Química, el término **sustancia** se refiere a materiales puros que no se pueden separar en componentes más simples por medios físicos, esto es, sin alterar su composición química. En la vida cotidiana, los materiales que nos rodean y que utilizamos son mezclas, como lo vimos en el bloque anterior. Obtener una sustancia pura es difícil y costoso. Sin embargo, los químicos han desarrollado métodos de separación que permiten obtener sustancias con alto grado de pureza. ¿Te has preguntado qué sustancias tienen las mezclas que usas a diario?



### Situación inicial

#### Investiga: ¿De qué sustancia se trata?

1. En la tabla 2.1 se incluyen mezclas que de seguro utilizas o consumes todos los días. Investiga cuáles son las sustancias que las componen. Complétala en tu cuaderno y piensa para qué las usas.

**Tabla 2.1 Mezclas y sus componentes**

Mezclas	Sustancias componentes principales
Sal de mesa	
Aire	
Acero	
Alcohol medicinal	
Bolsa de plástico	
Vinagre	

2. Compara tus resultados con los de otros compañeros.



### Desarrollo

#### Compuestos y elementos, ¿en qué se diferencian?

Durante tu investigación, seguro encontraste nombres de sustancias como nitrógeno, cloruro de sodio y agua. Desde hace cientos de años los químicos han reconocido que hay sustancias que no pueden descomponerse en otras más simples por medios físicos, pues no son mezclas. Sin embargo, han logrado descomponer sustancias en otras más elementales a partir de **métodos químicos**, esto es, procedimientos que alteran la naturaleza química de las sustancias analizadas.

Las sustancias que se pueden separar en otras sustancias más simples por medios químicos se llaman **compuestos**. El azúcar, el cloruro de sodio, el agua y el dióxido de carbono son ejemplos comunes de compuestos químicos. El azúcar, por ejemplo, puede descomponerse en carbono, hidrógeno y oxígeno; el cloruro de sodio, en sodio y cloro, y el agua da lugar a hidrógeno y oxígeno cuando a través de ella se pasa una corriente eléctrica. ¿Cuáles consideras que son los productos de la descomposición del dióxido de carbono?

El resultado de la descomposición de compuestos químicos son sustancias que ya no pueden descomponerse en otras más simples por medios físicos o químicos, y se conocen como **elementos químicos**. El hidrógeno, el oxígeno, el carbono, el sodio, el cloro, el yodo, el oro, la plata, el aluminio, el cobre, el hierro y el cinc, entre otros, pertenecen a este grupo.

El análisis de los millones de sustancias químicas naturales y sintéticas que nos rodean ha revelado que la mayoría son compuestos químicos. De hecho, en la Naturaleza sólo existen unos 100 elementos químicos distintos y uno de los grandes logros de la Química ha sido descubrir que todos los compuestos químicos conocidos están formados por combinaciones diversas de esta centena de elementos.



### En acción

#### Transforma y analiza: ¿Qué sustancias se obtienen?

##### Introducción

El yoduro de potasio es una sal cristalina diferente al cloruro de sodio que usamos para condimentar alimentos, pues en vez de sodio y cloro contiene yodo y potasio. Esta sal se disuelve con facilidad en agua y se emplea en fotografía para fabricar blanqueadores e intensificadores. Para separar el yodo y el potasio, que forman el yoduro de potasio, utilizarás el método de análisis químico conocido como **electrólisis**, en el que se requiere energía eléctrica para descomponer la sustancia en sus componentes elementales (como lo estudiaste en el bloque 1). Las minas sumergidas en la disolución se conocen como electrodos y si el método es exitoso, debe haber evidencias de que en cada una de ellas se forman nuevas sustancias.



##### Propósito

Utiliza la electrólisis para descomponer el yoduro de potasio en sus componentes.

##### Material (con ayuda del maestro consigan las siguientes sustancias)

Un poco de yoduro de potasio, 2 minas gruesas para lapicero, 1 pila de 9 V, 2 caimanes, agua, 1 vidrio de reloj, 1 varilla de vidrio o madera (como agitador).

##### Procedimiento

1. En equipos, coloquen la muestra de yoduro de potasio sobre el vidrio de reloj y añadan un poco de agua para disolverla con el agitador. No toquen los cristales de yoduro de potasio y mantengan su cara a distancia, porque causan irritación en el tracto respiratorio, piel y ojos.
2. Pongan las minas dentro de la disolución, separadas de 2 a 3 cm una de otra.
3. Construyan un circuito eléctrico con la pila y los caimanes, como se muestra en la imagen.
4. Observen los cambios en la disolución de agua con yoduro de potasio y en las minas conectadas a la pila. Registren sus resultados en su cuaderno.

### Busca en...

www.edutics.mx/47U (Consulta: 21 de enero de 2019) donde encontrarás un artículo que indica el número de sustancias químicas que existían hasta 2012, tanto naturales como sintéticas y que los científicos han identificado hasta ese momento.

**Ánálisis de resultados y conclusiones**

5. Analicen los resultados en grupo y respondan.

- ¿Qué tipo de mezcla se formó?
- ¿Cuál compuesto es el soluto y cuál el disolvente?
- ¿Qué evidencias encontraron respecto a la formación de nuevas sustancias?
- ¿Qué sustancia se obtuvo en cada electrodo? Expliquen su propuesta.
- ¿Qué características tiene cada sustancia generada durante la electrólisis?
- ¿Cuáles son las características del yoduro de potasio respecto al compuesto original?

**Manejo de residuos**

Coloquen la disolución de agua con yoduro de potasio sobrante en el recipiente que indique su maestro. El resto de los materiales deben limpiarse y guardarse para su próximo uso.

**Glosario**

**Símbolo químico:** expresión de una o dos letras que representa a un elemento químico.

**Representaciones a través de símbolos y fórmulas químicas**

La necesidad de informar cuáles son los constituyentes básicos de las sustancias (su **composición química**) de manera sistemática, eficiente e inequívoca ha llevado a los químicos a desarrollar un sistema de **símbolos químicos** para representarlas. Por ejemplo, es más fácil escribir "C", cuando nos referimos al carbono, que su nombre completo. Aunque el origen de estos símbolos es diverso, en la actualidad se usan los mismos en todo el mundo, y están representados en la famosa tabla periódica, que es donde se organizan todos los elementos conocidos que más adelante estudiás con detalle (figura 2.2).

La combinación de dos o más símbolos distintos se utiliza para representar los compuestos químicos e indicar su composición química, en función de cuántos elementos forman cada compuesto. Un ejemplo es el agua, compuesto que se simboliza como  $H_2O$ , lo que significa que está constituido por dos elementos químicos distintos: hidrógeno (H) y oxígeno (O). Los subíndices indican que cada partícula de agua está formada por 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno. Analiza otros ejemplos en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Sustancias y fórmulas químicas**

Sustancia	Nombre	Fórmula química	Composición de cada molécula
Componente principal del gas natural	Metano	$CH_4$	1 átomo de carbono (C) 4 átomos de hidrógeno (H)
Contaminante atmosférico de color rojo pardo	Dióxido de nitrógeno	$NO_2$	1 átomo de nitrógeno (N) 2 átomos de oxígeno (O)
Componente esencial de las bebidas alcohólicas	Etanol	$C_2H_6O$	2 átomos de carbono (C) 6 átomos de hidrógeno (H) 1 átomo de oxígeno (O)

B	C	N	O	F
Boro	Carbono	Nitrógeno	Oxígeno	Flúor
Al	Si	P	S	Cl

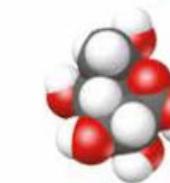
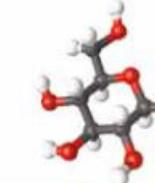
Al	Si	P	S	Cl
Aluminio	Silicio	Fósforo	Azufre	Cloro

**Figura 2.2** Muchos de los nombres de los elementos químicos se representan con la primera o las primeras letras de su nombre en latín.

Los símbolos como  $H_2O$  o  $NO_2$  también se denominan **fórmulas químicas** de las sustancias.

Si hay que distinguir al lenguaje de la Química de otras formas de comunicación científica es el uso de dibujos o imágenes para ilustrar la composición y estructura de las sustancias químicas, en especial cuando se representan a nivel submicroscópico o nano.

Estas ilustraciones presentan formas muy variadas, según los detalles que se quieran enfatizar, como el tipo de átomos que forman una molécula, o cómo se unen entre sí o se orientan en el espacio (**estructura**). Gracias a los avances tecnológicos en ilustración computarizada, en la actualidad es posible generar imágenes sorprendentes de átomos o grupos de partículas (figura 2.3).

**Figura 2.3** Los químicos utilizan representaciones para mostrar la estructura de las moléculas. La de la izquierda es el modelo de barras y la de la derecha, el modelo de esferas para la misma molécula.**En acción****Investiga y aplica: ¿Cómo lo represento?**

La Química nos permite explicar fenómenos a nivel macroscópico (lo que vemos) con modelos y descripciones de lo que sucede a nivel submicroscópico o nano (el mundo de los átomos) mediante símbolos para representar y comunicar ideas. Aprender a distinguir estos tres niveles de representación en Química es importante. ¿Qué tan bien puedes hacerlo?

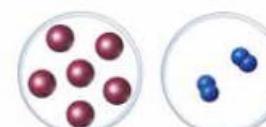
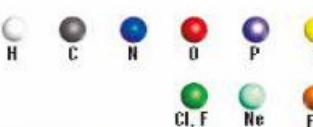
1. Completa la información de la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Representación química		
Macroscópico	Nanoscópico	Simbólico
Gas incoloro e insípido producto de la respiración aeróbica.		Escribe la fórmula de esta sustancia: _____ Dióxido de carbono
Gas incoloro, inodoro e insípido y tóxico, producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles.	Dibuja tres representaciones moleculares de esta sustancia:	CO Monóxido de carbono
Investiga las características observables de esta sustancia.		NH <sub>3</sub> Amoniaco

2. Compara tus resultados con los de un compañero y verifiquen con ayuda de su maestro.

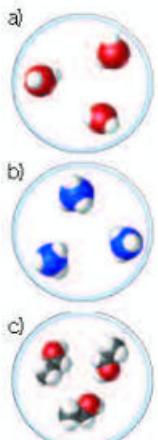
**Representación de elementos y compuestos**

La diferencia entre elementos y compuestos químicos puede explicarse mediante modelos que representen su composición a nivel submicroscópico o nano, pues la diferencia radica en la composición y estructura de las partículas que los constituyen. De acuerdo con el modelo cinético de partículas o corpuscular (figura 2.4), todas las sustancias están constituidas por partículas en movimiento; sin embargo, la composición y estructura de éstas depende de la sustancia de que se trate. Por ejemplo, las partículas de distintos elementos están conformadas por diferentes tipos de átomos. Para indicar esta diferencia es común utilizar colores distintos en la representación esquemática de átomos de diversos tipos (figura 2.5). Desde luego, lo anterior no significa que los átomos tengan color o que el oxígeno sea rojo porque sus átomos se representen con ese color.

**Figura 2.4** En general llamamos partículas a las unidades independientes que conforman a los elementos o compuestos.**Figura 2.5** Los átomos de distintos elementos se representan utilizando esferas de distinto color.



**Figura 2.6** El bromo es un elemento químico que forma moléculas con dos átomos; es decir, diatómicas ( $\text{Br}_2$ ).



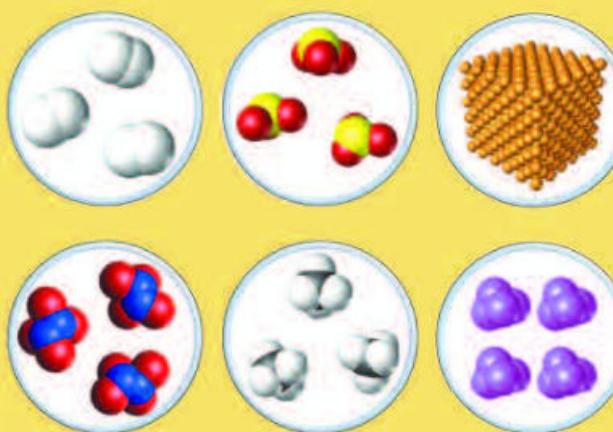
**Figura 2.7** Representaciones de a) agua, b) amoniaco y c) etanol.



### En acción

#### Decide: ¿Elemento o compuesto?

Recuerda que la Química nos explica fenómenos a nivel macroscópico (lo que vemos) con modelos y descripciones de lo que ocurre a nivel nanoscópico (el mundo de átomos y moléculas) mediante símbolos para representar y comunicar ideas. Como lo estudiaste en tu curso de Ciencias 2, el modelo corpuscular de la materia es de gran utilidad para construir estas representaciones.



Representaciones a nivel submicroscópico o nano de varias sustancias.

Una característica común de todos los elementos químicos es que sus partículas están formadas por un solo tipo de átomos y son idénticas entre sí; sin embargo, estas partículas pueden tener diferente estructura, según el elemento de que se trate. En una muestra de oro, por ejemplo, todas las partículas están conformadas por un solo átomo de este elemento; en cambio en una muestra de azufre, cada partícula está constituida por ocho átomos del elemento unidos entre sí, y cada partícula del oxígeno que respiramos contiene dos átomos de oxígeno unidos.

Cuando las partículas de un elemento contienen más de un átomo, estos están unidos en un grupo que se denomina **molécula** (figura 2.6). Con el fin de representar la estructura de las partículas que constituyen cada elemento, los químicos usan fórmulas. Así, la fórmula del elemento oxígeno es  $\text{O}_2$ , lo cual indica que la sustancia está conformada por moléculas con dos átomos de oxígeno cada una. La fórmula del azufre es  $\text{S}_8$  y la del oro, simplemente  $\text{Au}$ .

Como los elementos están constituidos por átomos del mismo tipo, ya sea por sí solos o unidos formando moléculas no hay manera de separarlos en sustancias más simples. En cambio, en los compuestos la separación es posible gracias a que sus partículas están constituidas por dos o más tipos de átomos. Todas las partículas de un compuesto son idénticas entre sí, pero en cada una hay al menos dos átomos distintos; en el caso de representarlas con esferas de colores habrá tantos colores como tipos de átomos (para entenderlo mejor, observa las representaciones de la figura 2.7).

Para representar la composición química de las moléculas de estos compuestos también se usan fórmulas, las cuales indican el número de átomos de cada elemento presentes en cada molécula. La fórmula del amoniaco es  $\text{NH}_3$ , lo cual indica que cada molécula del compuesto contiene un átomo de nitrógeno (símbolo N) y tres átomos de hidrógeno (símbolo H). Las moléculas de etanol están conformadas por dos átomos de carbono (símbolo C), seis átomos de hidrógeno (símbolo H) y uno de oxígeno (símbolo O); por tanto, la fórmula química de este compuesto es  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . Es necesario mencionar que el número uno no se escribe en las fórmulas. Como puedes observar, las fórmulas químicas facilitan la distinción entre elementos y compuestos, pues aquellas que tienen más de un elemento químico corresponden a compuestos químicos.

1. Analiza en cada imagen la composición y estructura de las partículas y decide si se trata de la representación de un elemento o un compuesto.
2. Escribe la respuesta en tu cuaderno; asigna la fórmula química que le corresponde a cada sustancia (consulta el código de colores que representa a cada átomo en la página 79), el tipo de sustancia y justifica brevemente tu respuesta.
3. Usa las fórmulas químicas de las siguientes sustancias:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ , para clasificarlas como elementos o compuestos y construir una representación nanoscópica de cada una. Utiliza el código de colores para representar los distintos tipos de átomos.

### Representaciones de mezclas

La mayoría de las sustancias en nuestro planeta son compuestos químicos, lo más común es encontrarlos formando mezclas que contienen dos o más sustancias distintas; éstas pueden ser solamente elementos, solo compuestos o combinaciones de ambos tipos de sustancias. Las imágenes de la figura 2.8 muestran representaciones a nivel nanoscópico de estos tres tipos de mezclas:

Si observas con atención esas representaciones notarás que hay una diferencia fundamental entre mezclas y sustancias (elementos o compuestos). Las partículas que constituyen una mezcla son diferentes; en una mezcla siempre se encontrarán partículas de, al menos, dos tipos distintos. Por ejemplo, el primer círculo de estas imágenes representa una mezcla de elementos: contiene partículas de el oxígeno ( $\text{O}_2$ ), que por el código de colores para elementos están representadas en rojo, y hay también partículas de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), representadas en azul. En el segundo círculo se representa una mezcla de compuestos, ya que contiene partículas de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). ¿Qué partículas se mezclan en el tercer caso?

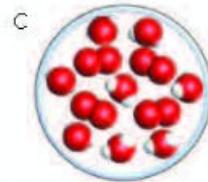
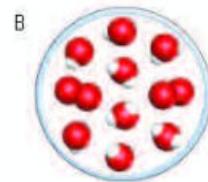
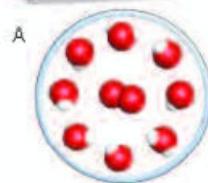
Como las mezclas contienen diferentes tipos de partículas que no están unidas unas con otras, es posible separar sus componentes individuales por métodos físicos, como ya estudiaste en el bloque anterior. Lo único que hay que hacer es encontrar el método adecuado que nos permita separar un tipo de partículas de otras, ya sea por diferencias de tamaño, por diferencias en su composición y estructura química, o por la manera en que interactúan entre sí o con otras partículas (figura 2.9). Como imaginarás, estos métodos no sirven para separar los distintos tipos de átomos que forman las partículas en un compuesto; estos átomos están enlazados unos a otros y es necesario utilizar medios químicos para separarlos como la electrólisis que hiciste para separar el yoduro de potasio en los elementos que lo forman: yodo y potasio, al inicio del tema.



**Figura 2.8** Representaciones a nivel nanoscópico de tres tipos de mezclas.

**Figura 2.9** ¿La neblina y los aceites vegetales que muestran estas imágenes son sustancias puras o mezclas?

Como estudiaste en el bloque anterior, una **disolución** es una mezcla homogénea que tiene un disolvente, que es el componente en mayor proporción, y uno o más solutos, es decir, las sustancias disueltas en aquél.



Tanto el disolvente como el soluto pueden ser líquidos, sólidos o gases, pero es el estado de agregación del disolvente lo que determina el estado de la mezcla. El agua es el disolvente común en la mayoría de las disoluciones presentes en forma natural o que se preparan en el laboratorio de Química; se habla entonces de disoluciones acuosas y se encuentran, por tanto, en estado líquido.

Dado que las propiedades de una mezcla dependen de la proporción en la que se encuentran sus componentes, cuando se trabaja con disoluciones es importante conocer la concentración de los solutos. La **concentración del soluto** es una medida de la cantidad de esta sustancia presente en una unidad de volumen de la disolución.

A nivel nanoscópico, a mayor concentración del soluto, más partículas de esta sustancia estarán presentes en un cierto volumen de la mezcla. La figura 2.10 muestra representaciones a nivel nanoscópico de distintas disoluciones de oxígeno ( $O_2$ ) en agua ( $H_2O$ ). Como podrás observar, si tenemos el mismo volumen de cada disolución, en la disolución C hay el doble de moléculas de oxígeno que en la disolución B, y en ésta hay el doble de moléculas de oxígeno que en la disolución A. Esto quiere decir que la concentración de oxígeno en la disolución C es dos veces mayor que la concentración en la disolución B y cuatro veces mayor que la concentración en la disolución A.

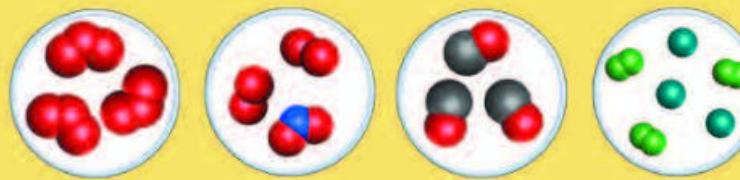


### En acción

#### Clasifica y representa: ¿Reconoces mezclas diferentes?

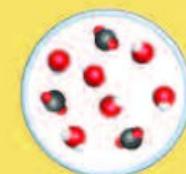
##### 1. Observa.

Representaciones nanoscópicas de cuatro materiales distintos.



##### 2. Clasifícalos como elemento, compuesto o mezcla, y decide el tipo de método (físico o químico) que debe utilizarse para separarlos en sus componentes más simples.

Las bebidas gaseosas son disoluciones acuosas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en agua ( $H_2O$ ), principalmente. En este tipo de disolución, el soluto y el disolvente se encuentran en distintos estados de agregación.



Disolución A.

##### 3. Haz una representación a nivel nanoscópico de:

- Una disolución tres veces más concentrada que la disolución A.
  - Una disolución tres veces menos concentrada que la disolución A.
4. Identifica y señala qué sustancia es el soluto y cuál es el disolvente.
5. Describe el estado de agregación de la mezcla en cada caso.
6. Compara tus resultados con los de un compañero y verifícalos con la ayuda de tu maestro.

Figura 2.10 Representaciones a nivel nanoscópico de distintas disoluciones de oxígeno ( $O_2$ ) en agua ( $H_2O$ ).

**Busca en...**  
García, José María, *Manifestaciones de la materia*, México, SEP-Santillana, 2002 (Libros del Rincón). En este libro encontrarás más información de sustancias, mezclas, métodos de separación de las mezclas y algunas mezclas perjudiciales.

### Cierre

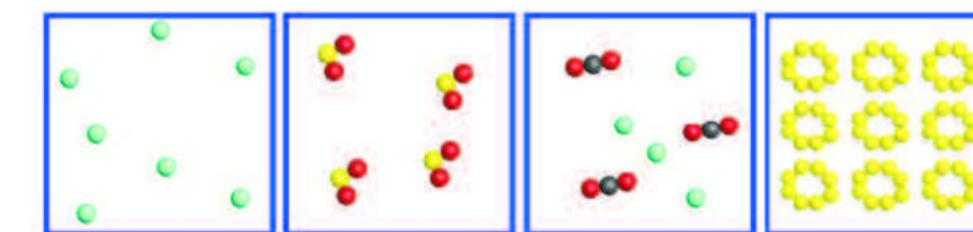
#### Organiza e interpreta: ¿Qué tipo de sustancia?

Hasta aquí has estudiado varios conceptos relacionados tanto con la clasificación de los materiales según su pureza (mezclas y sustancias), como con los compuestos y elementos que obtenemos al separar dichos materiales por medios físicos (en el caso mezclas) o por medios químicos (sustancias).

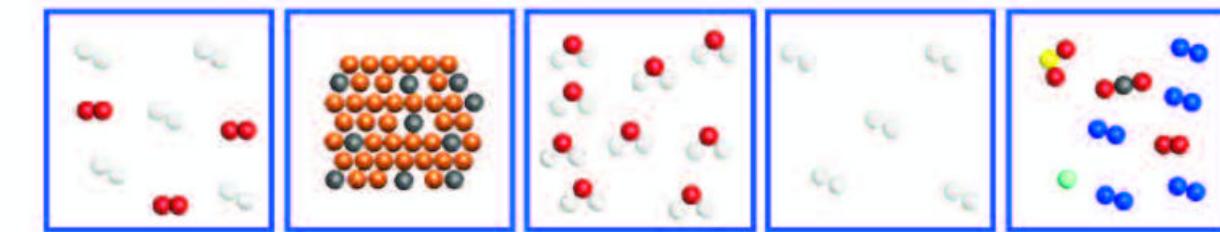
- Reúnete con un compañero y hagan un mapa conceptual con los siguientes conceptos: materiales, sustancias, mezclas, elementos, compuestos, homogéneas, heterogéneas, átomos de un tipo, átomos de varios tipos, una fase, dos o más fases.

También estudiaron que una parte esencial de la Química son las representaciones simbólicas con base en el modelo cinético de partículas de diferentes tipos de materiales.

- Analicen las siguientes representaciones e indiquen qué tipo de materiales representan.
  - Cuando sean mezclas, indiquen de cuántas sustancias están formadas.
  - Si se trata de compuestos o elementos, señalen cuántos átomos forman sus moléculas y si son iguales o diferentes.
  - Finalmente, y con base en el código de colores (página 79), asignen una fórmula química a cada uno.



Representaciones nanoscópicas de diferentes sustancias.



- Verifica tus respuestas con ayuda del maestro.

#### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Establezco criterios para clasificar materiales cotidianos en mezclas, compuestos y elementos considerando su composición y pureza.			
2. Distingo y represento mezclas, compuestos y elementos con base en el modelo corpuscular.			

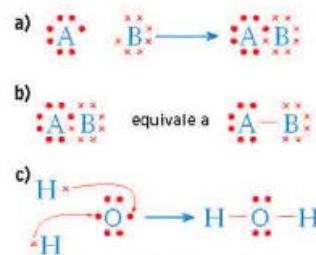
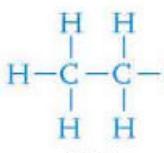


Figura 2.16 Representaciones de Lewis. a) Representación de Lewis de la formación de un compuesto con dos átomos, A y B; b) el enlace como el compartir electrones; c) estructuras de Lewis aplicadas a la formación de la molécula de agua. Las cruces se emplean para distinguir los electrones de valencia del átomo B de los del A.



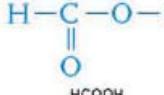
$\text{H}_2\text{O}$

Molécula de agua



$\text{CH}_3\text{CH}_3$

Molécula de etano



$\text{HCOOH}$

Molécula de ácido fórmico

Figura 2.17 Estructuras de Lewis para compuestos covalentes.

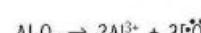
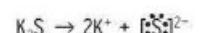
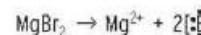
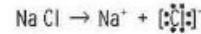


Figura 2.18 Diferentes representaciones de moléculas.

### Modelo de Lewis y enlace de valencia

Para explicar la formación de compuestos, el químico estadounidense Gilbert Newton Lewis (1875-1946) y el físico alemán Walter Kossel (1888-1956) desarrollaron un modelo que representa los electrones de valencia como puntos en las aristas de un cubo en cuyo centro se ubicaría el núcleo atómico. Un cubo con 8 aristas ocupadas representa un átomo estable (figura 2.15a, página 83). Por comodidad se ha dejado de dibujar el cubo y se anotan solamente los símbolos de los elementos con los puntos correspondientes a los electrones de valencia alrededor. Esta es la *estructura* o el *modelo de Lewis* (figura 2.15b).

Volvamos a la regla del octeto. En las estructuras de Lewis (figura 2.16), el átomo A se combina con el átomo B para formar un compuesto. Al final, cada átomo queda rodeado por ocho electrones, adquiriendo ambos la estabilidad de los elementos que tienen ocho electrones en su nivel energético de valencia (figura 2.16a). Se dice que los electrones compartidos en una molécula forman un *enlace* entre los átomos. Cada par de electrones que forman un enlace se representa por una línea en la estructura de Lewis (figura 2.16b). Sin embargo, las moléculas pueden tener más de dos átomos. Observa en la figura 2.16c las estructuras de Lewis que representan la unión de dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno para formar una molécula de agua.

### Actividad

#### Resuelve: ¿Cómo se representan los electrones de valencia?

Dibuja las estructuras de Lewis para las siguientes moléculas. Toma los datos de electrones de valencia de la tabla que llenaste en la actividad previa.

- a)  $\text{CH}_4$    b)  $\text{MgH}_2$    c)  $\text{CH}_3\text{CH}_3$    d)  $\text{NaBr}$    e)  $\text{CaO}$    f)  $\text{KF}$

### Representación química de elementos, moléculas, átomos e iones

Con estructuras de Lewis, sólo incluimos los electrones de valencia y la manera en que se forman los enlaces. Para representar moléculas se emplea la forma desarrollada que tiene como base la estructura de Lewis, sólo que en la unión de los átomos únicamente se muestran los enlaces mediante líneas, como se ve en la figura 2.17, señalado en azul. Una forma más sencilla es la semidesarrollada, en la que se muestran los símbolos de los elementos que forman el compuesto, el número de ellos (mediante subíndices, cuando es distinto de 1) y cierto orden en el que se acomodan al formar la molécula. Por último, en la forma condensada sólo se indica el tipo y número total de átomos que forman una molécula, como se puede ver en la misma figura, en color negro. En el bloque 3, veremos otras representaciones.

Dada la débil atracción entre el núcleo y los electrones de valencia, si un átomo o molécula recibe la energía exterior suficiente puede perder uno o varios electrones de valencia; cuando esto sucede el átomo o la molécula queda cargada positivamente. Por otro lado, si un átomo o molécula tiene la fuerza de atracción suficiente para hacerse de uno o varios electrones adicionales, queda con carga negativa. A los átomos o moléculas con carga eléctrica se les denomina *iones*. A los iones positivos se les llama *cationes*, y a los iones negativos, *aniones*.

Para representar iones mediante estructuras de Lewis, basta con quitar o poner puntos: si un átomo o molécula pierde electrones y adquiere una carga positiva se le adiciona un superíndice (un número que indica cuántos electrones perdió) y un signo positivo (para indicar la carga neta adquirida). En el caso de los aniones, se agrega el superíndice y

Entre 1803 y 1808, el químico inglés John Dalton propuso un conjunto de hipótesis sobre la estructura interna de la materia:

- La materia está formada por átomos, que son esferas rígidas muy pequeñas e indivisibles.
- Los átomos de un mismo elemento son iguales; tienen el mismo tamaño, forma y masa.
- Los átomos de elementos distintos poseen propiedades diferentes y se pueden combinar para constituir moléculas y compuestos, que son las partículas que forman las sustancias.
- En las reacciones químicas, los átomos no se crean ni se destruyen, sólo se distribuyen.

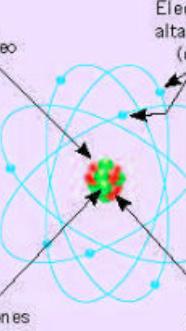
En la actualidad sabemos que los átomos existen, pero el modelo que se acepta no coincide en diversos aspectos con las descripciones anteriores. En el siglo pasado, los científicos lograron dividir los átomos y aprovechar la gran cantidad de energía que se libera en ese proceso, y hoy podemos formar átomos que no existen en la Naturaleza y transformar unos átomos en sustancias diferentes.

A lo largo de la historia se han propuesto varios modelos de la estructura interna de los átomos con el propósito de explicar las propiedades físicas y químicas de las sustancias. A continuación, en la tabla 2.4 se describen las características de algunos de los modelos más importantes.

### Busca en...

García, Horacio, *La naturaleza discontinua de la materia*, México, SEP-Santillana, 2002 (Libros del Rincón). Encontrarán diferentes teorías sobre la naturaleza de la materia y su composición.

Tabla 2.4 Modelos atómicos

Características	Representación
<p><b>A. Modelo de Dalton (Dalton, 1810).</b> Considera que los átomos son esferas sólidas, como bolas de billar, que no pueden partirse o dividirse en partes más pequeñas (son indivisibles). Los átomos son eléctricamente neutros; no tienen cargas eléctricas en su interior.</p>	
<p><b>B. Modelo de Thomson (Kelvin y Thomson, 1904).</b> Contempla los átomos como esferas sólidas con carga positiva que contienen corpúsculos con carga negativa (como pasas dentro de una esfera de gelatina), que reciben el nombre de electrones. Los átomos son eléctricamente neutros (tienen la misma cantidad de carga positiva y negativa).</p>	
<p><b>C. Modelo de Bohr (Rutherford, 1911; Bohr, 1913).</b> Considera que los átomos no son esferas sólidas, sino que están constituidos por cargas positivas (protones) concentradas en un núcleo muy pequeño, y cargas negativas (electrones) que se mueven a su alrededor por el espacio vacío. Los electrones son partículas muy pequeñas con poca masa, mientras que los protones tienen una masa casi dos mil veces mayor. Los átomos presentan el mismo número de protones que de electrones (son neutros). En este modelo se asume que existe una gran cantidad de espacio vacío entre los electrones, los cuales se mueven en órbitas concéntricas alrededor del núcleo.</p>	



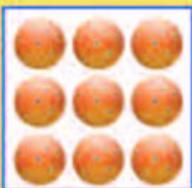
## En acción

Identifica y explica. ¿Cuál modelo es el mejor?

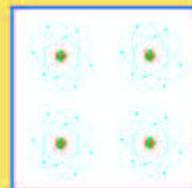
1. Observa las representaciones nanoscópicas de un elemento químico sólido de acuerdo con cada uno de los modelos descritos en la tabla anterior.



Modelo A.



Modelo B.



Modelo C.

2. En la tabla 2.5 se presentan los resultados experimentales del comportamiento de este elemento. Marca con una cruz los modelos atómicos que permitirían explicar estas observaciones. Si alguno de los modelos no permite explicar un fenómeno, describe sus limitaciones. Recuerda lo que aprendiste en tu curso de Ciencias 2.

Tabla 2.5 Resultados experimentales de un elemento químico

Observación	Modelo A	Modelo B	Modelo C
El material se transforma en líquido al calentarlo.			
El material adquiere carga eléctrica positiva o negativa cuando se frota con otras sustancias.			
Cuando se lanzan partículas muy pequeñas con carga positiva a través del material, muchas lo atraviesan fácilmente, pero otras son repelidas con fuerza.			

3. Discute tus ideas con tu maestro y tus compañeros. Piensa qué otros experimentos podrían realizarse para demostrar que el modelo atómico de Bohr explica más fenómenos que el de Dalton.

## Modelo atómico de Bohr

La presencia de **protones** (partículas con carga positiva) y **electrones** (partículas con carga negativa) que Bohr menciona en su modelo tiene manifestaciones que seguramente has observado. Alguna vez habrás sentido una descarga eléctrica al tocar un objeto metálico después de caminar sobre una alfombra, o habrás fijado un globo sobre la pared después de frotarlo contra el cabello. Como aprendiste en tu curso de Ciencias 2, estos fenómenos se deben a la presencia de cargas eléctricas que ejercen fuerzas entre sí. Estas fuerzas, llamadas **electrostáticas**, pueden ser de atracción o repulsión, según el tipo de carga de la que se trate. Ya sabes que cargas del mismo signo (positivo-positivo o negativo-negativo) se repelen, mientras que cargas de signo contrario (positivo-negativo) se atraen. Para explicar este tipo de fenómenos el modelo de Bohr es de gran utilidad. Veamos cómo.

Este modelo propone que los átomos están constituidos por protones y electrones; sin embargo, dado que la mayoría de los materiales son eléctricamente neutros, debemos asumir que cada átomo contiene el mismo número de esas partículas.

Experimentos realizados a finales del siglo XIX y principios del XX sugirieron que:

- Los protones en un átomo se concentran en una pequeña región del espacio conocida como **núcleo atómico**.
- Los electrones se mueven alrededor del núcleo atraídos por fuerzas electrostáticas.
- El espacio que ocupan los electrones es gigantesco comparado con el tamaño del núcleo (figura 2.12).
- Como los electrones son partículas muy pequeñas, la mayor parte de un átomo es espacio vacío.

El hecho de que muchos materiales adquieran carga eléctrica cuando se frotan entre sí se puede explicar si asumimos que, en el proceso de frotamiento, los átomos de los materiales en contacto pueden ganar o perder electrones. Si un átomo pierde electrones, quedará con carga positiva, ya que tiene más protones que electrones, y si los gana adquirirá una carga negativa. Un átomo con carga, positiva o negativa, recibe el nombre de **ión**.

Como los electrones están en movimiento alrededor del núcleo, cuando un átomo se acerca a una carga positiva los electrones experimentan una fuerza de atracción hacia ella y se desplazan en esa dirección. Entonces la región del átomo cercana a la carga positiva hace que adquiera una carga más negativa que las regiones más alejadas. Cuando eso sucede se dice que el átomo se **polariza**, fenómeno que ayuda a explicar por qué un objeto con carga positiva o negativa atrae a un objeto eléctricamente neutro. Si el objeto cargado se acerca, los átomos del material neutro se polarizan, haciendo que la distancia entre cargas de signo opuesto disminuya y la fuerza de atracción entre ellas aumente.



Figura 2.12 Si el núcleo fuera del tamaño de un chicharo, el espacio donde se mueven los electrones sería del tamaño de un estadio de fútbol.



## En acción

Analiza y modela: ¿Se atraen o se repelen?



Limpien la mesa antes de pegar la cinta adhesiva.

## Introducción

Los modelos científicos son muy útiles para construir explicaciones acerca de los fenómenos que observamos cada día. En particular, el modelo atómico permite entender las interacciones entre diversas sustancias.

## Propósito

Aplica el modelo atómico de Bohr para comprender y explicar las interacciones eléctricas entre distintos materiales.

## Material

Cinta adhesiva transparente u opaca y pedazos de papel pequeños.

## Procedimiento

1. Corten dos trozos de la cinta de 10 cm de largo y péguenlos sobre la mesa dejando un extremo libre. Despáguenlas rápidamente, acerquen una a la otra y observen lo que ocurre.
2. Corten otros dos trozos de cinta adhesiva de 10 cm de largo y peguen uno sobre el otro, de manera que la parte adhesiva de uno quede sobre el lado liso del otro. Dejen un extremo libre para poder despegarlos. Despáguen las cintas rápidamente, acerquen una a la otra y observen lo que pasa.

3. Esta vez corten un trozo de cinta adhesiva de 10 cm de largo y péguenlo sobre la mesa dejando un borde libre. Despeguen la cinta y acérquenla a pequeños trozos de papel colocados sobre la mesa. Observen qué ocurre.
4. Registren los resultados en su cuaderno.

#### Análisis de resultados y conclusiones

5. Con base en la descripción del modelo de Bohr, hagan representaciones a nivel nanoscópico de lo que ocurre con los átomos de las cintas adhesivas antes y después de despegarlas en cada experimento.
- a) ¿Cuál o cuáles modelos atómicos explican este fenómeno?
6. Empleen su representación para explicar los resultados experimentales en cada caso.

#### Manejo de residuos

Depositén el papel y la cinta adhesiva en los recipientes para desecho o reciclaje de estos materiales.

#### El núcleo atómico

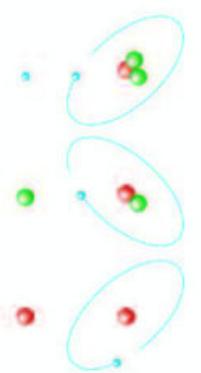
La mayor parte de la masa de un átomo se concentra en su núcleo. A principios del siglo XX se descubrió que en esta región del átomo no sólo se localizan los protones ( $p^+$ ), con carga positiva, sino otro tipo de partículas, denominadas neutrones ( $n^0$ ), que son eléctricamente neutras. Los protones y neutrones tienen masas similares, las cuales son casi dos mil veces más grandes que las de un electrón ( $e^-$ ). Sin embargo, la carga eléctrica de un protón es idéntica en magnitud a la de un electrón, pero de signo contrario.

La identidad de cada tipo de átomo está determinada por el número de protones en su núcleo. A esta cantidad se le llama **número atómico** y se representa con la letra  $Z$ . Los átomos de un mismo elemento poseen el mismo número de protones e igual cantidad de electrones. Los átomos de diferentes elementos tienen distinto número atómico, es decir, otro número de protones y, en consecuencia, masas distintas. Por ejemplo, los átomos del elemento más ligero, hidrógeno (H), tienen un protón ( $Z = 1$ ); los átomos del elemento más pesado, que se puede extraer en grandes cantidades de nuestro planeta, el uranio (U), posee 92 protones en el núcleo ( $Z = 92$ ).

Aunque los átomos de un mismo elemento siempre tienen igual número de protones, no siempre cuentan con la misma cantidad de neutrones. Por ejemplo, todos los átomos de hidrógeno tienen un protón y la mayoría de ellos carecen de neutrones, pero hay átomos de hidrógeno que en sus núcleos tienen uno o dos neutrones. Átomos con igual número de protones, pero diferente cantidad de neutrones, se denominan **isótopos** de ese elemento. Por eso se dice que el hidrógeno tiene tres isótopos (figura 2.13a): hidrógeno o protio (sin neutrón), deuterio (un neutrón) y tritio (dos neutrones).

Para distinguir entre diferentes tipos de isótopos de un elemento se indica no sólo cuántos protones tienen ( $Z$ ), sino también cuántas partículas en total, protones más neutrones ( $p + n$ ), hay en el núcleo. Esta cantidad se conoce como **número de masa** y se representa con la letra  $A$ .

Figura 2.13a Isótopos del hidrógeno.



#### Glosario

Datar: determinar la fecha de creación de un documento, obra de arte o suceso.

#### Conéctate con...

##### Arqueología

Los químicos han desarrollado un método para calcular la edad de muestras con más de 60 mil años de antigüedad. Éste se usa como una herramienta importante en la arqueología para **datar** materiales que proceden de seres vivos, y otros como la madera, fibras naturales, y huesos de animales. El método se basa en determinar la concentración del isótopo carbono-14, el cual está presente de manera natural en las muestras de estudio.

Por ejemplo, la mayoría de los átomos de carbono de los que están hechos los compuestos químicos en tu cuerpo tienen 6 protones ( $Z = 6$ ) y 6 neutrones; por ello, su número de masa es 12 ( $A = 6 + 6 = 12$ ). Los átomos de este isótopo se simbolizan de la siguiente manera:

Número de masa → 12  
Número atómico → 6 C ← Simbolo del elemento

y se dice que son átomos de carbono-12. Sin embargo, una pequeña proporción de los átomos de carbono tienen 8 neutrones en lugar de 6. Su número de masa es, entonces, igual a 14 ( $A = 6 + 8 = 14$ ) y este tipo de isótopo, el carbono-14, se representa como  $^{14}\text{C}$  (figura 2.13b).

Como ya vimos, los protones del núcleo atómico tienen carga positiva y se repelen unos a otros, pero es la presencia de los neutrones lo que ayuda a mantenerlos unidos. No obstante, hay isótopos en los que el número de neutrones no estabiliza al átomo. En estos casos, el núcleo atómico puede perder partículas para transformarse en el núcleo de un elemento más estable. Durante este proceso el átomo inestable emite radiación en forma de ondas electromagnéticas, así como partículas con alta energía y por ello se dice que es **radioactivo**.

Muchos elementos químicos de nuestro planeta poseen isótopos radioactivos; a estos se les llama **radioisótopos** y algunos son más estables que otros. El carbono-14, por ejemplo, es radioactivo, pero no el carbono-12. La mayoría de los compuestos de uranio (U) que se extraen de minas en nuestro planeta contienen el isótopo uranio-238 ( $^{238}\text{U}$ ), el cual es radioactivo. En nuestro cuerpo hay una pequeña fracción de otros radioisótopos como el potasio-40 ( $^{40}\text{K}$ ).

Las radiaciones que emiten los isótopos radioactivos son un componente natural del ambiente, pero la exposición a fuertes dosis de este tipo de radiación es peligrosa, pues altera la estructura del material genético de nuestras células. Por otra parte, las emisiones radioactivas pueden utilizarse para curar ciertos tipos de cáncer y para realizar análisis médicos si se les emplea de manera controlada (radioterapia).

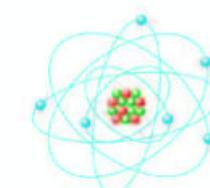
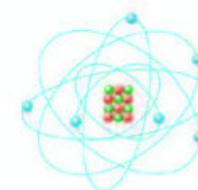


Figura 2.13b Isótopos del carbono.



#### En acción

Modela: ¿Cómo representar un átomo?

- Organicen 20 equipos y a cada uno asigne un número del 1 al 20. Con base en el modelo de Bohr y los resultados experimentales del siglo pasado, construyan un modelo de átomo, según corresponda a su número.

Núm. de equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Átomo con $Z =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Núm. de neutrones	0	2	4	5	6	6	7	8	10	10	12	12	14	14	16	16	18	22	20	20

- Para elaborar su modelo y representar las partes del átomo, utilicen el material que tengan a la mano: pelotas de unicel, gomitas o borbotones, alambre, pegamento, cartón, semillas.
- Investiguen el nombre del átomo con el número atómico que les tocó y hagan una tabla en la que describan sus propiedades: número de protones y número de electrones, dónde están ubicados, cuál es su carga, etcétera.
- Tomen una fotografía del modelo que construyeron y con las características identificadas, hagan un cartel para exponerlo al grupo, en una dinámica tipo conferencia que organizará su maestro.

## Organización de los electrones en el átomo. Electrones internos y externos

Aunque la masa de un átomo se concentra en el núcleo, su tamaño lo determina la región del espacio en la que se desplazan los electrones. Estas pequeñas partículas se encuentran en constante movimiento y se mantienen en el átomo gracias a las fuerzas electrostáticas entre ellas y a la atracción de los protones en el núcleo. Sin embargo, su trayectoria y ubicación precisa en el espacio sólo se conoce de manera aproximada. A pesar de ello, la mayor parte de los conocimientos de la Química que adquirirás en este curso pueden entenderse con un modelo atómico muy simple, desarrollado por científicos de todo el mundo y que se conoce como **modelo de capas electrónicas** (figura 2.14).

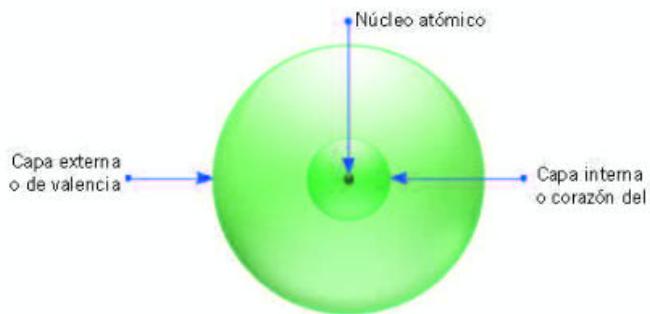


Figura 2.14 Modelo de capas electrónicas.

Este modelo asume o propone que, aunque desconocemos dónde se encuentran los electrones de manera precisa, las regiones más probables forman capas esféricas concéntricas alrededor del núcleo. En particular se distinguen dos regiones o capas principales:

- Una región interna donde se encuentran los electrones que son atraídos por el núcleo con tal fuerza, que nunca interactúan con otros átomos. Estos electrones reciben el nombre de **electrones internos** y la zona que ocupan se conoce como **capa interna o corazón del átomo**.
- Una región externa donde se encuentran los electrones cuya fuerza de atracción con los protones en el núcleo es más débil. Estos electrones, denominados **electrones externos o de valencia**, pueden interactuar con los electrones y protones de otros átomos, y la región donde se ubican se llama **capa externa o de valencia**.

Los electrones en la capa externa ocupan la mayor parte del volumen del átomo. De acuerdo con este modelo, los átomos pueden ganar, perder o compartir sólo los electrones localizados en la capa de valencia, pues estos son los electrones que el núcleo del átomo atrae más débilmente. Un átomo de aluminio (Al), por ejemplo, tiene 13 protones y 13 electrones ( $Z = 13$ ); sin embargo, sólo tres electrones ocupan la capa de valencia. Cuando un átomo de aluminio interactúa con otras sustancias es común que pierda los tres electrones de valencia y forme un ión con una carga neta  $3+$ : el ión tiene 13 protones ( $p^+$ ) y únicamente 10 electrones ( $e^-$ ). El ión que se forma se simboliza como:



Cuando un átomo de oxígeno con ocho protones y ocho electrones ( $Z = 8$ ), seis de los cuales están en la capa de valencia, gana dos electrones, se forma el ión  $O^{2-}$  (con ocho protones y 10 electrones), que tiene ocho electrones de valencia.

El número de electrones en la capa de valencia de cada tipo de átomo puede determinarse consultando la tabla periódica de los elementos. En la tabla, los elementos están organizados en orden creciente de acuerdo con el número de protones en el núcleo de sus átomos (o número atómico  $Z$ ). Los elementos de una misma columna de la tabla periódica tienen igual cantidad de electrones de valencia. El número que le corresponde a cada columna se muestra en figura 2.15. Como veremos más adelante, el número de electrones de valencia determina cómo se combinan unos átomos con otros para formar nuevas sustancias.

Número de electrones de valencia						
1	2	3	4	5	6	7
<b>1</b> H Hidrógeno						<b>2</b> He Helio
						8
<b>3</b> Li Litio	<b>4</b> Be Bертio	<b>5</b> B Бор	<b>6</b> C Carbono	<b>7</b> N Nitrogeno	<b>8</b> O Oxigeno	<b>9</b> F Flúor
11	12	13	14	15	16	17
<b>Na</b> Sodio	<b>Mg</b> Magnesio	<b>Al</b> Aluminio	<b>Si</b> Silicio	<b>P</b> Fósforo	<b>S</b> Azufre	<b>Cl</b> Cloro
19	20	31	32	33	34	36
<b>K</b> Potasio	<b>Ca</b> Calcio	<b>Ge</b> Gallo	<b>Ge</b> Germanio	<b>As</b> Arsénico	<b>Se</b> Selénio	<b>Br</b> Bromo
37	38	49	50	51	52	54
<b>Rb</b> Rubidio	<b>Sr</b> Estroncio	<b>In</b> Indio	<b>Sn</b> Estano	<b>Sb</b> Antimonio	<b>Te</b> Telurio	<b>Xe</b> Xenón

Figura 2.15 Número de electrones en elementos representativos.



### En acción

Infiere: ¿Cuántos protones y electrones de valencia?

1. Para los siguientes átomos e iones determina el número de protones y electrones de valencia. Magnesio (Mg), ión Potasio ( $K^+$ ), ión Azufre ( $S^{2-}$ ), ión Flúor ( $F^-$ ), ión Calcio ( $Ca^{2+}$ ) y Carbono (C).
2. Compara tus respuestas con las de un compañero y coméntenlas con su maestro.

### Cierre



### Representa: ¿Cómo te los imaginas ahora?

Imagina de nuevo un supermicroscopio que te permitiera ver el interior de átomos y moléculas. Con base en los conocimientos que has adquirido en esta secuencia, realiza lo siguiente.

1. Haz un dibujo que represente el interior de un átomo de hidrógeno y otro de oxígeno. Incluye tantos detalles como sea posible.
2. Describe en tu cuaderno qué diferencias consideras más importantes entre estos dos tipos de átomos.
3. Compara tus dibujos e ideas con los que hiciste al inicio de esta secuencia (página 84). ¿En qué se parecen? ¿En qué son diferentes?
4. Comparte tus dibujos con tus compañeros e indica lo que has aprendido en esta secuencia.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico los componentes del modelo atómico de Bohr y comprendo la función de los electrones de valencia.			

**Enlace químico****Electrones de valencia y enlace**

Las propiedades químicas de los elementos están determinadas en gran medida por el número de electrones de valencia en sus átomos. Son estos electrones los que son atraídos o repelidos por los electrones y protones de otros átomos. Cuando ocurre una reacción química y se forman nuevos compuestos químicos, los electrones de valencia de un átomo pueden transferirse a otros átomos, (formando iones) u ocupar simultáneamente la capa de valencia de dos átomos (si esto sucede, se dice que los átomos "comparten" electrones). Cuando los electrones de valencia son transferidos o compartidos por dos átomos, se genera una fuerza de atracción entre los átomos que recibe el nombre de **enlace químico**. Dada la importancia de los electrones de valencia para explicar la estructura y reactividad de las sustancias, los químicos han desarrollado diversas maneras de representarlos y las explorarás en esta secuencia.

**Situación inicial****Modela y representa: ¿Cómo se enlazan?**

1. En equipos construyan un modelo a nivel nanoscópico que les permita describir y explicar lo que sucede en los siguientes casos. Es importante que hagan una representación visual de su modelo para comunicar sus ideas al grupo. Su representación debe mostrar qué ocurre con los electrones de valencia de los átomos involucrados:
  - a) Cada átomo de hidrógeno tiene un electrón de valencia. Cuando en un "recipiente nanoscópico" se colocan 10 átomos de hidrógeno, estos se combinan para formar cinco moléculas, cada una con dos átomos de hidrógeno. ¿Cómo lo explican? ¿Cómo lo representan?
  - b) Cada átomo de litio tiene un electrón de valencia, mientras que cada átomo de flúor tiene siete. Cuando en un "recipiente nanoscópico" se colocan cinco átomos de litio y cinco átomos de flúor, los átomos de litio adquieren una carga positiva (+1) mientras que los de flúor adquieren una carga negativa (-1). Los iones formados se concentran en el centro del recipiente. ¿Cómo lo explican? ¿Cómo lo representan?
2. Compartan sus respuestas en grupo.

**Desarrollo****Estructura de Lewis**

Para simplificar la representación de los electrones de valencia de un átomo es común utilizar **diagramas de puntos de Lewis**, llamados así en honor del químico estadounidense Gilbert N. Lewis (1875-1946), que los desarrolló. Los diagramas de puntos de Lewis se construyeron de la siguiente manera:

- El símbolo del elemento se usa para representar el núcleo del átomo y los electrones internos.
- Los electrones de valencia se representan con puntos que se dibujan uno a uno arriba, abajo y a cada lado del símbolo. Si el elemento tiene más de cuatro electrones de valencia, los siguientes puntos se agrupan para formar pares con los anteriores, hasta un máximo de cuatro pares.

3. Compartan sus propuestas con el resto del grupo e intercambien ideas.

4. Mencionen tres ejemplos de productos que podrían dejar de consumir para evitar la generación de residuos metálicos.

Mediante un tríptico o un cartel, comparten con la comunidad las acciones que proponen para rechazar, reducir, reutilizar y/o reciclar los metales que hayan seleccionado.

Las siguientes actividades son una buena oportunidad para resumir los conocimientos que adquiriste a lo largo de esta secuencia.

**Actividad****Analiza: ¿Cómo promover el rechazo, reducción, reúso y reciclado de los dispositivos electrónicos?**

De todos los residuos metálicos que se generan en el mundo, los que han tenido el mayor aumento en los últimos años son los que provienen de la basura electrónica. Muchas empresas invierten grandes cantidades de dinero en el diseño de sus equipos para hacerlos más amigables con el ambiente, pero aun así existe el riesgo del posible daño ecológico que estos residuos puedan generar, además del costo energético y monetario que implica su reciclaje.

1. ¿Qué piensas acerca de que la gente actualice sus dispositivos electrónicos cada vez que sale a la venta un dispositivo de moda? ¿Por qué?
2. ¿Bajo qué circunstancias sugerirías a alguien actualizar sus dispositivos electrónicos?

Comparte tus respuestas con el resto del grupo.

Escribe las respuestas en tu cuaderno y compártelas con tu familia.

**Actividad de cierre****Analiza y concluye: ¿Puedes tomar decisiones fundamentadas para favorecer el rechazo, la reducción y el reúso de productos elaborados con diferentes metales?**

Es momento de que reflexiones sobre las preguntas del inicio de esta secuencia.

1. ¿En qué te basas para decidir si un metal puede ser reutilizado, reciclado o rechazado? ¿Cómo aplicas este criterio en tu casa o en la escuela?
2. Escribe algunos ejemplos de productos de metal o que contengan metales que consideres que puedes rechazar, reusar o reutilizar y reducir.
3. Si bien no puedes llevar a cabo el reciclaje de los metales, puesto que es un proceso del cual se encargan especialistas, puedes indagar dónde hay centros de acopio para su reciclaje. ¿De qué manera podrías favorecer al medio ambiente con la información recabada?
4. ¿Qué propiedades podrías tomar en cuenta para identificar los componentes metálicos de diferentes objetos antes de rechazarlos, reducirlos, reusarlos o llevarlos a un centro de acopio?

Compara tus respuestas con las de algunos compañeros y esriban una propuesta. ¿Puedes ponerla en práctica?



**Perspectivas**

Recuerda que al final de este bloque realizarás un proyecto en el que integrarás lo que aprendiste, las siguientes preguntas pueden apoyarte en la elección del tema.

¿Cuáles son los metales que presentan mayor toxicidad para el cuerpo humano?

¿Qué metales deben estar presentes en nuestra dieta?

**Aprendizajes logrados**

Identificas las propiedades de los metales como maleabilidad, ductilidad, brillo, conductividad eléctrica y térmica; así como los productos elaborados con diversos metales en tu comunidad.

Puedes tomar decisiones y construir propuestas sobre el rechazo, reducción, reúso y reciclado de materiales metálicos.

# Segunda revolución de la química

## El orden de la diversidad de las sustancias: aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev

### Aprendizajes esperados

- Identifica el análisis y la sistematización de resultados como características del trabajo científico realizado por Cannizzaro, al establecer la distinción entre masa molecular y masa atómica.
- Identifica la importancia de la organización y sistematización de elementos con base en su masa atómica, en la tabla periódica de Mendeleiev, que lo llevó a la predicción de algunos elementos aún desconocidos.
- Argumenta la importancia y los mecanismos de la comunicación de las ideas y productos de la ciencia como una forma de socializar el conocimiento.

“El 3 de septiembre de 1860, se reunieron 140 químicos en el salón de actos de la Cámara Estatal de Karlsruhe, pequeña ciudad al sur de Alemania. A este Primer Congreso Internacional de Química asistieron el italiano Stanislao Cannizzaro y el ruso Dimitri Mendeleiev, cuyos trabajos habrían de contribuir a sistematizar y profundizar el conocimiento de los elementos químicos.”

Fuente: Díaz, L., et al. *Ciencias III. Énfasis en Química*. México, SEP, 2008.



### Actividad de inicio

**Reflexiona:** ¿Qué importancia tienen las formas de comunicación para que los científicos comparten sus resultados?

El año 2011 fue declarado **Año Internacional de la Química** por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, conocida como UNESCO por sus siglas en inglés (figura 2.29). Sus objetivos principales fueron:

- Aumentar la concienciación y comprensión por parte del gran público de cómo la química puede responder a las necesidades del mundo.
- Fomentar el interés de los jóvenes por la química.
- Celebrar las contribuciones de las mujeres al mundo de la química, así como los principales hitos históricos, especialmente el primer centenario de la concesión del premio Nobel de Química a Marie Curie y de la creación de la Asociación Internacional de Sociedades Químicas.

Por tal motivo, en el mundo entero se llevaron a cabo eventos tanto artísticos como científicos en torno a la química. En nuestro país se organizaron ciclos de conferencias, exposiciones y talleres en diferentes escuelas, universidades y museos.

Sin embargo, los **congresos** y las conferencias no solamente se organizan cuando hay alguna conmemoración: representan una de las formas en que los científicos comunican sus resultados e interactúan con otros grupos de investigación. Cada año, México es sede de varios congresos internacionales.



Figura 2.29 Fue declarado a cien años de la realización de los experimentos que llevaron a Rutherford a descubrir el núcleo atómico.

**congreso.** Conferencia, generalmente periódica, en la que los miembros de una asociación, organismo o profesión se reúnen para debatir cuestiones previamente establecidas.

Modificado de: UNESCO, Año Internacional de la Química 2011, [www.edutics.mx/oua](http://www.edutics.mx/oua) (consulta: 21 de enero de 2019).

Reflexionen sobre los siguientes puntos.

- En sus cursos anteriores de ciencias vieron que analizar y sistematizar los resultados obtenidos de las investigaciones permite mayor avance científico, ¿por qué es así?

Tabla 2.6 Diagramas de puntos

Nombre (símbolo)	Átomo Calcio (Ca)	Ión Sulfuro (S <sup>2-</sup> )	Átomo Silicio (Si)	Ión Fosfuro (P <sup>3-</sup> )	Ión Potasio (K <sup>+</sup> )
Número de electrones (e <sup>-</sup> ) de valencia					
Diagrama de puntos					

- Construye los diagramas de puntos y las fórmulas estructurales de las siguientes sustancias: cloro (Cl<sub>2</sub>), ácido clorhídrico (HCl), fosfina (PH<sub>3</sub>) y ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).
- Compara tus diagramas con los de algunos compañeros de clase y luego revisenlos con ayuda de su maestro.

### Cierre



### Representa e infiere: ¿Cuál representación es mejor?

- Utiliza tus conocimientos y la información que se presenta para completar las representaciones de las moléculas de la tabla 2.7.
- Analiza las ventajas y desventajas de cada tipo de representación.
- Valida tus respuestas con ayuda de tu maestro.

Tabla 2.7 Representaciones moleculares

Sustancias	Estructura de Lewis	Diagrama de bolas	Diagrama de esferas y barras	Fórmula química	Fórmula estructural
Bromo					
Silano					
Fluoruro de hidrógeno					HF
Fosfina					
Tetracloruro de carbono					CCl <sub>4</sub>
Metanol					

### Autoevaluación

Marca con una  la opción consideres que representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Represento el enlace químico mediante la estructura de Lewis y utilizo la simbología química.			

# ¿Cuál es la importancia de rechazar, reducir, reusar y reciclar los metales?



Figura 2.21 Las estructuras metálicas son de gran importancia en la construcción de edificios por la gran resistencia mecánica que tienen.



## Situación inicial

### Investiga: ¿Qué metales necesitamos en la vida diaria?

1. En equipos busquen información para completar la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Metales en nuestra vida diaria

Sector/industria	Metales que se usan en tu comunidad	Propiedades que motivan su uso
Vivienda		
Transporte		
Energía		
Alimentación		
Comunicaciones		
Salud		

### Busca en...

[www.edutics.mx/4Y2](http://www.edutics.mx/4Y2) (Consulta: 21 de enero de 2019) donde encontrarás más información acerca de los metales en México.

2. Comparen sus resultados con los de otros equipos.
3. Con ayuda de su maestro argumenten por qué se usan esos metales en los distintos sectores y las industrias.
4. Investiguen que metales de la tabla anterior se producen en México y dónde se ubican las plantas productoras y las minas de las que se extrae el mineral que los contiene.
5. Compartan en grupo el resultado de su investigación.

## Propiedades de los metales

El uso para cada metal depende de sus propiedades físicas y químicas, y también, de que se puedan realizar distintas funciones. Por eso primero estudiaremos sus propiedades y cómo se clasifican. De los más de 100 elementos químicos conocidos, más de las tres cuartas partes son metales; el resto se clasifican como no metales o metaloides.

Esta clasificación considera las siguientes propiedades:

- **Maleabilidad.** Al aplicar una fuerza sobre los materiales se obtienen láminas; el elemento más maleable es el oro.
- **Ductilidad.** Al aplicar una fuerza sobre los materiales se obtienen alambres o hilos. Los materiales que se rompen en el proceso se les denomina frágiles.
- **Brillo o lustre.** Cuando los materiales opacos reflejan totalmente la luz visible se dice que tienen brillo metálico. Los transparentes que transmiten la luz, por lo menos en secciones delgadas, tienen brillo no metálico; como los cuarzos.
- **Conductividad eléctrica.** Los materiales conductores son aquellos que conducen muy bien la corriente eléctrica; el cobre es un excelente ejemplo.
- **Conductividad térmica.** Los materiales que conducen muy bien la energía en forma de calor, se conocen como conductores térmicos.

Los **metales** son sustancias sólidas a temperatura ambiente que conducen la electricidad y la energía en forma de calor, son maleables, dúctiles y exhiben un brillo característico (lustre). Entre ellos están el cobre (Cu), el níquel (Ni) y el mercurio (Hg), que es líquido a temperatura ambiente (figura 2.22).

Los **no metales** tienen propiedades físicas casi opuestas: no conducen la electricidad ni el calor ni tienen brillo, algunos son gases o líquidos a temperatura ambiente, y los sólidos no son maleables; el oxígeno (O<sub>2</sub>), el hidrógeno (H<sub>2</sub>) y el cloro (Cl<sub>2</sub>) son ejemplos característicos de este grupo.

Otro grupo de elementos, que presentan propiedades intermedias entre los metales y los no metales, son los **metaloides** (figura 2.23). Todos son sólidos a temperatura ambiente, algunos poseen brillo, y otros son semiconductores, es decir, no son buenos conductores del calor y conducen la electricidad sólo en ciertas condiciones. Algunos ejemplos son el boro (B), el silicio (Si), el germanio (Ge), el arsénico (As), el antimonio (Sb), el telurio (Te) y el polonio (Po).



## En acción

### Identifica y clasifica: ¿Metal o no metal?

#### Propósito

Identifica algunas propiedades de los materiales sólidos que les proporcionará el maestro para clasificarlos en metales y no metales.

#### Material

Objetos con hierro (clavos, fibra para lavar trastes), aluminio (lata de refresco sin cubierta plástica interior), grafito (mina de lápices o lapiceros), magnesio (cinta o viruta de magnesio), estaño (latas de alimentos), plomo (trozos de tubería vieja), azufre (se adquiere en farmacias), cinc (clips, clavos y tornillos) y cobre (cable eléctrico); imán, martillo, circuito para medir conductividad eléctrica construido con una pila, cajmanes, alambre de cobre y un foco o LED y 2 cartulinas.

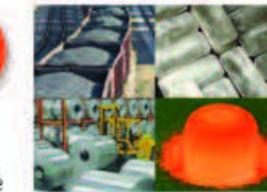


Figura 2.22 El oro, la plata, el aluminio y el hierro son ejemplos de metales, ¿qué características aprecias en ellos?



Figura 2.23 El silicio (Si) es un material semiconductor empleado en las celdas solares.



## Conéctate con...

### Historia

El uso de los elementos metálicos y sus mezclas (aleaciones) ha estado estrechamente relacionado con la historia de la humanidad. Así, algunas etapas importantes de la historia del ser humano se distinguen por el nombre del metal que utilizaban las civilizaciones humanas de una época: Edad de Cobre, Edad de Bronce, Edad de Hierro.

**Procedimiento**

- Analicen las propiedades físicas de cada material: color, brillo, maleabilidad, ductilidad, conductividad eléctrica y magnetismo.
  - Cuando sea necesario, limpien la muestra con líquido limpia metales para observar mejor su color y apariencia.
  - Golpeen los materiales con un martillo para detectar si son maleables o frágiles. Tengan cuidado y utilicen lentes de protección.
  - Coloquen las dos puntas de los círculos sobre cada material, observen si el foco (o LED) se enciende y en la tabla 2.9 registren si el elemento conduce la electricidad. Consulten a su maestro si tienen dudas para armar el circuito.
  - Acerquen un imán a cada muestra y observen si éste atrae o repele el material.
- Registren sus observaciones en la tabla.



Círculo eléctrico.

**Tabla 2.9 Resultados**

Material	Color	Brillo	Maleabilidad	Ductilidad	Conduce electricidad	Magnetismo
Hierro (Fe)						
Aluminio (Al)						
Grafito (C)						
Magnesio (Mg)						
Estaño (Sn)						
Plomo (Pb)						
Azufre (S)						
Cinc (Zn)						
Cobre (Cu)						

**Análisis de resultados y conclusiones**

- Analicen los datos de la tabla y agrupen los elementos con propiedades físicas similares. Nombren los grupos como metales o no metales, y si es necesario, formen subgrupos.
- Compartan sus resultados con sus compañeros y una vez que lleguen a acuerdos escriban en cada cartulina las características de los metales y los no metales; péguenlas en el salón de clase.

**Manejo de residuos**

Devuelvan los materiales al maestro para utilizarlos posteriormente.



**Figura 2.24** El cobre es buen conductor de electricidad, y por ello el ser humano le ha encontrado un sinfín de aplicaciones.

**¿De dónde se obtienen los metales?**

En nuestro planeta, la mayoría de los elementos metálicos están combinados con elementos no metálicos formando una gran variedad de compuestos químicos. Sólo unos pocos, como la plata (Ag) y el oro (Au), se encuentran en forma libre. El resto de los metales se hallan en el subsuelo y deben separarse por medios químicos de los minerales que los contienen. De ahí la relevancia de las industrias minera y metalúrgica.

Uno de los minerales más ricos en cobre Cu (figura 2.24) es la calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), que también contiene hierro (Fe). Para separar el cobre primero se pulverizan las grandes rocas de calcopirita, y dicho polvo se introduce a una cámara de flotación donde se mezcla con agua.

El mineral de cobre se adhiere al agua y flota, lo que permite separarlo del resto de materiales, que se van al fondo de la cámara. El mineral así separado se calienta a altas temperaturas en presencia de oxígeno ( $\text{O}_2$ ), y tras la reacción química se produce cobre metálico. A todo este proceso se le llama **refinación**.

A partir del desarrollo de una gran variedad de métodos químicos es posible extraer los metales de los minerales que los contienen. Gracias a ello contamos con aluminio (Al) para producir latas de refresco, cobre (Cu) para hacer alambres y también hierro (Fe) para fabricar acero. En la tabla 2.10 hay nombres comunes de minerales de los que se obtienen diversos metales, así como su composición y fórmula química.

**Tabla 2.10 Metales y minerales**

Metal	Mineral del que se obtiene	Composición
Cinc (Zn)	Blenda	Sulfuro de cinc ( $\text{ZnS}$ )
Cobre (Cu)	Calcopirita	Sulfuro de hierro y cobre ( $\text{CuFeS}_2$ )
Estaño (Sn)	Casiterita	Óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ )
Hierro (Fe)	Hematita	Óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
Sodio (Na)	Sal gema o halita	Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ )
Plomo (Pb)	Galena	Sulfuro de plomo ( $\text{PbS}$ )
Aluminio (Al)	Bauxita	Óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

**Busca en...**

[www.edutics.mx/4Sh](http://www.edutics.mx/4Sh) (Consulta: 21 de enero de 2019) encontrarás información relevante acerca de la minería.

Ganeri, Anita, *Algo viejo, algo nuevo: reciclando*, México, SEP-Planeta, 2006 (Libros del Rincón). Descubre temas ambientales y sugerencias para llevar a cabo acciones diarias que pueden ayudar a salvar el planeta.

**En acción**

**Analiza e infiere: ¿Cuáles son los más reactivos?**

**Introducción**

Las propiedades químicas de los elementos se identifican al ponerlos en contacto con otras sustancias químicas, de modo que se observe si hay cambios o no y de qué magnitud son éstos. Si los cambios son rápidos y notorios, se dice que estos elementos son muy reactivos.

**Propósito**

Investiga la reactividad química de metales y no metales.

**Material**

- Muestras de los siguientes elementos: aluminio (Al), azufre (S), carbono (C), cobre (Cu), hierro (Fe), magnesio (Mg), estaño (Sn), plomo (Pb) y cinc (Zn).
- Disolución de ácido clorhídrico (HCl). El maestro la preparará disolviendo 3.25 ml de ácido clorhídrico en 500 ml de agua y completará a un litro con más agua.
- Tubos de ensayo, gradilla, espátula y cronómetro.

**Toma nota**

Manejen con cuidado las disoluciones, en particular el ácido clorhídrico, pues puede causar quemaduras en la piel. Revisen las normas de seguridad en las páginas 14-17.

**Procedimiento**

- Viertan 1 ml de ácido clorhídrico en un tubo de ensayo y agreguen una de las muestras. Observen qué sucede y registren los resultados en una tabla como la 2.11. Presten atención tanto al tipo de cambio como a la rapidez con que se produce.
- Repitan la prueba con cada muestra. Registren todas sus observaciones; en particular qué tan intensa fue la reacción al contacto con el ácido y cuánto tiempo duró.

**Tabla 2.11 Resultados**

Elemento y símbolo	Clasificación	Reacción con ácido clorhídrico (HCl)
Aluminio (Al)	Metal	Intensidad: Tiempo:
Azufre (S)	No metal	Intensidad: Tiempo:
Carbono (C)		Intensidad: Tiempo:
Cobre (Cu)		Intensidad: Tiempo:
Hierro (Fe)		Intensidad: Tiempo:
Magnesio (Mg)		Intensidad: Tiempo:
Estaño (Sn)		Intensidad: Tiempo:
Plomo (Pb)		Intensidad: Tiempo:
Cinc (Zn)		Intensidad: Tiempo:

**Análisis de resultados y conclusiones**

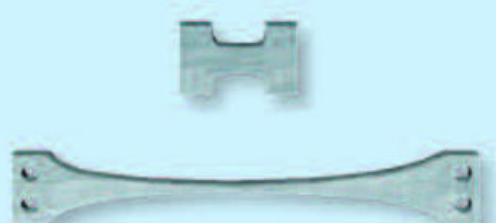
- Analicen el contenido de la tabla y coméntenla con el maestro para identificar los elementos más reactivos.
- Como estos son los mismos elementos que clasificaron en la actividad anterior, retomen la información de las cartulinas y clasifiquen de nuevo los elementos en metales y no metales.
- Una vez que lleguen a acuerdos, agreguen en las cartulinas datos sobre la reactividad química con ácido clorhídrico (HCl) de los metales y los no metales.

**Manejo de residuos**

Viertan el contenido de los tubos de ensayo en el recipiente que indique su maestro. Recuperen los materiales sólidos que no reaccionaron, enjuáguelos con abundante agua y entréguelos al maestro para su reúso.

**Química asombrosa****¿Un metal puede ser superplástico?**

Sí. El fenómeno de la superplasticidad en metales se presenta cuando pueden ser extensamente deformados en tensión hasta alcanzar cien veces su longitud original sin romperse. Es algo similar a cuando estiras una goma de mascar y se forma un hilo delgado que en algunos casos alcanza gran tamaño antes de romperse. Se le denomina superplasticidad porque estos mecanismos de deformación son más parecidos a los plásticos que a los metales.



Aleación original de cinc-aluminio-plata y la misma aleación deformada al 800% a una temperatura de 280 °C.

Podríamos suponer que los metales con estas propiedades son un producto de la era moderna; sin embargo, hay evidencias de que no es así. El fenómeno pudo haberse usado en metales durante la edad de bronce en Turquía, donde se han descubierto bronces que contienen hasta 10% de arsénico y en la actualidad se sabe que se comportan como superplásticos. Otro caso son las famosas espadas de Damasco, anteriores al siglo xi; el acero de éstas es muy similar al acero superplástico desarrollado en la década de los setenta.

México es un productor de metales que pueden transformarse en aleaciones superplásticas, lo cual nos da la oportunidad de iniciar el uso de estos metales en la industria metalmecánica nacional y aprovechar así la escasa energía y los bajos costos de producción que requiere este proceso. Por ello algunos investigadores en nuestro país han desarrollado estudios sobre esta característica en metales y aleaciones que son materias primas nacionales como el cinalco (aleación de cinc y aluminio), que tiene la resistencia de un acero estructural abajo de 100 °C y se comporta de manera superplástica a 300 °C. Estas aleaciones representarían un atajo por el cual la industria metalmecánica nacional podría recortar la distancia con las industrias de los países avanzados.

En la actualidad, los metales superplásticos prometen ser una revolución y se ha aplicado con éxito para la fabricación de puertas y diversas partes de aviones supersónicos. El ahorro en su uso ha llegado a ser de hasta 40%; además tienen la ventaja de ser materiales ligeros y resistentes a altas temperaturas, como la aleación basada en titanio-aluminio-vanadio.

Las aleaciones superplásticas con más futuro son las basadas en los metales más abundantes en la corteza terrestre, como el hierro y el aluminio. No obstante, hay que considerar que el cinc, el cadmio, el bismuto y el plomo han desaparecido del contexto industrial, pero si se aprovechan sus propiedades superplásticas podrían volver a ser competitivos, ya que tienen la capacidad de sustituir a los plásticos en diversas aplicaciones, con la ventaja adicional de ser 100% reciclables. En el ámbito comercial ya es posible encontrar algunas aleaciones superplásticas para aplicaciones arquitectónicas, como el caso de las aleaciones de aluminio.



Con los superplásticos se construyen aviones de ciertas características.



Figura 2.26 La minería aporta el 12% al valor total de la producción nacional.

## Tabla periódica de los elementos IUPAC

Grupos representativos		Grupos representativos																																																																																																																																																																																																																	
Periodos	Grupos representativos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																																																																																																																
1	Hidrógeno 1.1 1.1000000000000002	1	Be 2.1 9.000000000000001	2	Mg 3.1 12.000000000000002	3	Na 3.2 22.9897692	4	Ca 4.1 40.0780000	5	Sc 5.1 44.9557000	6	Ti 5.2 47.9470000	7	V 5.3 50.9440000	8	Cr 5.4 52.0000000	9	Mn 5.5 54.9380000	10	Fe 5.6 55.8450000	11	Ni 5.7 58.7350000	12	Cu 5.8 63.5460000	13	Co 5.9 64.9270000	14	Ru 5.10 69.9420000	15	Pd 5.11 69.9420000	16	Ag 5.12 69.9500000	17	Pt 5.13 69.9500000	18	Ir 5.14 69.9500000	19	Rh 5.15 69.9500000	20	Os 5.16 69.9500000	21	Re 5.17 69.9500000	22	Ta 5.18 69.9500000	23	W 5.19 69.9500000	24	Hf 5.20 69.9500000	25	Zr 5.21 69.9500000	26	Ta 5.22 69.9500000	27	Co 5.23 69.9500000	28	Ni 5.24 69.9500000	29	Cu 5.25 69.9500000	30	Zn 5.26 69.9500000	31	Ga 5.27 69.9500000	32	Ge 5.28 69.9500000	33	As 5.29 69.9500000	34	Se 5.30 69.9500000	35	Br 5.31 69.9500000	36	Kr 5.32 69.9500000	37	Rb 5.33 69.9500000	38	Sr 5.34 69.9500000	39	Y 5.35 69.9500000	40	La 5.36 69.9500000	41	Nb 5.37 69.9500000	42	Mo 5.38 69.9500000	43	Tc 5.39 69.9500000	44	Ru 5.40 69.9500000	45	Rh 5.41 69.9500000	46	Pd 5.42 69.9500000	47	Ag 5.43 69.9500000	48	Cd 5.44 69.9500000	49	In 5.45 69.9500000	50	Sn 5.46 69.9500000	51	Sb 5.47 69.9500000	52	Te 5.48 69.9500000	53	At 5.49 69.9500000	54	Xe 5.50 69.9500000	55	Rb 5.51 69.9500000	56	Ba 5.52 69.9500000	57	La 5.53 69.9500000	58	Ce 5.54 69.9500000	59	Pr 5.55 69.9500000	60	Nd 5.56 69.9500000	61	Pm 5.57 69.9500000	62	Sm 5.58 69.9500000	63	Eu 5.59 69.9500000	64	Gd 5.60 69.9500000	65	Tb 5.61 69.9500000	66	Dy 5.62 69.9500000	67	Ho 5.63 69.9500000	68	Er 5.64 69.9500000	69	Tm 5.65 69.9500000	70	Yb 5.66 69.9500000	71	Lu 5.67 69.9500000	72	Hf 5.68 69.9500000	73	Ta 5.69 69.9500000	74	W 5.70 69.9500000	75	Re 5.71 69.9500000	76	Os 5.72 69.9500000	77	Ir 5.73 69.9500000	78	Pt 5.74 69.9500000	79	Au 5.75 69.9500000	80	Hg 5.76 69.9500000	81	Tl 5.77 69.9500000	82	Pb 5.78 69.9500000	83	Bi 5.79 69.9500000	84	Po 5.80 69.9500000	85	At 5.81 69.9500000	86	Rn 5.82 69.9500000	87	Fr 5.83 69.9500000	88	Ra 5.84 69.9500000	89	Ac 5.85 69.9500000	90	Th 5.86 69.9500000	91	Pa 5.87 69.9500000	92	U 5.88 69.9500000	93	Np 5.89 69.9500000	94	Pu 5.90 69.9500000	95	Am 5.91 69.9500000	96	Cm 5.92 69.9500000	97	Bk 5.93 69.9500000	98	Cf 5.94 69.9500000	99	Es 5.95 69.9500000	100	Fm 5.96 69.9500000	101	Md 5.97 69.9500000	102	No 5.98 69.9500000	103	Lr 5.99 69.9500000	104	Uus 5.100 69.9500000	105	Uuo 5.101 69.9500000

Figura 2.40 Tabla periódica de los elementos.

El promedio de uso **per cápita** de metales ha pasado de 77 kilogramos en 1950 a 165 kilogramos en 1975 y 213 kilogramos en 2008. Ello no significa que todos los seres humanos disponemos de la misma cantidad de metales al año; éstos se concentran en un reducido número de países. Por ejemplo, en 2008 el consumo **per cápita** en Estados Unidos de América (380 kilogramos) fue casi nueve veces mayor que en China y 15 veces mayor que en India.

Los seres humanos somos grandes modificadores del espacio que habitamos: transformamos el entorno para satisfacer nuestras necesidades primarias y en la búsqueda de mejores condiciones de vida. Estamos acostumbrados a extraer esas cantidades de metales de los depósitos minerales del subsuelo. Durante miles de años hemos explotado estos recursos no renovables, y si consideramos la magnitud de la producción mundial de metales, es claro que las reservas son cada vez menores y es más difícil encontrar minas con una concentración de minerales que haga reddituable su extracción (figura 2.26). En el futuro, quizás las reservas naturales resulten inadecuadas para su explotación por un bajo contenido de metal o por ubicarse en sitios inaccesibles.

Pero no sólo las cantidades son determinantes, la extracción de metales mediante los procesos metalúrgicos tiene graves consecuencias ambientales por la generación de grandes cantidades de residuos y de sustancias tóxicas, así como pérdida de vegetación. En 2005, por ejemplo, la fabricación de productos elaborados con los 10 metales de mayor demanda industrial dio lugar a más de 3 mil millones de toneladas de residuos, lo que representa cuatro veces el peso de los metales extraídos.

Ante esta situación —consumo excesivo, agotamiento de las reservas e impacto ambiental— deberemos tomar decisiones para asegurar a las generaciones futuras una disponibilidad suficiente de materiales metálicos. Tenemos que recapacitar y revisar continuamente nuestros hábitos personales y sociales respecto al uso de los recursos. Por ejemplo, qué respondes cuando en la panadería te preguntan: ¿desea bolsa de papel o de plástico? ¿En qué argumentos basas tu respuesta? ¿qué consecuencias tiene tu respuesta? Si meditamos en torno a estas preguntas, podremos identificar estrategias que ahorren recursos y buscar soluciones a estos problemas.

Con base en lo anterior, cada día es más importante tener presente las “cuatro erres” de la conservación y la administración de recursos son: rechazo, reducción, reuso y reciclado.

- **Rechazo:** significa no aceptar materiales elaborados con recursos que se estén agotando o cuya producción impacte el ambiente de manera considerable. Debemos buscar reemplazarlos con otros de propiedades similares, pero más amigables con el ambiente. El plomo es un metal tóxico y dañino para nuestra salud, por lo que se recomienda sustituir las tuberías de este material por las de cobre o PVC.
- **Reducción:** implica disminuir el consumo de ciertos materiales. En la fabricación de un automóvil mediano se requieren unos 800 kg de acero y 130 kg de metales no ferrosos. Si en el mundo se usaran autos en la misma proporción que en los Estados Unidos de América, las reservas conocidas de hierro estarian agotadas.

### Conéctate con...

#### Ecología

El progreso tecnológico ha contribuido a aumentar la producción de aparatos eléctricos y electrónicos. Por ello, se ha incrementado la cantidad de desechos de basura electrónica que contaminan el ambiente. Actualmente, se calcula que en México se generan entre 150 mil y 180 mil toneladas por año, cifra que equivale a llenar hasta cinco veces el Estadio Azteca. Uno de los aspectos más delicados es el vacío de información acerca de los patrones de consumo y el destino final de los desechos electrónicos.



También se le conoce como basura tecnológica.



**Figura 2.42** Estructuras de Lewis del hidruro de sodio y agua. Acuérdate que el hidrógeno y el sodio llenan su último nivel de energía con dos electrones, mientras que el oxígeno lo hace con ocho electrones.

Ambos están separados por los *semimetales* o *metaloïdes*, que forman una franja. Más adelante veremos la importancia de organizar los elementos de esta forma.

### La valencia

Recuerda que los electrones que están en el nivel de mayor energía son los que pueden combinarse con los electrones de otros átomos para formar compuestos. Por ejemplo, el sodio tiene un electrón de valencia, por lo que reacciona con el hidrógeno, que también tiene un electrón en su capa de valencia, para formar un compuesto llamado hidruro de sodio (figura 2.42).

Se dice entonces que el hidrógeno y el sodio tienen valencia 1. Pero no necesariamente todos los electrones de valencia de un átomo participan en la formación de compuestos. Veamos el caso del oxígeno en la molécula del agua. Como puedes ver, el oxígeno se combina con dos átomos de hidrógeno, los cuales tienen valencia 1, por lo que se dice que el oxígeno tiene valencia 2. La valencia es entonces el máximo número de electrones que tiene disponible un átomo para unirse con otro.

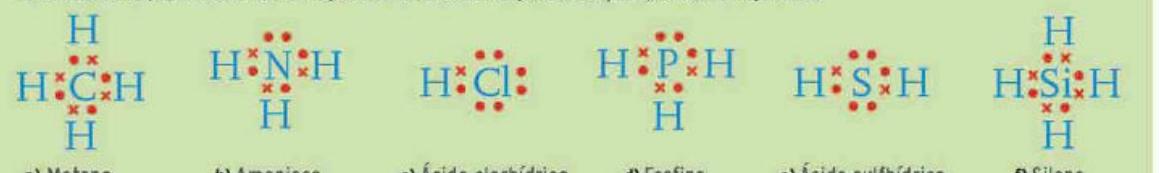
Identificar los elementos químicos de una familia con su valencia es muy importante, puesto que nos da información sobre su capacidad de combinarse con otros elementos.



### Actividad

**Observa e identifica:** ¿Cómo se determina la valencia?

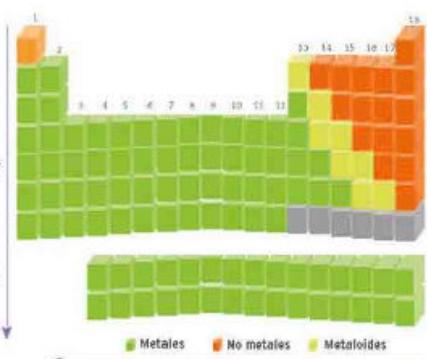
Reúnanse en equipo, observen las siguientes moléculas (figura 2.43) y respondan lo siguiente.



**Figura 2.43** Estructuras de Lewis de diferentes moléculas.

1. ¿Cuál es la valencia del carbono, nitrógeno, cloro, fósforo, azufre y silicio en las moléculas anteriores?
2. Identifiquen en la tabla periódica las valencias de las familias 1 a 8.
3. ¿Cómo es la valencia de los elementos en una misma familia?
4. ¿En qué familias coinciden la valencia y el número de electrones de valencia?

Compartan los resultados con otro equipo e intercambien ideas.



**Figura 2.44** Carácter metálico de los elementos. El sentido de las flechas indica hacia dónde aumenta, es decir, de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda.

### Las regularidades en la tabla periódica

Como hemos visto, de acuerdo con la ubicación de los elementos en la tabla periódica, es posible conocer algunas de sus propiedades. Pero, ¿existe una relación entre ellas?

En efecto, conforme aumenta el número atómico, también varían las propiedades químicas y físicas de los elementos y observamos ciertas *regularidades*.

Una propiedad que nos ilustra esto es el carácter metálico, cuya tendencia regular podemos representar con flechas, como se muestra en la figura 2.44.

**Tabla 2.14 Propiedades del cobre y del aluminio**

Propiedades	Cobre	Aluminio
Maleabilidad y ductilidad	Altas	Altas
Conductividad eléctrica	Alta	Alta
Conductividad térmica	Alta	Alta
Reactividad química	Baja	Baja
Resistencia a la corrosión	Alta	Alta
Color y lustre	Rojizo, brillante	Blanco plateado brillante
Formación de mezclas útiles con otras sustancias (aleaciones)	Bronce (Cu + Sn); latón (Cu + Zn)	Bronce de aluminio (Al + Cu), alnico (Al + Ni + Co)

- En la búsqueda de materiales sustitutos analicen las propiedades físicas y químicas de cada opción y decidan la mejor desde el punto de vista costo-beneficio. Por ejemplo, el oro es mejor conductor de electricidad que el cobre, pero los cables eléctricos se hacen de cobre porque este metal tiene mejor relación precio-calidad para conducir la electricidad.
  - Respecto al reúso busquen información acerca de si los metales, una vez usados, conservan sus propiedades para volverlos a emplear.
  - En cuanto al reciclaje, investiguen si éste es menos costoso que la producción y el impacto ambiental que producen ambos procesos.
4. Presenten sus resultados al maestro y organícen una plenaria para mostrarlos al grupo.

### Cierre

**Investiguen y argumenten:** ¿Qué decisión tomar?

1. En parejas seleccionen un metal de uso frecuente en su comunidad —que no sea cobre ni aluminio— e investiguen los siguientes aspectos.
  - Las propiedades físicas y químicas del metal seleccionado, así como sus usos más comunes. Relacionen esas propiedades con el tipo de aplicación.
  - Si el metal se produce en nuestro país o se importa de otras partes del mundo, y cuál es su producción nacional e internacional.
  - Los problemas económicos y ambientales relacionados con el aprovechamiento del metal.
2. Propongan estrategias para resolver estos problemas mediante el rechazo, la reducción, el reúso o reciclado de los materiales u objetos fabricados con este metal.
3. Elaboren un tríptico que resuma los resultados de su investigación.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico algunas propiedades de los metales y las relaciono con diferentes aplicaciones tecnológicas.			
2. Identifico en mi comunidad aquellos productos elaborados con diferentes metales y tomo decisiones para promover su rechazo, reducción, reúso y reciclado.			

## Segunda revolución de la Química

### Química: Un trabajo de equipo



Figura 2.28 Dimitri Mendeleiev (1834-1907), químico ruso.



#### Situación inicial

##### Explora y analiza: ¿En qué se parecen?

###### Introducción

Ya mencionamos en una secuencia anterior que nos interesa saber cómo son los objetos que están dentro de una caja sin abrirla; podemos sacudirla, calentarla, aplastarla para detectar características de esos objetos. Las propiedades químicas de los elementos se investigan al ponerlos en contacto con otras sustancias químicas con las que pueden (o no) combinarse para formar nuevos compuestos.

###### Propósito

Analiza las propiedades físicas y químicas de varios elementos e identifica diferencias y similitudes.

###### Toma nota

Manejen con cuidado todas las disoluciones, en particular el ácido clorhídrico, porque quemá la piel. (Revisen las normas de seguridad de las páginas 14-17).

###### Material

Muestras de aluminio (Al), azufre (S), carbono (C), cobre (Cu), hierro (Fe), magnesio (Mg), yodo (I) y cinc (Zn); disoluciones de ácido clorhídrico (HCl) (3.65 g de HCl por 1 l de disolución) y de cloruro de cobre ( $\text{CuCl}_2$ ) (13.0 g de  $\text{CuCl}_2$  por 1 l de disolución); tubos de ensayo, gradilla, espátula.

###### Procedimiento

1. Observen las muestras de los elementos que les proporcionó su maestro y describan sus propiedades físicas (color, textura, etcétera) en la primera columna de la tabla 2.15, página 107.

Tabla 2.15 Observaciones después de poner las sustancias en contacto

Elemento	Propiedades físicas	Reacción con $\text{CuCl}_2$	Reacción con HCl
Aluminio (Al)			
Azufre (S)			
Carbono (C)			
Cobre (Cu)			
Hierro (Fe)			
Magnesio (Mg)			
Yodo (I)			
Cinc (Zn)			

2. Vierten 1 ml de disolución de cloruro de cobre en un tubo de ensayo y agreguen una muestra pequeña de un elemento. Observen qué sucede y registren los resultados en la tabla. Presten atención tanto al tipo de cambio como a la rapidez con que se produce.
3. Vierten 1 ml de ácido clorhídrico en un tubo de ensayo y agreguen una muestra de un elemento. Observen qué ocurre y registren sus resultados en la tabla. Presten atención tanto al tipo de cambio como a la rapidez con que se produce.
4. Repitan esta prueba con cada elemento y registren sus observaciones.

###### Análisis de resultados y conclusiones

5. Analicen los resultados y propongan un sistema de clasificación en el que elementos con propiedades físicas y químicas similares pertenezcan al mismo grupo. Si es necesario, formen subgrupos dentro de cada grupo.
6. Investiquen la ubicación de esos elementos en la tabla periódica y determinen si su clasificación se relaciona con su ubicación en dicha tabla.

###### Manejo de residuos

Viertan todas las disoluciones y sustancias en el depósito de desechos químicos del laboratorio.



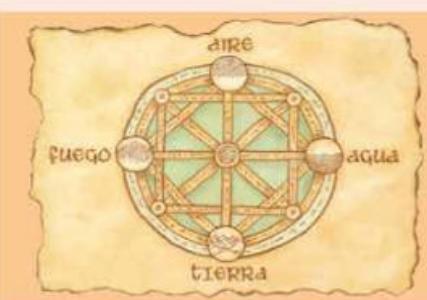
## Mendeleiev y la organización de los elementos

Durante milenios, diferentes filósofos, naturalistas, químicos y físicos han especulado acerca de los componentes elementales de las sustancias que nos rodean. En el siglo iv a. n. e., el filósofo griego Aristóteles definió los elementos como "cuerpos que no pueden dividirse en otros cuerpos con forma diferente" y propuso que todas las cosas estaban constituidas por cuatro "elementos" básicos: agua, aire, tierra y fuego. Esta idea, conocida como la teoría de los cuatro elementos, sobrevivió durante cientos de años con ligeros cambios.

La definición moderna de elemento químico la introdujo Robert Boyle en el siglo xvii, aunque fue hasta el siglo xviii en que el trabajo de Antoine Laurent Lavoisier proporcionó a los químicos una definición práctica que permitió identificar los elementos químicos de manera sistemática. En su *Tratado Elemental de Química*, Lavoisier incluyó una lista de elementos conocidos hasta entonces: oxígeno (O), nitrógeno (N), hidrógeno (H), fósforo (P), mercurio (Hg), zinc (Zn) y azufre (S), entre otros; su lista también consideró a la luz y el calor como elementos químicos, pues en esa época se pensaba que eran sustancias materiales.

Hacia mediados del siglo xix ya se conocían 60 elementos distintos, cinco de los cuales eran gases a temperatura ambiente: hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), flúor (F) y cloro (Cl). También se conocían dos elementos líquidos: mercurio (Hg) y bromo (Br), y el resto eran sólidos. Algunos científicos observaron que distintos elementos tenían propiedades físicas y químicas parecidas; comenzaron entonces a generar sistemas de clasificación que representaban los elementos separados en diferentes grupos o "familias" dibujados sobre una tabla. Entre estos estudiosos estaban Johann Döbereiner y Lothar Meyer en Alemania, John Newlands en Inglaterra, y Dimitri Mendeleiev en Rusia. Sin embargo, no toda la comunidad científica compartía estas ideas y su trabajo fue severamente criticado.

Entre todas las tablas de elementos propuestas en esa época, la que resultaría más útil y exitosa por su elegancia y su capacidad predictiva fue la que propuso Dimitri Mendeleiev en 1869. La tabla de Mendeleiev, hoy conocida como **tabla periódica de los elementos**, no sólo permitió clasificar los elementos químicos de manera sistemática, sino que también dio lugar a una de las leyes más importantes de la Química, la denominada **Ley Periódica**.



Propuesta de Aristóteles.



Portada de la edición en latín del libro *El químico escéptico* (1661), de Robert Boyle.

Para completar su trabajo, Mendeleiev aprovechó los resultados experimentales e ideas de muchos científicos de su tiempo. De manera sistemática registró las propiedades de cada elemento conocido en diferentes tarjetas e invirtió horas y horas organizándolas de diferentes formas; su interés era identificar patrones similares en su comportamiento y propiedades químicas. Finalmente prestó atención a dos criterios básicos: la masa de los átomos que conforman cada elemento y la forma en que se combinan químicamente con otros elementos en la tabla.

En la época de Mendeleiev ya se sabía que átomos de diferentes elementos tienen distintas masas. En particular, el trabajo de los químicos italianos Amadeo Avogadro y Stanislao Cannizzaro fue fundamental para determinar y establecer un sistema confiable de masas atómicas. Mendeleiev usó esta información para organizar los elementos conocidos en filas horizontales, en orden creciente de masa atómica. Al mismo tiempo observó la manera en que los distintos elementos se combinaban para formar compuestos y los agrupó de modo que elementos con reactividad química similar quedaran en una misma columna. De esta manera organizó los elementos en períodos (filas) y grupos o familias (columnas), como se aprecia en la tabla 2.16:

Tabla 2.16 Elementos de Mendeleiev

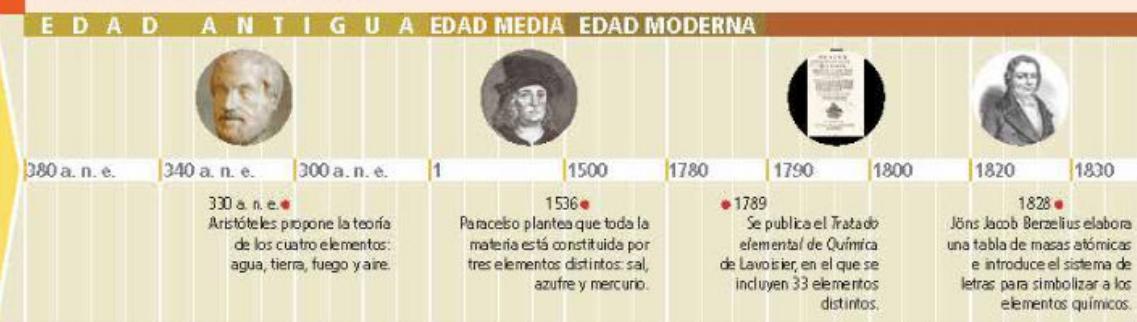
Año	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI	Grupo VII	Grupo VIII
Periodo 1	H = 1*							
Periodo 2	Li = 7	Be = 9	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
Periodo 3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35	
Periodo 4	K = 39	Ca = 40	? = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 58 Co = 59
Periodo 5	Ni = 59	Zn = 65	? = 68	? = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	

\*Los números en esta tabla representan las masas de cada tipo de átomo relativos a las del átomo de hidrógeno. Por ejemplo, un átomo de carbono tiene una masa 12 veces mayor que un átomo de hidrógeno.

Como observas, Mendeleiev dejó espacios vacíos (marcados con interrogación) porque estaba tan seguro de su sistema de clasificación que afirmaba que debían existir elementos, aún no descubiertos, que los ocuparían. Así, en 1871 predijo la existencia de un elemento, al que llamó eka-silicio, el cual debía tener propiedades similares al silicio (Si) y una masa atómica cercana a 72. El elemento fue descubierto en 1886 y recibió el nombre de germanio (Ge). ¡Su masa atómica es casi idéntica a la que predijo Mendeleiev!

La tabla de Mendeleiev no sólo permitió condensar una enorme cantidad de información sobre los elementos químicos en un espacio reducido y hacer predicciones sobre la existencia de elementos hasta entonces desconocidos, sino que también determinó regularidades en sus propiedades químicas cuando se les organiza en función de su masa atómica. Como en un calendario mensual, en el que los días se repiten cada semana, en la tabla periódica las propiedades de las sustancias se repiten de un periodo a otro, regularidad que se conoce como la Ley Periódica, como veremos más adelante.

Todos estos sucesos dieron así origen a lo que se denomina Segunda Revolución de la Química.





## Desarrollo

## El orden en la diversidad de las sustancias: aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev

## Cannizzaro y las masas atómicas



Figura 2.29 Stanislao Cannizzaro (1826-1910), químico italiano.



Figura 2.30 La masa de un átomo de oxígeno es 16 veces mayor que la de un átomo de hidrógeno.

El desarrollo de la tabla periódica no hubiera sido posible sin información confiable sobre las masas de los átomos de los diferentes elementos químicos. Aunque parezca extraño, en la época de Mendeleiev los químicos aún no se ponían de acuerdo en la diferencia precisa entre qué sustancias estaban constituidas por átomos independientes y cuáles por moléculas. Tampoco coincidían en las masas atómicas que les correspondían a los átomos de los diferentes elementos conocidos.

Pero, ¿cómo medir la masa de los átomos? Los átomos son tan pequeños, que ésta no puede medirse directamente. En cambio, si es posible comparar la masa de átomos diferentes. Estos problemas los solucionó en gran medida el químico italiano Stanislao Cannizzaro (figura 2.29), quién propuso determinar las diferentes masas atómicas usando como referencia la masa del átomo de hidrógeno —por ser el elemento más ligero— y desarrollando métodos sistemáticos para medir la masa relativa de los demás átomos. La **masa atómica relativa**, que se simboliza como  $A_r$ , es la cantidad de veces que la masa de un átomo es más grande que la masa del átomo de hidrógeno; por ejemplo, la masa atómica relativa ( $A_r$ ) de un átomo de oxígeno es 16 **unidades de masa atómica** (uma).

$$A_r(O) = 16 \text{ uma}$$

Esto significa que la masa de un átomo de ese elemento es 16 veces mayor que la masa de un átomo de hidrógeno, al que, por convención, Cannizzaro le asignó una masa atómica relativa de 1 uma (figura 2.30).

La masa molecular relativa, cuyo símbolo es  $M_r$ , consiste en el número de veces que la masa de una molécula es más grande que la de un átomo de hidrógeno y se calcula al sumar las masas atómicas relativas de los átomos que forman la molécula. Por ejemplo, la masa molecular relativa del agua es:

$$M_r(H_2O) = 2 \times A_r(H) + A_r(O) = (2 \times 1) + 16 = 18 \text{ uma}$$

Actualmente se utiliza el átomo de carbono 12 ( $^{12}\text{C}$ ) como referencia con una masa atómica relativa de exactamente 12 uma, el concepto de masa relativa continúa siendo el mismo. La tabla siguiente recopila las masas atómicas relativas de distintos átomos, con el átomo de carbono como referencia.

## Ejemplos de masas relativas

Hidrógeno (H)	Oxígeno (O)	Azufre (S)	Fósforo (P)	Cloro (Cl)	Nitrógeno (N)	Mercurio (Hg)	Carbono (C)
1.01	15.99	32.07	30.95	35.43	14.02	200.95	12

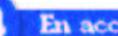
Para proponer el cálculo indirecto de las masas atómicas de los elementos, Cannizzaro debió tener muy clara la diferencia entre átomo y molécula a partir de una profunda reflexión de los estudios de varios químicos que le habían precedido: Berzelius, Dumas y Laurent, entre otros. Si analizas la línea del tiempo de las páginas 108 y 109, te darás cuenta de que Mendeleiev también conocía los estudios de científicos que le antecedieron y, con base en ellos desarrolló su tabla periódica.

No hay duda de que la comunicación científica, entendida como el proceso de presentación, distribución y recepción de información científica, es importante para la existencia y el desarrollo de la ciencia y por ello fundamental que se realice de una forma adecuada y comprensible para la comunidad científica de manera que el conocimiento se socialice (figura 2.31).

Si consideramos que el teléfono se inventó en 1871, la telefonía celular se empezó a desarrollar en el último cuarto del siglo xx, la prensa escrita (periódicos y revistas) se popularizó a partir de 1884 e internet surgió en 1969, la pregunta es: ¿cómo se enteraron Cannizzaro y Mendeleiev que vivían en Italia y Rusia, respectivamente, de los avances científicos que se generaban en otros países?



Figura 2.31 Los científicos socializan los resultados de sus investigaciones por medio de revistas especializadas.



## En acción

## Investiga y argumenta: ¿Cómo se comunican los científicos?

1. En equipos investiguen para responder:
  - a) ¿Cómo compartían y difundían los científicos del siglo xix sus conocimientos?
  - b) ¿Cómo conoció Mendeleiev los trabajos de Cannizzaro respecto a las masas atómicas?
  - c) ¿Qué limitaciones de comunicación había en aquella época (siglo xix)?
  - d) ¿Cómo suponen que habría cambiado la historia de la tabla periódica si Mendeleiev no hubiera conocido las masas atómicas que propuso Cannizzaro?
  - e) ¿Cómo se comunican y difunden en la actualidad los avances y descubrimientos de la ciencia?
  - f) ¿Qué ventajas tiene la comunicación científica actual con respecto a la manera en la que se hacía en el siglo xix?
2. Comerten en grupo el resultado de su investigación.

## Predicción de propiedades

Con el desarrollo de la tabla periódica los químicos tuvieron por primera vez en sus manos una poderosa herramienta para realizar experimentos de manera sistemática y con objetivos bien definidos. La organización de los elementos químicos en la tabla periódica no sólo permite identificar sustancias con propiedades físicas y químicas similares, sino también hacer predicciones sobre el comportamiento de cualquier elemento en una misma familia. Esto resulta de gran utilidad cuando hay que decidir qué sustancias utilizar para sintetizar nuevos productos o fabricar ciertos objetos.

## Busca en...

[www.edutics.mx/  
ZQm](http://www.edutics.mx/ZQm) (Consulta: 21  
de enero de 2019).  
el artículo: "Dimitri  
Mendeleiev: el  
orden oculto en  
la materia", de la re-  
vista *«Cómo ves?*

Algunas propiedades de los elementos químicos pueden estimarse si se conocen los valores de esa misma propiedad de elementos ubicados arriba y abajo en la misma familia. Un método sencillo consiste en calcular el promedio de estas cantidades. Mendeleiev utilizó esta técnica para predecir las propiedades de elementos aún desconocidos en su época. Años después se descubriría que la mayoría de sus predicciones fueron acertadas.

Por ejemplo, el elemento que Mendeleiev bautizó como eka-silicio debía localizarse entre el silicio (Si) y el estaño (Sn) en la familia del carbono. Como el punto de ebullición del silicio es 3 540 K y el del estaño es 2 876 K, el científico ruso estimó que el punto de ebullición del eka-silicio debía ser cercano al promedio aritmético de los puntos de ebullición de los elementos entre los que se encontraba, es decir:  $(3\,540 + 2\,876)/2 = 3\,208$  K. Cuando este elemento se descubrió en 1886, su punto de ebullición resultó ser de 3 107 K, un valor muy cercano al estimado por Mendeleiev. El nombre moderno de este elemento químico es germanio (Ge) (figura 2.32). En la tabla 2.17 puede apreciarse que sus predicciones sobre las propiedades del germanio fueron bastante cercanas a lo que hoy conocemos.



Figura 2.32 Eka-silicio (germanio hoy en día).

Tabla 2.17 Predicciones de Mendeleiev para el eka-silicio (germanio)

Propiedad	Predicción eka-silicio	Germanio (Ge)
Masa atómica	72	72.59
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	5.5	5.32
Punto de ebullición (K)	3 208	3 107
Apariencia	Gris oscuro	Blanco grisáceo
Fórmula del óxido	$EO_2$ , blanco sólido, densidad de 4.7 g/cm <sup>3</sup>	$GeO_2$ , blanco sólido, densidad de 4.3 g/cm <sup>3</sup>
Fórmula del cloruro	$ECl_4$ , hierve por debajo de 100 °C, densidad 1.9 g/cm <sup>3</sup>	$GeCl_4$ , hierve a 84 °C, densidad 1.84 g/cm <sup>3</sup>



### En acción

Analiza y estima: ¿Cómo predecir propiedades?

- Con base en el tipo de predicciones de Mendeleiev y a partir de la tabla periódica (página 120), analiza y estima las propiedades físicas de algunos elementos.
  - La densidad del cobre (Cu) es 9.0 g/ml y la del oro (Au), es 19.3 g/ml. Estima la densidad del elemento que se encuentra entre estos dos metales. ¿De qué elemento se trata?
  - Investiga la densidad de este elemento químico y calcula el porcentaje de desviación entre tu estimación y el valor experimental. Para ello considera la diferencia entre el valor estimado y el valor experimental; divide el resultado entre el valor experimental y multiplica por 100. ¿Qué tan acertada fue tu estimación?
  - Con base en tus resultados predice cómo varía la densidad de los elementos en una misma familia conforme su masa aumenta.
- El punto de ebullición del metal sodio (Na) es 1 156 K y el del metal rubidio (Rb), 951 K. Ambos elementos se encuentran en la primera familia de la tabla periódica.
  - Estima la temperatura de ebullición del elemento que se sitúa entre ellos. ¿De qué elemento se trata?
  - Investiga el punto de ebullición de este elemento químico y compáralo con tu estimación (calcula el porcentaje de desviación).
  - Predice con tus resultados cómo varía el punto de ebullición de los elementos en una misma familia cuando aumenta su masa.

3. Las fórmulas de los compuestos químicos también se pueden predecir con base en las relaciones conocidas entre los elementos de la tabla periódica. Por ejemplo, la fórmula del compuesto que se forma cuando el magnesio (Mg) reacciona con flúor (F) es  $MgF_2$ , y cuando reacciona con cloro (Cl), es  $MgCl_2$ .

- ¿Cuál será la fórmula del compuesto que se forma cuando el magnesio reacciona con yodo (I)?
- ¿Qué fórmula tendrá el compuesto que produce la reacción entre Ca y Cl?

### Cierre



#### Sistematiza: ¿Cómo organizó los elementos Mendeleiev?

Imagina que habitas en otro planeta donde se han descubierto siete elementos distintos, pero todavía no se ubican en una tabla periódica. La tabla 2.18 incluye sus propiedades físicas y química.

Tabla 2.18 Propiedades de estas sustancias

Nombre (símbolo)	Masa atómica	Propiedades físicas	Propiedades químicas
Alembio (A)	70	Líquido rojizo que no conduce electricidad.	Reacciona con diodio y forma un compuesto con fórmula DA.
Bornio (B)	145	Líquido que conduce electricidad.	Reacciona con alembio y forma un compuesto con fórmula BA <sub>2</sub> .
Calendio (C)	80	Sólido blando que conduce electricidad.	Reacciona con espolio y forma un compuesto con fórmula CE.
Diodio (D)	40	Sólido blando que conduce electricidad.	Reacciona con espolio y forma un compuesto con fórmula DE.
Espolio (E)	110	Sólido violáceo que no conduce electricidad.	Reacciona con formio y forma un compuesto con fórmula FE <sub>2</sub> .
Formio (F)	55	Sólido duro que conduce electricidad.	Reacciona con alembio y forma un compuesto con fórmula FA <sub>2</sub> .
Garnio (G)	130	Sólido duro que conduce electricidad.	Reacciona con espolio y forma un compuesto con fórmula GE.

- En parejas copien esta información en siete tarjetas y, a partir de las ideas de Mendeleiev, traten de formar una tabla en la que los elementos queden organizados en diferentes períodos y grupos (familias) de acuerdo con su masa atómica y sus propiedades físicas y químicas.
- Quizá deban dejar espacios vacíos para que los elementos con propiedades similares queden en una misma familia. Si esto sucede, analicen las propiedades de los elementos cercanos y predigan las propiedades de los elementos aún no descubiertos. Escriban estas propiedades en otra tarjeta y nombren esa sustancia.
- Cuando tengan organizada su tabla periódica, presenten al grupo sus resultados. Discutan las similitudes y diferencias que observan entre las distintas tablas creadas.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico la organización y sistematización de elementos en la tabla periódica de Mendeleiev. Distingo masa molecular y masa atómica.			

# Tabla periódica: organización y regularidades de los elementos químicos

## Familias químicas

Una de las ventajas de organizar los elementos en la tabla periódica es hacer predicciones acerca de las propiedades físicas y químicas de las sustancias elementales a partir del lugar que ocupen en ella. Los químicos reconocen diferentes familias de elementos, como la de los halógenos, que incluye al flúor y al cloro, o la de los metales alcalinos, en la que se encuentran el sodio y el potasio. Las sustancias elementales de una misma familia poseen propiedades químicas semejantes, es decir, se combinan químicamente de manera similar con otras sustancias. Por ejemplo, el flúor se combina con sodio y produce el fluoruro de sodio ( $\text{NaF}$ ), de manera semejante a como el cloro lo hace con el sodio para producir cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ). Para aprovechar la información de la tabla periódica es importante explorar cómo la organización y ubicación de los elementos se relacionan con sus propiedades. Ese es uno de los objetivos centrales de esta secuencia.



## Situación inicial

### Investiga e identifica: ¿En qué se parecen los miembros de las familias?

1. Averigua las propiedades físicas y químicas de los miembros de diferentes familias en la tabla periódica. Para ello, el maestro te asignará una de las siguientes familias:
  - Metales alcalinos.
  - Metales alcalinotérreos.
  - Halógenos.
  - Gases nobles.
2. Formen equipos en los que cada uno haya investigado una familia distinta.
  - a) Identifiquen qué elementos pertenecen a la familia que se le asignó. Determinen su estado de agregación y cuáles son metales, no metales o metaloides.
  - b) Describan el estado natural en que los elementos se encuentran en nuestro planeta.
  - c) Resuman las propiedades químicas más características de los elementos de la familia y averigüen los usos que tienen en la vida diaria.
3. Compartan los resultados de su investigación y expónganla en un organizador gráfico que resuma la información de las diferentes familias.



## Desarrollo

### Carácter metálico, valencia, número y masa atómica

En la época de Mendeleiev no había una explicación clara de por qué los elementos químicos con propiedades similares podían agruparse en familias. Hubo que esperar casi 50 años para encontrar una explicación satisfactoria basada en la estructura interna de los átomos. Estas ideas permiten desde entonces explicar las propiedades de los elementos químicos, como su carácter metálico y su capacidad para combinarse con otros elementos, conocida como valencia (recuerda que esas propiedades las revisamos en las secuencias 8 y 9). Analicemos con más detalle estos aspectos.

## ¿Masa atómica o número atómico?

En las primeras tablas periódicas, los elementos químicos se organizaron en orden creciente de **masa atómica** y aunque esta estrategia permitió acomodar en familias a los elementos más ligeros, el método resultó inadecuado para clasificar a los elementos más pesados, ya que la diferencia fundamental entre los átomos de elementos distintos es el número de protones en el núcleo o **número atómico (Z)**, no su masa atómica. Por ejemplo, si el número de protones en el núcleo atómico es 7 ( $Z = 7$ ), podemos asegurar que se trata de un átomo de nitrógeno ( $\text{N}$ ); si  $Z = 20$ , entonces es un átomo de calcio ( $\text{Ca}$ ), pero cuando nos encontramos con dos átomos con masas similares, no podemos asegurar que se trata del mismo elemento.

El problema de considerar la masa para organizar los elementos en la tabla periódica es que la **masa de un átomo** no sólo la determina el número de protones en el núcleo, su número atómico, sino también el número de neutrones. Algunos átomos pesan más que otros porque tienen más neutrones, aunque menos protones, como el yodo ( $\text{I}$ ) y el telurio ( $\text{Te}$ ). Por ello, al organizar su posición en la tabla se invierte cuando se usa la masa atómica en lugar del número atómico.

Debido a que un átomo se diferencia de otro por el número de protones en el núcleo, en 1914 Henry Moseley propuso disponer los elementos en la tabla periódica en orden creciente de número atómico en vez de masa atómica, y así se hace desde entonces. De esta manera, se eliminaron inconsistencias detectadas en la organización de los elementos en la tabla periódica y se descubrieron regularidades en sus propiedades.



## En acción

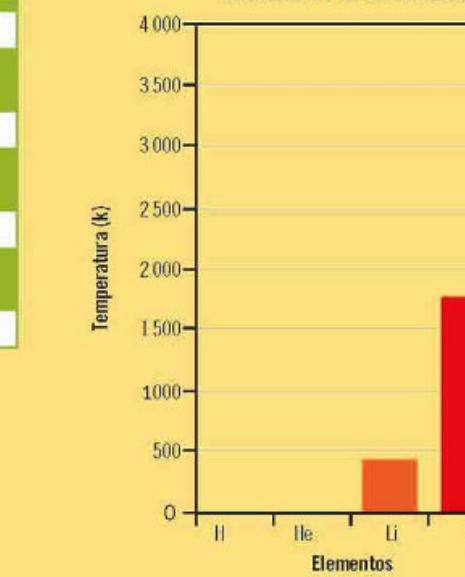
### Analiza y decide: ¿Cómo varía la temperatura de fusión?

La tabla muestra los puntos de fusión (en Kelvin) de los primeros 18 elementos de la tabla periódica actual.

Puntos de fusión de algunos elementos (K)			
H (Z=1)	He (Z=2)	Li (Z=3)	Be (Z=4)
13.81	0.95	453.7	1560
B (Z=5)	C (Z=6)	N (Z=7)	O (Z=8)
2365	3825	63.15	54.8
F (Z=9)	Ne (Z=10)	Na (Z=11)	Mg (Z=12)
53.55	24.55	371	922
Al (Z=13)	Si (Z=14)	P (Z=15)	S (Z=16)
933.5	1683	317.3	392.2
Cl (Z=17)	Ar (Z=18)		
172.17	83.95		

1. Construye una gráfica de barras del punto de fusión de los elementos en función del número atómico ( $Z$ ). Usa en el eje y una escala que te permita ubicar todos los datos en una misma gráfica (como en la gráfica).

### Punto de fusión vs. número atómico de los elementos



2. Analiza la gráfica 2.2 de la página 115 y responde.

- ¿Cómo varía el punto de fusión de los elementos conforme se incrementa el número atómico?  
¿Detectas algún patrón o comportamiento repetitivo en los datos? Argumenta tu respuesta.
- ¿Cuáles son los dos elementos con los puntos de fusión más altos? Ubica estos elementos en una tabla periódica y describe qué tienen en común.
- ¿En qué lugar de la tabla periódica se encuentra la mayoría de los elementos con los puntos de fusión más bajos? ¿Qué tienen en común?
- ¿Por qué los químicos dicen que el punto de fusión de los elementos es una "propiedad que se considera periódica"?

3. Compara tus respuestas con las de un compañero y valídenlas con ayuda del maestro.

### Propiedades periódicas: carácter metálico y valencia

Cuando una propiedad, física o química, tiene un comportamiento como el que observaste en la actividad anterior, en que el valor de la propiedad crece y/o decrece en forma repetitiva conforme se incrementa el número atómico, se dice que es una **propiedad periódica**. El comportamiento periódico de diferentes propiedades físicas y químicas de los elementos se explica con el modelo de capas electrónicas que estudiaste en la página 90. Muchas propiedades dependen del número de electrones en la capa de valencia de cada tipo de átomo y de la forma en que estos electrones se distribuyen en el espacio.

La figura 2.33 ilustra el modelo de capas electrónicas de los primeros 20 elementos de la tabla periódica. Cada cuadro incluye el número de protones en el núcleo de cada tipo de átomo, el número de electrones internos y el número de electrones de valencia. Como observas, los átomos que se encuentran dentro de un mismo grupo o familia (misma columna) tienen igual número de electrones de valencia.

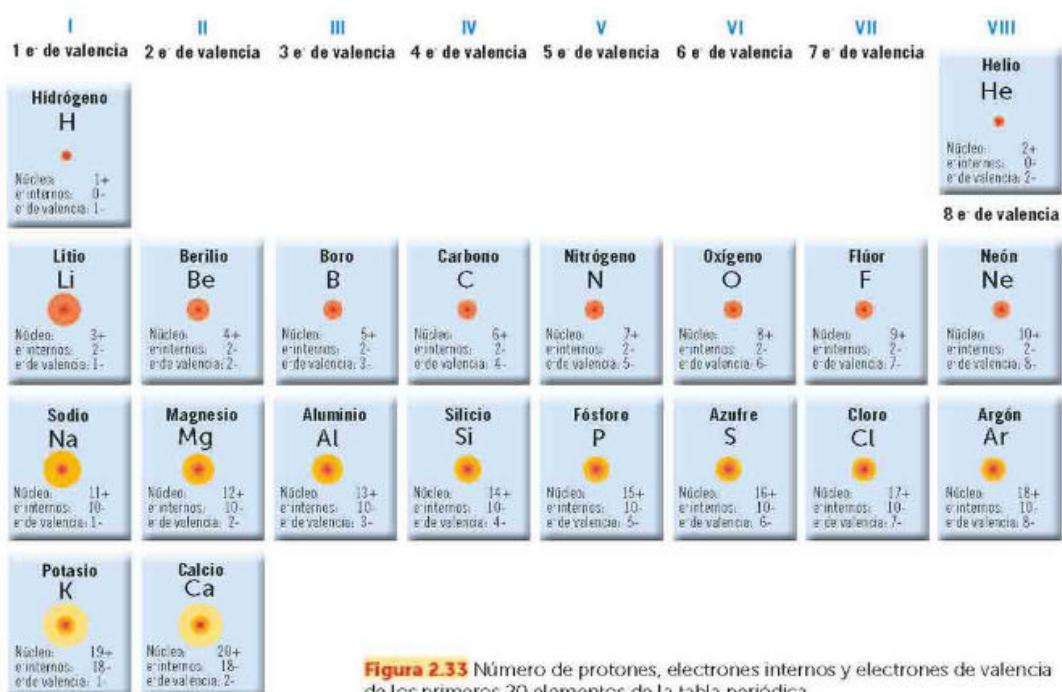


Figura 2.33 Número de protones, electrones internos y electrones de valencia de los primeros 20 elementos de la tabla periódica.

De acuerdo con el modelo de capas electrónicas, la similitud en las propiedades físicas y químicas de los elementos en una familia se debe a que sus átomos tienen el mismo número de electrones de valencia. Por su parte, los átomos de los elementos en un mismo periodo poseen igual número de electrones internos.

El número de electrones de valencia se incrementa de uno en uno de izquierda a derecha en cada periodo, hasta alcanzar un número máximo de electrones con los que la capa de valencia se llena. La capa de valencia para elementos en el primer periodo se llena con dos electrones y las del segundo y tercero con ocho. En consecuencia, los elementos en la última columna de la derecha en la tabla periódica, conocidos como gases nobles, tienen átomos en los que la capa de valencia siempre está llena.

Cuando una capa de valencia se llena, los electrones que se encuentran en ella se consideran internos y cada nuevo electrón se debe añadir a otra capa localizada más lejos del núcleo atómico. Por ello, cada vez que la capa de valencia se llena, los átomos de los elementos en el siguiente periodo tienen un tamaño mayor; compara, por ejemplo, el tamaño de los átomos de helio (He) y litio (Li) o neón (Ne) y sodio (Na) en la figura 2.34.

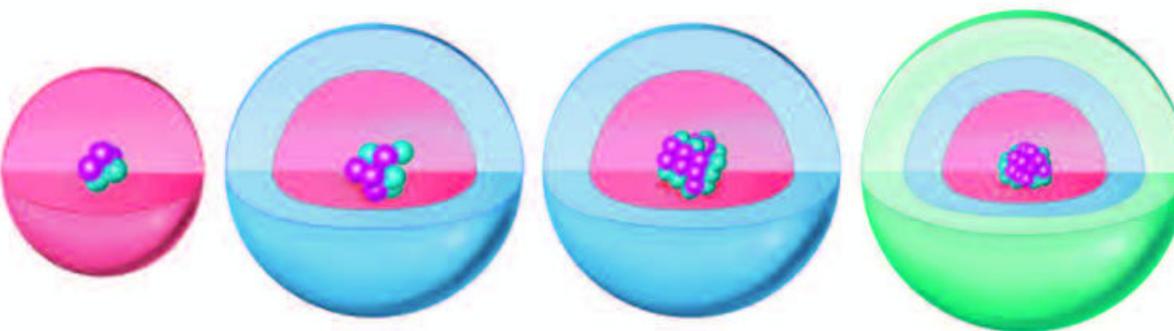


Figura 2.34 El tamaño de los átomos depende de su número de protones y electrones y de cómo los electrones se distribuyen en el espacio.

En general, el **tamaño de los átomos de los elementos** de una misma familia en la tabla periódica se incrementa de arriba abajo porque los electrones de valencia se localizan en capas externas, cada vez más alejadas del núcleo atómico; sin embargo, el tamaño de los átomos de elementos de un mismo periodo disminuye de izquierda a derecha en la dirección en que se incrementan el número de protones y electrones. Esto se debe a que todos los electrones de valencia en estos átomos se ubican en la misma capa y los átomos con más protones los atraen con mayor fuerza hacia el centro del átomo.

El tamaño de un átomo determina cómo interactúa con otros átomos. Por ejemplo, cuando átomos de gran tamaño interactúan entre sí, los electrones de valencia se mueven con más facilidad de un átomo a otro, porque se encuentran más lejos de los núcleos atómicos de cada átomo. Por ello, materiales constituidos por átomos más grandes son mejores conductores de electricidad que materiales con átomos más pequeños. Se dice entonces que el **carácter metálico** de las sustancias elementales se incrementa al aumentar el tamaño de sus átomos.

El número de electrones de valencia también afecta la forma en que los átomos interactúan. Como estudiaremos con más detalle en una secuencia posterior, el tipo y número de enlaces químicos que los átomos de un elemento pueden formar depende de su número de electrones de valencia.

Átomos con el mismo número de electrones de valencia tienden a formar igual número de enlaces cuando se combinan con otros átomos. Esta capacidad de combinación se llama **valencia** de los átomos y es una propiedad periódica, pues su valor se repite para elementos de una misma familia. Por ejemplo, la valencia de los átomos de oxígeno es igual a 2, lo cual significa que este tipo de átomos tienden a formar dos enlaces químicos cuando se combinan con otros átomos. La valencia del azufre (S) y el selenio (Se), dos elementos en la misma familia del oxígeno, también es igual a 2.



### En acción

#### Analiza y decide: ¿Cómo varía el radio atómico y el carácter metálico?

El radio de los átomos se mide determinando la distancia que los separa cuando forman un enlace. La tabla 2.19 muestra cómo varían los radios de diferentes elementos.

Tabla 2.19 Variación de los radios (Å) en algunos elementos

Átomo	Radio (Å)	Átomo	Radio (Å)	Átomo	Radio (Å)
H	0.31	O	0.66	P	1.07
He	0.28	F	0.57	S	1.05
Li	1.28	Ne	0.58	Cl	1.02
Be	0.96	Na	1.66	Ar	1.06
B	0.84	Mg	1.41	K	2.03
C	0.76	Al	1.21	Ca	1.76
N	0.71	Si	1.11	Sc	1.70

### Busca en...

Rodríguez González, Noemí. "Isótopo, cuéntame cómo pasó", en *¿Cómo ves?*, núm. 176, México, UNAM, 2013, donde se aborda de forma amena la descripción de los elementos químicos.

En la tabla, los radios se representan en una unidad de medida denominada Ángstrom (Å), que equivale a  $1 \times 10^{-10}$  m, lo que implica, por ejemplo, que el radio de un átomo de carbono es:

$$0.77 \text{ Å} \times (1 \times 10^{-10} \text{ m}) / (1 \text{ Å}) = 7.7 \times 10^{-11} \text{ m}$$

1. Grafica el radio de estos átomos contra su número atómico. Observa cómo el radio atómico varía a medida que te mueves de izquierda a derecha en la tabla periódica. Discute con tus compañeros de grupo si el radio atómico puede considerarse una propiedad periódica.
2. Investiga si los elementos de la tabla se clasifican en metales o en no metales. Analiza cómo el carácter metálico se relaciona con el tamaño de los átomos.
3. Con base en tus conocimientos sobre estructura de la materia, infiere cómo el radio de los átomos influye en el valor de las propiedades físicas de las sustancias elementales, como su densidad o su punto de fusión.

## Regularidades en la tabla periódica de los elementos químicos representativos

Como sabes, en la tabla periódica se incluye nombre, símbolo, número atómico y masa atómica de 118 elementos conocidos, aunque no todos existen en la Naturaleza; los elementos con un número atómico mayor a 92 se han sintetizado en un laboratorio y los estudiosos de la Química continúan en la búsqueda de métodos que les permitan producir y estabilizar elementos más pesados. En este momento aún no se conocen los elementos 113, 115 y 117.

En la tabla periódica actual (página 120) las **familias** de elementos se representan en columnas verticales numeradas del 1 al 18. También encontrarás tablas que aún utilizan numeración romana y separan los elementos en bloques distintos (bloques A y B). En todas las tablas, los elementos de un mismo renglón se dice que pertenecen al mismo **periodo** y se les asigna un número del 1 al 7. Como ya hemos visto, los elementos de un periodo presentan determinada secuencia de propiedades que se repite en el periodo siguiente.

La existencia de propiedades periódicas, como las analizadas en esta secuencia, permitió organizar los elementos en grupos o familias con propiedades comunes cuando se listan en orden de número atómico. Así, la familia 1 (IA) es de los metales alcalinos; la familia 2 (IIA), la de metales alcalinotérreos; la familia 13 (III A), del boro; la familia 14 (IV A), del carbono; la familia 15 (VA), del nitrógeno; la familia 16 (VI A), del oxígeno; la familia 17 (VIIA), de los halógenos, y la familia 18 (VIIIA), de los gases nobles.

Los elementos con números atómicos del 3 al 12 y de los periodos 4, 5 y 6 se conocen como los metales de transición; los elementos con números atómicos del 57 al 71 son los lantánidos y los elementos con números atómicos del 89 al 103 se conocen como actinídos.

Para que identifiques regularidades en las propiedades de los elementos en la tabla periódica y valores su importancia en nuestra vida, a continuación se describen las características de algunas familias representativas de la tabla periódica.

### Metales alcalinos

Este grupo incluye los elementos metálicos en la primera familia de la tabla periódica: litio (Li), sodio (Na) y potasio (K). Estas sustancias son metales suaves que pueden cortarse con un cuchillo y reaccionan rápidamente con el oxígeno del aire o el agua, generando grandes cantidades de energía, por lo que se les almacena sumergidas en aceite. Todos los elementos en este grupo se encuentran en la Naturaleza, pero no en forma metálica, sino combinados en compuestos iónicos solubles en agua, como el cloruro de sodio (NaCl). Este grupo de elementos y sus compuestos tienen diversas aplicaciones, en la construcción de relojes atómicos (cesio y rubidio), en la fabricación de baterías (figura 2.35) y hasta en la fabricación de medicamentos antidepresivos.



Figura 2.35 Una aplicación del litio es en la fabricación de baterías recargables para teléfonos celulares.

## Tabla periódica de los elementos

11

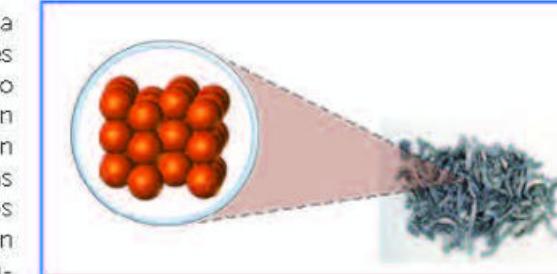
IUPAC

Símbolo		Nombre		Número atómico		Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		← Grupo		← Elementos de transición		→ Masa atómica relativa		He	
H	Hydrogeno	He	Helio	2	2	0.00001	0	20	IIA	2	2	2	2	He	He-3
Li	Litio	Be	Berilio	3	3	0.00001	4	12	IIA	3	3	3	3	Li	Li-7
Na	Sodio	Mg	Magnesio	11	12	0.00001	4	13	IIA	4	4	4	4	Na	Na-23
K	Potasio	Ca	Calcio	19	20	0.00001	4	21	IIA	5	5	5	5	K	K-39
Rb	Rubidio	Sr	Sodio-estrónio	37	38	0.00001	4	39	IIA	6	6	6	6	Rb	Rb-85
Cs	Cs-133	Fr	Francio	55	56	0.00001	4	57	IIA	7	7	7	7	Cs	Cs-133
La	Lantánido	Ac	Actínido	57	58	0.00001	4	59	IIA	8	8	8	8	La	La-140
Actinídos	→	Lantánidos	→	89	90	0.00001	4	91	IIA	9	9	9	9	Act	Act-161
← Simbolo		← Nombre		He		Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		← Valencia		← 13 o IIIA		14 o IVA		He-40	
← Nombre		He		Be		0.00001		← Simbolo		B		C		He-40	
← Simbolo		He		B		0.00001		← Nombre		C		N		He-40	
← Nombre		He		C		0.00001		← Simbolo		N		O		He-40	
← Simbolo		He		N		0.00001		← Nombre		O		F		He-40	
← Nombre		He		O		0.00001		← Simbolo		F		Cl		He-40	
← Simbolo		He		Cl		0.00001		← Nombre		Cl		S		He-40	
← Nombre		He		S		0.00001		← Simbolo		S		P		He-40	
← Simbolo		He		P		0.00001		← Nombre		P		Ge		He-40	
← Nombre		He		Ge		0.00001		← Simbolo		Ge		As		He-40	
← Simbolo		He		As		0.00001		← Nombre		As		Sb		He-40	
← Nombre		He		Sb		0.00001		← Simbolo		Sb		Te		He-40	
← Simbolo		He		Te		0.00001		← Nombre		Te		I		He-40	
← Nombre		He		I		0.00001		← Simbolo		I		At		He-40	
← Simbolo		He		At		0.00001		← Nombre		At		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Bi		He-40	
← Simbolo		He		Bi		0.00001		← Nombre		Bi		Pb		He-40	
← Nombre		He		Pb		0.00001		← Simbolo		Pb		Tl		He-40	
← Simbolo		He		Tl		0.00001		← Nombre		Tl		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Sb		He-40	
← Simbolo		He		Sb		0.00001		← Nombre		Sb		Te		He-40	
← Nombre		He		Te		0.00001		← Simbolo		Te		I		He-40	
← Simbolo		He		I		0.00001		← Nombre		I		At		He-40	
← Nombre		He		At		0.00001		← Simbolo		At		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Bi		He-40	
← Nombre		He		Bi		0.00001		← Simbolo		Bi		Pb		He-40	
← Simbolo		He		Pb		0.00001		← Nombre		Pb		Tl		He-40	
← Nombre		He		Tl		0.00001		← Simbolo		Tl		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Sb		He-40	
← Nombre		He		Sb		0.00001		← Simbolo		Sb		Te		He-40	
← Simbolo		He		Te		0.00001		← Nombre		Te		I		He-40	
← Nombre		He		I		0.00001		← Simbolo		I		At		He-40	
← Simbolo		He		At		0.00001		← Nombre		At		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Bi		He-40	
← Simbolo		He		Bi		0.00001		← Nombre		Bi		Pb		He-40	
← Nombre		He		Pb		0.00001		← Simbolo		Pb		Tl		He-40	
← Simbolo		He		Tl		0.00001		← Nombre		Tl		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Sb		He-40	
← Simbolo		He		Sb		0.00001		← Nombre		Sb		Te		He-40	
← Nombre		He		Te		0.00001		← Simbolo		Te		I		He-40	
← Simbolo		He		I		0.00001		← Nombre		I		At		He-40	
← Nombre		He		At		0.00001		← Simbolo		At		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Bi		He-40	
← Nombre		He		Bi		0.00001		← Simbolo		Bi		Pb		He-40	
← Simbolo		He		Pb		0.00001		← Nombre		Pb		Tl		He-40	
← Nombre		He		Tl		0.00001		← Simbolo		Tl		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Sb		He-40	
← Nombre		He		Sb		0.00001		← Simbolo		Sb		Te		He-40	
← Simbolo		He		Te		0.00001		← Nombre		Te		I		He-40	
← Nombre		He		I		0.00001		← Simbolo		I		At		He-40	
← Simbolo		He		At		0.00001		← Nombre		At		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Bi		He-40	
← Simbolo		He		Bi		0.00001		← Nombre		Bi		Pb		He-40	
← Nombre		He		Pb		0.00001		← Simbolo		Pb		Tl		He-40	
← Simbolo		He		Tl		0.00001		← Nombre		Tl		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Sb		He-40	
← Simbolo		He		Sb		0.00001		← Nombre		Sb		Te		He-40	
← Nombre		He		Te		0.00001		← Simbolo		Te		I		He-40	
← Simbolo		He		I		0.00001		← Nombre		I		At		He-40	
← Nombre		He		At		0.00001		← Simbolo		At		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Bi		He-40	
← Nombre		He		Bi		0.00001		← Simbolo		Bi		Pb		He-40	
← Simbolo		He		Pb		0.00001		← Nombre		Pb		Tl		He-40	
← Nombre		He		Tl		0.00001		← Simbolo		Tl		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Sb		He-40	
← Nombre		He		Sb		0.00001		← Simbolo		Sb		Te		He-40	
← Simbolo		He		Te		0.00001		← Nombre		Te		I		He-40	
← Nombre		He		I		0.00001		← Simbolo		I		At		He-40	
← Simbolo		He		At		0.00001		← Nombre		At		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Bi		He-40	
← Simbolo		He		Bi		0.00001		← Nombre		Bi		Pb		He-40	
← Nombre		He		Pb		0.00001		← Simbolo		Pb		Tl		He-40	
← Simbolo		He		Tl		0.00001		← Nombre		Tl		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Sb		He-40	
← Simbolo		He		Sb		0.00001		← Nombre		Sb		Te		He-40	
← Nombre		He		Te		0.00001		← Simbolo		Te		I		He-40	
← Simbolo		He		I		0.00001		← Nombre		I		At		He-40	
← Nombre		He		At		0.00001		← Simbolo		At		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Bi		He-40	
← Nombre		He		Bi		0.00001		← Simbolo		Bi		Pb		He-40	
← Simbolo		He		Pb		0.00001		← Nombre		Pb		Tl		He-40	
← Nombre		He		Tl		0.00001		← Simbolo		Tl		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Sb		He-40	
← Nombre		He		Sb		0.00001		← Simbolo		Sb		Te		He-40	
← Simbolo		He		Te		0.00001		← Nombre		Te		I		He-40	
← Nombre		He		I		0.00001		← Simbolo		I		At		He-40	
← Simbolo		He		At		0.00001		← Nombre		At		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Bi		He-40	
← Simbolo		He		Bi		0.00001		← Nombre		Bi		Pb		He-40	
← Nombre		He		Pb		0.00001		← Simbolo		Pb		Tl		He-40	
← Simbolo		He		Tl		0.00001		← Nombre		Tl		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Sb		He-40	
← Simbolo		He		Sb		0.00001		← Nombre		Sb		Te		He-40	
← Nombre		He		Te		0.00001		← Simbolo		Te		I		He-40	
← Simbolo		He		I		0.00001		← Nombre		I		At		He-40	
← Nombre		He		At		0.00001		← Simbolo		At		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Bi		He-40	
← Nombre		He		Bi		0.00001		← Simbolo		Bi		Pb		He-40	
← Simbolo		He		Pb		0.00001		← Nombre		Pb		Tl		He-40	
← Nombre		He		Tl		0.00001		← Simbolo		Tl		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Sb		He-40	
← Nombre		He		Sb		0.00001		← Simbolo		Sb		Te		He-40	
← Simbolo		He		Te		0.00001		← Nombre		Te		I		He-40	
← Nombre		He		I		0.00001		← Simbolo		I		At		He-40	
← Simbolo		He		At		0.00001		← Nombre		At		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Bi		He-40	
← Simbolo		He		Bi		0.00001		← Nombre		Bi		Pb		He-40	
← Nombre		He		Pb		0.00001		← Simbolo		Pb		Tl		He-40	
← Simbolo		He		Tl		0.00001		← Nombre		Tl		Po		He-40	
← Nombre		He		Po		0.00001		← Simbolo		Po		Sb		He-40	
← Simbolo		He		Sb		0.00001		← Nombre		Sb		Te		He-40	
← Nombre		He		Te		0.00001		← Simbolo		Te		I		He-40	
← Simbolo		He		I		0.00001		← Nombre		I		At		He-40	
← Nombre		He		At		0.00001		← Simbolo		At		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Bi		He-40	
← Nombre		He		Bi		0.00001		← Simbolo		Bi		Pb		He-40	
← Simbolo		He		Pb		0.00001		← Nombre		Pb		Tl		He-40	
← Nombre		He		Tl		0.00001		← Simbolo		Tl		Po		He-40	
← Simbolo		He		Po		0.00001		← Nombre		Po		Sb		He-40	
← Nombre		He		Sb		0.00001		← Simbolo		Sb		Te		He-40	
← Simbolo		He		Te		0.00001		← Nombre		Te		I		He-40	
← Nombre		He		I		0.00001		← Simbolo		I		At		He-40	
← Simbolo		He													

Materials      Metabolites      No metabolites      glasses bottles

### Metales alcalinotérreos

En esta segunda familia de la tabla periódica se encuentran metales como el magnesio (Mg), calcio (Ca) y bario (Ba); todos exhiben brillo metálico y reaccionan con relativa facilidad con sustancias ácidas (figura 2.36). Todos los metales alcalinotérreos están presentes en la Naturaleza combinados con otros elementos formando compuestos iónicos, los cuales pueden ser solubles en agua, como el sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ), utilizado para fabricar sales de baño, o insolubles en agua, como el carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ), componente principal del mármol de las conchas de animales marinos.

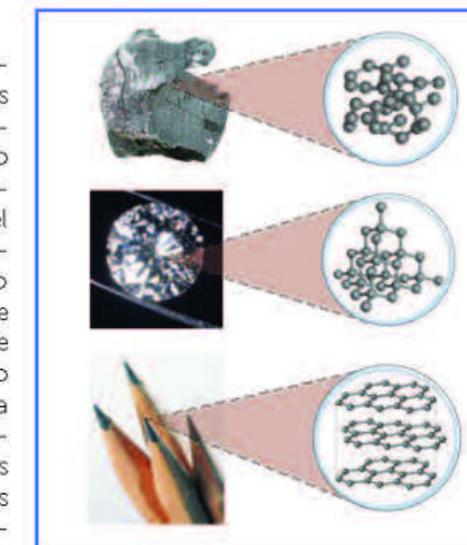


**Figura 2.36** El magnesio no se encuentra puro en la Naturaleza. El químico inglés Humphry Davy lo obtuvo por primera vez en 1808.

### Grupo del carbono

Esta familia incluye elementos no metálicos, como el carbono (C); semimetálicos o metaloides, como el silicio (Si) y el germanio (Ge), y metálicos, como el estaño (Sn) y el plomo (Pb). Entre todas las familias en la tabla periódica, el grupo del carbono posee los elementos con las propiedades más diversas. El cambio de no metal a metal al incrementar el tamaño de los átomos es claramente visible en este grupo. El carbono (figura 2.37) y el silicio han tenido un papel central en la historia de nuestro planeta. Por un lado, el carbono es el elemento fundamental de los compuestos que conforman a los seres vivos, mientras que el silicio es el elemento más abundante en la corteza terrestre.

Adicionalmente, el silicio constituye la base de los procesadores electrónicos que han revolucionado la forma en que nos comunicamos y obtenemos información.



**figura 2.10** En la Naturaleza, el carbono puede encontrarse amorfo, es decir, sin forma (arriba) o en dos distintas formas cristalinas: diamante (centro) o grafito (abajo).

## Halógenos

La penúltima familia en la tabla periódica incluye elementos no metálicos como el flúor (F), el cloro (Cl) y el yodo (I). Los átomos de estos elementos se combinan para formar moléculas con dos átomos cada una, o moléculas diatómicas, representadas como  $F_2$ ,  $Cl_2$  o  $I_2$ . Este grupo es el único en la tabla periódica que contiene elementos en los tres estados de agregación a temperatura y presión normal: el flúor y el cloro son sustancias gaseosas (figura 2.38), el bromo es líquido y el yodo es sólido. Todos los halógenos producen sustancias ácidas al combinarse con hidrógeno, como el ácido clorhídrico (HCl) presente en el estómago. Los compuestos formados por los halógenos tienen múltiples aplicaciones prácticas, desde desinfectantes de agua hasta lentes para telescopios.



**Figura 2.38** El adelgazamiento de la capa de ozono se debe a los compuestos de fluor y cloro denominados clorofluorocarbonos (cfc) que antes se usaban como gas propelente en los aerosoles.

**Gases nobles**

La última familia en la tabla periódica presenta elementos no metálicos que existen como gases a temperatura y presión ambiente, como helio (He), neón (Ne) y argón (Ar). Estos gases son inodoros, incoloros y tienen muy baja reactividad química. Esto es, requieren condiciones especiales para que reaccionen con otras sustancias y formen compuestos químicos. La mayoría de los gases nobles están presentes en el aire y se extraen utilizando bajas temperaturas para transformarlos en líquidos. Las sustancias en este grupo tienen aplicaciones variadas, desde líquidos refrigerantes hasta focos incandescentes.

**En acción****Analiza e infiere: ¿De qué elemento se trata?**

Esta actividad propone que entre todo el grupo organicen el siguiente juego:

1. El maestro asignará en secreto un número al azar a cada estudiante. Ese número representa el número atómico del elemento químico que les tocó estudiar.
2. Cada quien deberá preparar una tarjeta con al menos cuatro características distintivas del elemento asignado y la familia a la que pertenece. La información puede referirse al carácter metálico, número de electrones de valencia, tipos de compuestos formados, usos, etcétera.
3. Organizados en distintos equipos, un equipo iniciará el juego describiendo una propiedad de un elemento misterio. El "capitán" de otro equipo puede levantar la mano si su equipo considera que sabe la identidad del elemento. Si aciertan, el equipo ganará un punto, pero si falla perderá la oportunidad de participar en la identificación de ese elemento. El proceso debe repetirse hasta agotar las cuatro pistas o que un equipo identifique el elemento.
4. Cada equipo deberá tener la oportunidad de describir al menos dos elementos.
5. Al finalizar el juego describan qué propiedades fueron las más útiles para identificar los distintos elementos y discutan la conveniencia de conocer esas propiedades.

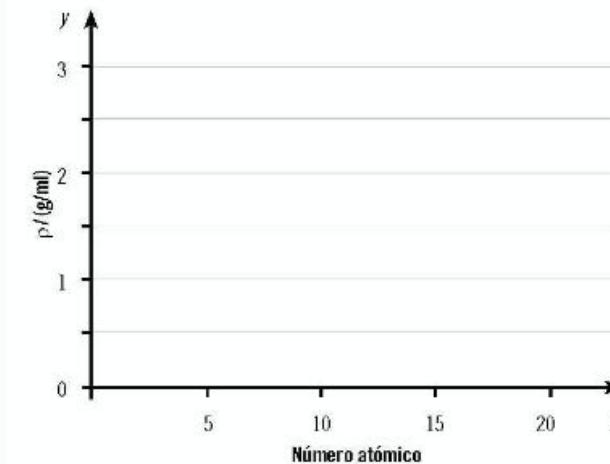
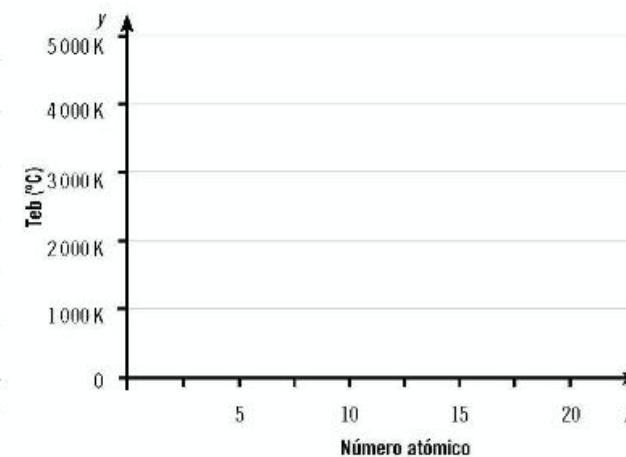
**Cierre****Grafica y analiza: ¿Más regularidades?**

1. En equipos analicen la tabla 2.20.

**Tabla 2.20 Características de algunos elementos**

<b>Aluminio (Al)</b> Metal, sólido; densidad (g/ml): 2.7 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 2467$ $A_r = 27$	<b>Azufre (S)</b> No metal, sólido, amarillo; densidad (g/ml): 1.96 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 444$ $A_r = 32$	<b>Berilio (Be)</b> Metal, sólido; densidad (g/ml): 1.85 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 2970$ $A_r = 9$	<b>Boro (B)</b> metaloide, sólido; densidad (g/ml): 2.34 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 2550$ $A_r = 10.8$
<b>Calcio (Ca)</b> Metal, sólido; densidad (g/ml): 1.55 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 1484$ $A_r = 40$	<b>Carbono (C)</b> No metal, sólido; densidad (g/ml): 2.26 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 4830$ $A_r = 12$	<b>Fósforo (P)</b> No metal, sólido; densidad (g/ml): 1.82 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 280$ $A_r = 31$	<b>Litio (Li)</b> Metal, sólido; densidad (g/ml): 0.53 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 1347$ $A_r = 7$
<b>Magnesio (Mg)</b> Metal, sólido; densidad (g/ml): 1.74 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 1090$ $A_r = 24.3$	<b>Potasio (K)</b> Metal, sólido; densidad (g/ml): 0.86 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 774$ $A_r = 39$	<b>Silicio (Si)</b> No metal, sólido; densidad (g/ml): 2.33 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 2680$ $A_r = 28$	<b>Sodio (Na)</b> Metal, sólido; Densidad (g/ml): 0.97 $T_{\text{eo}}\text{ (}^{\circ}\text{C)} = 883$ $A_r = 23$

2. Ubiquen en la tabla periódica cada uno de estos elementos y determinen su número atómico.
  - a) Identifiquen la familia de cada elemento.
3. Grafiquen la densidad y el punto de ebullición de estas sustancias elementales contra el número atómico; la escala de las gráficas en el eje de las x debe ir de 1 a 20.
  - a) Ajusten la escala del eje de las y de acuerdo con los valores máximos de densidad y punto de ebullición de las sustancias. Unan con líneas rectas los puntos graficados.
  - b) Escriban el símbolo de cada elemento sobre el punto que le corresponda en cada gráfica.

**Densidad vs. número atómico****Punto de ebullición vs. número atómico**

4. Describan cómo varían la densidad y el punto de ebullición de las sustancias elementales en un periodo (de izquierda a derecha) y en una familia (de arriba abajo) en la tabla periódica.
5. Comparen estas gráficas con las que obtuvieron sobre el cambio del punto de fusión y del radio atómico con el número atómico.
  - a) Identifiquen y describan similitudes y diferencias en la variación de las cuatro propiedades (punto de ebullición, punto de fusión, densidad y radio atómico).
  - b) Comparen sus resultados con los de otros equipos.
6. Elaboren un reporte que resuma lo que aprendieron sobre la naturaleza y propiedades periódicas de los elementos químicos.

**Autoevaluación**

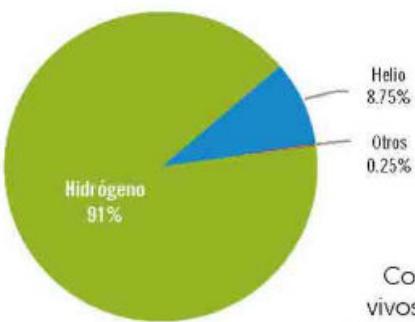
Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico la información de la tabla periódica.			
2. Analizo sus regularidades y su importancia en la organización de los elementos químicos.			
3. Identifico que los átomos de los diferentes elementos se caracterizan por su número de protones.			

## Importancia de los elementos químicos para los seres vivos

## ¿Qué elementos son más abundantes?

Aunque la mayoría de los elementos conocidos son metálicos, la abundancia de cada uno en el Universo es pequeña comparada con la de elementos no metálicos, como hidrógeno (H), helio (He) y oxígeno (O). En la figura 2.39 puedes apreciar que cerca de 91% de todos los átomos existentes son de hidrógeno, 8.75% de helio, y sólo 0.25% son de otros elementos. Sin embargo, la abundancia de los diferentes elementos varía de un sistema a otro, por ejemplo, del Universo a la Tierra y a nuestro propio cuerpo.



La abundancia de los elementos se expresa comúnmente en porcentaje en masa, en vez de número de átomos. Estas dos cantidades no son iguales porque átomos de diferentes elementos tienen distintas masas. Por ejemplo, en el cuerpo humano casi 63% de los átomos son de hidrógeno, mientras que 25.5% son de oxígeno. Sin embargo, cada átomo de oxígeno es 16 veces más pesado que uno de hidrógeno, de manera que el porcentaje en masa de oxígeno en el cuerpo es cercano a 65%, mientras que el de hidrógeno es sólo 10%.

Conocer cómo y de qué elementos químicos se componen los seres vivos es fundamental para comprender su funcionamiento, sus mecanismos fisiológicos y la forma en que sus estructuras interactúan. En esta secuencia tendrás la oportunidad de aprender más sobre estos temas.

## Situación inicial



## Grafica y compara: ¿Somos metales o no metales?

1. En parejas tracen en su cuaderno dos gráficas circulares: la primera debe indicar la composición elemental de la corteza terrestre y la otra la composición elemental del cuerpo humano. Utilicen los datos de la tabla 2.21.

Tabla 2.21 Composición elemental de la corteza terrestre y del cuerpo humano

Corteza terrestre		Cuerpo humano			
Elemento	Porcentaje en masa	Elemento	Porcentaje en masa	Elemento	Porcentaje en masa
Oxígeno	46.0	Oxígeno	65.0	Magnesio	0.05
Silicio	28.0	Carbono	18.5	Hierro	<0.05
Aluminio	8.0	Hidrógeno	10	Cobalto	<0.05
Hierro	6.0	Nitrógeno	3.0	Cobre	<0.05
Magnesio	4.0	Calcio	1.5	Cinc	<0.05
Calcio	2.4	Fósforo	0.6	Yodo	<0.05
Potasio	2.3	Azufre	0.25	Selenio	<0.01
Sodio	2.1	Potasio	0.2	Fluor	<0.01
Hidrógeno	0.9	Cloro	0.2		
Otros	0.3	Sodio	0.1		

Fuente: Elemental Composition of the Human Body, Diplomate, American Board of Pathology, 2000, disponible en [www.edutics.mx/Jm2](http://www.edutics.mx/Jm2) (Consulta: 21 de enero de 2019).

## 2. Al terminar contesten.

- ¿Qué diferencias y similitudes notan en la composición de estos dos sistemas?
- ¿De qué manera consideran que las diferencias en composición química influyen o determinan las propiedades de cada sistema?

## 3. Comparen sus respuestas con las de otro equipo.

## Desarrollo



## ¿De qué estamos hechos?

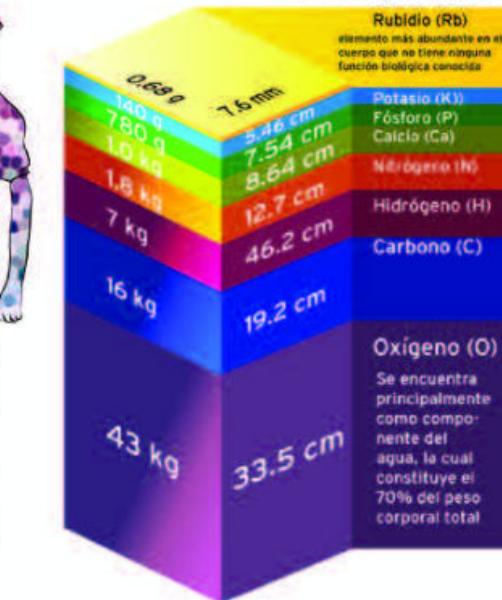
Como observaste al trazar las gráficas de la actividad anterior, la proporción de los elementos en el cuerpo humano es muy diferente a la de la corteza terrestre, lo cual indica que, en el proceso evolutivo, de alguna manera se seleccionaron los elementos químicos más adecuados para formar las estructuras y realizar las funciones vitales de los seres vivos. Por ejemplo, el carbono representa casi un 20% del peso de los organismos vivos, pero su concentración en la atmósfera, en forma de dióxido de carbono, es muy baja. Esto se debe a que las plantas tienen la capacidad de extraer este elemento durante la fotosíntesis y concentrarlo en sus tejidos.

El análisis químico de órganos y tejidos humanos indica que tiene alrededor de 60 elementos químicos diferentes; sin embargo, aún no conocemos la función de varios de ellos. Lo que sí sabemos es que cerca del 99% de nuestra masa corporal está compuesta por seis elementos principales: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). El 4% restante incluye muchos de los elementos de la tabla periódica, pero se estima que sólo 23 de ellos son esenciales para la vida (figura 2.40). Los diversos bioelementos requeridos por los seres vivos se dividen en las siguientes tres categorías:

- **Elementos principales o mayoritarios.** Se presentan en cantidades superiores a 0.1% del peso del organismo. En este grupo están oxígeno (O), carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N), calcio (Ca), fósforo (P), azufre (S), cloro (Cl) y sodio (Na).
- **Elementos traza.** Representan una proporción entre 0.1% y 0.0001% del peso de un ser vivo, y se incluyen entre otros, el hierro (Fe) y cobre (Cu).
- **Elementos ultratraza.** Se presentan en cantidades inferiores a 0.0001%, por ejemplo, yodo (I) y magnesio (Mg).

Algunos de estos bioelementos se encuentran en la estructura de las moléculas de nuestro cuerpo pero otros están en forma de iones. Cinco de estos iones son esenciales para todos los organismos vivos: calcio ( $Ca^{2+}$ ), cloruro ( $Cl^-$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), potasio ( $K^+$ ) y sodio ( $Na^+$ ). Los iones calcio, por ejemplo, son necesarios para la formación de huesos y caparazones, mientras los iones potasio son indispensables en la transmisión de señales del sistema nervioso. La mayoría de los bioelementos metálicos se requieren en cantidades muy pequeñas (trazas o ultratrazas), por ejemplo, en la dieta de los seres humanos se necesitan trazas de hierro para ayudar en la síntesis de la hemoglobina.

Figura 2.40 Presencia de elementos químicos en el cuerpo humano.





## En acción

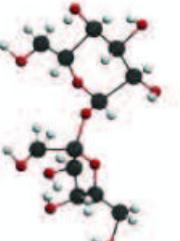
## Ubica y relaciona: ¿Cuáles son indispensables?

Las zonas coloreadas en la tabla periódica corresponden los marcados en rojo a los bioelementos más abundantes: hidrógeno (H), carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), fósforo (P) y azufre (S); en azul, los cinco elementos que siguen en abundancia, y en verde, los que se requieren en cantidades muy pequeñas.

H	Elementos esenciales para los seres vivos.																		He
Li	Be																		
Na	Mg																		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		



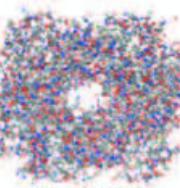
ADN



Sacarosa



Fosfolípido



Hemoglobina

1. Con ayuda de la tabla periódica identifica el nombre y el número atómico de los elementos coloreados.
2. Con base en la familia y el periodo que ocupa cada elemento, identifica sus propiedades físicas y químicas, por ejemplo, su estado de agregación, si son metales, no metales o metaloides, etcétera.
3. Construye una gráfica que muestre la proporción de elementos metálicos y no metálicos necesarios para la vida.
4. Compara tus resultados con un compañero y muéstralos a su maestro.

## Los elementos principales y los compuestos que forman

Alrededor de 96% del cuerpo humano está compuesto por hidrógeno (H), oxígeno (O), carbono (C) y nitrógeno (N), los cuales, junto con el azufre (S) y el fósforo (P), son los únicos elementos necesarios para producir la mayoría de las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos de cada célula. Los átomos de estos elementos no se hallan libres en nuestro cuerpo, sino unidos mediante enlaces químicos formando moléculas diversas. La mayoría de estas moléculas, desde la glucosa hasta el ADN, están constituidas por átomos de carbono enlazados unos con otros en forma de cadenas y anillos (figura 2.41). El carbono (C) es un elemento especial, porque sus átomos se combinan entre sí y con los de otros elementos para formar moléculas con diversos tamaños y estructuras.

Al carbono se le considera el elemento de la vida. Como los átomos de carbono forman enlaces químicos fuertes entre sí, las moléculas resultantes son estables. Asimismo, los átomos de carbono se unen a átomos de otros elementos para formar enlaces menos fuertes, esto permite que los átomos se reorganicen para originar nuevas sustancias a través de reacciones químicas. Esta es una de las razones por las que la estructura de los organismos vivos, incluido el cuerpo humano, están formadas por carbono y no por silicio (Si), el elemento más abundante sobre la Tierra.

Figura 2.41 Estructura molecular de ADN, sacarosa, fosfolípido y proteína (hemoglobina).

También los átomos de silicio se unen entre sí, pero al unirse con átomos de otros elementos, los enlaces que forman son tan fuertes que se requieren grandes cantidades de energía para romperlos. Esto hace que los compuestos de silicio sean sólidos, insolubles en agua y poco reactivos. Este es el caso del cuarzo ( $SiO_2$ ), un cristal sólido muy duro del que está hecha la arena de nuestro planeta. En comparación, cuando el carbono reacciona con el oxígeno se forma dióxido de carbono,  $CO_2$ , un gas parcialmente soluble en agua que las plantas utilizan para sintetizar otros compuestos.

Los átomos de oxígeno (O) e hidrógeno (H) forman enlaces con facilidad. Estos dos elementos constituyen el compuesto más abundante en nuestro cuerpo: el agua ( $H_2O$ ); junto con el carbono, el oxígeno y el hidrógeno son los constituyentes principales de un tipo de biomoléculas de central importancia para la vida, los carbohidratos. La glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) y la sacarosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), el componente principal del azúcar común, son ejemplos de este tipo de sustancias. La combinación de C, H y O también es la base de muchos lípidos o grasas en nuestro cuerpo, pero varias moléculas de este tipo contienen fósforo (P), como los fosfolípidos, y átomos de nitrógeno (N).

Las proteínas son compuestos químicos cuyas moléculas están constituidas por cientos de átomos de C, H, O y N, además contienen azufre (S). Las proteínas son el material primordial de la vida por ser los componentes estructurales de todos los tejidos vivos. Cuando observas a una persona, lo que ves es proteína pura: piel, pelo, ojos, uñas. Si pudieras observar con una cámara especial el interior del cuerpo, también verías proteína: cartílagos, tendones y ligamentos; incluso las plumas de las aves y la piel, las pezuñas y los cuernos de los animales están hechas de proteínas.

Los elementos C, H, O, N y P también son los componentes principales de las moléculas de ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN, fundamentales para la reproducción de los seres vivos. Como lo estudiaste en el curso de Ciencias 1, las moléculas de ADN están constituidas por cientos de átomos unidos en una estructura en forma de hélice. Estas moléculas resultan de la unión de cientos de moléculas más pequeñas, conocidas como bases nitrogenadas, pues en su estructura hay varios átomos de nitrógeno. El ADN se sintetiza dentro de las células con la ayuda de enzimas que contienen iones magnesio,  $Mg^{2+}$ . Ahora puedes concluir que la vida depende de la existencia de elementos de distintos tipos (figura 2.42).

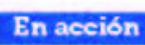
## Busca en...

Wolke, Robert, Lo que Einstein le contó a su cocinero, México, SEP, 2004 (Libros del Rincón).

Chamizo, José Antonio, Los cuatro elementos, México, SEP-Santillana, 2002, ambos textos te serán de utilidad en esta secuencia.



Figura 2.42 Los seres humanos obtenemos los elementos que nuestro cuerpo requiere de los alimentos que consumimos.



## En acción

## Investiga e implementa: ¿Cuánto ADN?

Una de las moléculas que contiene carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo muy importante para la vida es el ADN. En los últimos años se han desarrollado métodos relativamente sencillos para extraer esta sustancia de las células de granos, harinas, verduras, frutos y órganos animales, como chícharos, cebollas, germen de trigo, avena, espinacas, brócoli, hígado de pollo y fresas.

- En equipos investiguen un método confiable para extraer el ADN de las células de alguno de estos alimentos. No olviden considerar el manejo de residuos.
- Una vez que diseñen su experimento pónganlo en práctica y exploren el efecto de diversas variables en la cantidad y calidad del ADN que extraen; por ejemplo, para obtener el ADN seguramente usarán distintos disolventes. Al terminar contesten:
  - ¿Se afectará su método si se utilizan diferentes disolventes o si se realiza la extracción con un disolvente caliente?
  - Discutan qué otras investigaciones podrían hacer con base en su "protocolo" experimental.
- Analicen las características del ADN cuando esté húmedo y observen los cambios cuando se seque. Determinen la masa del ADN y comparen sus resultados con los de otros equipos.
- Con base en sus resultados estimen, por ejemplo, cuántos gramos de ADN hay por cada gramo del alimento utilizado.
- Comenten en grupo los resultados de su investigación.

## Busca en...

[edutics.mx/4Bu](https://edutics.mx/4Bu)  
(Consulta: 21 de enero de 2019)  
donde encontrarás información de utilidad para diseñar tu experimento.

## Salud

## Algunos iones que nos dan vida

Muchos de los elementos necesarios para la vida están presentes como iones con carga positiva o negativa. Estos iones se encuentran en forma de compuestos sólidos iónicos, como en los huesos, o libres en disoluciones acuosas, como la sangre o el citoplasma de las células.

De los elementos que existen en forma iónica en el cuerpo humano, el calcio es el más abundante: un individuo adulto contiene entre 850 y 1 500 gramos. El 99% del calcio se localiza en el tejido óseo (figura 2.43) formando, junto con el fósforo, un compuesto llamado hidroxiapatita. El restante 1% se encuentra en fluidos y tejidos como ión calcio libre,  $\text{Ca}^{2+}$ , que es fundamental para regular funciones fisiológicas, como las contracciones automáticas del corazón, la contracción muscular y la coagulación sanguínea. Si no ingerimos suficiente calcio mediante la dieta diaria, podemos padecer osteoporosis, una enfermedad caracterizada por el debilitamiento de los huesos.

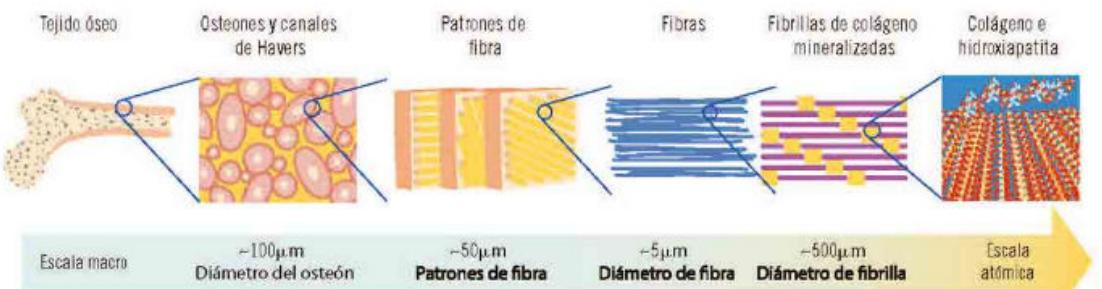


Figura 2.43 Estructura y composición de un hueso en distintas escalas.

El ión magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), que se localiza en el esqueleto y en los tejidos blandos, es un catión que acelera las reacciones químicas relacionadas con la generación de energía y la reproducción celular. Por su parte, los iones sodio ( $\text{Na}^{+}$ ), potasio ( $\text{K}^{+}$ ) y cloruro ( $\text{Cl}^{-}$ ) intervienen en el mantenimiento del nivel de salinidad y el equilibrio de carga eléctrica en nuestras células. Por ello, los iones sodio y potasio son fundamentales en la transmisión de impulsos nerviosos.

Hay algunos elementos que se encuentran en cantidades mínimas en el cuerpo humano, como hierro (Fe), cobre (Cu), cinc (Zn), cobalto (Co), yodo (I) y flúor (F); pero merecen especial atención porque juntos constituyen 1% de la masa corporal. Además son indispensables para ciertas funciones biológicas, como el crecimiento, el transporte de oxígeno a distintas partes del cuerpo y la defensa contra enfermedades. El equilibrio en la cantidad de estos elementos en el cuerpo es muy delicado, porque un aumento o disminución de su concentración puede causar serias enfermedades, retraso mental e incluso la muerte. En la tabla 2.22 se presenta información adicional acerca de la función e importancia de algunos de estos elementos.

Tabla 2.22 Función e importancia de algunos elementos en el cuerpo humano

Elemento	
Hierro (Fe)	Elemento central de la molécula de hemoglobina; sus iones ( $\text{Fe}^{2+}$ y $\text{Fe}^{3+}$ ) son necesarios para el funcionamiento normal de los mecanismos de defensa del organismo y su deficiencia produce un aumento en la susceptibilidad a las infecciones y da lugar a fatiga, deterioro del rendimiento físico e incluso anorexia.
Flúor (F)	El ión flúor ( $\text{F}^{-}$ ) es indispensable en la formación de huesos y dientes, aunque su exceso tiene efecto desfavorable, pues inhibe algunas enzimas. Frena el crecimiento y la actividad tiroidea. En intoxicaciones crónicas es frecuente la aparición de bocio.
Yodo (I)	El 80% del ión yoduro ( $\text{I}^{-}$ ) se localiza en la glándula tiroides; es indispensable para la síntesis de las hormonas tiroideas, las cuales, a su vez, son fundamentales para el desarrollo normal del cuerpo. Su deficiencia causa retraso del crecimiento, alteraciones permanentes en el sistema nervioso y disminución del coeficiente intelectual.

## Conéctate con...

## Anatomía

El hierro asegura la adecuada oxigenación de la sangre y la eficiente generación de energía durante toda la vida, pero en la adolescencia su demanda aumenta debido al crecimiento de los tejidos corporales y al incremento del volumen sanguíneo. En las mujeres el hierro es necesario para reponer las pérdidas debidas a la menstruación. Cuando la dieta no aporta la cantidad suficiente de hierro, se produce una disminución de la reserva corporal (deficiencia) y, si no se corrige, enfermamos de anemia. La deficiencia de hierro reduce la resistencia a infecciones y deteriora la capacidad de aprendizaje, porque se ha demostrado que la anemia afecta la memoria de corto plazo.



## Química asombrosa

## Los materiales de los implantes

Probablemente escuchaste hablar, en tu curso de Ciencias 2 del año pasado, de Tycho Brahe (1546-1601) un astrónomo danés que se hizo famoso porque diseñó instrumentos con los que pudo medir las posiciones de estrellas y planetas con una precisión superior a la de su época. De hecho, los datos que él obtuvo, fueron de gran utilidad para que Kepler estableciera las tres leyes que rigen el movimiento planetario.

Sin embargo, Tycho también es famoso porque en un duelo, perdió la parte superior de la nariz y le pusieron una prótesis de oro y plata. Seguramente los médicos hicieron una aleación (mezcla de dos o más metales) con el oro y la plata, le dieron forma y se la colocaron. La pregunta que surge es ¿cómo pudo vivir con esa prótesis hasta su muerte? La respuesta es que estos metales no reaccionaron con su organismo ni con el tejido vivo del rostro de Tycho, ni con los líquidos fisiológicos que estaban en contacto con la prótesis. Muchos personajes de la historia han usado prótesis: los piratas con sus ojos de vidrio, sus manos de garfio o sus patas de palo, son otro ejemplo.

A los materiales, fabricados por el ser humano, que no son tóxicos ni provocan daño cuando están en contacto con tejido vivo y líquidos fisiológicos, como la sangre, se les conoce como



Se utilizan prótesis en dedos, cadera, rodilla, partes del esófago, implantes dentales, válvulas cardíacas, entre otras.

biomateriales y sirven para sustituir, completar o reparar un órgano o tejido o para recuperar la funcionalidad de alguna parte del organismo vivo (figura 2.55). En los Juegos Paralímpicos se pueden observar lo útiles y resistentes que son estos materiales.

Son muchos y variados los factores que hacen que un material sea biocompatible, antes de probarlos en humanos, se realizan diversas pruebas toxicológicas, mecánicas, de compatibilidad, entre otras. De éstas, las pruebas químicas son las más importantes porque permiten conocer la composición química del material, es decir, identifican el tipo de átomos que lo componen y el tipo de enlace que los mantiene unidos. Para realizar estas pruebas, se emplean aparatos de alta tecnología y técnicas modernas.

Los materiales que se usan para fabricar prótesis biocompatibles (ver tabla siguiente) son muy variados y su composición química depende del uso que se les dará:

Composición de materiales biocompatibles		
Material biocompatible	Composición química	Usos
Hidroxiapatita	Es una cerámica bioactiva cuya fórmula química es $(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ )	Reparar o sustituir hueso.
Zeolitas de aluminofosfatos	Son aluminofosfatos enriquecidos en calcio y zinc.	Reparar piel dañada por quemaduras, abrasiones, contusiones o laceraciones.
Cementos óseos	Fosfatos de calcio y silicatos.	Fijan las prótesis al hueso.



### En acción

Investiga y compara: ¿Cuáles son los elementos vitales para las plantas?

Las plantas verdes también requieren diferentes tipos de elementos para vivir. En la siguiente tabla se muestran algunos de los más importantes.

1. En equipos investiguen lo necesario para completar la información de la tabla 2.23.

Tabla 2.23 Función e importancia de algunos elementos en las plantas			
Bioelemento	Se utiliza para:	Las plantas lo obtienen de:	Su carencia provoca:
Carbono			
Oxígeno			
Magnesio			
Calcio			
Nitrógeno			
Fósforo			
Potasio			
Silicio			

- Con base en los resultados de su investigación y sus conocimientos sobre el tema identifiquen:
  - Similitudes y diferencias en la función de los distintos elementos en plantas y en el cuerpo humano.
  - Similitudes y diferencias en la manera en que plantas y animales obtienen los elementos que necesitan para sobrevivir.
- Cometen con sus compañeros y maestro el resultado de su investigación y sus conclusiones.

### Cierre

#### Investiga y analiza: ¿De qué están hechas?

En la tabla 2.24 se enlistan varios compuestos químicos fundamentales para el metabolismo del cuerpo humano.

Tabla 2.24 Algunos compuestos químicos importantes en el metabolismo del cuerpo humano

Sustancia	Fórmula química	Función
Vitamina A		
Colesterol		
Dopamina		
Adenosin trifosfato (ATP)		
Ácido cítrico		

- En equipos de dos o tres integrantes realicen las siguientes actividades.
  - Investiguen la fórmula química de cada una de esas sustancias. Identifiquen similitudes y diferencias en términos del tipo y proporción de los diversos elementos presentes en ellas.
  - Determinen la función de cada sustancia en el cuerpo.
  - Investiguen la estructura química de las sustancias; es decir, cómo están enlazados sus átomos y cómo se distribuyen en el espacio (estructura molecular). Identifiquen similitudes y diferencias entre ellas.
  - Imaginen que existiera vida en otros planetas distintos a la Tierra.
    - ¿Esperarían que los organismos extraterrestres tuvieran los mismos elementos que los seres vivos de nuestro planeta?
    - ¿Esperarían que las sustancias de la tabla anterior tuvieran una función y una estructura molecular similar si existieran en ese planeta?
- Compartan y discutan sus ideas con el grupo.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Relaciono la abundancia de elementos (C, H, O, N, P, S) con su importancia para los seres vivos.			

# Enlace químico

## ¿Cómo se unen los átomos?

Aunque la idea de que toda la materia está constituida por átomos la introdujeron los filósofos griegos Demócrito y Leucipo en el siglo v a. n. e., no fue sino hasta el siglo xvii que se propuso que los átomos se unen entre sí para formar moléculas u otras estructuras.

Una de las primeras teorías sobre el enlace químico la planteó el filósofo francés René Descartes (1596-1650), quien creía que algunos átomos tenían pequeños ganchos mientras otros poseían diminutos ojales, lo que permitía que unos se unieran a otros. Por su parte, el químico francés Nicolás Lemery (1645-1715) sostuvo que los átomos de ciertas sustancias tenían picos, y otras, huecos que les permitía enlazarse (figura 2.44); Isaac Newton (1643-1727), por su parte consideraba que los átomos se atraían unos a otros por la presencia de una gran fuerza que actuaba a una distancia muy pequeña, pero cuya magnitud decrecía rápidamente cuando las partículas se separaban.

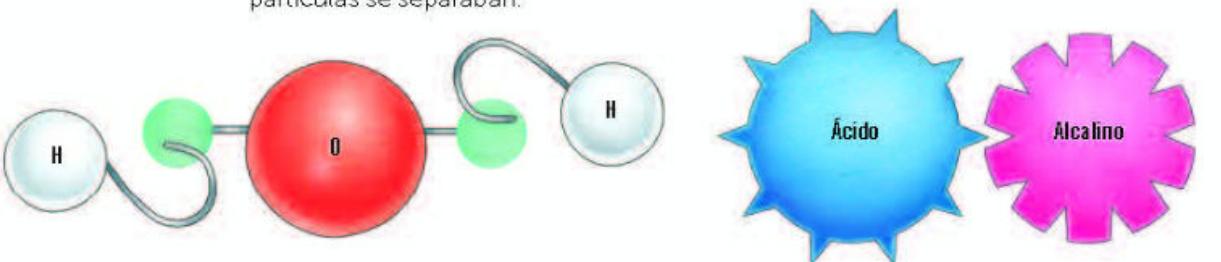


Figura 2.44 Desde hace varios siglos se ha tratado de explicar con diversas teorías cómo se unen los átomos.

En el siglo xviii, químicos franceses desarrollaron una teoría sobre "afinidades" químicas, que proponía la existencia de una fuerza misteriosa entre determinados tipos de partículas, pero no en otras. Los trabajos de otros científicos, como Michael Faraday (1791-1867), sugirieron que esta fuerza tenía una naturaleza eléctrica, y que en las moléculas y otras estructuras los átomos se mantenían unidos por la existencia de cargas positivas y negativas que se atraían entre sí. En esta secuencia explorarás los modelos de enlace químico actuales para describir, explicar y predecir las propiedades de diferentes tipos de sustancias químicas. Estos modelos incluyen enlaces iónicos y enlaces covalentes.

## Situación inicial

### Modela y explica: ¿Qué hace distintas a las sustancias?

Cada día interacciones con una gran diversidad de sustancias químicas con propiedades muy distintas; por ejemplo, el agua ( $H_2O$ ) es un líquido transparente, incoloro e inodoro, mientras el cloruro de sodio ( $NaCl$ ) es un sólido blanco cristalino de sabor salado. ¿Cómo explicamos estas diferencias?

1. En equipos generen dos modelos nanoscópicos distintos para explicar las diferencias en las propiedades del agua y el cloruro de sodio.
  - a) Incluyan en su modelo una descripción de cómo consideran que se unen los átomos en cada una de estas sustancias.
  - b) Hagan dibujos que representen sus ideas respecto a cómo suponen que interactúan los átomos, iones o moléculas de estas sustancias.
2. Compartan sus ideas con el resto de sus compañeros de clase.

## Desarrollo

### Modelos de enlace: covalente e iónico

#### Enlace iónico

Revisa con atención la figura 2.33 (página 116). Observa que los átomos de los elementos metálicos en las primeras tres familias son más grandes y tienen menos electrones de valencia que los átomos no metálicos en los demás grupos, lo que, en gran medida, determina la diferencia entre metales y no metales.

En general, los átomos de los elementos metálicos pierden sus electrones de valencia con mayor facilidad que los de los no metales. Así, cuando un átomo de sodio,  $Na$  ( $Z = 11$ ), interactúa con un átomo de cloro,  $Cl$  ( $Z = 17$ ), el electrón de valencia del sodio es atraído con gran fuerza por los protones en el núcleo del átomo de cloro. En condiciones adecuadas, el átomo del metal puede perder este electrón, que se transfiere al átomo de cloro. Cuando esto sucede, el átomo de sodio se transforma en un ión con carga positiva, el ión sodio ( $Na^+$ ), pues ahora tiene 11 protones y sólo 10 electrones, mientras que el átomo de cloro se transforma, a su vez, en un ión con carga negativa, el ión cloruro ( $Cl^-$ ), ya que ahora posee 17 protones y 18 electrones.

Cuando una pieza de sodio metálico se pone en contacto con una muestra de cloro, se produce una reacción química (figura 2.45) en la que cada átomo de sodio que interactúa con uno de cloro pierde su electrón de valencia. En este proceso se forman millones de iones sodio positivos ( $Na^+$ ) y iones cloruro negativos ( $Cl^-$ ). Como cargas de signos opuestos se atraen, los iones  $Na^+$  y  $Cl^-$  se atraen entre sí formando un conglomerado de iones (red iónica) en el que cada ión está rodeado por iones del signo opuesto (figura 2.46). Este nuevo compuesto químico es el famoso cloruro de sodio ( $NaCl$ ), componente principal de la sal de mesa.

La fuerza electrostática que mantiene unidos los iones en el cloruro de sodio (figura 2.47) se denomina **enlace iónico** y se dice que esta sustancia es un compuesto iónico. En general, cada vez que un elemento metálico reacciona con uno no metálico, los átomos del metal pierden sus electrones de valencia y forman iones positivos (cationes), mientras que los átomos del no metal ganan electrones y forman iones negativos (aniones). El resultado es, entonces, un compuesto iónico.



Figura 2.45 Reacción de formación de cloruro de sodio ( $NaCl$ ) a partir de sodio sólido ( $Na$ ) y cloro gaseoso ( $Cl_2$ ).

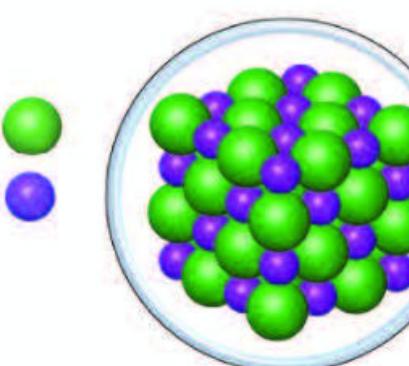


Figura 2.46 Representación submicroscópica de un cristal de cloruro de sodio.



Figura 2.47 Un cristal de cloruro de sodio ( $NaCl$ ) o sal de mesa está formado por iones de  $Na^+$  y  $Cl^-$  que se atraen fuertemente debido a que poseen cargas contrarias.



## En acción

Modela y describe: ¿Qué partículas forman los compuestos?

1. Considera los diferentes compuestos iónicos que se listan en la tabla 2.25.
  - a) Identifica los cationes y aniones en cada compuesto.
  - b) Construye una representación nanoscópica adecuada de cada compuesto.
  - c) Describe el proceso de transferencia de electrones que origina cada ión presente en cada compuesto.

Fórmula y nombre	Modelo nanoscópico	Descripción
KCl, cloruro de potasio		
MgO, óxido de magnesio		
Na <sub>2</sub> S, sulfuro de sodio		

2. Compara tus respuestas con las de un compañero.

## Enlace covalente

Si la interacción entre metales y no metales genera compuestos iónicos, ¿qué sucede cuando reaccionan dos elementos no metálicos? En este caso, ninguno de los átomos pierde o gana electrones, pues los electrones de valencia son atraídos fuertemente hacia su núcleo atómico. Sin embargo, si dos átomos se acercan, los electrones de uno son atraídos por los protones del otro y viceversa (figura 2.48). Esto hace que los átomos se acerquen más y se mantengan juntos y atraídos hacia los electrones que ahora comparten. La fuerza que los une se denomina **enlace covalente**.

Para que un enlace covalente sea posible deben cumplirse dos condiciones:

- a) Debe existir una fuerza de atracción suficientemente grande entre los protones de un átomo y los electrones del otro.
- b) Es necesario que en la capa de valencia de ambos átomos haya cabida para compartir los electrones.

Una vez que los átomos se enlazan, la molécula que se forma es más estable que los átomos por separado.

Considera, por ejemplo, la interacción entre un átomo de hidrógeno (H) y uno de cloro (Cl): el único electrón de valencia del hidrógeno será atraído por los protones en el núcleo del átomo de cloro y uno de los siete electrones de valencia del cloro, será atraído por el protón del núcleo de hidrógeno. Ambos átomos se mantendrán unidos por estas interacciones electrostáticas que involucran dos de sus electrones. El proceso de formación de este enlace covalente puede representarse con diagramas de Lewis:

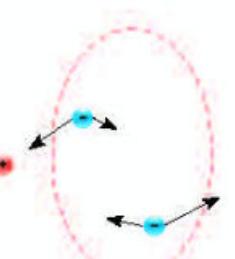


Figura 2.48 Cuando dos átomos de hidrógeno se aproximan, los electrones de cada uno son atraídos por el protón del otro.

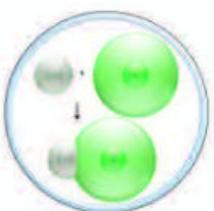


Figura 2.49 Al compartir un par de electrones, un átomo de hidrógeno (H) y uno de cloro (Cl) forman un enlace covalente.

o mediante diagramas basados en el modelo de capas electrónicas (figura 2.49). El compuesto que resulta se denomina cloruro de hidrógeno o ácido clorhídrico (HCl).

Cuando los átomos de elementos no metálicos se combinan de esta manera se forman moléculas y no redes iónicas.

Como has estudiado, las moléculas son grupos de dos o más átomos que existen como partículas independientes; los átomos en una molécula están unidos por enlaces covalentes, pero las moléculas no se unen entre sí. Este tipo de compuestos se denominan **compuestos covalentes moleculares**.

La formación de enlaces covalentes también ocurre entre átomos de elementos del mismo tipo. Por ejemplo, el hidrógeno natural está constituido por moléculas con dos átomos de hidrógeno cada una ( $\text{H}_2$ ), al igual que el oxígeno ( $\text{O}_2$ ), el flúor ( $\text{F}_2$ ) y el cloro ( $\text{Cl}_2$ ), entre otros. Elementos como el carbono (C), forman múltiples enlaces covalentes entre sus átomos, y cuando esto ocurre, se generan redes covalentes de átomos, como se ilustra en la figura 2.50 de la estructura nanoscópica del diamante.



Figura 2.50 En el diamante, cada átomo de carbono (C) está unido covalentemente a otros cuatro.



## En acción

Experimenta e infiere: ¿Cómo romper enlaces químicos?

## Introducción

Es fundamental considerar que para separar dos átomos unidos por enlaces químicos se debe proporcionar energía.

## Propósito

Observa y explica lo que sucede cuando se hace pasar una corriente eléctrica por agua.



Asegúrense de que la pila quede arriba de la superficie del agua.

## Material

1 pila de 9 voltios, 2 caimanes, 2 lápices con punta en ambos extremos, agua, sal de mesa, un vaso de plástico y cinta adhesiva.

## Procedimiento

1. Construyan el dispositivo que se muestra en la imagen.
2. Agreguen agua al vaso hasta la mitad de su capacidad y disuelvan una cucharada de sal de mesa.
3. Conecten los caimanes a los extremos superiores de los lápices y a cada polo de la pila, como en la figura 2.63.
4. Introduzcan en la disolución salina las puntas de los lápices que quedaron libres.

## Análisis de resultados y conclusiones

5. Registren sus observaciones en su cuaderno y coméntenlas para responder las siguientes preguntas.
  - a) ¿Qué efecto tiene la corriente eléctrica de la pila en el agua?
  - b) El agua en el vaso está a temperatura ambiente, por lo que las burbujas que se forman no son porque esté hirviendo. ¿De qué gases se trata entonces? ¿Qué tipo de enlace hay entre los átomos de estos gases?
  - c) En función de la cantidad de burbujas que se produce en cada lápiz, identifiquen qué gas se forma en cada punta.
6. Comenten sus observaciones y respuestas con el maestro.

## Manejo de residuos

Vacién el líquido al drenaje y entreguen las partes del dispositivo al maestro para su uso posterior.

## Relación entre las propiedades de las sustancias con el modelo de enlace: covalente e iónico

El tipo de enlace entre los átomos o iones de una sustancia tiene gran influencia en sus propiedades físicas y químicas. La mayoría de los **compuestos iónicos**, por ejemplo, son sustancias sólidas con altos puntos de fusión y ebullición debido a que la fuerza de atracción entre los iones positivos y negativos es muy grande y es necesario invertir mucha energía para separarlos. Diversos compuestos iónicos son solubles en agua y la disolución que se forma puede conducir electricidad por la presencia de cationes y aniones, los cuales se mueven con facilidad cuando se aplica una fuerza eléctrica.

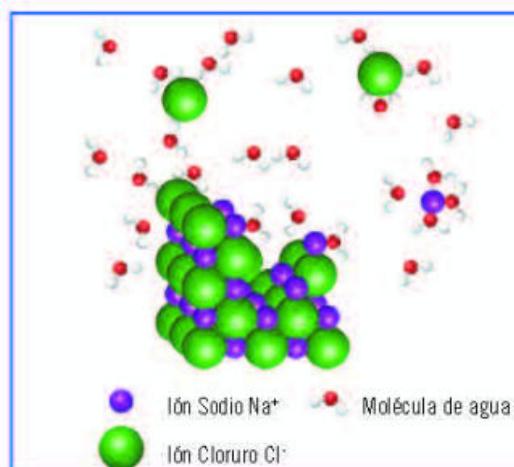
Los **compuestos covalentes moleculares** pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos a temperatura ambiente: la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) es un sólido; el agua ( $H_2O$ ) un líquido, y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) un gas, debido a que las propiedades de este tipo de sustancias dependen de las fuerzas de atracción entre sus moléculas. Estas fuerzas pueden ser débiles, como en el dióxido de carbono, o fuertes, como en la glucosa. La mayoría de las sustancias covalentes no conducen la electricidad al disolverse en agua, pues sus moléculas no tienen carga eléctrica neta.

Las sustancias constituidas por átomos unidos por enlaces covalentes (redes covalentes) tienden a ser sólidos muy duros, insolubles en agua y no conducen la electricidad; ejemplos típicos son el diamante, una red covalente de átomos de carbono, y el silicio natural, una red de átomos de este elemento.

Para entender mejor la relación entre el tipo de enlace y las propiedades de las sustancias, a continuación se analizan dos ejemplos específicos, un compuesto iónico y otro covalente, de gran importancia en nuestras vidas.

### Cloruro de sodio: un compuesto iónico

Como hemos visto, el componente principal de la sal común, el cloruro de sodio ( $NaCl$ ), es un compuesto iónico constituido por cationes  $Na^+$  y aniones  $Cl^-$  ordenados en una red cristalina en la que cada ion está rodeado por seis iones con carga opuesta. La atracción entre estos iones es muy fuerte y para separarlos se requieren grandes cantidades de energía. En consecuencia, la temperatura de fusión del cloruro de sodio es de  $801^\circ C$  y es necesario calentar el líquido hasta  $1413^\circ C$  para hacerlo hervir.

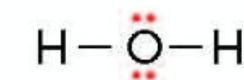


A pesar de la gran fuerza de atracción entre los iones  $Na^+$  y  $Cl^-$ , éstos se separan cuando el compuesto entra en contacto con agua (figura 2.51) debido a la fuerza de atracción entre los iones y las moléculas del agua. Los iones sodio  $Na^+$  son más pequeños que los iones cloruro y atraen a las moléculas de agua con más fuerza que los iones  $Cl^-$ ; por ello, una vez que se disuelven los iones  $Na^+$  quedan rodeados por un promedio de ocho moléculas de agua y los iones  $Cl^-$  por seis moléculas del disolvente.

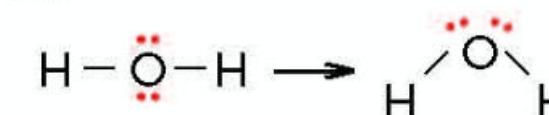
Cuando dos electrodos con carga eléctrica opuesta se introducen en una disolución de cloruro de sodio, los iones  $Na^+$  son atraídos por el electrodo con carga negativa, en tanto que los iones  $Cl^-$  por el electrodo con carga contraria. Como los iones pueden moverse con facilidad de un lugar a otro en la disolución, el movimiento de éstos de un electrodo a otro constituye una corriente eléctrica, y por ello las disoluciones de  $NaCl$  son buenas conductoras de electricidad.

### Agua: un compuesto covalente molecular

En los compuestos covalentes moleculares, la composición y estructura de sus moléculas determinan sus propiedades físicas y químicas. Consideremos el caso del agua: cada molécula de agua contiene dos átomos de hidrógeno unidos por enlaces covalentes a un átomo de oxígeno. Como recuerdas, la estructura de Lewis de la molécula de agua se puede representar de la siguiente manera:



Aquí se muestra que el átomo de oxígeno en la molécula tiene más electrones de valencia que los átomos de hidrógeno. Debido a que los electrones se repelen unos a otros, los electrones de valencia en el oxígeno repelen a los electrones en los enlaces (figura 2.52) y hacen que la molécula adquiera una estructura angular, en vez de ser lineal.



Además, como el átomo de oxígeno tiene más protones que el de hidrógeno, los electrones que forman el enlace son atraídos con más fuerza hacia el átomo de oxígeno. Como resultado, aunque la molécula tiene el mismo número de cargas positivas y de negativas, estas últimas no están distribuidas de manera uniforme en la molécula. La carga negativa se acumula en la región que ocupa el átomo de oxígeno, mientras que la zona con los hidrógenos es más positiva. La existencia de regiones con carga positiva y negativa en las moléculas de agua crea grandes fuerzas de atracción entre ellas: la región positiva de una molécula será atraída por la región negativa de otras moléculas de agua.

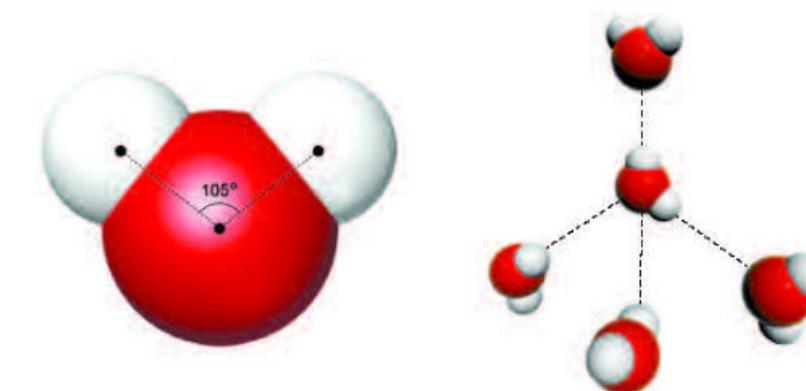
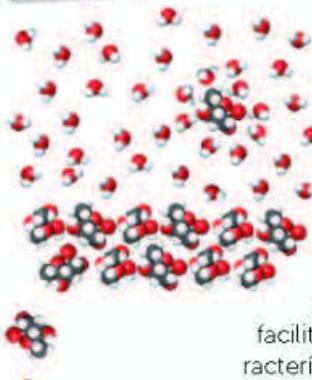


Figura 2.52 La molécula de agua no es lineal, sino que forma un ángulo de  $105^\circ$  debido a la repulsión entre los pares libres de electrones y los electrones en los enlaces.



**Figura 2.53** La sacarosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) o azúcar común se disuelve fácilmente en agua porque las moléculas de ambas sustancias son polares.

La manera en que la carga eléctrica se distribuye en la molécula de agua es responsable de la mayoría de las sorprendentes propiedades de este compuesto. Por ejemplo, debido a que la fuerza de atracción entre sus moléculas ( $H_2O$ ) es muy grande, se requiere mucha energía para separarlas, y por eso el punto de ebullición del agua es relativamente alto.

La presencia de regiones con distinta carga en la molécula de agua también determina que sea un excelente disolvente. En particular, el agua disuelve con facilidad otros compuestos covalentes moleculares que de igual manera tienen en sus moléculas regiones positivas y negativas. Esto sucede porque las regiones con carga eléctrica opuesta se atraen unas a otras, facilitando la mezcla. El azúcar ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) y el etanol ( $C_2H_6O$ ) son dos ejemplos característicos de compuestos solubles en agua (figura 2.53). Como ya analizamos en el ejemplo del cloruro de sodio, el agua también es un buen disolvente de compuestos iónicos por la fuerza de atracción entre las moléculas de agua y los iones que forman ese tipo de compuestos.

El agua líquida también tiene un "calor específico" muy alto. Esta propiedad es una medida de la energía que se debe proporcionar a 1 g de un material para incrementar su temperatura en 1 °C. El agua requiere 4.186 joules, lo que equivale a 1 caloría (1 cal). El alto calor específico del agua líquida hace que esta sustancia tenga un papel central como regulador de la temperatura en nuestro planeta. El agua en los mares y lagos absorbe una gran proporción de la energía solar sin que la temperatura aumente considerablemente. Así, parte de la energía acumulada durante el día se libera al ambiente cuando anochece, lo que evita cambios drásticos en la temperatura ambiental.



### En acción

#### Analiza e infiere: ¿De qué tipo de sustancia se trata?

##### Introducción

Los compuestos iónicos y covalentes tienen propiedades distintas que pueden emplearse para distinguirlos.

##### Propósito

Distinguir sustancias iónicas y covalentes con base en sus propiedades.

##### Material

Aqua, muestras de diferentes tipos de sustancias que seleccione el maestro, vasos de plástico, tubos de ensayo, 1 cuchara o espátula, 1 dispositivo para medir conductividad eléctrica construido con una pila, caimanes, alambre de cobre y un foco o LED (veáse imagen de la página 135).

##### Procedimiento

- Analicen apariencia, estado de agregación, solubilidad en agua y conductividad eléctrica de las distintas sustancias que proporcione el maestro. Registren sus observaciones en su cuaderno, en una tabla como la 2.26.

Tabla 2.26 Observaciones				
Sustancia	Apariencia	Estado de agregación	Solubilidad en agua	Conductividad eléctrica
1				
2				
3				
4				

### Análisis de resultados y conclusiones

- A partir de las propiedades de cada sustancia, infieran si se trata de una sustancia iónica o covalente. Justifiquen sus argumentos con base en los modelos característicos de cada enlace.
- Comparen sus inferencias con las de sus demás compañeros. Retomen sus resultados y conocimientos de Química para argumentar sus ideas cuando haya diferencias.

### Manejo de desechos

Coloquen los residuos de los experimentos en el recipiente que indique el maestro.

### Cierre

#### Predice y representa: ¿Qué tipo de enlace?

- Con base en la naturaleza metálica o no metálica de los pares de elementos listados en la tabla 2.27:
  - Predice el tipo de enlace que se forma entre esos átomos al reaccionar entre sí.
  - Construye en tu cuaderno una representación nanoscópica de los compuestos que se formarían. Incluye al menos 10 átomos de cada tipo.
  - Predice algunas propiedades físicas de los compuestos que se formarán (si serán líquidos, sólidos o gases; si conducirán la electricidad). Registra tus predicciones en la tabla.

**Tabla 2.27 Propiedades de tipos de enlace**

Combinación de átomos	Tipo de enlace	Representación nanoscópica	Propiedades físicas
C y O			
H y S			
Ca y Cl			
O y Mg			
C y Cl			
F y K			

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico las partículas e interacciones electrostáticas que mantienen unidos a los átomos.			
2. Explico las características de los enlaces químicos a partir de los modelos iónico y covalente.			
3. Identifico las propiedades de los materiales con base en su estructura atómica y molecular.			



## ¿Cuáles elementos químicos son importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo?

Lean el siguiente resumen del artículo “¿Estás comiendo bien?”.

### Clavos y gises

Si bien se reconoce que todos los nutrientes son importantes, durante la pubertad es necesario poner particular atención en el hierro, el calcio y el cinc.

El hierro se requiere para asegurar la adecuada oxigenación de la sangre y la eficiente generación de energía a lo largo de toda la vida, pero en la adolescencia su demanda aumenta debido al crecimiento de los tejidos corporales (en los varones este crecimiento corresponde sobre todo al tejido muscular) y el aumento en el volumen sanguíneo. En las mujeres el hierro es necesario para reponer las pérdidas debidas a la menstruación. Cuando la dieta no aporta la cantidad requerida de hierro se produce una disminución de la reserva corporal (deficiencia) y, si no se corrige, nos enfermamos de anemia. La deficiencia de hierro puede afectar la respuesta inmune, lo que disminuye la resistencia a infecciones y deteriora la capacidad de aprendizaje, pues se ha demostrado que la anemia afecta la memoria de corto plazo.

En la pubertad también se requiere calcio debido al acelerado desarrollo muscular, óseo y endocrino; en este periodo es cuando se retiene la mayor cantidad de calcio en el organismo. Se calcula que alrededor de cuatro años después de que aparecen los primeros signos de desarrollo puberal, la mujer adquiere cerca de 50% de la masa mineral ósea. Dos años después de la menarca (primera menstruación), la mujer tiene cerca de 85% de su masa mineral ósea, mientras que en los siete años posteriores a la menarca ya no se observan variaciones significativas. De acuerdo con diversos estudios, los adolescentes mexicanos tienen un consumo insuficiente de calcio. Se ha postulado que el alto consumo de refrescos en este grupo de edad contribuye a un aporte deficiente de calcio, con la desventaja adicional de que este tipo de bebidas disminuyen la absorción de calcio por ser alimentos muy ricos en fosfatos.

El cinc es otro nutriente inorgánico importante durante la pubertad, ya que es indispensable para el crecimiento, la mineralización ósea, la maduración sexual, y la síntesis de los ácidos nucleicos y proteínas. Su deficiencia se puede manifestar por pérdida de peso e infecciones como gripas y diarreas, ya que el cinc interviene en las funciones celulares determinantes en la respuesta inmune. Además, el cinc participa en la biosíntesis de proteínas y de ácidos nucleicos (ARN y ADN), por lo que su deficiencia en los varones se ha asociado con un pobre desarrollo de los testículos. La deficiencia de cinc en los adolescentes se puede deber al aumento en el gasto energético que produce el crecimiento acelerado. Algunos informes han mostrado que la deficiencia leve de cinc puede influir sobre los patrones de crecimiento en los adolescentes. Para disminuir este riesgo te sugerimos comer siempre algunos alimentos ricos en cinc, como los de origen animal (leche, carne o huevo), cereales integrales, nueces, almendras, avellanas, ajonjolí y germe de trigo.

Adaptado de: Samano, Reyna et al., “¿Estás comiendo bien?”, en *¿Cómo ves?*, México, 2008, núm. 110, pp. 10-14.

En este proyecto te proponemos investigar a fondo qué elementos químicos son determinantes para el buen funcionamiento de tu cuerpo. Recuerda que lo que te sugerimos es una opción para dar respuesta a esta pregunta. Con tu equipo puedes decidir otro camino para realizar tu proyecto.

### El reto

En este proyecto investigarán la participación e importancia de diversos elementos químicos en la estructura y funcionamiento del cuerpo humano. También explorarán cómo detectar la presencia de ciertos elementos en productos naturales con el fin de hacer recomendaciones a sus compañeros sobre cómo asegurar la ingesta mínima de estas sustancias.

## Planeación

Para iniciar el proyecto es fundamental que se familiaricen con los elementos presentes en el cuerpo humano; en la tabla 2.28 se incluyen 18 de los más abundantes. La tabla también incluye la masa total promedio en una persona de 70 kg de masa (tomada como referencia), así como la manera en la que los átomos se encuentran en el organismo, ya sea unidos mediante enlaces covalentes formando moléculas, como iones en forma libre en la sangre o tejidos del cuerpo, o compuestos iónicos sólidos en dientes y huesos.

Tabla 2.28 Elementos en el cuerpo humano

Número atómico	Símbolo	Masa en una persona de 70 kg de masa	Forma en que se encuentra	Clasificación
1	H	7 kg	Moléculas	
3	Li	7 mg	Iones ( $\text{Li}^+$ )	
6	C	13 kg	Moléculas	
7	N	2.2 kg	Moléculas	
8	O	45 kg	Moléculas	
9	F	2.6 g	Iones ( $\text{F}^-$ )	
11	Na	82 g	Iones ( $\text{Na}^+$ )	
12	Mg	23 g	Iones ( $\text{Mg}^{2+}$ )	
15	P	760 g	Moléculas	
16	S	140 g	Moléculas	
17	Cl	117 g	Iones ( $\text{Cl}^-$ )	
19	K	140 g	Iones ( $\text{K}^-$ )	
20	Ca	1.4 kg	Iones ( $\text{Ca}^{2+}$ )	
26	Fe	4.2 g	Iones ( $\text{Fe}^{2+}$ )	
29	Cu	72 mg	Iones ( $\text{Cu}^{2+}$ )	
30	Zn	2.3 g	Iones ( $\text{Zn}^{2+}$ )	
34	Se	15 mg	Moléculas	
53	I	20 mg	Iones ( $\text{I}^-$ )	

Los elementos químicos que se encuentran en el cuerpo humano se clasifican en tres grandes grupos.

1. Elementos principales: su porcentaje en masa es mayor a 2%.
  2. Elementos en trazas: su porcentaje en masa está entre 0.01% y 2%.
  3. Elementos en ultratrazas: su porcentaje en masa es menor a 0.01%.
- Con la información de la tabla clasifiquen cada elemento en uno de los tres grupos y escribanlo en la columna de la derecha.
  - Selecciónen un elemento presente en trazas y otro en ultratrazas e investiguen más sobre sus propiedades y su función en el cuerpo humano.

## Desarrollo

Muchos de los elementos químicos presentes en trazas o ultratrazas en nuestro cuerpo son esenciales para su buen funcionamiento, y en su mayoría son componentes esenciales de las proteínas que controlan las reacciones químicas en el organismo humano; otros, por ejemplo, facilitan la generación y transmisión de impulsos nerviosos. Determinen lo siguiente para cada elemento que seleccionaron.

- ¿En qué forma se encuentra en el cuerpo?
- ¿Qué función desempeña en su estructura o metabolismo?
- ¿Qué problemas de salud se generan cuando hay deficiencia de este elemento? ¿Por qué se presentan esos problemas?
- ¿Cuáles son los tratamientos más comunes para estos problemas de salud?
- ¿Qué alimentos son ricos en este elemento?
- ¿Qué cantidad mínima debe ingerirse diariamente?

También sugerimos que investiguen cómo detectar y cuantificar la presencia de los elementos químicos seleccionados en diferentes alimentos o bebidas. Por ejemplo, si seleccionaron el hierro pueden realizar un experimento como el siguiente.

#### Material por equipo

- 1 taza de cereal enriquecido con hierro (lean las etiquetas para elegir el cereal con mayor contenido).
- 1 bolsa de plástico, 1 rodillo, agua, 1 vaso de vidrio, 1 imán grande, 1 pinzas de punta fina, 1 lupa.

#### Procedimiento

1. Introduzcan cereal en la bolsa de plástico y con el rodillo tritúrenlo hasta obtener un polvo.
2. Coloquen el polvo en el vaso de vidrio y agreguen agua hasta cubrirlo.
3. Introduzcan el imán y con una cuchara agiten durante 15 minutos.
4. Saquen el imán del vaso con las pinzas y obsérvenlo con una lupa.

#### Resultados y conclusiones

Discutan cómo comprobar que el polvo adherido al imán es realmente hierro. Investiguen cómo el cuerpo humano puede digerir este polvo metálico.

#### Comunicación

Para comunicar los resultados de sus investigaciones y experimentos elaboren un cartel de 1 m x 1 m en el que resuman la información más importante y presenten las principales conclusiones. Diseñen un cartel atractivo con la información organizada en tablas, gráficas y diagramas; también pueden incluir imágenes.

Coloquen los carteles en un lugar visible de la escuela para que la comunidad se beneficie de su trabajo.

#### Evaluación

La evaluación de su cartel deberá considerar los siguientes criterios:

- Calidad del trabajo de investigación.
- Veracidad de la información.
- Claridad en la presentación.

Cada equipo autoevaluará su trabajo mediante una rúbrica que incluya criterios, así como al menos dos carteles de otros equipos.

Al terminar el proyecto es importante que respondas el siguiente cuestionario en forma individual.

1. ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
2. ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
3. ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
4. ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

## ¿Cuáles son las implicaciones en la salud o el ambiente de algunos metales pesados?

Lean atentamente la siguiente información.

La inhalación o ingestión de ciertos elementos químicos, aun en cantidades muy pequeñas, pueden originar problemas de salud o en el desarrollo físico y mental de los seres humanos. Muchos de estos elementos son metales con una masa atómica elevada, por lo que se conocen como metales pesados. La tabla 2.29 presenta los síntomas y enfermedades asociados con la inhalación o ingestión de algunas de estas sustancias en proporciones tóxicas.

Tabla 2.29 Metales pesados: síntomas y enfermedades

	Al	Sb	As	Ba	Bi	Cd	Pb	Hg	Ni	Ag	Tl	Sn
Anemia							X	X			X	X
Anorexia		X						X	X			X
Depresión	X				X			X	X		X	X
Fatiga	X	X	X				X	X	X	X	X	X
Hipertensión				X		X						
Debilidad muscular	X							X	X			X
Neuropatía			X				X	X	X			X
Fallas renales				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Impotencia sexual				X		X			X	X		X
Tremores, espasmos				X	X			X				X

○ Ocasionalmente X Frecuentemente ■ Casi siempre

Fuente: Environmental Chemistry & Hazardous Materials News, Careers & Resources, disponible en [www.edutics.mx/481](http://www.edutics.mx/481) (consulta: 21 de enero de 2019).

Con base en los datos de la tabla, para este proyecto te proponemos investigar cuáles son las repercusiones en la salud humana y el ambiente de alguno de los llamados metales pesados.

Recuerden que lo que aquí proponemos es una opción para dar respuesta a la pregunta central del proyecto, pero con tu equipo pueden optar por otro camino para llevar a cabo su trabajo.

#### El reto

Imaginen que trabajan en una agencia dedicada a la protección de la salud y del ambiente. El proyecto que les han asignado tiene como objetivo informar al público sobre problemas a la salud y al ambiente que causan los metales pesados. Su tarea es obtener información relevante y confiable, organizarla de manera clara y comprensible, y presentarla en medios informativos de fácil acceso para el público.

## Planeación

Para iniciar su trabajo les sugerimos las siguientes actividades.

Reúnan información sobre los efectos en la salud y el ambiente por la presencia del metal pesado que seleccionen. Es importante que esa información incluya los siguientes aspectos:

- Las fuentes naturales y artificiales más comunes de ese metal. Presten particular atención a información sobre fuentes y problemas de contaminación en nuestro país y, en su caso, en la región en la que viven.
- La manera en que el metal interacciona con el agua y otras sustancias presentes en el aire, en ríos y lagos. Dado que la mayoría de los metales pesados se encuentran en forma de iones con carga positiva, identifiquen cómo esta característica afecta la forma como el cuerpo metaboliza el metal o se distribuye en el ambiente (agua, suelo y aire).
- Las estrategias más efectivas para prevenir o enfrentar los problemas causados por ese metal pesado.
- Los retos científicos, tecnológicos, económicos y sociales que se deben enfrentar para reducir los problemas de contaminación originados por metales pesados.

- La presencia de elementos metálicos en distintos alimentos o bebidas se puede detectar mediante **ensayos a la flama**. Investiguen cómo se lleva a cabo este tipo de análisis y determinen qué equipo y materiales requieren si deciden hacerlo en el laboratorio escolar.

### Glosario

**Ensayo a la flama:** es un método de análisis que se basa en el hecho de que cada elemento químico, al quemarse, emite una flama de un color que lo caracteriza.

## Desarrollo

Para completar su investigación consulten libros y páginas de internet especializadas. También sugerimos que realicen experimentos para entender cómo es posible detectar la presencia de elementos metálicos en alimentos y bebidas o en el ambiente, como el que a continuación se presenta.

### Material por equipo

- 5-10 ml de disoluciones acuosas de cuatro compuestos iónicos distintos que contengan elementos metálicos en jugos de frutas. Para ello investiguen la cantidad de elementos metálicos, como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, entre otros, en diferentes frutas. Los compuestos que resultan de combinar estos metales con cloro, llamados cloruros, son solubles en agua y funcionan bien en ensayos a la flama.
- Varios palillos o varitas de madera; 1 vaso con agua; 1 pinzas; 1 mechero Bunsen.

### Procedimiento

- Preparar las disoluciones.
- Coloquen un palillo en cada disolución de los compuestos iónicos de referencia y déjenlos por cinco o 10 minutos para que se impregnen.
- Prendan el mechero y ajusten la flama hasta que presente un color azulado. Observen y registren la apariencia y color inicial de la flama.
- Retiren con las pinzas el palillo de una de las disoluciones y acérquenlo a la flama del mechero. Observen y registren en una tabla cualquier cambio de apariencia o color de la flama.
- Retiren el palillo del fuego cuando la flama retome su color original, y sumérjanlo en el vaso con agua.
- Repitan el experimento y sus observaciones con cada palillo en las distintas disoluciones.

Una vez concluido el análisis a la flama inicien el estudio de los productos naturales que les interesen.

- Identifiquen tres o cuatro jugos de fruta que deseen analizar.

- Diseñen una serie de experimentos que les permitan detectar la presencia de elementos químicos en esos productos.
- Comparen sus resultados con los obtenidos con las disoluciones de referencia y determinen qué elementos químicos están presentes en los distintos jugos.

## Resultados y conclusiones

A partir de los resultados de sus investigaciones respondan preguntas como las siguientes:

- ¿Qué elementos están presentes en cada muestra?
- ¿Qué problemas se presentaron en su investigación? ¿A qué se debieron?
- ¿Cómo mejorarían su diseño experimental para facilitar la detección de elementos metálicos en cada muestra?
- ¿Cómo interpretan el resultado de sus experimentos en cuanto al reto de detectar metales pesados en el cuerpo humano o en el ambiente?

## Análisis y organización de la información

Organicen la información de sus investigaciones y experimentos en tablas y gráficas de manera que sea fácil de entender y utilizar. Evalúen qué información es relevante para ayudar a la gente a entender los problemas de salud y ambientales causados por metales pesados, así como la forma de prevenirlos.

## Comunicación de resultados

El maestro organizará una discusión para que los equipos presenten un resumen de su trabajo.

Les sugerimos identificar un medio de comunicación para dar a conocer los resultados de su investigación a la comunidad. Consideren, por ejemplo, realizar un cartel, un tríptico, una página de internet, un cortometraje, un boletín informativo para radio o televisión. Una vez que seleccionen el medio decidan cómo comunicar sus conocimientos de manera clara y atractiva, sin olvidar que no todas las personas saben acerca de Química.

## Evaluación

Les recomendamos integrar una rúbrica que describa los diferentes criterios (calidad de la información, conexiones con conceptos del bloque) para evaluar los productos de sus investigaciones. Cada equipo se encargará de autoevaluar su trabajo con esa rúbrica, y evaluar al menos dos productos de otros equipos.

Al terminar el proyecto es importante que respondan de manera individual el siguiente cuestionario.

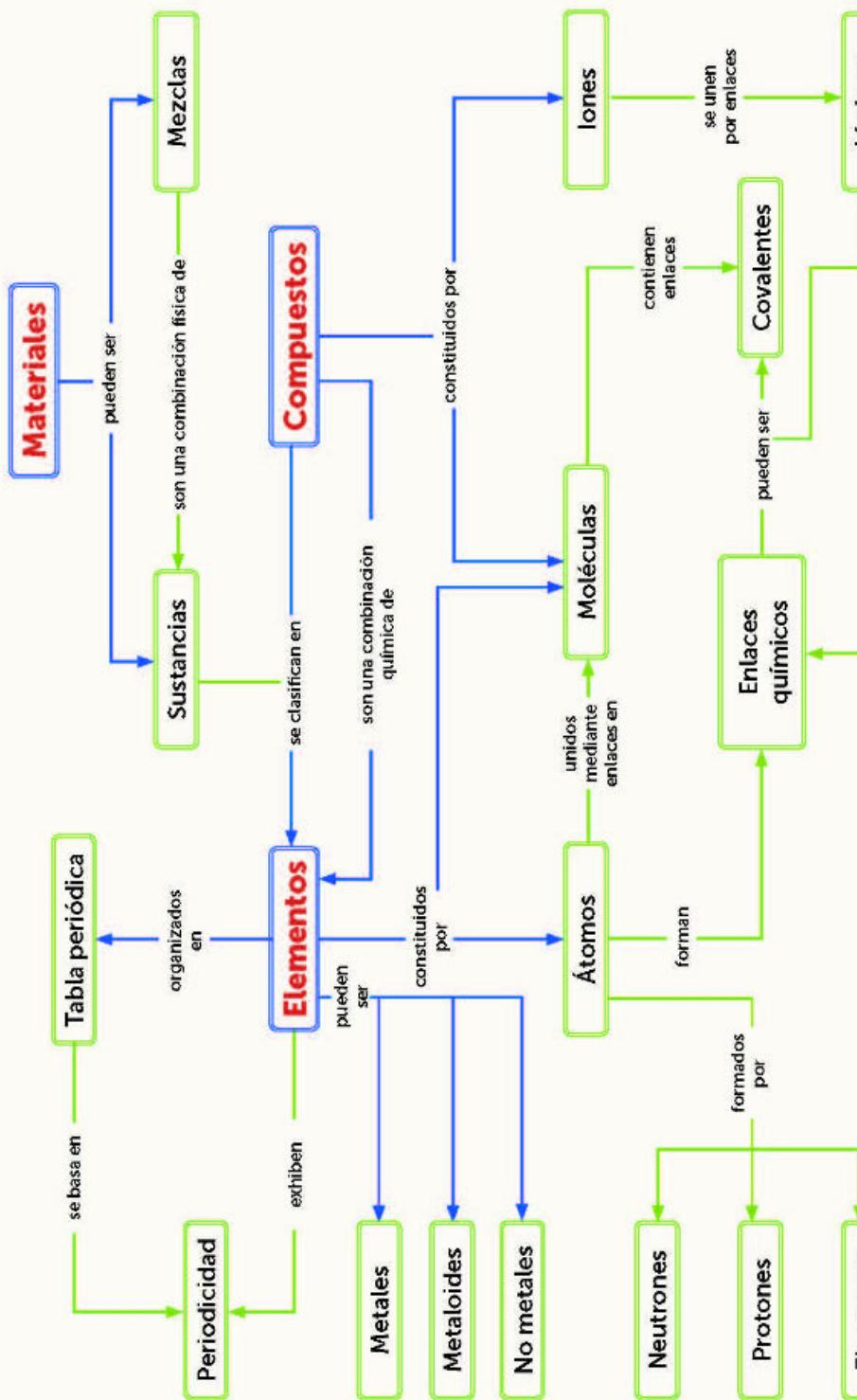
- ¿Qué conceptos del bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas hubo y cómo se solucionaron?
- ¿Qué podrías mejorar en este proyecto?

## Extensión

Aunque muchos metales pesados son tóxicos, algunos en muy pequeñas cantidades son indispensables para la vida. Como extensión de su proyecto recomendamos que:

- Identifiquen si el metal que estudiaron está presente en el cuerpo humano en trazas (elementos cuyo porcentaje en masa se encuentra entre 0.01% y 2%) o en ultratrazas (elementos con un porcentaje en masa menor a 0.01%).
- Investiguen cuál es la función de ese metal en el metabolismo humano, o en el de plantas y animales.

El siguiente mapa conceptual resume las ideas centrales de este bloque.



Las simulaciones computacionales son herramientas de gran utilidad para explorar las propiedades de los modelos atómicos y la formación de compuestos químicos a partir de la combinación de átomos e iones. ¿Qué tal si realizas investigaciones haciendo uso de diversas simulaciones? Todas ellas requieren que tu computadora tenga el plugin **flash**, que en internet se obtiene sin costo. Una vez que abras la página de una simulación, lee las instrucciones en el botón "?" para aprender a usarla.

### Modelo de Bohr

Visita esta página electrónica en:

<http://www.edutics.mx/48R>

Para tu investigación selecciona un átomo y con el simulador construye su estructura atómica de acuerdo con el modelo de Bohr. Utiliza el botón "verifica" cada vez que quieras evaluar si tu modelo es correcto. Si no lo es, recibirás información que te ayudará a modificarlo. Explora la estructura de varios átomos y con los resultados identifica cuántos electrones en el modelo de Bohr pueden ocupar cada órbita.

### Compuestos iónicos

Para entender cómo los modelos explican la formación de compuestos iónicos a nivel nanoscópico, utiliza la simulación de la página:

<http://www.edutics.mx/ZyX>

Coloca 15 átomos del elemento metálico en la caja del simulador y añade átomos del elemento no metálico, uno a uno, hasta llegar a 15.

Observa qué sucede cada vez que un átomo del elemento metálico interactúa con un átomo del no metálico. Analiza la estructura que se forma después de cierto tiempo. ¿Qué características tiene? ¿Cómo se acomodan los iones positivos y negativos? Modifica la carga de los iones y la temperatura del sistema para estudiar el efecto de estas variables. ¿Qué le ocurre a la estructura iónica a altas temperaturas?

### Compuestos covalentes

Para comprender la diferencia entre compuestos iónicos y compuestos covalentes moleculares, utiliza otra simulación en:

<http://www.edutics.mx/48D>

Coloca 15 átomos del elemento no metálico A en la caja del simulador y agrega uno a uno átomos del elemento no metálico B, hasta completar 15. Observa qué ocurre cada vez que un átomo de A interactúa con un átomo de B. Compara el comportamiento de este sistema con el que forma un compuesto iónico. ¿Qué les sucede a los enlaces cuando aumentas la temperatura? ¿Qué ocurre cuando modificas la energía de enlace?

### Más simulaciones

Explora las simulaciones que se incluyen en estas páginas:

<http://www.edutics.mx/48z> y <http://www.edutics.mx/48K>

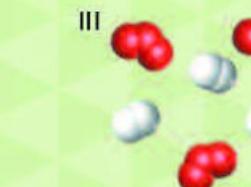
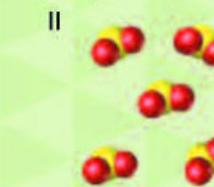
Estas simulaciones requieren el plugin **java** que se obtiene sin costo en internet.

## Respuestas

Llena el óvalo de la respuesta correcta.

 A  B  C  D

1. Clasifica las siguientes representaciones nano de tres materiales como elementos, compuestos o mezclas y elige la opción acorde con ella.



- A) I es una mezcla de compuestos; II es un compuesto; III es una mezcla de elementos.  
 B) I es una mezcla de elementos; II es una mezcla de compuestos; III es un compuesto.  
 C) I es un compuesto; II es una mezcla de elementos; III es una mezcla de compuestos.  
 D) I es una mezcla de compuestos; II es un elemento; III es una mezcla de elementos.

 A  B  C  D

2. Señala la estructura de Lewis correcta para estos átomos.

 A  B  C  D

3. Indica el tipo de enlace de los materiales que resultan de la combinación de:

I. C y O

II. Cu y Ni

III. K y Br

- A) I. Covalente; II. Metálico; III. Iónico  
 B) I. Metálico; II. Iónico; III. Covalente  
 C) I. Iónico; II. Covalente; III. Metálico  
 D) I. Covalente; II. Iónico; III. Metálico

 A  B  C  D

4. Considera las siguientes representaciones nano de disoluciones acuosas de etanol en agua, e indica cuál es la más concentrada.



- A) I  
 C) III  
 D) I y II

## Lee y contesta lo que se pide.

El aluminio para fabricar latas se extrae del mineral bauxita. Una lata tiene una masa cercana a los 15.0 g. En México, cada año se utilizan y desechan más de 5 mil millones de latas; de éstas 97% se recicla, porcentaje mucho mayor que el de los Estados Unidos de América (60%) y el de Europa (80%). Las personas que reciclan estos envases pagan casi siete pesos por 50 latas y unos dos pesos por 100 botellas de plástico de 1.5 L, de las que sólo 15% se recicla.

1. Estima la masa de aluminio que se requiere para fabricar las latas cada año.

---



---



---

2. Estima cuánto pagan quienes reciclan estas latas en el mismo periodo de tiempo.

---



---



---

3. ¿Por qué consideras que se paga mucho más por los envases de aluminio que por los de plástico?

---



---



---

4. ¿Por qué piensas que en México el porcentaje de reciclaje de aluminio sea tan alto comparado con el del plástico?

---



---



---

5. ¿Cuáles son los costos y beneficios de usar latas de aluminio en vez de botellas de plástico?

---



---



---

## La transformación de los materiales: la reacción química

**1**

### Tema 1. Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la Química

- Manifestaciones y representación de reacciones químicas (ecuación química).

#### Aprendizajes esperados

- Describe algunas manifestaciones de cambios químicos sencillos (efervescencia, emisión de luz o calor, precipitación, cambio de color).
- Identifica las propiedades de los reactivos y los productos en una reacción química.
- Representa el cambio químico mediante una ecuación e interpreta la información que contiene.
- Verifica la correcta expresión de ecuaciones químicas sencillas con base en la ley de conservación de la masa.
- Identifica que en una reacción química se absorbe o se desprende energía en forma de calor.

**2**

### Tema 2. ¿Qué me conviene comer?

- La caloría como unidad de medida de la energía.
- Toma de decisiones relacionada con:
- Los alimentos y su aporte calórico.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica que la cantidad de energía se mide en calorías y compara el aporte calórico de los alimentos que ingiere.
- Relaciona la cantidad de energía que una persona requiere, de acuerdo con las características tanto personales (sexo, actividad física, edad y eficiencia de su organismo, entre otras) como ambientales, con el fin de tomar decisiones encaminadas a una dieta correcta.

**3**

### Tema 3. Tercera revolución de la Química

- Tras la pista de la estructura de los materiales: aportaciones de Lewis y Pauling.
- Uso de la tabla de electronegatividad.

#### Aprendizajes esperados

- Explica la importancia del trabajo de Lewis al proponer que en el enlace químico los átomos adquieren una estructura estable.
- Relaciona la cantidad de energía que una persona requiere, de acuerdo con las características tanto personales (sexo, actividad física, edad y eficiencia de su organismo, entre otras) como ambientales, con el fin de tomar decisiones encaminadas a una dieta correcta.
- Argumenta los aportes realizados por Pauling en el análisis y la sistematización de sus resultados al proponer la tabla de electronegatividad.
- Representa la formación de compuestos en una reacción química sencilla, a partir de la estructura de Lewis, e identifica el tipo de enlace con base en su electronegatividad.

**4**

### Tema 4. Comparación y representación de escalas de medida

- Escalas y representación.
- Unidad de medida: mol.

#### Aprendizajes esperados

- Compara la escala astronómica y la microscópica considerando la escala humana como punto de referencia.
- Relaciona la masa de las sustancias con el mol para determinar la cantidad de sustancia.

**P**

### Proyecto. Ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas optionales)\* Integración y aplicación

- ¿Cómo elaborar jabones?
- ¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano?

#### Aprendizajes esperados

- Selecciona hechos y conocimientos para planear la explicación de fenómenos químicos que respondan a interrogantes o resolver situaciones problemáticas referentes a la transformación de los materiales.
- Sistematiza la información de su investigación con el fin de que elabore conclusiones, a partir de gráficas, experimentos y modelos.
- Comunica los resultados de su proyecto de diversas maneras utilizando el lenguaje químico, y propone alternativas de solución a los problemas planteados.
- Evalúa procesos y productos de su proyecto, y considera la efectividad y el costo de los procesos químicos investigados.

#### Temas transversales

- Educación para la salud
- Diversidad cultural

#### Competencias que se favorecen

- Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica.
- Toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención.
- Comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos.

# Bloque 3

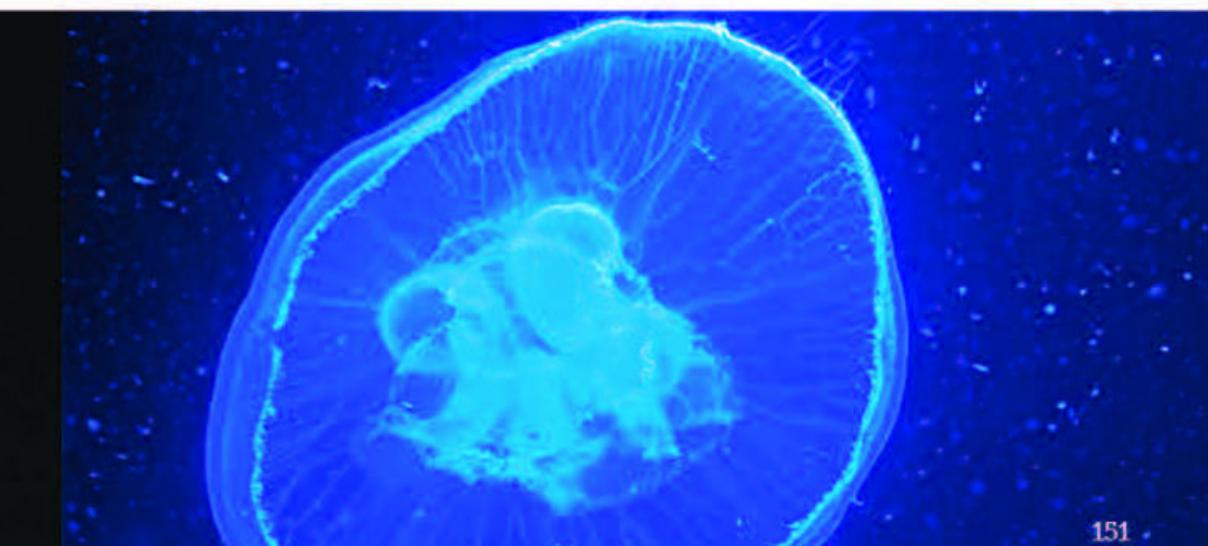




Figura 3.1 La composición química del vapor de agua es la misma que la del agua líquida.



### El cambio químico

Los cambios que experimentan las sustancias en la Naturaleza son engañosos. Así, el agua de ríos y mares se evapora constantemente, y a simple vista parece como si desapareciera. Los seres humanos tardaron cientos de años en comprender lo que en realidad sucedía: el agua líquida experimenta un cambio de estado de agregación y se convierte en vapor, pero su composición química no varía. Se dice que se trata de un **cambio físico**, porque no da lugar a la formación de nuevas sustancias.

## Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la Química

### Todo cambia

Vivimos en un mundo en constante transformación. El agua de lagos, ríos y mares se evapora continuamente y se condensa con regularidad en forma de lluvia. Plantas y animales nacen, crecen, se reproducen y mueren todos los días. Los alimentos que ingerimos se transforman dentro de nuestro cuerpo y aquellos que dejamos a la intemperie se descomponen con relativa rapidez. La supervivencia humana depende en gran medida de la habilidad que tenemos para entender, predecir y controlar los cambios a nuestro alrededor. Sin este conocimiento, quizás jamás se hubieran desarrollado aparatos como los refrigeradores, que reducen la rapidez con la que los alimentos se descomponen, o las estufas, que nos ayudan a acelerar su cocción.

El estudio de los cambios que ocurren en la naturaleza es uno de los objetivos centrales de las investigaciones en el campo de la Química. En estos estudios es fundamental aprender a distinguir entre procesos que no producen cambios en la composición química de las sustancias involucradas (figura 3.1), de aquellos en los que se generan nuevos compuestos químicos. Como estudiaremos en esta secuencia, la distinción entre ambos tipos de cambios no siempre es fácil. Sin embargo, hay pistas que nos ayudan a diferenciarlos. Veamos si puedes encontrarlas.

### Situación inicial



### Observa y decide: ¿Qué y cómo cambia?

Si te detienes a observar el mundo que te rodea, notarás que está en constante transformación. ¿Qué sabes sobre estos cambios? Las fotografías muestran objetos o situaciones cotidianas.

1. En parejas analicen los cambios que se producen o han producido en las sustancias de las que se componen los objetos en las imágenes.
2. Discutan qué cambia y si consideran que el cambio que se forma produce nuevas sustancias.
3. Comparen sus respuestas con las de otro equipo.

Cambios en materiales y sustancias.

### Desarrollo

### El cambio químico

Los cambios que experimentan las sustancias en la Naturaleza son engañosos. Así, el agua de ríos y mares se evapora constantemente, y a simple vista parece como si desapareciera. Los seres humanos tardaron cientos de años en comprender lo que en realidad sucedía: el agua líquida experimenta un cambio de estado de agregación y se convierte en vapor, pero su composición química no varía. Se dice que se trata de un **cambio físico**, porque no da lugar a la formación de nuevas sustancias.

Por su parte, el hierro (Fe) expuesto a la intemperie parece como si se desmoronara, pero la realidad es que la sustancia presenta un **cambio químico** al reaccionar con el oxígeno ( $O_2$ ) del aire. Como resultado de este proceso se genera otra sustancia química denominada óxido de hierro III ( $Fe_2O_3$ ) (figura 3.2).

La identificación del tipo de cambio que experimentan las sustancias es importante, porque permite controlar estos procesos, y predecir cómo cambiará el mundo que nos rodea cuando se presenta un fenómeno inesperado o de manera intencional alteramos el ambiente. Por ejemplo, en la actualidad es común hablar del calentamiento global del planeta. Pero para entender y controlar este fenómeno, hay que tener una idea muy clara de qué pasa cuando se queman los combustibles que usamos en nuestros automóviles y fábricas. También hay que entender qué transformaciones pueden tener las sustancias que se producen en este proceso una vez que se incorporan a la atmósfera.

Cuando en un sistema hay un cambio o una **reacción química**, en general se observan diferencias que indican la formación de nuevas sustancias. Por ejemplo, una evidencia es la formación de espuma o burbujas, lo que significa que se está produciendo un gas. También son evidencia de un cambio químico la formación de un producto colorido, la liberación o absorción de energía y la producción de un olor determinado.

La determinación de que existe un cambio químico se facilita si conocemos las propiedades químicas de las sustancias involucradas. Estas propiedades describen la habilidad de una sustancia para reaccionar con otras y formar nuevos compuestos con propiedades físicas y químicas diferentes (figura 3.3). Una propiedad química del hierro (Fe) es que reacciona en presencia de oxígeno ( $O_2$ ) para formar óxido de hierro III ( $Fe_2O_3$ ) a temperatura ambiente. En cambio, el platino (Pt) no reacciona con el oxígeno en las mismas condiciones. El hecho de que no presente cambios químicos también se considera una propiedad. No sólo la capacidad de reacción de una sustancia es una propiedad química, también lo son la inestabilidad o tendencia a descomponerse.



Figura 3.2 El óxido de hierro III es un polvo de color rojo.



Figura 3.3 El cobre (Cu) reacciona con el ácido nítrico ( $HNO_3$ ) y genera  $Cu(NO_3)_2$ , un compuesto iónico de color verdoso soluble en agua, y dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), un gas rojizo.



### En acción

#### Observa e infiere: ¿Cómo reconocer un cambio químico?

##### Introducción

Cuando un sistema experimenta cambios químicos, en general es posible encontrar indicios de la formación de nuevas sustancias. Realiza los siguientes experimentos en equipo.

##### Propósito

Observa los cambios registrados en cada experimento e identifica sus diferencias y semejanzas.

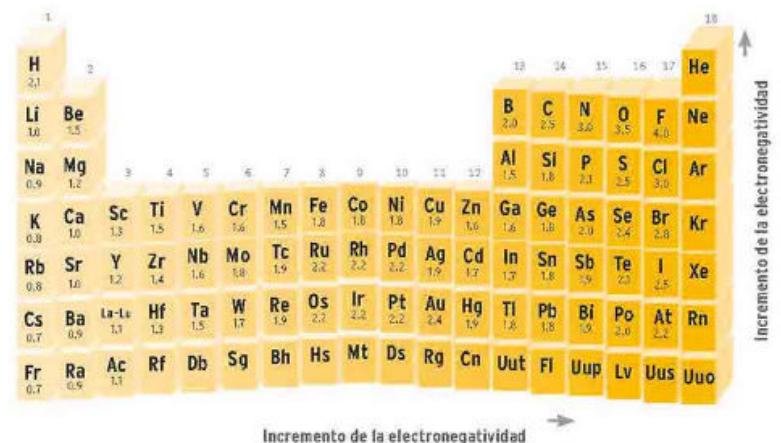
##### Material

Papa, leche, carne cruda, bicarbonato de sodio, vinagre, tintura de yodo, cerillos, aceite, sartén y 2 vasos.

### La tabla de electronegatividad

Observa la tabla periódica en la que se indican los valores de electronegatividad propuestos por Linus Carl Pauling (figura 3.29). En un grupo, la electronegatividad disminuye cuando aumenta el número atómico y en un periodo aumenta con el incremento del número atómico. Observa que el elemento con menor electronegatividad es el francio (Fr), que se localiza en el extremo inferior izquierdo, y el que tiene la mayor electronegatividad es el flúor (F), que se localiza en el otro extremo (antes del grupo 18, conocido como grupo de los gases nobles). Nota que debido a que los gases nobles casi nunca forman enlaces con otros elementos, su electronegatividad no se puede establecer claramente, ya que ésta se refiere a la capacidad de un átomo de atraer electrones hacia sí cuando está formando un enlace.

Figura 3.29 Tabla periódica con los valores de electronegatividad de Pauling.



### Tipos de enlace por diferencia de electronegatividad

Recordarás que dos modelos importantes son el del enlace iónico y el covalente, que nos permiten explicar las propiedades de muchos de los compuestos considerando la electronegatividad de los átomos que participan en el enlace. Por ejemplo, ¿qué sucede cuando se forma un enlace entre un elemento como el cloro (Cl) que tiene una electronegatividad alta (3.0) con un

elemento como el sodio (Na) que tiene una electronegatividad baja (0.9)? En este caso el electrón del sodio se transfiere al cloro, con lo que ambos átomos forman una estructura menos reactiva. La mezcla de cloruro de sodio en agua conduce bien la corriente eléctrica, por lo que podemos decir que hay cargas móviles, lo que no sucede con el sólido. Por ello se dice que en casos como éste se forma un enlace iónico.

En general, cuando las diferencias de electronegatividad de los átomos que forman un enlace son muy grandes se considera que el enlace corresponde al tipo iónico.

#### Enlace iónico

En un enlace 100% iónico (figura 3.30) uno de los átomos atrae a los electrones del enlace y, por tanto, adquiere una carga negativa, mientras que el otro átomo adquiere una carga positiva: es el caso de la sal común (NaCl).

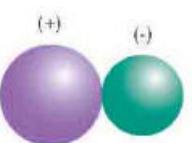


Figura 3.30 Enlace iónico.

#### Enlace covalente

En un enlace 100% covalente (figura 3.31) los electrones son compartidos por los dos átomos en la misma proporción. Esto sucede cuando los átomos son iguales, como en la molécula de hidrógeno ( $H_2$ ).

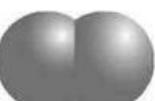


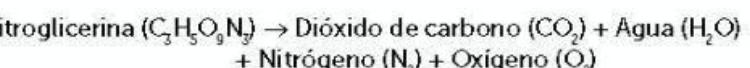
Figura 3.31 Enlace covalente.

como reacciones de **combinación** y de manera genérica se representan de la siguiente manera:

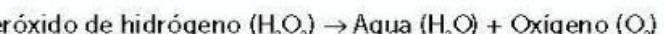


#### reacción de combinación

En otros casos, la reacción química involucra un solo reactivo que se descompone en otras sustancias más sencillas, como cuando la nitroglicerina (componente principal de la dinamita) explota (figura 3.5):



O cuando el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), que se utiliza como desinfectante o decolorante, se descompone en agua ( $H_2O$ ) y oxígeno ( $O_2$ ):



Estas reacciones se clasifican como reacciones de **descomposición** y se representan de manera genérica de la siguiente forma:



#### reacción de descomposición

Las reacciones de combinación y descomposición son dos ejemplos entre los muchos tipos de reacciones que han identificado los químicos. La clasificación de las reacciones químicas en distintos grupos permite identificar patrones de comportamiento comunes que ayudan a explicar, predecir y controlar estos procesos.

Figura 3.5 La descomposición de los explosivos genera suficiente energía para demoler construcciones.

#### Busca en...

www.edutics.mx/  
Zy7, www.edutics.  
mx/Zox y www.  
edutics.mx/Zaf  
(Consultadas: 22  
de enero de 2019)  
donde encontrarás  
información  
sobre reacciones  
químicas.

#### En acción

##### Transforma e identifica: ¿Cómo se combinan los elementos?

###### Introducción

Para entender mejor la naturaleza y características de los procesos químicos, así como para explorar las propiedades de los reactivos y productos involucrados, no hay nada mejor que hacer experimentos en el laboratorio. Las reacciones de combinación más sencillas son las que únicamente involucran elementos químicos como reactivos.

###### Propósito

Genera diferentes compuestos iónicos en tres reacciones químicas entre elementos metálicos y no metálicos.

###### Material

Cinc en polvo, cobre en polvo o granalla, magnesio en tiras, yodo, azufre, agua, tubos de ensayo, pinzas para tubo, mechero Bunsen, gotero, tubo o varilla de vidrio.

###### Procedimiento

- Analicen cuidadosamente las características físicas de los reactivos que utilizarán en los siguientes experimentos para detectar los cambios que se produzcan durante la reacción química. Registren sus observaciones en el cuaderno.
- Investiguen las propiedades físicas y químicas de los reactivos para determinar las medidas de seguridad que deben tomar al manipularlos.

Un enlace iónico como el del NaCl es muy estable y por tanto difícil de romper. Por esta razón el NaCl es un compuesto tan abundante ya que, una vez formado, será difícil que se descomponga. De hecho, para fundir un cristal de NaCl hay que calentarlo a más de 800 °C. Esto nos da una idea de la gran energía contenida en los enlaces químicos.

Veamos ahora algunos compuestos con enlaces de tipo covalente. Recordarás que en las reacciones de combustión, los productos más comunes son el agua ( $H_2O$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Con base en las estructuras de Lewis, es posible darse cuenta que cada átomo cumple con la regla del octeto al enlazarse, pudiendo formar enlaces sencillos (compartiendo un par de electrones) o dobles (se comparten dos pares de electrones entre dos átomos).

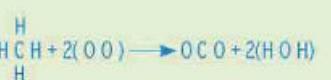
### Actividad

#### Analiza e infiere: ¿Para qué sirve la tabla de electronegatividad?

En la actividad de la página 84 de la Secuencia 7 dibujaste con los puntos de Lewis algunos compuestos como  $MgH_2$ ,  $NaBr$  y  $CaO$ . También estudiaste la reacción química en la Secuencia 12 en la que hay ruptura y formación de enlaces químicos. Ahora, con lo que has estudiado en esta secuencia, podrás representar con puntos de Lewis los enlaces que se rompen y se forman, así como analizar si son iónicos o covalentes de acuerdo con su diferencia de electronegatividad.

1. En la siguiente ecuación química coloca los puntos que representan los electrones de valencia de acuerdo con el modelo de Lewis. Enseguida completa la tabla 3.5 utilizando la tabla de electronegatividad de la página 154.

Tabla 3.5 Reacción de combustión del metano



Enlace	Cantidad de enlaces	¿Se rompe o se forma?	Diferencia de electronegatividad	Tipo de enlace
CH				
OO				
OH				
CO				

2. Efectúa un análisis similar para las siguientes ecuaciones. Asegúrate que cumplen con la Ley de conservación de la masa, es decir, balancéalas.
  - a)  $Na + O_2 \longrightarrow Na_2O$
  - b)  $CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$
3. Compara tus representaciones con las de algún compañero y si hay diferencias, analicen sus respuestas.

Entre todo el grupo concluyan, ¿para qué sirve conocer la tabla de electronegatividad?

Como lo habrás visto en la actividad anterior, la diferencia de electronegatividades depende de los átomos que forman enlaces, por ejemplo entre el carbono (2.5) y el oxígeno (3.5) la diferencia de electronegatividad es 1.0, lo que nos indica que estos átomos se enlanzan de manera covalente. En general, para estudiar cuáles son los tipos de enlaces en una molécula es necesario tomar en cuenta cada par de átomos que los están formando y considerar la diferencia de electronegatividades como uno de los modelos más usados por su versatilidad.



### En acción

#### Investiga: ¿Cómo se hacen?

Los avances en Química moderna han permitido sintetizar productos con propiedades sorprendentes. Por ejemplo, ¿sabías que los bloqueadores solares se producen usando nanotecnología o que se están desarrollando sustancias flexibles que conducen electricidad, y pronto se utilizarán para fabricar teléfonos celulares, pantallas o tabletas electrónicas que podrán enrollarse como papel?

1. Investiga cómo se sintetizan algunos de los siguientes materiales que prometen revolucionar el futuro: grafeno, fulereno,  $d_3O$  gel, vidrio inteligente y flexicomb.
2. Redacta un informe que incluya el nombre y las propiedades de los reactivos y los productos necesarios para obtener el material que elijas, así como sus posibles aplicaciones.

### Cierre

#### Experimenta: ¿Un nuevo producto?

##### Introducción y propósito

Es posible realizar una gran variedad de cambios interesantes con sustancias de uso común que pueden producir sustancias con posibles aplicaciones prácticas. Lleva a cabo uno de estos procesos utilizando pegamento y un tipo de sacamanchas.

##### Material

2 cucharadas de pegamento blanco, una cucharada de una disolución saturada de bórax (es decir, que contenga la máxima cantidad de bórax que se pueda disolver a una temperatura dada), 1 vaso de plástico, 1 palito de madera o agitador de vidrio.

##### Procedimiento

1. Analicen las propiedades del pegamento blanco y de la disolución de bórax. Registrenlas.
2. Mezclen el pegamento y la disolución de bórax; observen qué sucede. Extraigan el producto con el palito de madera y manipúlenlo con las manos. Registren sus propiedades físicas.

##### Análisis de resultados y conclusiones

3. Comparen las propiedades de los materiales utilizados y de los productos. Con base en este análisis, identifiquen evidencias de que el producto es resultado de un cambio químico.
4. Identifiquen el tipo de reacción química que se realiza (combinación o descomposición).
5. Investiquen nombre y composición de los componentes químicos principales en el pegamento blanco y en la disolución de bórax. Representen el proceso químico, indicando cuáles son los reactivos y cuáles los productos.
6. Propongan posibles aplicaciones prácticas del material sintetizado.



##### Busca en...

www.edutics.mx/4cJ  
(Consulta: 22 de enero de 2019)  
encontrarás información acerca del grafeno.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Describo algunas manifestaciones de cambios químicos sencillos e identifico propiedades de reactivos y productos.			

## Manifestaciones y representación de reacciones químicas (ecuación química)



Figura 3.7 El aluminio (Al) reacciona con el yodo ( $I_2$ ) para producir yoduro de aluminio ( $AlI_3$ ).

### ¿Qué ocurre durante las reacciones químicas?

En ocasiones no es fácil distinguir a simple vista un cambio físico de uno químico; sin embargo, las reacciones químicas presentan rasgos distintivos que nos ayudan a diferenciarlas. La característica distintiva más importante es que durante una reacción química se forman nuevas sustancias que antes no estaban presentes en el sistema (figura 3.7). Otro rasgo particular es que las transformaciones químicas involucran transferencia de energía entre las sustancias que reaccionan y su alrededor. Hay reacciones químicas en las que se desprende energía en forma de calor durante el proceso; como cuando quemas un papel. Pero hay otros cambios químicos en los que la energía es absorbida, como en la formación de glucosa a partir de dióxido de carbono y agua en la fotosíntesis (cuando las plantas absorben la energía solar). Para explicar tanto la formación de nuevas sustancias durante una reacción química, como para entender por qué se absorbe o desprende energía durante este tipo de procesos, es conveniente generar modelos con base en la composición atómica de las sustancias involucradas. ¿Cómo explicarías estos fenómenos a partir del modelo atómico que revisamos en el bloque anterior?

### Situación inicial

#### Modela: ¿Cómo lo explicas?

Según el modelo atómico que estudiamos en el bloque 2, las diferentes sustancias de nuestro entorno se distinguen por la composición y estructura particular de las moléculas o redes iónicas que las forman a nivel nanoscópico. Imagina que quisieras usar el modelo atómico para entender los siguientes hechos.

- Durante una reacción química en un sistema cerrado se producen nuevas sustancias, pero la masa total se conserva.
  - En ciertas reacciones químicas se desprende energía en forma de calor y en otras se absorbe energía del medio que las rodea.
1. En equipos propongan ideas sobre cómo utilizar el modelo atómico de la materia para explicar:
    - a) La formación de nuevas sustancias durante una reacción química
    - b) La conservación de la masa durante una reacción química
    - c) La transferencia de energía durante una reacción química
  2. Expliquen qué ocurre con las moléculas de los reactivos y los átomos que las forman durante una reacción química. Discutan de dónde proviene la energía que se desprende en algunas reacciones químicas. Compartan sus ideas en el grupo y discutan similitudes y diferencias.

### Desarrollo

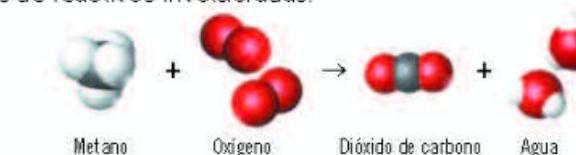
#### Modelando reacciones químicas

El desarrollo del modelo atómico de la materia no sólo permite explicar la diversidad de sustancias que nos rodea, sino entender qué sucede cuando una sustancia química reacciona con otra. De acuerdo con este modelo, los productos de una reacción química son resultado de la reorganización de los átomos que forman los reactivos.

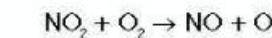
La idea central es que cuando dos o más reactivos se mezclan, sus moléculas chocan entre sí, causando que algunos enlaces químicos se rompan. Este rompimiento de enlaces permite que ciertos átomos formen uniones con otros átomos, lo que da lugar a la formación de nuevas moléculas o productos diferentes (figura 3.8). En este modelo, los átomos "no se crean ni se destruyen" durante una reacción química, simplemente se enlazan y reorganizan de manera diferente para formar otras moléculas, y por ello la masa total del sistema se conserva.

Con el fin de representar la reorganización atómica que ocurre durante una reacción química, los científicos han desarrollado **ecuaciones químicas** (figura 3.9) que ilustran tres aspectos principales:

- La composición de las moléculas de los reactivos y productos.
- La proporción en la que las moléculas de los reactivos se combinan entre sí.
- El número de moléculas de los diferentes productos generados a partir de las moléculas de reactivos involucradas.

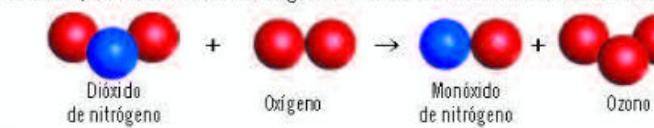


Estas ecuaciones químicas se representan con los símbolos químicos (fórmulas condensadas) de las sustancias y no con sus nombres como hicimos en la secuencia anterior. Considera el siguiente ejemplo, que ilustra la reacción de formación de la molécula de ozono ( $O_3$ ) en la atmósfera contaminada de muchas ciudades:



Esta ecuación química indica que el proceso de formación de cada molécula de ozono involucra una molécula de dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y una de oxígeno ( $O_2$ ). La colisión o choque de estas dos moléculas de reactivos da lugar a la formación de una molécula de ozono ( $O_3$ ) y una de monóxido de nitrógeno (NO).

La ecuación química anterior también puede representarse con dibujos que ilustran tanto la composición como la geometría de las moléculas involucradas:



### En acción

#### Infiere y representa: ¿Cuál es la ecuación química?

A continuación se describen varias reacciones químicas.

**Reacción 1:** Azufre reacciona con oxígeno en el aire para formar dióxido de azufre.

**Reacción 2:** Gas butano se quema en presencia de oxígeno para formar dióxido de carbono y agua.

**Reacción 3:** Sodio metálico reacciona con cloro para formar cloruro de sodio.

1. Deduce o investiga las fórmulas químicas de los reactivos y productos mencionados.
2. Escribe la ecuación química de cada proceso y propón una representación a nivel nanoscópico.
3. Con apoyo de tu maestro verifica la correcta expresión de las ecuaciones químicas.



Figura 3.8 Las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) en la estratosfera reaccionan entre ellas para producir ozono:  $3O_2 \rightarrow 2O_3$ .

Figura 3.9 La combustión del metano.

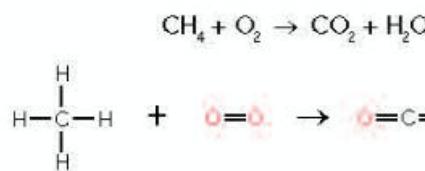
### Busca en...

García, José  
María, Química  
Industrial, México,  
sep-Santillana,  
2002 (Libros del  
Rincón). Este libro  
reflexiona acerca de  
la importancia de la  
química en diversas  
industrias.



**La ecuación química y la Ley de conservación de la masa**

La reorganización atómica que ocurre durante una reacción química se ilustra de mejor manera mediante fórmulas estructurales o imágenes de la composición y geometría de las moléculas involucradas. Considera, por ejemplo, las siguientes representaciones de la reacción de combustión del metano en presencia del oxígeno:



Fórmulas condensadas  
(Ecuación química)



Fórmulas estructurales



Representaciones  
moleculares

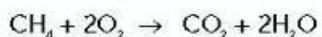
Metano      Oxígeno

Dióxido de  
carbono

Aqua

Para que esta reacción pueda llevarse a cabo, los enlaces entre el átomo de carbono y los de hidrógeno en la molécula de metano ( $\text{CH}_4$ ) deben romperse, al igual que los enlaces entre los átomos de la molécula de oxígeno ( $\text{O}_2$ ). Durante la reacción, los átomos de carbono e hidrógeno crearán nuevos enlaces con átomos de oxígeno para formar dióxido de carbono y agua. Sin embargo, seguramente ya notaste un problema: ¿cómo es posible tener dos átomos de oxígeno al principio y tres átomos del mismo al final del proceso?

Lo que sucede es que la ecuación química está incompleta. En realidad, por cada molécula de metano ( $\text{CH}_4$ ) que reacciona se requieren dos moléculas de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) para completar el proceso. Cada una de estas moléculas tiene dos átomos de oxígeno: dos de ellos se unen a un carbono y cada uno de los otros dos átomos se unen a dos hidrógenos. Por ello, la reacción química que ocurre se representa de mejor manera como:



En esta ecuación química, el número "2" delante de los símbolos  $\text{O}_2$  (oxígeno) y  $\text{H}_2\text{O}$  (agua) indican cuántas moléculas de estas sustancias se requieren o se producen en la reacción química. Estos números reciben el nombre de coeficientes estequiométricos y nos ayudan a "balancear" la ecuación química, es decir, nos aseguran que hay el mismo número de cada tipo de átomo antes (en los reactivos) y después del proceso (en los productos). Si la reacción no estuviera balanceada, implicaría que los átomos pueden desaparecer o supondría que surgen de la nada, lo que no cumpliría con la Ley de conservación de la masa. Para asegurarnos de que no hemos perdido o creado ningún átomo, podemos construir una tabla comparativa como la siguiente.

Tabla 3.1 Número de átomos en la reacción de combustión del metano

En los reactivos:	En los productos:
$1 \times 1 = 1$ átomo de carbono	$1 \times 1 = 1$ átomo de carbono
$1 \times 4 = 4$ átomos de hidrógeno	$2 \times 2 = 4$ átomos de hidrógeno
$2 \times 2 = 4$ átomos de oxígeno	$1 \times 2 + 2 \times 1 = 4$ átomos de oxígeno

¡Todo está perfectamente balanceado!

Considera como otro ejemplo la síntesis de la molécula de agua:



Fórmulas condensadas



Fórmulas estructurales



Representaciones  
moleculares

Hidrógeno      Oxígeno      Agua

Esta reacción no está balanceada. ¿Cuál es el número mínimo de moléculas de  $\text{H}_2$  y  $\text{O}_2$  que en realidad se combinan? ¿Cuántas moléculas de agua se producen? Durante la reacción, cada átomo de oxígeno se combina con dos átomos de hidrógeno, y como cada molécula de  $\text{O}_2$  tiene dos átomos de oxígeno, se necesitan al menos dos moléculas de hidrógeno para enlazarlos. En este proceso se formarán dos moléculas de agua. Entonces, la ecuación química balanceada queda como:



Si cuentas cada tipo de átomo antes y después del proceso, observarás que la cantidad de cada uno se conserva. Ello se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Número de átomos en la reacción de formación de agua

En los reactivos:	En los productos:
$2 \times 2 = 4$ átomos de hidrógeno	$2 \times 2 = 4$ átomos de hidrógeno
$1 \times 2 = 2$ átomos de oxígeno	$2 \times 1 = 2$ átomos de oxígeno



En acción

Verifica: ¿Cómo balancear las siguientes reacciones?

Para balancear ecuaciones químicas es necesario que desarrolles dos habilidades básicas:

- Que sepas contar cuántos átomos de cada tipo hay en la fórmula condensada de la molécula de una sustancia.
- Que puedas identificar cuántas moléculas de cada reactivo y producto deben participar en la reacción química para asegurar que el número de cada tipo de átomos sea el mismo al inicio y al final del cambio químico.

Pon en práctica estas habilidades; balancea las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera y que producen a diferentes tipos de contaminantes.

Busca en...

[www.edutics.mx/  
ZGh](http://www.edutics.mx/ZGh) (Consulta: 22  
de enero de 2019)  
hallarás un video  
que muestra la  
reacción química  
del agua oxigenada,  
dióxido de  
manganeso  
y carbono.

Chamizo, José  
Antonio, La casa  
química, México,  
sep-Santillana, 2002  
(Libros del Rincón).  
Descubrirás que  
todos los objetos se  
constituyen de las  
posibles combi-  
naciones de los  
109 átomos en el  
Universo.

1. Responde en tu cuaderno.

- a) ¿Cuántos átomos de cada elemento están presentes en las fórmulas condensadas de estas sustancias contaminantes?

Tabla 3.3 Número de átomos en diferentes moléculas

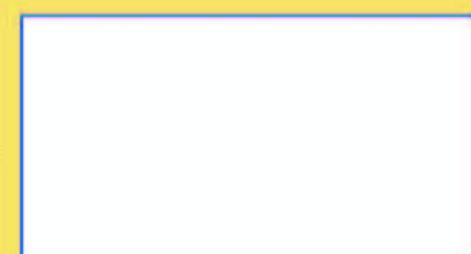
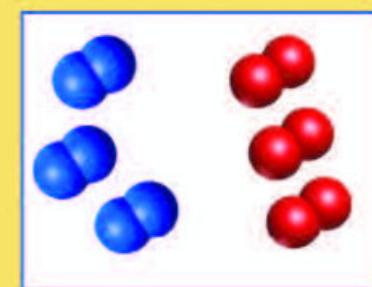
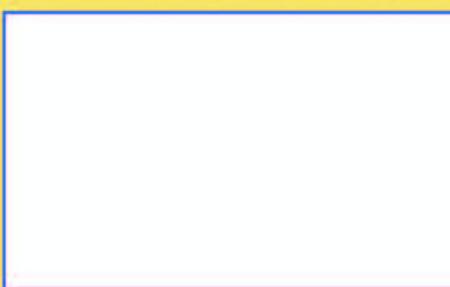
Fórmula	Nombre	Número de átomos de cada elemento
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno	
SO <sub>3</sub>	Trióxido de azufre	
CO	Monóxido de carbono	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico	

b) ¿Cómo balancearías las siguientes ecuaciones químicas?

- N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> → NO
- SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> → SO<sub>3</sub>
- C + O<sub>2</sub> → CO
- SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Para facilitar tu trabajo te recomendamos que:

- Construyas modelos tridimensionales de las moléculas involucradas e identifiques cómo se reorganizan los átomos durante la reacción química (figura 3.14).
- Organices los datos en tablas de balanceo como la 3.1 y 3.2 (páginas 160 y 161) para facilitar el conteo de átomos de cada tipo.
- Predigas el número de moléculas de los productos o reactivos en las siguientes representaciones nanoscópicas de la primera y tercera reacción del inciso b.



Representaciones nanoscópicas.

## Energía en reacciones químicas

Las reacciones que balanceaste en la actividad anterior son ejemplos típicos de reacciones de combinación en las que dos sustancias forman un nuevo compuesto químico, y se caracterizan por el desprendimiento de energía en forma de calor. En consecuencia, la temperatura del entorno se incrementa y es lo que se conoce como proceso exotérmico. Algunos ejemplos típicos de reacciones **exotérmicas** son la combustión de gases, como metano, butano y propano en presencia de oxígeno. De hecho, una gran proporción de la energía que utilizamos en la vida diaria se obtiene mediante reacciones exotérmicas (figura 3.10) que desprenden energía en forma de calor, luz (figura 3.11) o electricidad.

También existen transformaciones físicas y químicas que absorben energía. En algunos casos la energía necesaria se absorbe directamente del medio y por ello la temperatura externa disminuye. En otros, la energía requerida puede transferirse en forma de calor o usando luz o corriente eléctrica. Así, los procesos que absorben energía se clasifican como **endotérmicos**. Por ejemplo, cuando horneas un pastel, el polvo de hornear experimenta una reacción endotérmica que genera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) gaseoso, el cual ayuda a que el pastel se esponje. Cuando cueces o fries un huevo, se producen cambios químicos endotérmicos que hacen que la clara pierda su transparencia y se haga sólida.

De acuerdo con el modelo atómico, el desprendimiento o la absorción de energía durante una reacción química se debe a diferencias en la energía potencial de las moléculas o redes iónicas de los reactivos y productos. Como recuerdas de tu curso de Ciencias 2, dos o más objetos que ejercen fuerzas entre sí poseen energía potencial que depende de su posición y la magnitud de la fuerza entre ellos. Por tanto, las moléculas o redes iónicas de una sustancia poseen energía potencial debido a las fuerzas entre sus átomos o iones y esta energía depende del tipo, número y distribución de los átomos o iones que las forman.

Si una reacción química produce sustancias con menor energía potencial que los reactivos, es de esperar que durante el proceso se desprenda energía. Si la energía potencial de los productos es mayor que la de los reactivos, habrá que proporcionar energía para que la reacción se lleve a cabo (figura 3.12).

Considera, por ejemplo, el proceso de combustión del propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), el gas que se usa en muchas estufas:

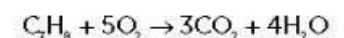


Figura 3.10 El sodio (Na) reacciona violentamente con el agua, lo que genera gran cantidad de energía.



Figura 3.11 Las barritas de luz consisten en un tubo de plástico con agua oxigenada que en su interior contiene un tubo de vidrio con difeniloxalato y un colorante fluorescente. Al doblar la barrita se rompe el tubo de vidrio, las sustancias reaccionan y se obtienen productos que generan energía en forma de luz.

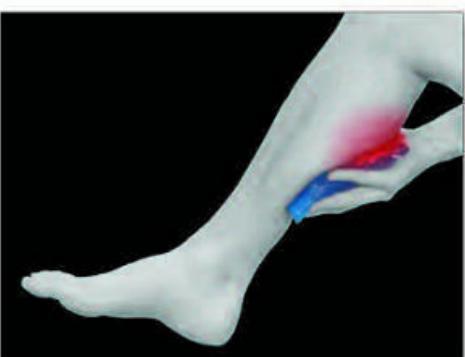


Figura 3.12 Las bolsas de frío instantáneo se usan en terapias musculares para desinflamar, contienen urea y cloruro de amonio en dos contenedores diferentes. Cuando se dobla la bolsa, éstos se rompen, las sustancias reaccionan y el proceso absorbe calor del entorno, lo que hace que la temperatura disminuya.



## 2. Cantidad de sustancia y masa, con átomos de oxígeno como ejemplo.

- a) Anoten el número de Avogadro en la columna "A" (primera columna) de la siguiente tabla.

A. Número de átomos de oxígeno en un mol	B. Masa de un átomo de oxígeno	C. Masa de los átomos de oxígeno que hay en un mol	D. Moles de oxígeno (cantidad de sustancia)	E. Masa total de oxígeno

- b) Calculen la masa de un átomo de oxígeno utilizando la información sobre las masas de las partículas subatómicas (página 16):

$$\text{masa de un átomo de oxígeno} = \text{masa de 8 electrones} + \text{masa de 8 protones} \\ + \text{masa de 8 neutrones}$$

- c) y anoten el resultado en la columna "B" de la tabla.

- d) Obtengan la masa de los átomos de oxígeno que caben en un mol multiplicando el número de Avogadro (columna "A") por la masa del átomo de oxígeno (columna "B"). Escriban el resultado en la columna "C" de la tabla.

- e) Escriban en la columna "D" el número de montones de frijoles que resultaron (columna "D") de la primera tabla.

- f) Calculen la masa total de oxígeno multiplicando la masa de los átomos de oxígeno que hay en un mol (columna "C") por el número de moles de oxígeno (columna "D"). Escriban el resultado en la columna "E" de la tabla.

- g) Respondan, si la masa de un átomo de oxígeno fuera la de un frijol, ¿cuál sería la masa de un mol de átomos de oxígeno?

## Análisis de resultados y conclusiones

1. ¿Qué diferencias o semejanzas encuentran entre las dos tablas?
2. ¿Qué analogías encuentran al relacionar las dos tablas con su contenido columna a columna? ¿Cómo las interpretan?
3. ¿Qué resultado se obtiene de dividir el valor que hay en la columna "E" entre el valor que está en la columna "D" de ambas tablas? ¿Por qué se considera la columna "A" de cada tabla la unidad de cantidad de sustancia en cada caso?
4. De forma grupal analicen, ¿qué utilidad tiene el mol?



Recuerda de tu curso de Ciencias 2 la diferencia entre masa y peso. ¿Qué estás midiendo con la balanza, masa o peso?

Aunque no es del todo evidente, el uso de la constante de Avogadro para relacionar partículas con masas medibles es una ventaja cuando queremos explicar y predecir las masas de las sustancias que reaccionan o se producen en una reacción. Veamos cuál es la relación entre las masas de los átomos y la masa molar. En páginas anteriores vimos que la masa de un átomo de carbono es  $2 \times 10^{-26}$  kg. Si multiplicas este valor por la constante de Avogadro:

$$(2 \times 10^{-26} \text{ kg}) \times (6.02214 \times 10^{23}) = 0.012 \text{ kg} = 12 \text{ gramos de carbono}$$

Date cuenta que puedes utilizar la masa atómica relativa de un átomo (que encuentras en la tabla periódica) para calcular su masa molar. Por ejemplo, usando el mismo procedimiento que usaste para el carbono en el caso del sodio:

$$\text{(Masa del átomo de sodio)} \times N_A = \text{masa molar del sodio} \\ (3.86 \times 10^{-26} \text{ kg}) \times (6.02214 \times 10^{23}) = 0.023 \text{ kg} = 23 \text{ gramos de sodio}$$

De esta manera podemos contar indirectamente cuántas partículas –tan pequeñas como átomos y moléculas– hay en una determinada masa de sustancia. *Cuando tienes una cantidad en gramos igual a la masa atómica de un elemento químico, entonces tienes un mol de dicho elemento*, y si no tienes exactamente la masa equivalente a un mol, puedes

## Cierre

## Observa, predice y explica: ¿Qué le sucede al papel?

El maestro llevará a cabo la siguiente demostración frente al grupo: Preparará una mezcla mitad agua ( $H_2O$ ) y mitad etanol ( $C_2H_6O$ ). Con unas pinzas sumergirá en esta disolución un pedazo de papel, un billete o un pedazo de tela. Luego sacará el objeto mojado y le prenderá fuego con un encendedor o un cerillo.

## 1. Predice:

- El etanol ( $C_2H_6O$ ) es un líquido combustible que reacciona con el oxígeno en el aire ( $O_2$ ) y produce dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y agua ( $H_2O$ ). Escribe la ecuación química balanceada que representa esta reacción. ¿La reacción es exotérmica o endotérmica? Construye el diagrama de energía potencial relativa de reactivos y productos presentes en la reacción.
- ¿Qué le ocurrirá al agua que absorba el papel, billete o tela al prenderlo con el cerillo?
- ¿Qué sucederá con el papel, billete o pedazo de tela al ponerlos en contacto con la llama?
- Justifica tus ideas. Utiliza el modelo atómico para explicar lo que ocurrirá en el experimento.

## 2. Observa:

- ¿Qué sucede cuando el maestro realiza el experimento? Registra tus observaciones en tu cuaderno.

## 3. Explica:

- Contrasta tus predicciones con tus observaciones. Modifica tu explicación, si es necesario, para justificar los fenómenos observados.
- Identifica los diferentes procesos exotérmicos y endotérmicos que ocurren en este experimento.

## 4. Comparte tus ideas con tus compañeros de grupo.



Combustión de etanol y papel.

## Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Represento el cambio químico mediante una ecuación.			
2. Interpreto la información de una ecuación química.			
3. Verifico la ecuaciones químicas con base en la Ley de conservación de la masa.			
4. Identifico que en una reacción química se absorbe o se desprende energía (calor).			

# ¿Qué me conviene comer?



Figura 3.14 Las biomoléculas que requerimos las contienen los alimentos de nuestra dieta.



## Situación inicial

### Busca en...

[www.edutics.mx/4cq](http://www.edutics.mx/4cq) (Consulta: 22 de enero de 2019) encontrarás un artículo de la revista *¿Cómo ves?* acerca de la importancia del azúcar en la dieta de los seres humanos.

### Investiga: ¿Cuáles son tus hábitos alimentarios?

Saber cuánta energía se desprende cuando los alimentos que ingerimos son digeridos por nuestro cuerpo, resulta útil para mejorar nuestros hábitos alimentarios. Sin embargo, para sacar ventaja de esta información primero presta atención a lo que consumes:

- Haz una lista en tu cuaderno de todo lo que comes durante tres días consecutivos. Incluye días laborables y de descanso, así que puedes hacerlo en fin de semana: jueves, viernes y sábado, o al inicio: domingo, lunes y martes. Registra todos los alimentos que ingieras y calcula la cantidad de las porciones de cada uno.
  - Incluye las bebidas, la comida de escaso valor nutrimental y los "antojitos".
  - Expresa las cantidades de líquidos en mililitros, litros, cucharadas, vasos o tazas, y los de los sólidos, en gramos, kilogramos, rebanadas o número de unidades: cantidad de huevos o naranjas, por ejemplo.
- Organiza la información en tablas que faciliten la presentación y análisis de tus resultados.



## Desarrollo

### La caloría como unidad de medida de la energía

Tal como se ilustra en la tabla 3.4, los alimentos contienen diferente proporción de carbohidratos, grasas y proteínas. Este tipo de datos se presentan en las etiquetas con información nutrimental de los recipientes y empaques (figura 3.15) en los que se venden muchos alimentos.

Figura 3.15 La mayoría de los alimentos procesados y empaquetados incluyen una tabla con información nutrimental.



de acuerdo con las características tanto personales (sexo, actividad física, edad y eficiencia de su organismo, entre otras) como ambientales, con el fin de tomar decisiones encaminadas a una dieta correcta.

Tabla 3.4 Contenido de carbohidratos, grasas y proteínas en algunos alimentos

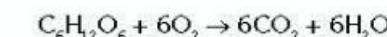
Alimento	Carbohidratos (g)	Grasas (g)	Proteínas (g)
100 g de carne	7	10.6	25.5
1 vaso de leche	12	9.3	8.9
1/2 taza de arroz	25.8	0.1	1.9
1 huevo	0.4	5.5	6.0
100 g de frijoles	10.1	5.1	9.8
50 g de pan	24	1.5	4
1 naranja mediana	14.5	0.3	1.1
1/2 taza de lechuga	2.0	0.1	0.4
1/2 jitomate	19.7	0.2	1.1
1/2 papa	21.1	0.1	2.6

Fuente: Secretaría de Salud, *Guía de Alimentos para la Población Mexicana*, México, ssa, 2010, disponible en [www.edutics.com.mx/Jsd](http://www.edutics.com.mx/Jsd) (Consulta: 21 de enero de 2019).



Figura 3.16 Los malvaviscos (o bombones) contienen una elevada proporción de carbohidratos que, al quemarlos, desprenden energía.

Los carbohidratos, grasas y proteínas son sustancias que reaccionan con oxígeno (reacción de combustión) y producen dióxido de carbono y agua. Por ejemplo, la siguiente ecuación química representa la combustión de la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), un carbohidrato muy común, como también lo son la sacarosa (azúcar común) y la fructosa:



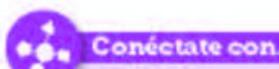
Estas reacciones de combustión son procesos exotérmicos en los que se desprende energía, la cual se mide frecuentemente en una unidad llamada caloría (cal). Una **caloría** se define como la cantidad de energía requerida para elevar en  $1^{\circ}\text{C}$  la temperatura de un gramo de agua, y equivale a 4184 joules (J) de energía.

Durante la combustión de unos cuantos gramos de la mayoría de los alimentos que consumimos se liberan miles de calorías. Por ejemplo, en la combustión de un gramo de glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) se generan cerca de 3 800 calorías (figura 3.16). Para facilitar el manejo de estos números, en nutrición se utiliza kilocalorías (kcal) como unidad de medida. Una **kilocaloría**, también expresada como **Caloría** (Cal), con C mayúscula, equivale a 1 000 calorías. Por tanto, la combustión de 1 g de glucosa desprende 3.8 Calorías:

$$3\,800 \text{ calorías} \times (1 \text{ Caloría} / 1\,000 \text{ calorías}) = 3.8 \text{ Cal}$$



Figura 3.17 La mejor manera de quemar calorías es la actividad física.



### Conéctate con...

#### Historia

Wilbur O. Atwater fue el primer químico que midió la energía que desprenden los alimentos (finales del siglo xix). Para ello construyó un calorímetro que se conectaba a la boca y la nariz. El calorímetro determinaba la cantidad de calor que desprendía la persona, así como la de oxígeno consumido y la de dióxido de carbono producido.

Una Caloría equivale a la cantidad de energía que se requiere para elevar en  $1^{\circ}\text{C}$  la temperatura de 1 kilogramo de agua. Esto significa que si quemas un gramo de glucosa, la energía desprendida podría utilizarse para elevar la temperatura de 1 kg de agua cerca de  $4^{\circ}\text{C}$ . En general, por cada gramo de carbohidratos en un alimento, durante su digestión se producen cerca de 4 Cal.

La misma cantidad de energía se libera por cada gramo de proteína que reacciona con oxígeno dentro del cuerpo (figura 3.17). Los lípidos o grasas, por su parte, generan más energía por gramo, alrededor de 9 Cal.

La energía que se libera durante la reacción química de cualquier sustancia combustible con oxígeno se le conoce como **calor de**

combustión y se mide con aparatos llamados **calorímetros**. Esta energía se determina observando sus efectos sobre la materia; por ejemplo, el calor de combustión se puede aprovechar para calentar cierta cantidad de agua y modificar su temperatura. Si se conoce la masa de esa agua caliente y la variación de temperatura que experimenta, es posible calcular la cantidad de calorías liberadas en el proceso. ¿Qué tal si aplicas estas ideas para determinar el aporte energético de diferentes tipos de alimentos?



### En acción

**Infiere y representa: ¿Cuánta energía se desprende?**

#### Introducción

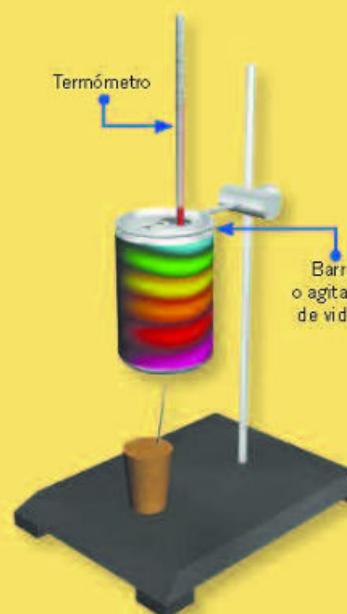
El calorímetro es un aparato que, con base en una diferencia de temperatura, nos permite medir la energía en forma de calor que se transfiere de un sistema a otro.

#### Propósito

Construye un calorímetro como el de la imagen y mide la energía que desprenden algunos alimentos. Lleva a cabo la actividad en equipos.

#### Material

1 lata de refresco vacía, abrelatas, pinzas para cortar metal, 1 soporte universal, 1 pinzas para soporte, 1 anillo metálico, 1 barra de vidrio, 1 termómetro, 1 clip, 1 balanza, cerillos, 1 corcho, 1 alfiler, 1 probeta de 50 ml. Asimismo, un pedazo de alguno de los siguientes alimentos: manzana deshidratada, nuez sin cáscara, almendra, cacahuate o malvavisco. Es recomendable que cada equipo elija un alimento distinto.



Construcción de dispositivo.

#### Procedimiento

1. Midan 50 ml de agua y viértanlos en la lata de refresco.
2. Doblen el anillo de la lata de manera que puedan pasar la barra de vidrio por el anillo.
3. Sostengan la lata en un soporte universal, como se muestra en la imagen.
4. Atraviesen el corcho con el alfiler e inserten el pedazo de alimento. Midan la masa del corcho con el alimento. Registren el resultado en la tabla 3.5 (página 169).
5. Coloquen el corcho con el alimento debajo de la lata a una distancia de 1 cm entre ellos.
6. Coloquen el termómetro dentro de la lata y midan la temperatura inicial del agua. Escriban el resultado en la misma tabla.
7. Enciendan el alimento y dejen que se queme hasta que la llama se extinga. Registren en la tabla la temperatura más alta que alcance el agua.

#### Análisis de resultados y conclusiones

8. La densidad del agua a temperatura ambiente es cercana a 1 g/ml, con este dato pueden conocer la masa del agua calentada. Con la información que obtuvieron calculen las calorías liberadas en la combustión del alimento:

$$\text{calorías} = \text{cambio de temperatura } ^\circ\text{C} \times \text{masa de agua (g)}$$

9. Utilicen la masa inicial del alimento para calcular el calor de combustión por gramo de sustancia. Registren sus resultados en una tabla como la siguiente (tabla 3.5); conviertan la energía calculada a Calorías/g.

Tabla 3.5 Resultados

Sustancia	Masa (g)	Temperatura inicial del agua (°C)	Temperatura final del agua (°C)	Cambio de temperatura (°C)	Masa de agua (g)	Calorías liberadas	Calorías por gramo de material

10. Comparen sus resultados con los de otros equipos. Las etiquetas en los empaques de los alimentos que usaron reportan el contenido energético. Comparen la información que obtuvieron con la registrada en las etiquetas y discutan a qué se deben las diferencias.

#### Manejo de residuos

Desechen los residuos del alimento en el contenedor de basura orgánica y la lata en el contenedor para reciclar.

#### Conéctate con...

##### Biología

¿Por qué a la comida no le detectamos sabor cuando estamos resfriados? Esto se debe a que el olfato y el gusto reaccionan ante estímulos químicos, y responden a la presencia de determinados compuestos, permitiéndonos distinguir entre una gran variedad de estímulos. El aroma de una sustancia proviene de sus moléculas que pasan a estado gaseoso y viajan a través del aire hacia nuestras fosas nasales. Cuando comemos percibimos los aromas (nariz) y los sabores (boca), pero cuando estamos resfriados la nariz pierde su capacidad de detección y sólo podemos distinguir algo salado de algo dulce.



##### Química asombrosa

###### ¿Qué son los colorantes y conservadores de alimentos?

Son dos tipos de aditivos alimentarios; es decir, sustancias de origen natural o sintético que se añaden voluntariamente a los alimentos. Son ingredientes opcionales, porque el valor nutrimental del alimento será el mismo aunque se agreguen estos aditivos. Los colorantes se usan para dar color y los conservadores para proteger al alimento del ataque de los microbios. También hay aditivos que regulan la acidez y que potencian los sabores, que aportan aromas (aromatizantes), que protegen contra el enranciamiento (antioxidantes), que ayudan a producir o a mantener la espuma (espumantes o estabilizadores), etcétera. Su uso se regula por normas que indican qué aditivos están autorizados, con qué alimentos y en qué dosis. Su incorporación al alimento obliga a declararlo en la etiqueta, señalando el grupo al que pertenece y la sustancia química concreta que se ha utilizado. El nombre del aditivo debe ir en el idioma del país de venta, o bien, sustituirse por su número de la clasificación internacional, precedido de la letra E.



Ejemplo de alimentos en los que se agregan aditivos.

¿Qué ventajas tiene el xilitol en las gomas de mascar? Para endulzar las gomas de mascar tradicionalmente se han utilizado el azúcar en polvo (sacarosa finamente pulverizada) o el jarabe de maíz, que además mejora la textura de la goma. Pero tanto el jarabe de maíz como el azúcar son nutrientes de la bacteria causante de las caries dentales. Por ello, estos endulzantes naturales se han sustituido por aditivos edulcorantes, que como todos los demás aditivos alimentarios no los metaboliza nuestro organismo ni las bacterias (con lo que endulzan sin riesgo para nuestra dentadura). El xilitol es una sustancia emparentada con el azúcar xilosa, y pertenece a la misma familia que el sorbitol (relacionado con la sorbosa) o el maltitol (emparentado con la maltosa). No todos los aditivos edulcorantes son sintéticos, como la sacarina o el ciclamato, e incluso alguno, como el denominado E959, que es un derivado de la sustancia que confiere su desagradable sabor a las naranjas amargas son de origen natural.



¿Qué es el xilitol?

### Toma de decisiones relacionada con los alimentos y su aporte calórico

#### Necesidades energéticas

La cantidad de energía que una persona necesita para sobrevivir y realizar sus actividades diarias depende de su edad, género y nivel de actividad física. La tabla 3.6 muestra la cantidad de Calorías requeridas cada día en función de las variables mencionadas.

Tabla 3.6 Calorías requeridas por género, edad y nivel de actividad

Género	Edad (años)	Nivel de actividad		
		Bajo	Moderado	Alto
Mujer	4-8	1200	1400-1600	1400-1800
	9-13	1600	1600-2000	1800-2200
	14-18	1800	2000	2400
	19-30	2000	2000-2250	2400
	31-50	1800	2000	2200
	51+	1600	1800	2000-2200
Hombre	4-8	1400	1400-1600	1600-2000
	9-13	1800	1800-2200	2000-2600
	14-18	2200	2400-2800	2800-3200
	19-30	2400	2600-2800	3000
	31-50	2200	2400-2600	2800-3000
	51+	2000	2200-2400	2400-2800

Fuente: DPHP, Oficina de Prevención de Enfermedades y Promoción de la salud, Departamento de Agricultura, Lineamientos dietéticos para americanos 2015-2020, 8<sup>a</sup> edición, Estados Unidos de América, DPHP, diciembre 2015, disponible en [www.edutics.com.mx/JsP](http://www.edutics.com.mx/JsP) (Consulta: 22 de enero de 2019).

La energía que tu cuerpo necesita se produce durante reacciones químicas, que son parte de tu metabolismo, en las que se digieren y procesan los alimentos que consumes. Esta energía la utiliza tu organismo para mantener o acelerar diversas funciones celulares; sin embargo, si la energía no se consume, se generan sustancias,

particularmente grasas, que se acumulan en diferentes tipos de tejidos. Es por ello que las personas que consumen más alimentos de los que requieren para realizar sus actividades diarias, suben de peso.

La energía que el cuerpo produce y utiliza al digerir alimentos depende del ejercicio que realice, de la cantidad de músculo y grasa que posea, así como del ritmo de su metabolismo basal (figura 3.18), es decir, la rapidez con la que su cuerpo consume energía cuando está en reposo. El metabolismo basal es responsable del consumo de cerca de 70% de las Calorías utilizadas por nuestro cuerpo. Las personas con un metabolismo basal bajo no requieren mucha energía para sobrevivir y tienden a subir de peso más fácilmente que quienes poseen un metabolismo basal alto.

El ritmo del metabolismo basal depende de factores hereditarios, y también de la cantidad de músculo y grasa presentes en el cuerpo. Los individuos con más músculo, en general poseen un metabolismo basal más acelerado. El metabolismo basal se puede modificar con la práctica de algún deporte de manera periódica, porque se desarrollan los músculos y se incrementa el metabolismo basal de diversos órganos.

Como se muestra en la tabla 3.7, diferentes tipos de actividades físicas requieren distintas cantidades de energía.

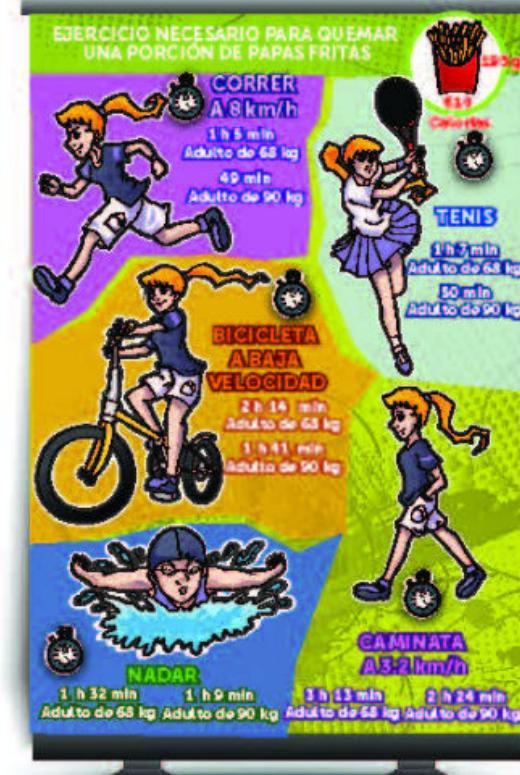
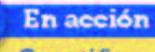


Figura 3.18 La práctica de ejercicio ayuda a quemar el exceso de grasa acumulada.

Tabla 3.7 Gasto de energía en algunas actividades

Actividad	Cal por hora	Actividad	Cal por hora
Sentado (ver TV o leer)	25	Tender la cama	230
Sentado (comiendo)	35	Nadar	320
De pie	40	Bailar	400
Caminar	100	Andar en bicicleta	200
Correr	400	Jugar futbol	520
Subir escaleras	800	Jugar basquetbol	400
Bañarse	25	Jugar volibol	120



#### En acción

##### Cuantifica: ¿Cuánta energía necesitas?

- Con base en tu edad y género, consulta la tabla 3.6 para determinar la cantidad de Calorías que requieres al día si tu nivel de actividad es bajo. Con este dato estima la cantidad de energía que tu cuerpo consume para sostener su metabolismo basal (70% de la energía total requerida).

- Haz una lista de las actividades que realizas cada día y del tiempo que inviertes en cada una. Con este dato calcula la cantidad total de calorías extras que requieres para esas actividades.
- Estima la cantidad total de Calorías que tu cuerpo requiere diariamente. De acuerdo con tus resultados y la información de este libro, determina si tu nivel de actividad es bajo, moderado o alto.



¿Cuántas calorías consumes y cuántas gastas diario?

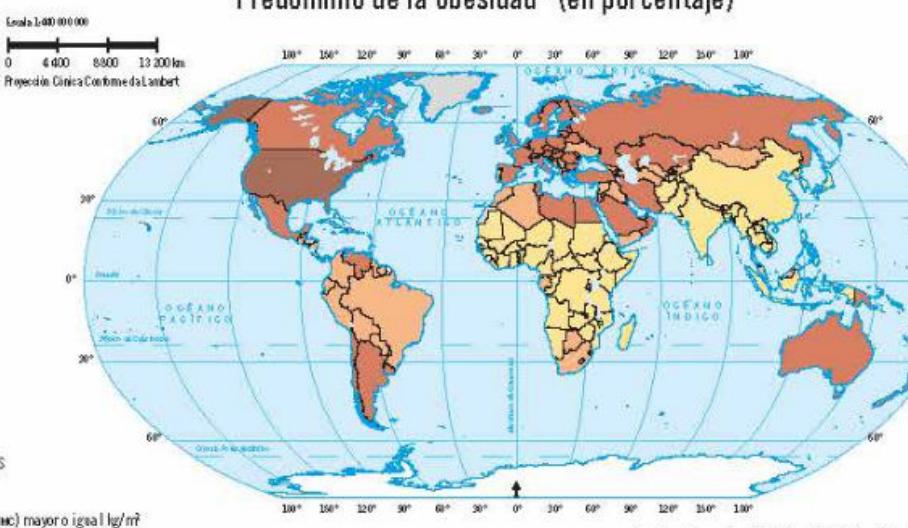
### Diversidad

#### Dietas y cultura

Los diversos hábitos alimentarios alrededor del mundo dependen de la historia, la cultura y geografía de cada lugar y, en general, de los recursos naturales y económicos con que cuentan. En la época moderna, los medios de comunicación tienen una fuerte influencia en el tipo y cantidad de alimentos que la gente consume. Por ejemplo, la moda dicta un mensaje: ser delgado es ser atractivo. Si tenemos unos kilos de más, o incluso el peso normal para nuestra edad y estatura, pero una figura robusta, es posible que nos sintamos desvalorizados y juzgados por nuestra apariencia, y no por cualidades como la inteligencia, la creatividad, la simpatía o el talento.

Por otro lado, el fácil acceso a comida con alto contenido energético, pero de escaso valor nutrimental, está haciendo de la obesidad un problema de salud nacional y mundial (figura 3.19). De acuerdo con datos recientes, nuestro país ocupa el primer lugar en términos de porcentaje de habitantes obesos (cerca de 24% de los mexicanos), y el primer lugar en obesidad infantil a escala mundial. La dieta actual de un mexicano promedio es demasiado alta en grasa y azúcares. Somos además, los mayores consumidores de refrescos en el mundo, con un promedio de más de 160 litros por persona al año. La falta de acceso al agua potable en casas, escuelas y lugares públicos es en gran parte responsable de este problema, pero también lo es la carencia de la información y conocimientos sobre la relación entre el tipo de alimento y la energía que produce para tomar mejores decisiones sobre la dieta diaria.

#### Predominio de la obesidad\* (en porcentaje)



### En acción

#### Investiga: ¿Qué comen los mexicanos?

- En equipos investiguen el problema de la alimentación y la obesidad en nuestro país, y comparten sus resultados. Verifiquen que su investigación responda lo siguiente:
  - ¿Qué alimentos son la base de la alimentación de los mexicanos en la actualidad?
  - ¿Cuál es el contenido, en términos de carbohidratos, proteínas y grasas, de esos alimentos?
  - ¿Cuál es el aporte energético por gramo de los alimentos que más se consumen?
  - ¿Qué factores culturales, sociales y económicos afectan la dieta de los mexicanos hoy día?
- Organicen un debate y expongan sus ideas sobre cómo mejorar nuestros hábitos alimentarios.
- Elaboren un tríptico para comunicar a su familia y en general a la comunidad escolar los resultados de su investigación y sus propuestas de solución a este importante problema.



¿Qué tan frecuente consumes alimentos de bajo valor nutrimental?

### Cierre

#### Compara y diseña: ¿Cambio de dieta?

Ahora te proponemos aplicar los conocimientos adquiridos para hacer algunos cambios benéficos en tu dieta actual.

- Con base en la información de la actividad inicial, el contenido de este libro y otras fuentes confiables sobre alimentación, estima la cantidad de Calorías diarias que consumes actualmente.
- Compara esa cantidad con la que requieres de acuerdo con tus actividades diarias.
- Diseña un menú balanceado (desayuno, comida y cena) que te proporcione las Calorías que requieres al día en función de tu edad, género y actividades diarias.
- Compara tu dieta actual con la que diseñaste. Comparte con tus compañeros los cambios que propones a tus hábitos alimentarios para seguir una dieta que se ajuste a tus necesidades.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico que la cantidad de energía se mide en calorías y comparo el aporte calórico de los alimentos que ingiero.			
2. Relaciono la cantidad de energía que una persona requiere para tomar decisiones para una dieta correcta.			



## Tercera revolución de la Química

### Tras la pista de la estructura de los materiales: aportaciones de Lewis y Pauling

Seguramente en estos momentos te preguntas cómo se sabe cuál es la composición química y fórmula estructural de los compuestos que se forman en una reacción química (figura 3.20). Por ejemplo, ¿cómo saber que el producto de la reacción entre carbono (C) y oxígeno (O<sub>2</sub>) es dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y no CO<sub>3</sub> o CO<sub>4</sub>? o bien, ¿por qué la fórmula del cloruro de sodio es NaCl y no NaCl<sub>2</sub>, si éste se obtiene a partir de sodio metálico con fórmula Na y cloro gaseoso con fórmula Cl<sub>2</sub>? Para predecir la naturaleza de los productos de una reacción química es necesario utilizar los conocimientos que ya has adquirido sobre modelos atómicos y electrones de valencia, así como reconocer qué tipo de elementos se combinan, metálicos o no metálicos, y a qué grupo o familia de la tabla periódica pertenecen. Como revisaremos en esta secuencia, esa información es suficiente para hacer predicciones sobre la fórmula química y estructural del producto que resulta de la reacción química entre dos elementos distintos.

Figura 3.20 La pátina negra que cubre los objetos de plata (Ag) es sulfuro de plata, cuya fórmula es Ag<sub>2</sub>S. ¿Por qué no es AgS o Ag<sub>2</sub>? ¿Qué determina la proporción en la que los átomos se combinan?



#### Situación inicial

##### Infiere: ¿Qué sabes sobre estos elementos y compuestos?

1. Recuerda cómo determinar las principales propiedades de elementos y compuestos químicos. Para ello completa la tabla 3.8.

Tabla 3.8 Propiedades de algunas sustancias

Reactivos 1	Metal o no metal	Número de electrones de valencia	Reactivos 2	Metal o no metal	Número de electrones de valencia	Tipo de producto de la reacción entre reactivo 1 y 2 (iónico o covalente)
Hidrógeno			Azufre			
Oxígeno			Potasio			
Calcio			Oxígeno			
Azufre			Calcio			
Cloro			Hidrógeno			

2. Comparte con tus compañeros tus ideas sobre cómo predecir la fórmula química de los diferentes productos formados en la reacción entre los reactivos 1 y 2. Justifiquen sus ideas.



#### Desarrollo

##### El enlace químico y la valencia

El enlace químico covalente entre dos átomos en una molécula es resultado de la atracción electrostática entre las partículas con carga eléctrica opuesta que los conforman. En la formación de este enlace participan los núcleos atómicos con carga positiva y los electrones de valencia con carga negativa.

Como estudiaste en tu curso Ciencias 2, las partículas con carga opuesta se atraen y las de igual signo se repelen (figura 3.21). Esto significa que entre los átomos que se enlanzan existen fuerzas de atracción y de repulsión, pero la formación del enlace indica que las fuerzas atractivas son de mayor magnitud que las repulsivas.

Es importante tener presente que, para que un enlace químico se forme, entre los átomos de los elementos que se enlanzan debe haber una fuerza de atracción neta. En la formación de un enlace covalente se necesitan al menos dos electrones de valencia para tener una fuerza de atracción neta entre los átomos. Un electrón de valencia no es suficiente para atraer en forma simultánea los núcleos atómicos de los átomos que interactúan.

Algunos átomos se enlanzan gracias a la interacción de más de dos electrones de valencia; por ejemplo, un átomo de carbono y uno de oxígeno pueden enlazarse mediante lo que se denomina **enlace doble**, en el que cuatro electrones se comparten. Esto sucede, por ejemplo, en la molécula de dióxido de carbono, como se ilustra a continuación.

Estructura de Lewis	Fórmula estructural	Fórmula condensada	Nombre químico
	O=C=O	CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono

En la fórmula estructural del dióxido de carbono, cada par de electrones entre dos átomos se representa con una línea y se dice, entonces, que hay un enlace doble. En ciertas moléculas entre dos átomos se forman hasta enlaces triples, como en la unión entre carbono y nitrógeno en el cianuro de hidrógeno, compuesto covalente molecular altamente tóxico.

Estructura de Lewis	Fórmula estructural	Fórmula condensada	Nombre químico
	H-C≡N	HCN	Cianuro de hidrógeno

Debido a que los enlaces dobles y triples involucran mayor número de electrones, la fuerza de atracción entre los átomos es mayor que en los enlaces sencillos (figura 3.22).

Dado que el número de enlaces que un átomo es capaz de formar está determinado por su número de electrones de valencia, cada átomo de cierto tipo tiende a formar el mismo número de enlaces con otros átomos, sin importar el tamaño o la complejidad de la molécula. El número de enlaces que cada átomo de un elemento forma al reaccionar químicamente se denomina capacidad de combinación del elemento o **valencia**.

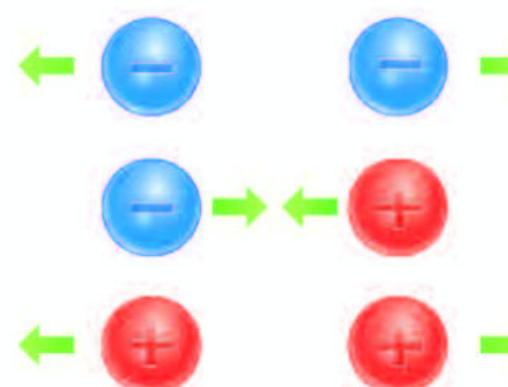


Figura 3.21 Recuerda que cargas eléctricas del mismo signo se repelen y de signo opuesto se atraen.

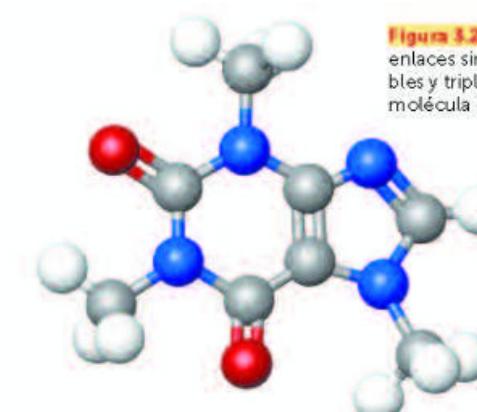


Figura 3.22 ¿Cuántos enlaces simples, dobles y triples hay en la molécula de cafeína?

La valencia de los elementos es una propiedad periódica de las sustancias, esto significa que los átomos de elementos de un mismo grupo de la tabla periódica generalmente forman el mismo número de enlaces cuando se combinan con otras sustancias. Este comportamiento facilita en gran medida la predicción de la composición química y estructura molecular de los productos de una reacción química. En la siguiente actividad identificarás la valencia de algunos elementos químicos no metálicos que con más frecuencia participan en la formación de compuestos covalentes responsables de ciertos olores.



### En acción

#### Infiere: ¿Cuál es la valencia?

Una gran proporción de las sustancias naturales y sintéticas resultan de la combinación de los siguientes elementos: C, H, O, N, S y Cl, pero ¿cómo saber la valencia de estos elementos? Para averiguarlo te sugerimos analizar las fórmulas estructurales de compuestos químicos responsables de ciertos olores que te resultan conocidos.

Tu tarea consiste en identificar cuántos enlaces forman cada átomo de estos elementos y verificar que su valencia se satisface siempre, sin importar qué átomo elijas o de qué molécula se trate.

#### 1. Completa la tabla 3.9.

- a) Infiere la fórmula química o fórmula condensada de cada uno de los compuestos químicos y la valencia de los elementos presentes.

Tabla 3.9 Fórmula de algunos compuestos con olores peculiares				
Nombre	Olor	Fórmula estructural	Fórmula condensada	Valencia de los elementos presentes
Monocloramina	Alberca desinfectada			
Metilmercaptano	Olor a gas			
Putrecina	Olor a carne podrida			
Ácido butírico	Olor a mantequilla rancia			
Alicina	Olor a ajo			

- b) Localiza en la tabla periódica cada uno de los elementos presentes en estas sustancias. Determina qué relación existe entre:
- La valencia de cada elemento y su posición en la tabla periódica.
  - La valencia de cada elemento y el número de electrones de valencia de sus átomos.
2. Comparte y discute tus resultados e ideas con los de tus compañeros.

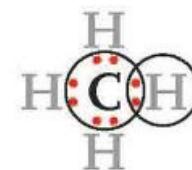
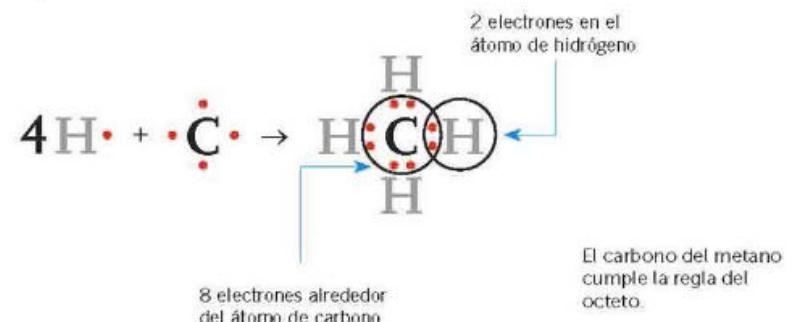
### Aportaciones de Lewis

Muchas de las ideas en torno al enlace químico entre átomos fueron propuestas por primera vez por el químico estadounidense Gilbert Lewis (1875-1946), quien planteó que la capacidad de combinación de los elementos, o su valencia, se relaciona con el número de electrones de valencia de sus átomos, e ideó los diagramas y representaciones de átomos y moléculas que ya hemos usado. Lewis también formuló un modelo que permitió explicar por qué cada elemento tiene una valencia determinada y sus ideas se resumen en el siguiente principio:

*“Cuando diferentes átomos interactúan unos con otros, el producto más estable es aquel en el que cada átomo participante tiene ocho electrones de valencia o adquiere el mismo número de electrones que el gas noble más parecido a él en número de protones. Esto puede lograrse si los átomos ganan, pierden o comparten sus electrones de valencia.”*

Este principio se conoce como la **regla del octeto**, y aunque hoy sabemos que la regla tiene excepciones, es muy útil para predecir y explicar la estructura molecular de gran variedad de compuestos, en particular de los formados por elementos de los primeros dos períodos de la tabla periódica (como carbono, nitrógeno y oxígeno), los halógenos (flúor, cloro, bromo y yodo) y los metales (como sodio, potasio, magnesio y calcio). La excepción más importante a la regla es la del átomo de hidrógeno, porque no tiene electrones suficientes para formar un octeto. Sin embargo, cuando un átomo de este elemento reacciona con otros, normalmente comparte o pierde su único electrón de valencia y forma un solo enlace.

De acuerdo con la regla del octeto, un átomo de carbono forma cuatro enlaces si se combina con otros átomos, porque así se rodea de ocho electrones de valencia, lo que le da estabilidad a la nueva molécula. Cuando un átomo de hidrógeno se combina con otros elementos no metálicos, como el carbono, gana estabilidad al compartir su único electrón y adquirir, de esta forma, dos electrones (el mismo número que el átomo de helio, el gas noble con similar número de protones). Por ello, cuando el carbono y el hidrógeno reaccionan, la fórmula del compuesto estable que se forma es metano ( $\text{CH}_4$ ) como se muestra:



**Figura 3.23** Al compartir sus electrones de valencia, los átomos de carbono, oxígeno y nitrógeno quedan rodeados por un octeto de electrones, de los cuales cada átomo de hidrógeno adquiere un par.



Aunque cada átomo de nitrógeno tiene cinco electrones de valencia, sólo tres participan en la formación de enlaces con otros átomos. De este modo, cuando el hidrógeno reacciona con el nitrógeno, se forma una molécula con las siguientes fórmulas y estructura:

Estructura de Lewis	Fórmula estructural	Fórmula condensada	Nombre químico
		NH <sub>3</sub>	Amoniaco

Los átomos de nitrógeno sólo requieren compartir tres electrones para quedar rodeados por un octeto, y por eso, la valencia del nitrógeno es 3.

Las ideas de Lewis también explican por qué en ocasiones algunos átomos, como los del carbono, nitrógeno y oxígeno, se combinan formando enlaces dobles o triples. Piensa, por ejemplo, en la molécula de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Para satisfacer la regla del octeto, cada carbono debe compartir cuatro electrones y dos cada oxígeno. ¿De qué manera pueden combinarse para que todos los átomos adquieran un octeto? Si analizas con detalle las siguientes estructuras y comprendes la regla del octeto, encontrarás con facilidad la respuesta:

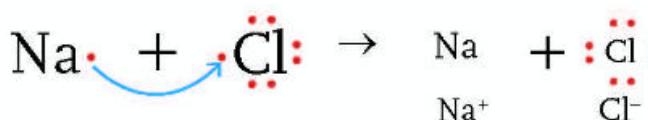


¿En cuál de estas estructuras la regla del octeto se satisface para cada átomo?

La regla del octeto permite explicar la formación de iones en la reacción entre elementos metálicos y no metálicos. Tomemos como ejemplo el caso del compuesto iónico cloruro de sodio (NaCl), que se forma a partir de la combinación del elemento metálico sodio (Na), localizado en la primera familia de la tabla periódica, y el elemento no metálico cloro, en el grupo 17 (o 7A). El sodio, por tanto, tiene un electrón de valencia, mientras que el cloro posee siete, como indican los diagramas de punto de Lewis.



Cuando un átomo de sodio interactúa con uno de cloro, éste atrae al electrón de valencia con más fuerza que el propio átomo de sodio y el electrón se transfiere de un átomo a otro. El átomo de sodio adquiere una carga positiva, porque pierde un electrón, mientras que el de cloro se vuelve negativo. La transferencia del electrón de valencia del sodio al cloro causa que los átomos de cloro obtengan un octeto de electrones. Al perder un electrón, los átomos de sodio permanecen con el mismo número de electrones que el neón, el gas noble más parecido al sodio en número de protones (el ión sodio, Na<sup>+</sup>, tiene 10 electrones, al igual que el átomo de neón, Ne).



Esta transferencia de electrones se da entre cada átomo de sodio que interactúa con uno de cloro, por lo que durante la reacción química se produce un gran número de cationes y aniones que se atraen. Como resultado de este proceso no se forman moléculas individuales, sino una red iónica constituida por millones de iones positivos rodeados por iones negativos, y viceversa (figura 3.24). La fórmula del compuesto que se forma se representa como NaCl, no porque esta sustancia esté constituida por moléculas con un ión de sodio y uno de cloro cada una, sino para indicar que en la red iónica hay un ión Na<sup>+</sup> por cada ión Cl<sup>-</sup>.



### En acción

**Predice y explica: ¿Cómo las modelas?**

En parejas realicen lo que se les pide a continuación.

- La tabla 3.10 muestra la valencia, o capacidad de combinación de elementos en diferentes grupos de la tabla periódica. Justifiquen, a partir de la regla del octeto, la valencia de cada grupo de elementos.

**Tabla 3.10 Valencia de algunos grupos de la tabla periódica**

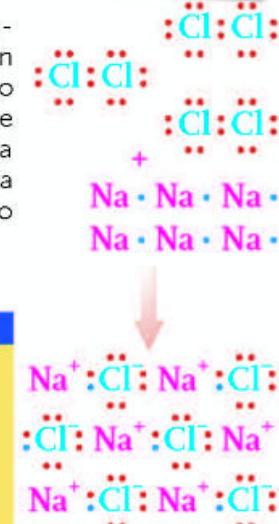
Grupo	14 (4A)	15 (5A)	16 (6A)	17 (7A)
Valencia	4	3	2	1

- Predigan las estructuras de Lewis, las fórmulas estructurales y condensadas, y el tipo, iónico o covalente, del producto de la combinación de los siguientes elementos químicos. Investiguen los nombres de los compuestos que se forman.

**Tabla 3.11 Combinación de algunos elementos químicos**

Reactivos	Estructura de Lewis	Fórmula	Estructural	Fórmula condensada
Hidrógeno + oxígeno				
Silicio + hidrógeno				
Fósforo + flúor				
Azufre + calcio				
Hidrógeno + cloro				

- Los elementos hidrógeno y cloro no se encuentran en la Naturaleza como átomos individuales, sino como moléculas diatómicas (con dos átomos cada una), y por ello se les representa de manera simbólica como H<sub>2</sub> y Cl<sub>2</sub>. ¿Cómo pueden usar diagramas de puntos y estructuras de Lewis para explicar este hecho?



**Figura 3.24** Representación con estructuras de Lewis de la reacción de formación de cloruro de sodio (NaCl) a partir de sodio metálico (Na) y cloro gaseoso (Cl<sub>2</sub>).



## Otra gran revolución en Química

En este libro hemos analizado momentos históricos fundamentales en el desarrollo de la Química como ciencia. Las técnicas experimentales, las ideas y modelos desarrollados en distintos períodos de la historia de la Química se consideran revolucionarios porque han generado cambios drásticos en la forma de trabajar y pensar en esta disciplina.

La primera gran revolución de la Química la describimos en el bloque 1 y se produjo entre 1770 y 1790. Este periodo marcó el nacimiento de la Química experimental cuantitativa, en la que se media de manera sistemática y cuidadosa y era un requisito fundamental para determinar la composición química de las sustancias. Así nació la Ley de la conservación de la masa.

La segunda gran revolución analizada en el bloque 2 se dio entre 1830 y 1870, cuando los químicos lograron sistematizar el conocimiento sobre las propiedades de los elementos químicos y reconocieron sus propiedades periódicas. Por supuesto, a Mendeleiev se le identifica como el padre de esta revolución, aunque muchos otros científicos contribuyeron al establecimiento de la tabla periódica y al desarrollo del conocimiento que en ella se condensó. Como resultado de estos estudios se estableció la Ley periódica.

La tercera gran revolución de la Química inició alrededor de 1855 y se extendió hasta la primera mitad del siglo xx. Mientras que la primera revolución tuvo que ver con la composición química de las sustancias, y la segunda con la caracterización y organización de sus propiedades, la tercera dio lugar a los modelos atómicos y moleculares con los que en la actualidad explicamos y predecimos la composición, propiedades y estructura de los materiales.

En esta tercera etapa de la historia de la Química es difícil identificar un solo personaje que, como Lavoisier o Mendeleiev en su época, sea el iniciador o motor detrás de los cambios. Por el contrario, una gran cantidad de estudiosos, como Frankland, Kekulé y Van't Hoff, contribuyeron al desarrollo de las ideas en este periodo. Estos científicos dieron cuerpo, forma y vida a las moléculas e introdujeron una forma de representar y visualizar el mundo submicroscópico sin la cual no existiría la Química moderna.

En la primera mitad del siglo xx, el trabajo de tres grandes químicos, Gilbert Lewis (1875-1946), Irving Langmuir (1881-1957) y Linus Pauling (1901-1994), permitió explicar y predecir la estructura y geometría molecular con base en las interacciones entre las partículas fundamentales que componen los átomos: electrones y protones. Las ideas de estos científicos estuvieron



Trabajos de Lavoisier.



Mendeleiev y su tabla periódica.



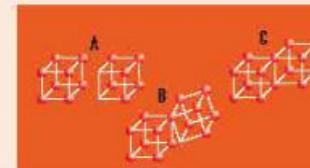
Modelos moleculares antiguos.

fuertemente influidas por las investigaciones de físicos y químicos sobre estructura atómica, que entre 1895 y 1925 darían luz a la Teoría cuántica de la materia.

En 1916, Gilbert Lewis publicó un artículo trascendental en el que introdujo sus diagramas y estructuras de puntos para explicar cómo los electrones externos de un átomo determinan la valencia de los elementos. En este trabajo, Lewis propuso que los enlaces covalentes en las moléculas se producían cuando los átomos compartían pares de electrones y postuló la **regla del octeto** para explicar la reactividad química de las sustancias con base en la estructura electrónica de sus átomos. Las ideas de Lewis las retornó y amplió Langmuir, quien demostró su gran potencial para definir y predecir la estructura de las sustancias. Por desgracia, la relación personal entre los dos científicos nunca fue buena. Langmuir recibió el Premio Nobel de Química en 1932 por sus trabajos en química de superficies, galardón que nunca se otorgó a Lewis, a pesar de la trascendencia de sus contribuciones. Muchos historiadores mencionan que Lewis sufrió de depresión por la falta de reconocimiento a su labor científica.

Linus Pauling contribuyó al entendimiento de la estructura molecular y la naturaleza del enlace químico. Pauling utilizó las nuevas ideas de la Mecánica Cuántica sobre estructura atómica para describir la formación del enlace químico, y demostró que el enlace covalente y el enlace iónico pueden entenderse como dos extremos en una escala continua de distintos enlaces químicos. Para justificar sus ideas, Pauling introdujo el concepto de electronegatividad como una medida de los átomos para atraer a los electrones en un enlace. Este concepto ha resultado fundamental para explicar y predecir la estabilidad y reactividad química de las sustancias. Pauling recibió el Premio Nobel de Química en 1954 y, ocho años más tarde, se le otorgaría el Premio Nobel de la Paz por su lucha en contra de las pruebas nucleares.

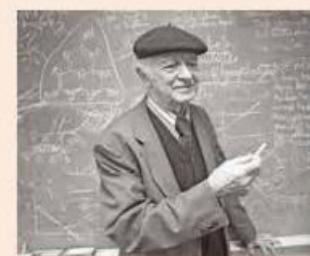
Este análisis de las revoluciones de la Química ilustra la naturaleza tentativa e inacabada del conocimiento científico, el cual evoluciona por la influencia de la sociedad en que se desarrolla. Lavoisier vivió y pereció en el terror que siguió a la Revolución Francesa. Lewis, Langmuir y Pauling vivieron en un mundo que presenció y padeció el impacto de dos guerras mundiales. Algunos de sus trabajos contribuyeron a la industria de la guerra, mientras que otros fomentaron la paz y la equidad entre las personas y las naciones.



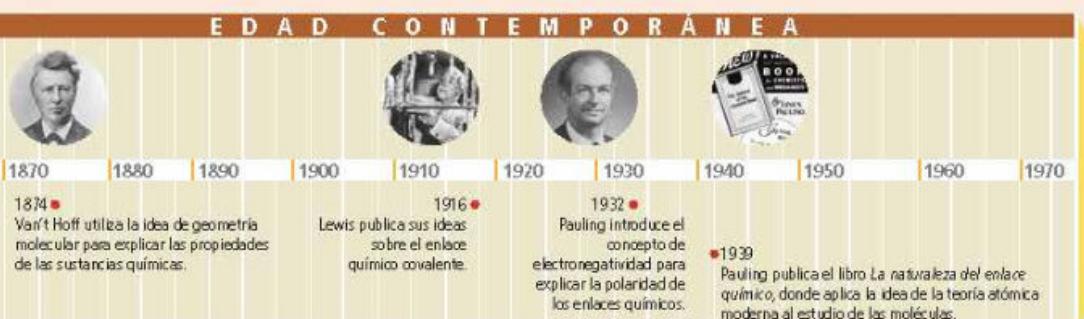
Moléculas de Lewis.



Escala de electronegatividad de Pauling.



Linus Pauling es considerado quizás el químico más importante del siglo xx.



## Uso de la tabla de electronegatividad

Hasta aquí hemos establecido que átomos de elementos no metálicos forman enlaces covalentes cuando se unen con otros no metálicos, y que los enlaces iónicos se dan entre átomos de elementos metálicos con los de no metálicos. Sin embargo, la realidad es que, en la mayoría de las sustancias conocidas, los enlaces químicos no son completamente covalentes ni totalmente iónicos. ¿Qué queremos decir con esto?

Muchas sustancias químicas, como el agua, son polares. Esto significa que a pesar de ser eléctricamente neutras, las cargas eléctricas que las conforman no están distribuidas de manera uniforme en cada átomo o molécula. Para explicar este fenómeno, Linus Pauling introdujo la idea de que los electrones de valencia en el enlace son atraídos con diferente fuerza por los átomos que se enlazan. Los átomos no metálicos, por ejemplo, los atraen más fuertemente que los átomos metálicos. Por eso, cuando átomos de este tipo interactúan unos con otros, los electrones se transfieren de los metales a los no-metálicos. Si la interacción se da entre átomos no metálicos, los electrones de valencia se comparten por ambos átomos, pero tienden a pasar más tiempo cerca del átomo que los atraiga con más fuerza. Esto hace que la carga eléctrica no se distribuya de la misma manera, lo que se conoce como **enlaces polares**.

Pauling encontró una manera de cuantificar la fuerza relativa con la que diferentes átomos atraen a los electrones en un enlace, propiedad que llamó **electronegatividad** de los elementos. Esto significa que los elementos más electronegativos, como flúor, oxígeno o cloro forman enlaces muy polares cuando se unen a otros elementos menos electronegativos, como hidrógeno. En estos enlaces polares, el átomo más electronegativo adquiere una carga parcial negativa, porque los electrones en el enlace pasan más tiempo cerca de ese átomo. En cambio, el átomo menos electronegativo adquiere una carga parcial positiva (figura 3.25). La electronegatividad se incrementa de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha para los elementos en la tabla periódica, como se muestra en la figura 3.26.

Busca en...

www.edutics.mx/48m (Consulta: 22 de enero de 2019) datos relevantes en la vida de Pauling.

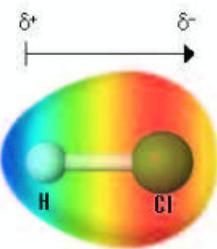
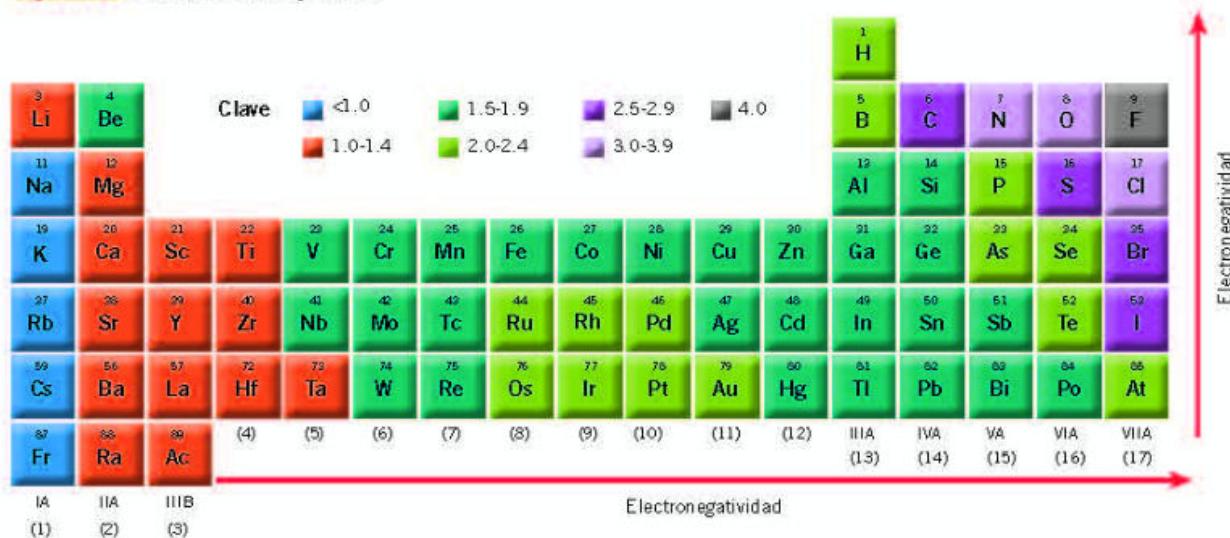


Figura 3.25 La molécula de HCl es polar porque el cloro es más electronegativo que el hidrógeno. El cloro tiene una carga parcial negativa y el hidrógeno, una carga parcial positiva.

Figura 3.26 Escala de electronegatividad.



Este notable científico estadounidense propuso que el carácter iónico o covalente de un enlace dependía de la diferencia de electronegatividades entre los átomos que lo conforman. Entre mayor sea esta diferencia, más iónico será el enlace. Si la diferencia es cero, el enlace será covalente "puro"; si la diferencia de electronegatividades se encuentra entre 0 y 2, el enlace será covalente polar (figura 3.27). Cuando la diferencia de electronegatividades es mayor que 2, el enlace seguramente será iónico y en lugar de moléculas se formarán redes iónicas.

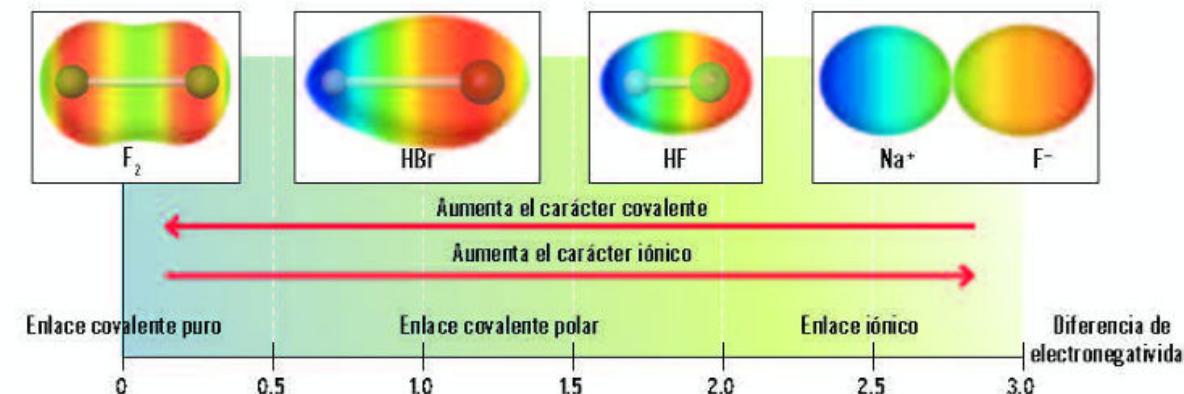


Figura 3.27 La diferencia de las electronegatividades de los átomos que forman un enlace determina la naturaleza del mismo.

Veamos, por ejemplo, qué tan polar es el enlace entre el hidrógeno y el oxígeno en la molécula de agua. La electronegatividad del oxígeno es 3.5, de acuerdo con la figura 3.26, y la del hidrógeno, 2.1. La diferencia de electronegatividades es, entonces,  $(3.5 - 2.1) = 1.4$ . Este número indica que se trata de un enlace covalente polar. En este caso, el átomo de oxígeno adquiere una carga parcial negativa, mientras que el átomo de hidrógeno tiene una carga parcial positiva. Para un enlace entre carbono e hidrógeno en la molécula de metano ( $\text{CH}_4$ ), la diferencia de electronegatividades es  $(2.5 - 2.1) = 0.4$ . Este enlace también es polar, pero no tanto como los enlaces en la molécula de agua. ¿Cuál es el signo de la carga parcial sobre cada átomo en este tipo de enlace?

La caracterización de la polaridad de los enlaces en una molécula es relevante porque da una idea de qué tan polarizada está la carga de la molécula; es decir, qué tanta carga parcial adquieren los diferentes átomos en el sistema. La manera en la que los electrones se distribuyen en una molécula afecta cómo moléculas del mismo tipo o tipos distintos interactúan. Por ejemplo, las moléculas de agua son muy polares y la región positiva de una molécula atrae fuertemente la parte negativa de otras moléculas de agua unas de otras. En consecuencia, hay que proporcionar bastante energía para separar las moléculas de agua unas de otras, lo que explica por qué el agua tiene un punto de ebullición más alto que el de otras moléculas de similar tamaño, como el amoniaco ( $\text{NH}_3$ ).



### Química asombrosa

#### ¿Cómo funcionan los hornos de microondas?

Los alimentos contienen normalmente algunas moléculas de agua, éstas son muy polares, es decir, poseen una región con carga positiva y otra con carga negativa.

El campo electromagnético generado en el horno mueve las moléculas de agua orientándolas en una dirección. Pero apenas las moléculas de agua se orientan en una dirección determinada,

el campo eléctrico (región positiva y la negativa) se invierte, con lo que todas las moléculas de agua cambian su posición (rotan). Estas inversiones de la orientación del campo electromagnético suceden rápidamente, a razón de 2 500 000 000 de veces por segundo, lo que produce calor por la agitación molecular (el calor está directamente relacionado con la vibración o agitación molecular). Por tanto, el alimento se calienta por excitación de las moléculas de agua, que se están moviendo, girando sobre sí mismas, a gran velocidad.

Es importante mencionar que si un alimento no contiene agua, u otro líquido polar es probable que no se caliente tanto, es decir, para calentar algo seco, se le debe agregar agua.

El calor se produce donde hay moléculas polares moviéndose, es decir, puede ser en el interior de una papa. Como en los hornos convencionales, el calor fluye de afuera hacia adentro del alimento y la zona exterior es mucho mayor.



Recuerda que no debes meter al horno de microondas un alimento con el líquido sellado, como un huevo crudo con cáscara o un recipiente de vidrio cerrado.



### En acción

Observa y explica: ¿Se atrae, se repele o no se afecta?

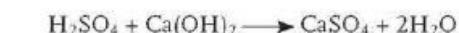
Tu maestro realizará los siguientes experimentos ante el grupo.

- Protará un globo o una varilla de plástico o vidrio con una franela para cargarlo eléctricamente.
  - Llenará con agua una bureta y abrirá la llave para que salga un chorro de agua delgado, pero continuo.
  - Acercará el objeto cargado al chorro de agua sin tocarlo.
  - Repetirá el experimento utilizando otros líquidos (etanol, acetona, hexano).
- Antes de que el maestro lleve a cabo los experimentos, en parejas predigan si el objeto cargado atraerá, repelerá o no afectará el chorro de cada líquido. Justifiquen sus argumentos con base en las ideas analizadas en la clase.
  - Observen el experimento y contrasten los resultados con sus predicciones. Generen explicaciones que les permitan justificar lo que observan con base en la composición, estructura y polaridad de las moléculas presentes en las sustancias que se utilicen.



¿Cómo cambia el chorro de agua con cada sustancia?

sal, sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ), y la reacción para obtenerla se representa con la siguiente ecuación:



### Actividad

Explica y reflexiona: ¿Cuáles son los productos de una reacción de neutralización?

- Escribe la ecuación de la reacción de dissociación de  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{ac})$  y  $\text{NH}_4\text{OH}(\text{ac})$ , ambos en medio acuoso.
  - De acuerdo con el modelo de Arrhenius, ¿cuál de los compuestos es un ácido? ¿cuál una base? ¿cómo lo sabes?
  - Escribe la ecuación de la reacción de neutralización utilizando los dos compuestos anteriores.
- Elige de entre los compuestos de la tabla 4.2 una base y un ácido y escribe la ecuación de la reacción de neutralización.

Tabla 4.2 Diferentes compuestos

$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{HCl}$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
$\text{NaOH}$	$\text{HNO}_3$	$\text{KOH}$

¿Cuáles son los reactivos y cuáles los productos de una reacción de neutralización?

- Explica las propiedades de los ácidos y las bases usando el modelo de Arrhenius.

- Lee el texto y reflexiona.

Una de las limitaciones del modelo de Arrhenius es que sólo sirve para casos en que las sustancias se disuelven en agua. Ya desde los inicios del siglo pasado, en la industria química se han utilizado muchos otros líquidos diferentes al agua para llevar a cabo una gran cantidad de reacciones químicas. Por esta razón, aunque se sigue usando el modelo de Arrhenius, ha sido necesario proponer nuevos modelos que expliquen la acidez y la basicidad de las sustancias.

- ¿Por qué se sigue usando el modelo de Arrhenius?
- ¿Recuerdas otros momentos de la historia de la química en que haya ocurrido esto? ¿cuáles?



### Actividad de cierre

Aplica: ¿Cómo puedes disminuir la lluvia ácida?

Es tiempo de que reflexiones acerca de los planteamientos hechos en la situación inicial. Considera lo que aprendiste durante la secuencia y responde.

- Ya sea que vivamos en la costa o nuestro hogar esté lejos del mar, ¿por qué y cómo podemos evitar que el pH del agua de mar disminuya? ¿cómo podemos participar?
  - ¿Cómo afecta la lluvia ácida los cultivos?
  - Investiga ¿cuáles son los símbolos internacionales para indicar que una sustancia química es corrosiva? ¿por qué el vinagre no presenta esa indicación en la etiqueta?
- En equipo, escriban en el pizarrón una propuesta para disminuir la formación de la lluvia ácida.

### Aprendizajes logrados

Ahora puedes determinar el pH de algunos materiales que te rodean y con base en él, identificar las sustancias como ácidas, básicas o neutras.

Puedes escribir una ecuación química balanceada que represente un proceso de neutralización. Explica la relación entre pH, la concentración de iones  $\text{H}^+$  y el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia y las características de un ácido o una base de acuerdo con el modelo de Arrhenius.

**Perspectivas**  
Lee con tu equipo la pregunta. ¿Cómo se usan las reacciones de neutralización en la fabricación de jabones?

Si te parece interesante escríbela en tu cuaderno, te puede orientar para elegir el tema de proyecto de final de bloque.

## Comparación y representación de escalas de medida



### ¿Cómo contar lo muy grande o muy pequeño?

Imagina que alguien se te acercara en la calle y te dijera que está tan desesperado que incluso podría venderte los seis mil trillones átomos de oro que tiene por sólo \$10 000. ¿Qué le dirías? ¿Cómo determinarías si realmente es una buena oferta? O bien, que otra persona te dijera que se está muriendo de sed y necesita que le proporciones seis cuatrillones moléculas de agua. ¿Le darías lo que necesita o le dirías que eso es una locura?

En la vida cotidiana no utilizamos átomos o moléculas como unidad de medida (figura 3.28). Es más común que alguien nos venda oro en gramos y nos pida agua en litros. Pero, ¿cuántas partículas hay en un anillo de oro o en una taza de agua? ¿Podemos ver y contar algo tan pequeño como átomos y moléculas? En esta secuencia explorarás cómo hacerlo.

### Situación inicial

#### Infiere: ¿Saber sin tener que ver?

##### Propósito

Inferir qué objetos hay en una caja sin abrirla.

##### Material

3 cajas de cartón con tapa. Objetos diversos: 1 canica, 1 campana, 1 llavero con llaves, 1 pedazo de tela, 1 trozo de esponja, 1 bola de plastilina pequeña, 1 gis, 3 monedas y algunos trozos de cebolla.

##### Procedimiento

- Coloca en una de las cajas el llavero con las llaves; en la segunda, los trozos de cebolla y haz dos agujeros con la punta de un lápiz; cuida que a través de ellos no se observe el contenido. En la tercera coloca el resto de los objetos y en uno de los lados haz un hoyo por el que puedas meter tu mano; ponle una especie de manga, como la de las cámaras antiguas, para evitar que se vea el interior.
- Pide a un compañero, que no haya visto lo que colocaste dentro de las cajas, que adivine el contenido de cada una.
- Reitan el experimento, pero ahora deja que tu compañero elija qué poner en cada caja sin que tú lo observes.

##### Ánalisis de resultados y conclusiones

Escriban en una tabla como la siguiente (3.13) el o los sentidos que utilizaron para identificar el contenido en cada una de las cajas.

Tabla 3.13 Sentidos utilizados para distinguir los objetos en la caja

Caja	Sentidos utilizados
1. Monedas	
2. Cebolla	
3. Objetos varios	

### Desarrollo



## Escalas y representación

¿Te has preguntado cuántos granos de arena hay en nuestro planeta o cuántas estrellas existen en el Universo? Mucha gente tendrá problemas para responder estas preguntas y además le será difícil predecir qué cantidad es más grande que otra. En general se nos dificulta imaginar los objetos de gran tamaño o los que son más pequeños que nosotros. Por ejemplo, ¿cuántas veces es más grande tu cuerpo que una célula? y ¿qué tan pequeño es un átomo comparado con ella?

Estas cuestiones son difíciles de responder porque nuestra experiencia cotidiana se limita a objetos que comparamos con nuestro tamaño —la escala humana— y a cantidades que rebasan, a lo mucho, unos cuantos millones. En Química esta cuestión es más compleja porque los objetos que nos interesan —los átomos y las moléculas— son pequeñísimos y existen en cantidades extraordinarias.

Los químicos no pueden abrir un recipiente para ver y contar los átomos de una muestra de sustancia. Por ello, para estudiar los materiales es necesario utilizar **métodos de observación indirecta**. La actividad anterior es un caso de observación indirecta porque los objetos dentro de las cajas se identifican mediante los efectos que producen, como el sonido de las llaves y el olor de la cebolla, sin necesidad de verlos. Otro ejemplo de **observación indirecta** es el uso de rayos x para explorar la estructura interna de un ser humano (figura 3.29); una radiografía no es la fotografía de los huesos, sino la huella que deja, sobre la placa radiográfica, el impacto de los rayos x que atravesaron los huesos del paciente.

Desde mediados del siglo pasado, el avance de la ciencia y la tecnología nos ha permitido superar las limitaciones de nuestros sentidos y conocer más acerca de lo “muy grande” y lo “muy pequeño”. Gracias a los telescopios y radiotelescopios, los astrónomos saben ahora que el ojo humano no es capaz de detectar 99.999% de los objetos del Universo. De hecho, gracias a los **microscopios electrónicos** los químicos pueden “ver” la silueta de los átomos (figura 3.30). El vínculo entre nuestros sentidos, el macrocosmos y el microcosmos son los maravillosos aparatos de medición con los que hoy contamos.



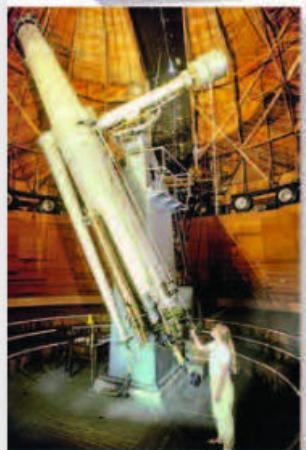
Figura 3.29 Wilhelm Röntgen descubrió en 1888 los rayos x. Una de sus principales aplicaciones es en el diagnóstico por radiología.



Figura 3.30 El microscopio electrónico de barrido requiere un haz de electrones para formar una imagen de la muestra que será en alta resolución.

### Glosario

**Microscopio electrónico:** aparato que utiliza electrones para iluminar un objeto y puede mostrar los átomos individuales del mismo.



**Figura 3.31** El ser humano ha construido ingeniosos instrumentos que le permiten asomarse a los mundos de lo inmensamente grande y lo extremadamente pequeño.

La tecnología moderna nos hace posible medir y contar objetos mucho más grandes o más pequeños que la escala humana. En la vida cotidiana, por lo común medimos longitudes que van desde milímetros (0.001 metros) hasta kilómetros (1000 metros), y por eso nos resulta difícil imaginar y comprender dimensiones distintas (figura 3.31). Pero para entender realmente nuestro mundo debemos desarrollar la habilidad de imaginar y comprender objetos miles de veces más grandes o más pequeños que nosotros, así como aprender a hacer cálculos y comparaciones con números gigantescos de objetos. Este tipo de mediciones, cálculos y comparaciones se facilitan con la notación científica. Como recordarás de tus cursos de Ciencias y Matemáticas, en notación científica los números se expresan con la forma:

$$N \times 10^n$$

donde  $N$  es un dígito entre 1 y 9, y  $n$  representa una potencia que puede ser positiva, en caso de números mayores que 1 ( $2500 = 2.5 \times 10^3$ ), o negativa si se trata de números menores que la unidad ( $0.000831 = 8.31 \times 10^{-4}$ ).



### En acción

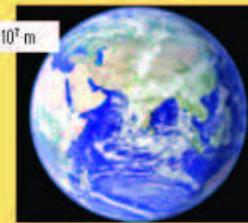
#### Compara: ¿Qué tanto más grande es...?

Para desarrollar un mejor sentido de las escalas comparativas entre objetos muy grandes y muy pequeños, lo ideal es observar y analizar con detalle nuestro entorno. Las siguientes fotografías e imágenes ilustran objetos de diversos tamaños.

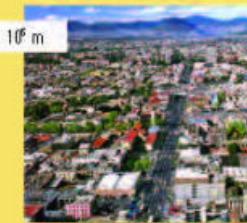
#### 1. Observa y responde.



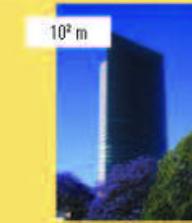
Esta es la galaxia espiral NGC 5457, cuyo diámetro está cercano a  $1.6 \times 10^4$  m. El total de estrellas que contiene es  $10^{11}$  aproximadamente.



La Tierra es casi una esfera con un diámetro de  $1.28 \times 10^7$  m y su masa es  $5.98 \times 10^{24}$  kg.



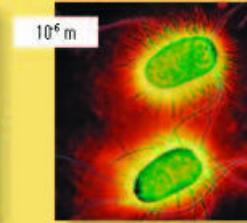
La Ciudad de México tiene un diámetro promedio cercano a  $1.4 \times 10^5$  m. En ella viven más de  $8.6 \times 10^6$  habitantes.



La Torre Reforma en la Ciudad de México, tiene  $5.5 \times 10^4$  pisos y una altura de  $2.25 \times 10^2$  m.



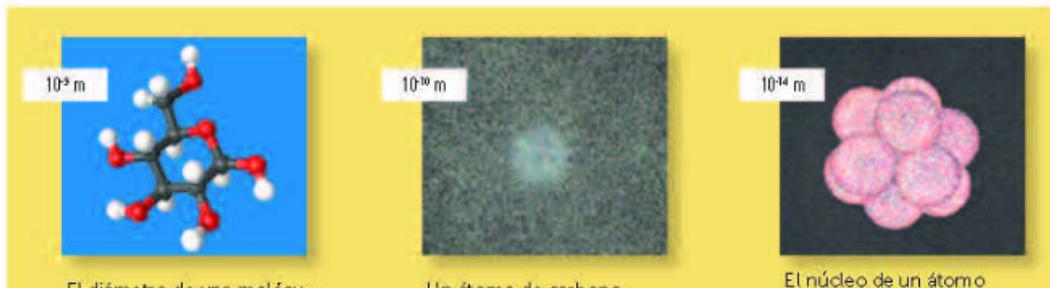
Estas son Andrea, Irina y Ninel. Cada una de ellas pesa aproximadamente  $5.4 \times 10^1$  kg y miden en promedio  $1.60 \times 10^0$  m.



El diámetro promedio de una bacteria es de  $10 \times 10^{-6}$  m (un micrómetro). Nuestras células tienen un diámetro promedio de  $5.0 \times 10^{-9}$  m.

#### Busca en...

Las "nanoaventuras" del maestro Fonseca, México Abdo Producciones, 2011 (Libros del Rincón). Descubre el mundo de lo pequeño, lo invisible al ojo humano y cómo ayuda en todos los campos de la vida.



El diámetro de una molécula de glucosa es casi  $8.8 \times 10^{-9}$  m, casi diez nanómetros ( $1 \times 10^{-9}$  m). Una sola molécula tiene una masa de  $3.0 \times 10^{-26}$  kg.

Un átomo de carbono tiene un diámetro de  $1.54 \times 10^{-10}$  m, y su masa es  $2.0 \times 10^{-26}$  kg.

El núcleo de un átomo de carbono es de sólo  $4.8 \times 10^{-14}$  m. Sin embargo, su masa es casi idéntica a la de todo el átomo, porque cada electrón pesa  $9.1 \times 10^{-31}$  kg.

¿Qué tanto más grande es	¿Qué tanto más pesada es
una bacteria que un átomo?	una persona que un solo átomo?
una galaxia que nuestro planeta?	una molécula de glucosa que un átomo de carbono?
una persona que una molécula de glucosa?	la Tierra que una sola persona?
un átomo que su propio núcleo?	una persona que el núcleo de un átomo?

2. Compara tus resultados con los de un compañero y verifiquen con su maestro.

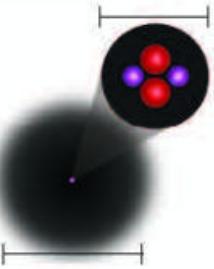
### Tamaños y masas atómicas

La actividad anterior debió darte una idea del tamaño y de las masas relativas de sistemas muy diversos. Como observas, es difícil imaginar algo tan grande como una galaxia o tan pequeño como un átomo. Sin embargo, en Química es fundamental tener una idea clara de las dimensiones de las cosas con las que se trabaja, particularmente el tamaño y la masa de los átomos.

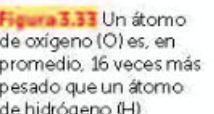
El tamaño de un átomo está determinado por la región del espacio en la que los electrones se desplazan. Si concebimos los diferentes átomos como esferas, su diámetro es cercano a  $1 \times 10^{-10}$  m (o 1 Armstrong = 1 Å). Este diámetro es 100 000 veces más grande que el del núcleo atómico (figura 3.32), el cual se aproxima a  $1 \times 10^{-15}$  m (o 1 fermómetro = 1 fm). Para que te des una idea de los tamaños relativos de los que estamos hablando, si el diámetro del núcleo fuera igual al de la cabeza de un alfiler, el diámetro de un solo átomo sería cercano a 10 metros!

La masa de cada tipo de átomo depende del número de protones y neutrones en su núcleo. La masa de átomos de los elementos en la tabla periódica en general se incrementa con el número atómico  $Z$ , pero hay excepciones porque algunos átomos cuentan con más neutrones, aunque tengan menos protones. Por conveniencia, la masa de un átomo no se expresa en gramos, pues se trata de un número muy pequeño, y más bien se relaciona con la masa de un elemento que se elige de manera arbitraria (figura 3.33).

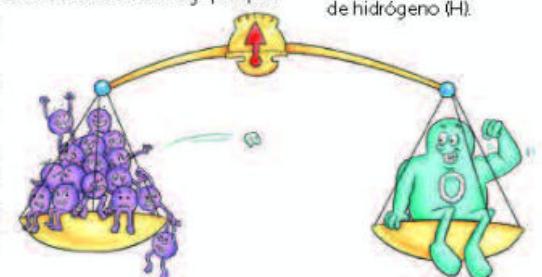
Ahora bien, para comprender el concepto de masa relativa aplicado a los átomos considera el siguiente ejemplo: la masa de un átomo de hidrógeno es casi  $1.67 \times 10^{-24}$  g y la de un átomo de carbono,  $1.40 \times 10^{-23}$  g. La masa del carbono es mayor porque este átomo tiene seis protones y seis neutrones en el núcleo contra un solo protón en el hidrógeno.



**Figura 3.32** El diámetro de un átomo es alrededor de 100 000 veces más grande que el de su núcleo.



**Figura 3.33** Un átomo de oxígeno ( $O$ ) es, en promedio, 16 veces más pesado que un átomo de hidrógeno ( $H$ ).



Pero, ¿cuál es la masa relativa de un átomo de carbono con respecto a la del hidrógeno? O, lo que es igual, ¿cuántas veces más grande es la masa de un átomo de carbono en relación con la de uno de hidrógeno? Para calcular este número, basta sacar el cociente:

$$\frac{167 \times 10^{-23} \text{ g}}{167 \times 10^{-24} \text{ g}} = 12$$

Es decir, el átomo de carbono es 12 veces más pesado que el del hidrógeno. Si ahora, en forma arbitraria establecemos una escala de masas en la que la masa del átomo de hidrógeno se elige como 1 quium (donde quium es un nombre que inventamos), por lo que decimos que la masa del átomo de carbono en esta nueva escala debe ser igual a 12 quium. Por supuesto, los químicos no llaman quium a su unidad de masa relativa, sino algo más serio, **unidad de masa atómica o uma**, pero la idea básica es la misma. En esta escala, la masa del átomo de oxígeno, por ejemplo, es casi 16 uma, lo cual implica que un átomo de este elemento es 16 veces más pesado que un átomo de hidrógeno. La masa relativa de los átomos de cada elemento es información muy importante que por lo común se incluye en las tablas periódicas.



### En acción

Analiza y modela: ¿Cuál es la masa relativa?

#### Introducción

Para comprender la idea de masa relativa, te proponemos que construyas una escala de masas relativas para distintos tipos de granos. Organízate en equipos y hagan la siguiente actividad.

#### Propósito

Construye una escala de masas relativas para distintos tipos de granos.

#### Material

Vasos de plástico, varios tipos de granos o semillas (frijol, arroz, lenteja u otros) y una balanza.

#### Procedimiento

1. Seleccionen entre 25 y 50 semillas de tres diferentes tipos de granos. El número no importa, pero sí que cada equipo elija distinta cantidad para luego comparar sus resultados. Lo que sí es importante es que cada equipo seleccione el mismo número de semillas para los tres tipos de granos. De cada tipo de semillas elijan ejemplares similares en cuanto al tamaño.
2. Determinen la masa de cada conjunto de semillas. Dividan este número entre el número de semillas en el conjunto para calcular la masa promedio de cada tipo de semillas. Escriban sus resultados en una tabla como la 3.14, página 191.
3. Para calcular la masa relativa, identifiquen la semilla más liviana y dividan la masa de las otras entre este valor. La semilla más liviana tendrá una masa relativa de 1 y las otras, una masa relativa mayor.



Midan con cuidado las semillas.

Tabla 3.14 Resultados

Tipo de semilla	Masa promedio de una semilla (g)	Masa relativa	Número de semillas en una unidad de masa relativa en gramos
1			
2			
3			

4. Calculen cuántas semillas necesitarían para obtener el equivalente a una masa relativa de cada tipo expresada en gramos. Por ejemplo, si la masa relativa del arroz es 1 y la del frijol, 3.5, ¿cuántas semillas de arroz hay en 1 g de arroz y cuántos frijoles hay en 3.5 g de frijoles? Registren sus resultados en la última columna de la tabla.

#### Análisis de resultados y conclusiones

5. Comparen las masas relativas de cada tipo de grano con las que obtuvieron otros equipos. ¿Qué observan? ¿Cómo explican esos resultados?
6. Comparen los valores del número de semillas en la última columna de la tabla de resultados. ¿Qué observan? ¿Cómo explican esos resultados?
7. Comenten en qué circunstancias sería útil establecer una escala de masas relativas de granos como la que construyeron.

#### Manejo de residuos

Reutiliza en otras actividades las semillas y los vasos desechables.

### Número de partículas

Ahora que tienes una mejor idea de cómo se determina la masa relativa de los átomos, podemos revisar las técnicas para calcular cuántos átomos, iones o moléculas hay en determinada muestra de sustancia. Comencemos con los métodos que se basan en el conocimiento del tamaño de los átomos.

Imagina que alguien te pregunta: ¿cuántos átomos de carbono hay en una delgada línea de lápiz de 1 cm de largo? (el grafito de los lápices es una forma del carbono (figura 3.34). Para responder hacemos un modelo de la línea como un conjunto de esferas alineadas.



Cada una de estas esferas representa un átomo. Dado que el diámetro de cada átomo de carbono es de 1.54 Å o  $1.54 \times 10^{-10} \text{ m}$ , debemos calcular cuántos poner de lado a lado hasta tener 1 cm =  $1 \times 10^{-2} \text{ m}$ . Es decir, cuántos átomos caben en un centímetro. Para ello, basta hacer la siguiente operación:

$$1 \times 10^{-2} \text{ m} \times \frac{(1 \text{ átomo})}{(1.54 \times 10^{-10} \text{ m})} = \frac{1 \times 10^2 \text{ m}}{(1.54 \times 10^{-10} \text{ m})} = 6.49 \times 10^7 \text{ átomos}$$

¿Te sorprende? ¡Casi 6.5 millones de átomos!

Este ejemplo nos da una idea de cómo determinar el número de átomos en un sistema con base en su longitud. Pero, ¿cómo podemos determinar cuántos átomos, iones o moléculas hay en cierta masa de un material? Para reflexionar sobre esta pregunta, lleva a cabo la siguiente actividad (página 192).

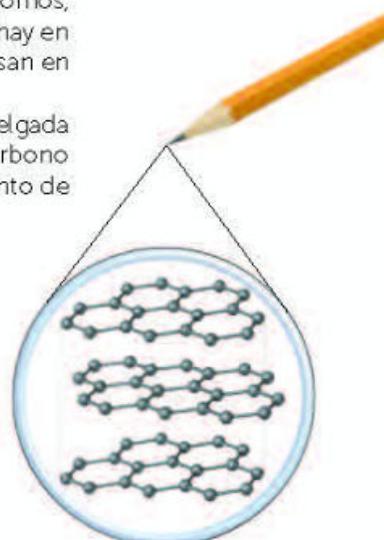


Figura 3.34 El grafito es una de las formas en que se encuentra el carbono, y a nivel nano presenta una estructura laminar.



## En acción

Analiza y modela: ¿Cómo se cuenta en Química?

## Introducción

Los químicos necesitan controlar el número de partículas que participan en las reacciones químicas. Para ello han diseñado estrategias que les permiten determinarlo sin tener que contarlas de manera individual. Trabajen en equipo este experimento para saber cómo lo hacen.

## Propósito

Determinar el número de objetos en una muestra sin contarlos directamente.

## Material

1 kg de frijoles, 1 bolsa de plástico con cierre hermético y balanza.

## Procedimiento

1. Midan y registren la masa del número de frijoles que se indica en la tabla. Elijan una cantidad arbitraria "x" de semillas y denle un nombre inventado: *bunchium*.

Número de semillas	5	12	20	35	70	100	X
Masa (g)							

2. Midan y registren la masa de la bolsa vacía.

3. Llenen totalmente la bolsa con las semillas de frijol y séllennla; midan y registren su masa.

## Resultados y conclusiones

4. Analicen el procedimiento y, a partir de los datos obtenidos, determinen:

- El número de semillas en la bolsa sin contarlas. ¿Cómo pueden hacerlo? ¿Qué debieron suponer para llegar a este resultado?
- El número de docenas, centenas y *bunchiums* de semillas en la bolsa.

## Manejo de residuos

Reutiliza en otras actividades las semillas y la bolsa de plástico.

## Unidad de medida: mol

Dado que el número de partículas presentes en las sustancias que manejamos día con día o en el laboratorio es gigantesco, usar como unidades de conteo una docena, centena e incluso un millón de partículas no es práctico. Para resolver este problema se requirieron más de 300 años de investigaciones de químicos brillantes, como Amadeo Avogadro (1776-1856), Stanislao Cannizzaro (1826-1910) y Wilhelm Ostwald (1853-1932). El resultado de sus esfuerzos fue, entre muchas otras aportaciones, el establecimiento de una nueva unidad de medida que ha facilitado de manera significativa el trabajo de los químicos.

A estos científicos se les ocurrió usar la masa relativa de un elemento y determinar cuántas partículas había en esa masa cuando se expresaba en gramos. Por ejemplo, si se elige hidrógeno, con una masa relativa de 1 una, la tarea es determinar cuántas partículas hay en 1 g. En el caso del carbono, cuya masa relativa es 12 una, el problema es contar cuántos átomos hay en 12 g. Con base en los experimentos anteriores entenderás que la elección del elemento no es determinante, porque el resultado en cada caso debe ser el mismo número de partículas. Así, si se obtuviera que en 1 g de hidrógeno atómico hay 1 millón de átomos, ¿cuál sería la masa de un

millón de átomos de carbono? Como cada átomo de carbono es 12 veces más pesado que el de hidrógeno, el resultado sería exactamente 12 g.

Después de varios esfuerzos se determinó que el número de partículas en 1 g de hidrógeno, 12 g de carbono, 16 g de oxígeno, etcétera, es un número gigantesco denominado Número de Avogadro ( $N_A$ ) e igual a:

$$N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ partículas}$$

La cantidad de cualquier sustancia que contiene este número de partículas se denomina **mol**, de manera equivalente a cuando nos referimos a una docena que implica que algo tiene 12 cosas. Así como compramos zapatos por pares (2), huevos por docena (12) y naranjas por **gruesas** (144), los químicos cuentan átomos y moléculas por moles. De este modo, un **mol** contiene  $6.023 \times 10^{23}$  elementos, que pueden ser átomos, moléculas, iones, granos de arena, salchichas, clips, entre otros (figura 3.35).

Es importante destacar que el número de átomos, iones o moléculas siempre se representa con un número entero. Un determinado sistema puede estar formado por 10 átomos, jamás por 10.5 átomos (lo cual no tiene sentido químico). En cambio, sí podemos hablar de 1.5 moles de moléculas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), lo cual significaría que el número de átomos en ese sistema es:

$$N(\text{átomos}) = 1.5 \times \frac{(1 \text{ mol})}{(6.023 \times 10^{23} \text{ átomos})} = 9.03 \times 10^{23} \text{ átomos}$$

A pesar de que el mol es un número inmenso, beber esa cantidad de agua te dejaría con sed. Un mol de moléculas de agua son 18 g, poco más de una cucharada sopera de agua. Esta es precisamente la utilidad del mol en Química: representa un número de átomos, iones o moléculas lo bastante grande para medir su masa cómodamente en el laboratorio.

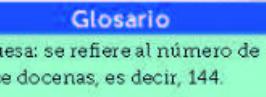
A la masa de un mol de partículas de una sustancia se le llama **masa molar**. Así, la masa molar del carbono es 12 g y la del hidrógeno atómico, 1.01 g. Las masas molares de los elementos químicos son fáciles de obtener con base en la tabla periódica, sólo hay que expresar en gramos la masa relativa que señala la tabla. Por ejemplo, la masa relativa del oro (Au) es 196.97. Esto significa que si quieras tener un mol de átomos de oro necesitas pesar 196.97 g, que es la masa molar del oro y se representa como  $M(Au) = 196.97 \text{ g}$ .

¿Cómo determinarías la masa de un mol de moléculas de  $H_2O$ ? Ya que cada molécula tiene dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, en un mol de  $H_2O$  debe haber dos moles de átomos de hidrógeno y un mol de átomos de oxígeno. Con base en las masas molares de estos elementos, calculamos la masa molar del agua de la siguiente forma:

$$M(H_2O) = 2 \times M(H) + 1 \times M(O) = 2 \times 1.01 \text{ g} + 1 \times 16.0 \text{ g} = 18.02 \text{ g}$$

Con esta información ahora podrías preguntarte: ¿cuántos gramos de agua debo pesar para tener 0.5 mol? La respuesta es fácil:

$$0.5 \text{ mol} \times \frac{(18.02 \text{ g } H_2O)}{(1 \text{ mol } H_2O)} = 9.01 \text{ g}$$



## Glosario

Gruesas: se refiere al número de doce docenas, es decir, 144.



Figura 3.35 Un mol de cualquier sustancia contiene  $6.023 \times 10^{23}$  partículas.

¿Cuántos gramos pesará si queremos exactamente  $6.023 \times 10^{24}$  moléculas de agua? Para averiguarlo, hay que reconocer que un mol de moléculas de agua, esto es,  $6.023 \times 10^{23}$  moléculas, tiene una masa de 18.02 g; entonces:

$$6.023 \times 10^{24} \text{ moléculas} \times \frac{(18.02 \text{ g})}{(6.023 \times 10^{23} \text{ moléculas})} = 180.2 \text{ g}$$

es lo que necesitamos.



### Química asombrosa

#### Nanotecnología

El término "nanotecnología" fue introducido por el científico japonés Norio Taniguchi en 1974 y la definió como el procesamiento, separación y manipulación de materiales átomo a átomo. El Dr. Taniguchi, construyó la palabra considerando por un lado que la tecnología construye herramientas y diseña procesos y, por otro, hizo uso del prefijo *nano* que se deriva del latín y es sinónimo de enano.

El símbolo de *nano* es *n* y se usa como prefijo en la medición de distintas dimensiones físicas, por ejemplo, un nanómetro se simboliza como  $\text{nm}$  y es igual a 0.000 000 001 metros o, en notación científica  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ .

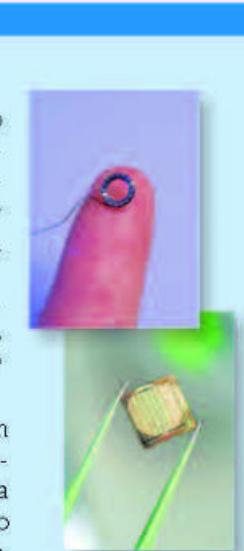
Para imaginar el tamaño de un nanómetro, puede ser útil saber que un átomo es diez veces más pequeño, pero una molécula, más o menos compleja como la de una proteína pequeña, puede medir diez nanómetros. La siguiente analogía puede ser útil; imagina que un átomo es del tamaño de una canica, entonces la molécula de proteína sería del tamaño de una pelota de béisbol.

La nanotecnología es un campo de conocimiento muy nuevo que ha tenido un progreso acelerado. Se desarrolla en un intervalo de 0.1 a 100 nanómetros y a esta escala se observan propiedades de los materiales y fenómenos totalmente nuevos y diferentes a los que apreciamos en el mundo que nos rodea. Los científicos han aprendido a sacar provecho de ello y han diseñado materiales de mucho menor tamaño que lo que observamos en un microscopio escolar, los llamados nanomateriales que están ofreciendo solución a varios de los problemas que aquejan a la humanidad.

En el terreno ambiental, pronto podrán usarse nanotubos de carbono como sensores, en el monitoreo de la calidad del aire, porque con ellos es posible identificar ciertas moléculas gaseosas. Estos nanotubos son redes de cerca de 200 átomos de carbono con un diámetro entre 30 y 80 nanómetros y una longitud de 250 nanómetros, lo sorprendente es que son 20 veces más resistentes que el acero y excelentes conductores del calor y la electricidad.

En el campo de generación de energías limpias, se están produciendo nuevas celdas solares flexibles, que permitirán transformar la energía que recibimos del Sol en energía eléctrica, de manera más eficiente que las actuales. Estas celdas están compuestas por nanobastones de seleniuro de cadmio ( $\text{CdSe}$ ) unidos a un plástico que conduce la electricidad (plástico electrónico).

En el terreno de la electrónica es evidente la miniaturización que han experimentado sus componentes, prueba de ello es el tamaño de los teléfonos celulares y las computadoras portátiles. La buena noticia es que las sorpresas aún no terminan, se están construyendo nanocircuitos y nanomáquinas que cambiarán el mundo de una forma que aún no podemos imaginar; los nanorobots, por ejemplo, podrían ser introducidos al cuerpo humano para destruir células cancerosas y un nanocircuito podría formar parte del audífono que le permitiría oír a los sordos.



La nanotecnología tiene aplicaciones en el medio ambiente, medicina, electrónica, construcción, entre otras.



### En acción

Relaciona y determina: ¿Cuántos gramos, moles o partículas?

1. Con la información de la tabla periódica de la página 120 calcula lo que se solicita.

Tabla 3.15 Resultados

Sustancia	Masa molar	Masa	Número de moles	Número de partículas
Calcio (Ca)		20.0 g		
Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )			0.5	
Glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )		45.0 g		
Cobre (Cu)				$3.1 \times 10^{22}$
Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )			3	
Oxígeno ( $\text{O}_2$ )				$2.41 \times 10^{24}$

### Cierre



#### Calcula, compara e investiga: ¿Cuánto respiras?

El aire que respiras es una mezcla de diferentes elementos y compuestos químicos en estado gaseoso. Estas sustancias son invisibles a nuestros ojos, pero no para los instrumentos de detección y medición química. Cada día, tu cuerpo inhala y exhala cerca de 12 000 litros de aire formado principalmente de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ), argón (Ar) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). En la tabla 3.16 observa la masa de estas sustancias.

Tabla 3.16 Sustancias presentes en el aire seco

Sustancia	Masa	% Masa	Número de moles	% moles	Número de partículas	% partículas
$\text{N}_2$	10.9 kg					
$\text{O}_2$	3.4 kg					
Ar	190 g					
$\text{CO}_2$	8 g					

1. Calcula el número de moles y de partículas de cada sustancia que inhales.
2. Calcula los porcentajes en masa, número de moles y número de partículas de las sustancias en el aire. Compara los valores obtenidos y explica las similitudes y diferencias.
3. Investiga cómo se determina la cantidad de, al menos, una de estas sustancias en el aire que respiras. ¿Qué aparatos se emplean? ¿Cómo se lleva a cabo la medición? Discute por qué es importante cuantificar la cantidad de diferentes sustancias presentes en el aire.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Comparo la escala astronómica y la microscópica con la humana y relaciono la masa de las sustancias en moles.			

## ¿Cómo elaborar jabones?

Lean la siguiente nota periodística.

# USAR MÁS JABÓN REDUCIRÍA 50% LAS MUERTES VINCULADAS CON EL AGUA

**L**a organización Acción contra el Hambre advirtió hoy que extender el uso del jabón podría reducir a la mitad el número de muertes relacionadas con el agua, es decir, salvar dos millones de vidas cada año, la mayoría de ellas de niños.

En el marco de la conmemoración del Día Mundial del Agua, el organismo señaló que una inversión de 3.35 dólares en promover el lavado de manos reporta los mismos beneficios a la salud que una de 11 dólares en construcción de letrinas, una de 200 dólares en abastecimiento de agua para las viviendas o una de miles de dólares en inmunización.

La organización resaltó que algo tan sencillo como lavarse las manos durante 30 segundos con jabón antes de comer o manipular alimentos y después de ir al baño (figura 3.36) podría reducir a la mitad las enfermedades relacionadas con el agua (segunda causa de mortalidad infantil en el mundo). Asimismo, decrecerían hasta en 25% las enfermedades respiratorias (primera causa de mortalidad infantil).

El responsable de Agua y Saneamiento de Acción contra el Hambre explicó: "es una creencia extendida que el agua es suficiente para eliminar la suciedad. No se establece fácilmente un vínculo entre la falta de jabón y la enfermedad, cosa que sí ocurre entre la enfermedad y el consumo de agua o alimentos en mal estado". Indicó que "la experiencia en todas las regiones en las que intervenimos nos ha mostrado que la promoción del lavado de manos con jabón y la distribución de jabón en emergencias es muy eficaz a la hora de combatir la morbilidad". Apuntó que la falta de jabón es, además, una de las causas que puede generar desnutrición, ya que las diarreas son uno de los principales factores desencadenantes de ésta.

**Fuente:** Adaptado de "Usar más jabón reduciría 50% muertes vinculadas con el agua", en Crónica. 22 de marzo de 2013, disponible en [www.edutics.mx/4CC](http://www.edutics.mx/4CC) (Consulta: 22 de enero de 2019).

Aunque a algunas personas les sea difícil creerlo, en varias regiones del mundo el jabón escasea. Esta situación plantea el siguiente problema: ¿Cómo elaborar jabones?

Recuerda que la siguiente propuesta es una opción de las muchas respuestas o soluciones para este problema, y que con tu equipo puedes decidir otro camino para concretar tu proyecto.



Figura 3.36 Lavarse las manos con jabón ayuda a prevenir enfermedades.

Sistematiza la información de su investigación con el fin de que elabore conclusiones, a partir de gráficas, experimentos y modelos. Comunica los resultados de su proyecto de diversas maneras utilizando el

Por extraño que parezca, el uso de jabón para lavar el cuerpo es una práctica más o menos reciente. En el siglo xix muy pocas personas tomaban un baño de manera regular. Los primeros jabones eran rasposos y muy caros (figura 3.37), y aunque la forma de producirlos no ha cambiado mucho, la mayor diferencia hoy se encuentra en la pureza y variedad de los componentes.

La mayoría de los jabones se elaboran a partir de una reacción química de dos sustancias fundamentales: una grasa animal o vegetal, ya sea aceite para cocinar o manteca, y una sustancia básica: el hidróxido de sodio (NaOH). La reacción que se produce se llama saponificación; y por supuesto, a los jabones modernos se añade una gran variedad de aditivos como humectantes, perfumes y colorantes. Es importante tener presente que la reacción de **saponificación** es relativamente lenta, así que la fabricación de jabones requiere tiempo y paciencia.



Figura 3.37 Los primeros jabones eran caros y rasposos, comparados con los que consumimos en la actualidad.

### El reto

Imagina que trabajas para una organización humanitaria interesada en emplear un método sencillo, efectivo y barato para producir jabones. La idea es encontrar una estrategia que puedan aprovechar los países en desarrollo.

### Planeación

Como primer paso en la resolución del problema:

- Investiguen con detalle la composición química de diferentes tipos de jabones: por ejemplo, es común hablar de jabones duros y jabones blandos, así como de jabones "antibacteriales". Investiguen qué hace la diferencia entre diferentes tipos de jabones desde el punto de vista químico.
- Identifiquen diferentes métodos para sintetizar jabones; les recomendamos que consideren qué materiales se utilizan en su fabricación y cuáles son los principales componentes químicos. Precisen qué tipo de equipo casero o de laboratorio se necesitaría para fabricar un jabón, así como las condiciones en las que la síntesis química debe llevarse a cabo. Es fundamental que investiguen las medidas de seguridad que deben implementarse para evitar accidentes durante la producción del jabón.
- Determinen qué aditivos se añaden a los jabones para mejorar su consistencia, apariencia y olor, así como la composición química de esos aditivos.
- Averigüen los precios de los materiales cuando tengan una idea clara de los que se requieren. Recuerden que su objetivo es elaborar un jabón de bajo costo, de ahí que sea importante construir tablas que les permitan comparar precios por unidad de medida de cada reactivo.
- Elaboren por escrito una propuesta en la que describan su plan para hacer jabones. Esta propuesta debe incluir: tipo de reactivos que sugieren utilizar, equipo que se requiere (de preferencia materiales caseros), secuencia para realizar la síntesis de la materia prima y la fabricación del jabón y medidas de seguridad para evitar accidentes. Su plan debe incluir un presupuesto estimado de fabricación de cada pieza de jabón. Es fundamental que todas sus decisiones con base en el costo y disponibilidad de los reactivos, así como de la facilidad para fabricar el producto.

### Desarrollo

Una vez que el maestro revise y apruebe su propuesta para fabricar jabones, póngala a prueba en el laboratorio. Muchas síntesis químicas no funcionan como se espera la primera vez que se implementan, porque diversos factores, como pureza de los reactivos, temperatura o tiempo de reacción afectan los resultados. Por ello será necesario que en su cuaderno registren desde el principio todos sus datos y observaciones, lo que les ayudará a tomar decisiones si deben repetir la síntesis para mejorar sus resultados.

### Análisis y organización de la información

Comparen el plan inicial con su estrategia en el laboratorio para obtener un buen producto, y si es necesario, modifiquen su plan con base en sus resultados experimentales. Recomendamos incluir información relevante para quienes pudieran estar interesados en reproducir su estrategia para fabricar jabones.

### Comunicación

El maestro organizará una exposición para que los diferentes equipos tengan la oportunidad de presentar su metodología. Como parte de sus argumentos, deben incluir el costo estimado del producto, así como evidencias de que su jabón se puede fabricar con facilidad en diferentes partes del mundo.

Para difundir los resultados de su proyecto sugerimos que elaboren un tríptico u otro tipo de material escrito fácil de distribuir a personas que pudiera interesarles elaborar sus propios jabones (figura 3.38). Este recurso debe contener la información mínima necesaria para producir jabón de manera fácil, segura y económica; recurran a dibujos o esquemas que ayuden a entender mejor el tema.



Figura 3.38 Para su tríptico recuerden incluir imágenes que expliquen a detalle la elaboración de jabones.

### Evaluación

En la exposición es importante que evalúen de manera colectiva tanto el contenido como la calidad de cada presentación. Con ese objetivo proponemos construir una rúbrica en la que describan los diferentes criterios (calidad de la información, presencia de conexiones con conceptos del bloque) para evaluar las presentaciones, así como diferentes niveles de competencia en cada área (insuficiente, bueno, excelente). Al final, cada equipo también deberá autoevaluarse.

Asimismo, al término del proyecto es importante que respondan el siguiente cuestionario en forma individual.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

### Extensión

Para conocer más sobre jabones y otros productos relacionados, les recomendamos que completen otras investigaciones como las que a continuación se proponen.

#### ¿Cómo funcionan los jabones?

Los jabones son productos que eliminan la suciedad con más eficacia que si sólo se utiliza agua, y su efectividad depende de la composición química y estructura molecular de sus ingredientes. Investiguen cómo funcionan los jabones a nivel molecular.

#### ¿Cuál es la diferencia entre un jabón y un detergente?

Los detergentes se utilizan por lo general para lavar ropa, y algunos de ellos son líquidos y otros sólidos. También hay jabones sólidos y líquidos, como los que se usan para lavar utensilios de cocina. Investiguen la diferencia, desde el punto de vista químico, entre jabones y detergentes.

### ¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano?

Considera la siguiente información.

Hoy en día, internet representa una fuente de información fundamental; por ejemplo, los interesados en reducir su peso encuentran un sinfín de datos acerca de la cantidad de Calorías generadas al consumir diversos alimentos; sin embargo, no cualquier página electrónica proporciona información confiable. Toma en cuenta la siguiente gráfica como ejemplo de los datos que se pueden obtener en este medio.

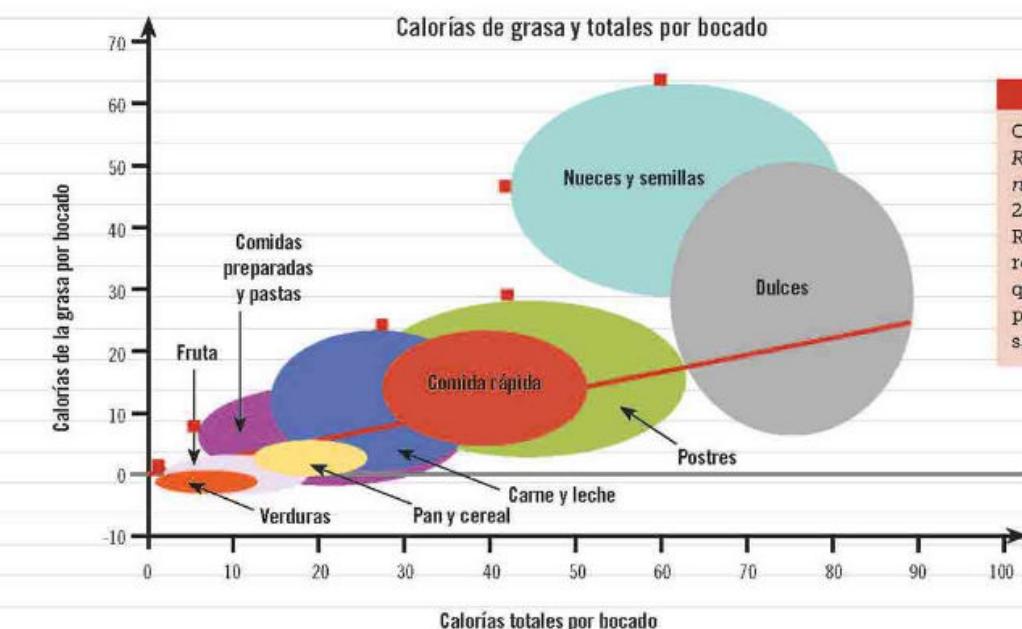


Figura 3.39 Todos los alimentos nos proporcionan energía; sin embargo, algunos contienen calorías que en exceso resultan perjudiciales para el cuerpo humano.

La figura 3.39 muestra las Calorías totales que genera un bocado de diferentes tipos de alimentos (eje horizontal), así como el número de esas Calorías que provienen del metabolismo de las grasas presentes en cada alimento (eje vertical). Estos datos indican que, por ejemplo, hay dulces que producen 80 Calorías por bocado, pero que sólo 10 de éstas provienen de las grasas presentes en el dulce. Algunos dulces producen la misma cantidad total de Calorías (80), pero la mitad de ellas resultan del metabolismo de grasas.

¿Cómo es posible verificar si los datos de la gráfica son correctos? ¿Cómo ayudarías a quienes consultan internet a comprender y aprovechar la información de este tipo de gráficas? En este proyecto te proponemos que investigues de dónde obtiene energía el cuerpo humano y reflexiones cómo este conocimiento es útil en la vida diaria.

Recuerda que nuestra sugerencia es una opción de las muchas respuestas o soluciones para este problema, y que con tu equipo puedes decidir otro camino para hacer tu proyecto.

### El reto

Imaginen que trabajan en una agencia de protección al consumidor y les han asignado un proyecto que consiste en verificar que la información nutrimental en diferentes sitios de internet es correcta (en particular, en sitios que venden productos o promocionan dietas para bajar de

### Busca en...

Chalela, Adriana, *Repugnante y nutritiva*, México, 2010 (Libros del Rincón). Conoce recetas sencillas que puedes preparar incluso en el salón de clases.

peso en pocos días). Parte de su misión también es diseñar una página electrónica u otro tipo de material de divulgación que explique con seguridad la información nutrimental.

### Planeación

Para iniciar, proponemos las siguientes actividades.

- Reúnan información nutrimental sobre diferentes tipos de alimentos; consideren cada uno de los grupos que muestra la gráfica de la página anterior: frutas, cereales, pastas, nueces, entre otros. Incluyan la cantidad de Calorías totales de cierta porción del alimento, así como el número de éstas que provienen de las grasas presentes en el alimento, de manera que el consumidor las identifique con facilidad.
- En general, las Calorías totales que produce el consumo de comida provienen del metabolismo de carbohidratos y grasas de los alimentos. Investiguen por qué es primordial conocer la proporción de Calorías totales que provienen del consumo de grasas, así como si hay diferencia entre cómo el cuerpo humano metaboliza carbohidratos y grasas, y cómo obtiene energía de los carbohidratos y las grasas que consume (figura 3.40).
- Identifiquen distintos sitios de internet que proporcionan información nutrimental al público en general. Sugerimos que busquen páginas o portales que venden productos o promocionan dietas para bajar de peso en pocos días.

### Información nutrimental

Tamaño por ración 1 pieza (33g)	
Raciones por sobre 1	
<b>Cantidad por ración</b>	
Calorías 110	Calorías de grasa 0
% Valor Diario*	
<b>Grasa total</b> 3g	5%
Grasa saturada 0g	0%
<b>Colesterol</b> 0 mg	0%
<b>Sodio</b> 300mg	13%
<b>Carbohidratos totales</b> 13vg	4%
Fibra dietética 3g	12%
Azúcares 3g	
<b>Proteínas</b> 3g	

**Figura 3.40** ¿Por qué es primordial conocer la proporción de Calorías totales que provienen del consumo de algunos alimentos?

### Desarrollo

- Busca en...**
- www.edutics.com.mx/4eC  
www.edutics.com.mx/4ey (Consultadas: 22 de enero de 2019) información de utilidad en la obtención de datos acerca del tema a desarrollar en su proyecto.
- Construyan una gráfica equivalente a la de la figura 3.39, página 199, pero elijan otra unidad, como por ejemplo una taza, una cucharada u otra. Debido a que es común que la información nutrimental de cada alimento se presente en distintas unidades, es necesario que conviertan los datos a la misma unidad para relacionarlas.
  - Comparen ambas gráficas y evalúen si la información de la primera es confiable.
  - Utilicen los conocimientos adquiridos en este bloque y los que desarrollaron al investigar el contenido nutrimental de varios alimentos para evaluar la información que se presenta en los sitios de internet que eligieron.

### Ánalisis y organización de la información

Organicen su información en tablas y gráficas de manera que quienes las consulten las entiendan y utilicen. Evalúen qué datos son relevantes para ayudar a los consumidores a tomar mejores decisiones en el consumo de alimentos o en la elección de dietas para bajar de peso.

### Comunicación

El maestro organizará una discusión para que los equipos presenten un resumen de sus resultados. La presentación debe incluir una evaluación de los sitios de internet que consultaron.

Diseñen una página electrónica para difundir los resultados de su proyecto; sugerimos utilizar un procesador de



**Figura 3.41** Expongan sus resultados de manera clara y atractiva, porque no todo el público tiene conocimientos de Química.

lenguaje químico, y propone alternativas de solución a los problemas planteados. Evalúa procesos y productos de su proyecto, y considera la efectividad y el costo de los procesos químicos investigados.

palabras que les permita guardar su trabajo en ese formato. Es recomendable que comuniquen sus conocimientos de manera clara y atractiva; consideren que el público que la consulte no necesariamente tiene conocimientos de Química (figura 3.41), página 200.

### Evaluación

Les recomendamos que construyan una rúbrica en la que describan los diferentes criterios que utilizarán para evaluar las páginas de internet generadas por diferentes equipos (por ejemplo, calidad de la información, y que tenga relación con conceptos del bloque). Cada equipo deberá autoevaluar su trabajo con esta rúbrica, y evaluar al menos dos páginas de internet generadas por otros equipos.

Adicionalmente, al terminar el proyecto, es importante que respondas el siguiente cuestionario de manera individual.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

### Extensión

Para aprender más sobre cómo y de dónde obtiene energía el cuerpo humano, proponemos completar otras investigaciones como las siguientes.

#### ¿Diferentes tipos de dietas?

Es común que en los medios de comunicación (especialmente la televisión) se presenten dietas que se califican como maravillosas. Por ejemplo, en algunas se debe consumir sólo carbohidratos o carne, y en otras se requiere el consumo de grandes cantidades de líquidos.

Como extensión de este proyecto, te proponemos conocer más sobre estas dietas:

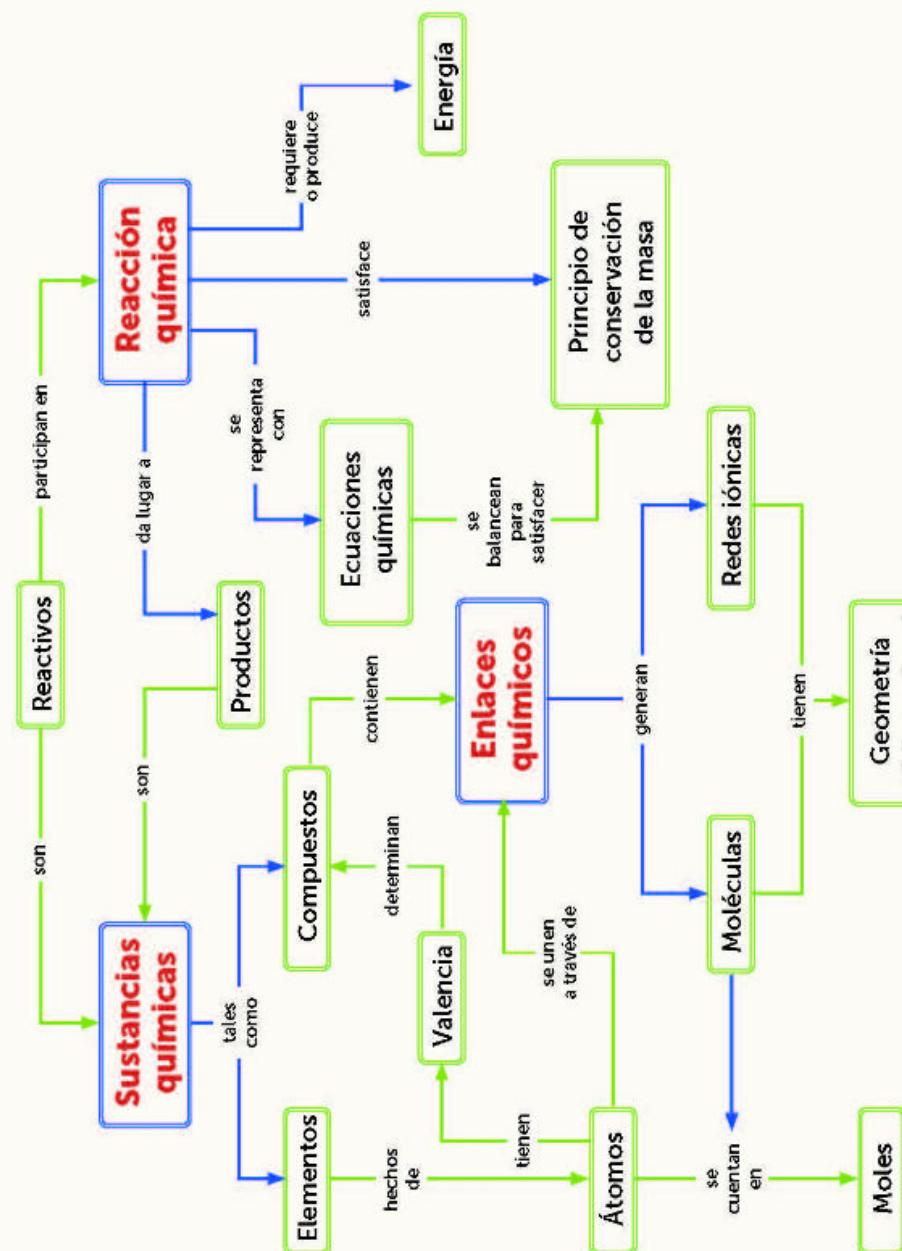
- Investiga cuáles son las dietas más conocidas o utilizadas entre los miembros de tu familia o de tu comunidad.
- Indaga las características de cada una de esas dietas: qué tipo de alimentos se sugieren, en qué cantidades, por cuánto tiempo, cuántos kilos se perderán por semana, etcétera.
- Averigua cómo funcionan estas dietas: por ejemplo, si una dieta sugiere sólo comer carne, ¿en qué conocimientos sobre el funcionamiento del cuerpo humano se basa esa recomendación? ¿Cómo obtiene energía el cuerpo humano de los alimentos que se proponen? ¿Por qué se incluyen ciertos alimentos y no otros? ¿Qué se sabe sobre los efectos nocivos en la salud con cada una de estas dietas?
- Investiga si las ideas en las que se sustenta cada tipo de dieta son científicamente correctas. Con tus conocimientos de Química y Biología, y los resultados de tus investigaciones, evalúa la conveniencia de seguir cada dieta.
- Considera el medio para comunicar los resultados de trabajo a los miembros de tu familia o de tu comunidad.

#### ¿Carnívoro o vegetariano?

Existen diversas opiniones sobre si debemos comer únicamente verduras y evitar la carne, o si es mejor una combinación de las dos. Les proponemos investigar la diferencia, desde el punto de vista químico, entre ser carnívoro o vegetariano. Por ejemplo:

- Busca la diferencia en términos energéticos entre carnes y vegetales. ¿Cuáles aportan más energía al ser procesados por el cuerpo humano?
- Con base en los resultados de tus investigaciones, discute las ventajas y desventajas de cada opción alimentaria. Determina cómo comunicar los resultados de tus investigaciones a tu familia o a tu comunidad.

El siguiente mapa conceptual resume las ideas centrales de este bloque.



Como ya es costumbre, en esta sección te presentamos una serie de herramientas disponibles en internet que permiten explorar de manera interactiva los conceptos de este bloque.

### Representación de reacciones químicas

Una habilidad importante a desarrollar en este curso es la creación de representaciones a nivel nanoscópico de reacciones químicas. La siguiente dirección electrónica incluye un programa que te permitirá crear fácilmente tus propias representaciones.

<http://www.edutics.mx/48s>

La simulación requiere el **plugin flash**. Presiona las imágenes de las moléculas que se incluyen y arrástralas a la pantalla blanca para crear representaciones sub-microscópicas de sustancias y reacciones químicas.

### Balanceo de ecuaciones químicas

Durante una reacción química, debe conservarse el número de cada tipo de átomo. La siguiente dirección electrónica presenta una simulación computacional que te permitirá practicar el balanceo de ecuaciones químicas:

<http://www.edutics.mx/48e>

También puedes aprender más sobre la cantidad de reactivos necesarios y de productos que se generan en una reacción química con la siguiente simulación:

<http://www.edutics.mx/48n>

Ambas simulaciones requieren el **plugin java** que se consigue sin costo en internet.

### Más recursos

Si quieres aprender más sobre la relación entre estructura molecular y reacciones químicas, visita:

<http://www.edutics.mx/487>

## Respuestas

Llena el óvalo de la respuesta correcta.

 A  B  C  D

1. Las disoluciones A y B son incoloras, y la C es rosa oscuro. Se hacen las mezclas siguientes y los efectos son los que se indican a continuación.

Combinaciones	Efectos
1 A + B	Aumenta la temperatura y permanece incolora.
2 A + C	La temperatura permanece constante y el color cambia a rosa menos intenso.
3 B + C	La temperatura no cambia y el color cambia a amarillo.
4 C + agua	La intensidad del color rosa disminuye.

Señala las combinaciones que muestran evidencia de una reacción química.

- A) Sólo la combinación 4.  
 B) Las combinaciones 1 y 3.  
 C) Las combinaciones 2 y 4.  
 D) Sólo la combinación 2.

 A  B  C  D

2. Indica qué ecuación representa la siguiente descripción: trióxido de azufre gaseoso reacciona con agua y se forma una disolución de ácido sulfúrico.

- A)  $\text{SO}_3 \text{(g)} + \text{H}_2\text{O} \text{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \text{(ac)}$   
 B)  $\text{SO} \text{(g)} + \text{H}_2\text{O} \text{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_2 \text{(ac)}$   
 C)  $\text{SO}_2 \text{(g)} + 2\text{NaOH} \text{(s)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \text{(s)} + \text{H}_2\text{O} \text{(l)}$   
 D)  $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{(ac)} \rightarrow 2\text{H}^+ \text{(ac)} + \text{SO}_4^{2-} \text{(ac)}$

 A  B  C  D

3. Señala cuál de las siguientes ecuaciones está balanceada.

- A)  $\text{NO} \text{(g)} + \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow 3\text{NO}_2 \text{(g)}$   
 B)  $2\text{NO} \text{(g)} + 2\text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{NO}_2 \text{(g)}$   
 C)  $\text{NO} \text{(g)} + \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{NO}_2 \text{(g)}$   
 D)  $2\text{NO} \text{(g)} + \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow 2\text{NO}_2 \text{(g)}$

 A  B  C  D

4. Con base en la información de la tabla, estima la cantidad de calorías que se producen al digerir los siguientes alimentos.

N.º	Alimento	Carbohidratos (g)	Grasas (g)	Proteínas (g)	Calorías
1	1 rebanada de tocino	0	3	2	
2	1 taza de espagueti	44	0	11	
3	1 manzana	42	0	0	
4	1 vaso de leche	13	8	8	

Señala la opción que complete la tabla.

- A) Alimento 1: 20 Cal; alimento 2: 250 Cal; alimento 3: 188 Cal; alimento 4: 96 Cal.  
 B) Alimento 1: 135 Cal; alimento 2: 320 Cal; alimento 3: 268 Cal; alimento 4: 216 Cal.  
 C) Alimento 1: 35 Cal; alimento 2: 220 Cal; alimento 3: 168 Cal; alimento 4: 156 Cal.  
 D) Alimento 1: 15 Cal; alimento 2: 20 Cal; alimento 3: 68 Cal; alimento 4: 16 Cal.



Un ejemplo es la reacción de sodio metálico con agua, cuya ecuación es:



En este caso el sodio pasa de 0 a +1, esto es, pierde un electrón y por tanto se oxida. El número de oxidación del oxígeno en el agua es -2 y en el NaOH, también, por lo que no cambia. Finalmente, el H en el agua tiene un número de oxidación de +1 y también de +1 en el NaOH por lo que no hay cambio. Sin embargo, el número de oxidación del H en la molécula de  $\text{H}_2$  es cero, por lo que pasa de -1 a cero y por lo tanto ganó un electrón y se redujo.



## Actividad

## Reflexiona: ¿Conoces reacciones redox como fuentes de energía?

Actualmente, la principal fuente de energía son los combustibles fósiles, como el petróleo, pero sabemos que al quemar estos combustibles se generan grandes cantidades de contaminantes; es por eso que a principios del siglo XXI comenzaron a tomar fuerza las fuentes de energía renovables.

Una de las alternativas más interesantes son las celdas de combustible de hidrógeno, el combustible más limpio que conocemos. Al "quemarse" el hidrógeno con oxígeno mediante una reacción redox, sólo se produce agua:



¿Por qué no se usa esta tecnología en lugar de la quema de combustibles fósiles?



## Actividad de cierre

## Concluye y aplica: ¿Puedes identificar reacciones redox en tu entorno?

Es momento de que reflexiones sobre las preguntas del inicio de esta secuencia.

1. ¿Qué reacciones redox ocurren a tu alrededor? Menciona alguna.
  2. ¿Hay similitudes entre estas reacciones en las frutas y las que observamos de formación de herrumbre en algunas piezas de hierro? ¿Cuáles son?
  3. ¿Qué provocó la oxidación del aguacate de la situación de inicio?
  4. En grupo, discutan los siguientes puntos.
    - a) Nuestra atmósfera contiene una gran cantidad de oxígeno. ¿Cómo clasificarían a la atmósfera, como un medio oxidante o como un medio reductor? ¿Por qué?
    - b) En las ciudades industriales, a menudo hay importantes cantidades de monóxido de carbono (CO) que puede transformarse en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Explica si la atmósfera de este tipo de ciudades tiende a ser oxidante o reductora.
    - c) El cloro se utiliza para desinfectar agua, es decir, dependiendo del microorganismo, lo mata o inhibe su proliferación. Considerando que es un no metal muy reactivo ¿Tendrá efecto reductor u oxidante?
- Escriban en el pizarrón una lista de reacciones redox que ocurran en su vida diaria.



## Perspectivas

Para el desarrollo de tu proyecto de fin de bloque, reflexiona sobre la siguiente pregunta.

¿Qué métodos se utilizan para evitar la corrosión en los barcos que navegan en el mar?

## Aprendizajes logrados

Puedes identificar que las reacciones redox provocan cambio químico. Explicaste qué es oxidación y reducción; así como qué es una especie oxidante y una especie reductora. Comprendiste que las reacciones redox están presentes en tu vida diaria.

Ahora también puedes explicar qué es el número de oxidación de un elemento y su relación con la posición del elemento en la tabla periódica y por qué en una reacción redox siempre hay cambios en el número de oxidación de varias sustancias.

## La formación de nuevos materiales

### 1

#### Tema 1. Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria

- Propiedades y representación de ácidos y bases.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica ácidos y bases en materiales de uso cotidiano.
- Identifica la formación de nuevas sustancias en reacciones ácido-base sencillas.
- Explica las propiedades de los ácidos y las bases de acuerdo con el modelo de Arrhenius.

### 2

#### Tema 2. ¿Por qué evitar el consumo frecuente de los "alimentos ácidos"?

- Toma de decisiones relacionadas con:
  - Importancia de una dieta correcta.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica la acidez de algunos alimentos o de aquellos que la provocan.
- Identifica las propiedades de las sustancias que neutralizan la acidez estomacal.
- Analiza los riesgos a la salud por el consumo frecuente de alimentos ácidos, con el fin de tomar decisiones para una dieta correcta que incluya el consumo de agua simple potable.

### 3

#### Tema 3. Importancia de las reacciones de óxido y de reducción

- Características y representaciones de las reacciones redox.
- Número de oxidación.

#### Aprendizajes esperados

- Identifica el cambio químico en algunos ejemplos de reacciones de óxido-reducción en actividades experimentales y en su entorno.
- Relaciona el número de oxidación de algunos elementos con su ubicación en la tabla periódica.
- Analiza los procesos de transferencia de electrones en algunas reacciones sencillas de óxido-reducción en la vida diaria y en la industria.

### P

#### Proyectos. Ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntasopcionales)\* Integración y aplicación

- ¿Cómo evitar la corrosión?
- ¿Cuál es el impacto de los combustibles y posibles alternativas de solución?

#### Aprendizajes esperados

- Propone preguntas y alternativas de solución a situaciones problemáticas planteadas, con el fin de tomar decisiones relacionadas con el desarrollo sustentable.
- Sistematiza la información de su proyecto a partir de gráficas, experimentos y modelos, con el fin de elaborar conclusiones y reflexionar sobre la necesidad de contar con recursos energéticos aprovechables.
- Comunica los resultados de su proyecto de diversas formas, proponiendo alternativas de solución relacionadas con las reacciones químicas involucradas.
- Evalúa procesos y productos de su proyecto considerando su eficacia, viabilidad e implicaciones en el ambiente.

# Bloque 4



# Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria



Figura 4.1 El número de nuevas sustancias sintetizadas en laboratorios de investigación química se incrementa de manera exponencial.

## Situación inicial

### Reflexiona e investiga: ¿Cuáles son ácidos y cuáles bases?

1. A partir de tu experiencia cotidiana, responde lo siguiente que se relaciona con sustancias ácidas o básicas.
  - a) ¿Por qué sabe mal la leche agria?
  - b) ¿Por qué causan comezón las mordidas de hormiga?
  - c) ¿Qué sustancias se usan para destapar cañerías?
  - d) ¿Por qué duelen los músculos después de hacer mucho ejercicio?
  - e) ¿Cómo funciona un antiácido para aliviar el malestar estomacal?
  - f) ¿Por qué se recomienda limpiar vidrios con vinagre?
  - g) ¿Con qué sustancias se ablanda la masa para preparar tortillas?
  - h) ¿Por qué se dice que los jugos de frutas son "ácidos"?
2. Contesta: ¿Qué sustancias ácidas y básicas están involucradas en cada situación? ¿Qué sustancias ácidas consumes?
3. Compara los resultados de tu investigación con los de un compañero y describan las propiedades que caracterizan las sustancias ácidas y básicas que conocen.
4. Comerten y comparen en equipos las características de ácidos y bases.



## Una clasificación muy útil

El número de sustancias distintas que hoy en día se conocen es tan enorme que estudiarlas resultaría imposible si no se hace de manera sistemática y ordenada (figura 4.1). Para facilitar el estudio de los métodos de síntesis de las sustancias, los químicos han desarrollado diversos sistemas de clasificación. Por ejemplo, con base en el estado de agregación, los elementos se clasifican en sólidos, líquidos y gases. Como ya sabes, en función de sus propiedades periódicas, estos mismos elementos se agrupan en familias distintas en la tabla periódica y cuando reaccionan entre ellos, dependiendo de la forma en que se enlacen los átomos, se forman compuestos que podemos clasificar como iónicos o covalentes. Una vez que una sustancia se ubica en un cierto grupo, es mucho más fácil hacer predicciones sobre sus propiedades y comportamiento.

Algunos esquemas de clasificación química separan los grupos de acuerdo con comportamientos opuestos o extremos, como metal y no metal, iónico y covalente, soluble e insoluble. Este es también el caso de las sustancias que se clasifican como ácidos o bases. La distinción entre sustancias ácidas y básicas fue una de las primeras clasificaciones que se creó según sus propiedades químicas. La reacción química entre este tipo de sustancias fue también uno de los primeros métodos para crear sustancias. La mayoría de nosotros hemos estado en contacto, e incluso ingerido, sustancias ácidas o básicas. ¿Cuáles son sus características? ¿Qué distingue unas de otras? Al terminar esta secuencia podrás responder lo anterior, pero antes te proponemos una breve investigación para aprender más sobre el tema.

## Desarrollo

### Propiedades, usos e importancia de los ácidos y bases

Aunque el sabor y la sensación al tacto no son pruebas seguras ni recomendables para clasificar las sustancias, nuestro contacto con ácidos y bases nos dice que los **ácidos** son sustancias de sabor agrio, como el del limón o la naranja, y que algunas **bases** tienen sabor amargo y arenoso, como los antiácidos. Los jabones que usamos para asearnos y lavar la ropa son productos básicos y por ello sabemos que las bases producen una sensación resbalosa al tacto. Mucha gente piensa que todos los ácidos corroen los materiales o queman la piel de quien los toca. Aunque esto es cierto para algunos ácidos, éstas no son propiedades características de todas las sustancias ácidas. También, hay algunas bases que pueden producir serias quemaduras al tocarlas (figura 4.2). Sea como sea, nunca pruebes ningún ácido o base, o cualquier otra sustancia química, sin tener la absoluta certeza de que no son dañinas para tu salud.

Los ácidos y las bases son quizás el tipo de sustancias con las que más interac-  
túas en tu vida cotidiana. Están presentes en los alimentos que consumes y en los  
productos de limpieza que usas. En la tabla 4.1 se presenta una lista de los ácidos y  
las bases caseros más comunes.



Figura 4.2 Muchos de los productos de limpieza que empleamos en nuestras casas son ácidos o bases.



Tabla 4.1 Ejemplos de ácidos y bases

Ácido o base	Fórmula	Producto	Ácido o base	Fórmula	Producto
Ácido acético	$C_2H_4O_2$	Vinagre	Ácido cítrico	$C_6H_8O_7$	Jugo de limón
Ácido acetilsalicílico	$C_9H_8O_4$	Aspirina	Amoniaco (base)	$NH_3$	Limpiadores
Ácido ascórbico	$C_6H_8O_6$	Vitamina C	Hidróxido de magnesio (base)	$Mg(OH)_2$	Leche de magnesia

El estudio del comportamiento químico de ácidos y bases es central para entender el funcionamiento de los sistemas vivos, del ambiente y de muchos procesos industriales. Las sustancias ácidas y básicas son ampliamente usadas en diversos procesos de manufactura, como la fabricación de textiles, plásticos, pinturas, medicamentos, jabones y detergentes. Los ácidos y las bases no sólo se encuentran en este tipo de productos, también son fundamentales para el buen funcionamiento de nuestro organismo.

La sangre, por ejemplo, realiza su función de transporte de oxígeno gracias a la presencia del ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ), cuya concentración aumenta en las regiones donde falta oxígeno. Si ese ácido no se produjera, la sangre transportaría el oxígeno por todo el cuerpo sin liberarlo; las células morirían por falta de oxígeno y, con ellas, el ser humano.

Muchas de las sustancias en el ambiente también son ácidos o bases o producen este tipo de compuestos cuando reaccionan con el agua. Por ejemplo, el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), producto de la respiración y de la quema de combustibles en fábricas y automóviles, genera ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) al disolverse en agua.

## Busca en...

[www.edutics.mx/4qn](http://www.edutics.mx/4qn) (Consulta: 22 de enero de 2019) encontrarás un artículo de la revista *¿Cómo ves?* sobre ácidos y bases.



## Sustentabilidad



La ecuación química de este proceso se representa así:

$$\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}$$

Otros compuestos gaseosos producidos durante la quema de combustibles, como el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ), pueden dar lugar a la formación de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) al reaccionar con el agua de lluvia. Todos estos ácidos son causantes del fenómeno denominado lluvia ácida (figura 4.3). Los agricultores saben que hay suelos ácidos y suelos básicos, así como cultivos apropiados para cada uno de ellos, y que la lluvia ácida aumenta la acidez del suelo, por lo que necesitarán agregar una sustancia básica para disminuir esa acidez.

Como observas, los ácidos y las bases son sustancias fundamentales para los seres vivos, el ambiente y la industria, de ahí la importancia de aprender a identificarlos y reconocer sus propiedades.



## En acción

## Transforma y analiza: ¿Qué propiedades tienen los ácidos y las bases?

## Introducción

Los ácidos y las bases poseen propiedades físicas y químicas que los caracterizan y los diferencian. En esta actividad trabajarán con una sustancia ácida –ácido clorhídrico (HCl)– y una básica –hidróxido de sodio (NaOH)–.

## Propósito

Caracteriza algunas de las propiedades de estas sustancias.

## Material

Ácido muriático (se consigue en tiapalerías), quitacochambre, hidróxido de sodio (o sosa –también se consigue en tiapalerías–), 2 clavos, 2 pedazos de alambre de cobre, un huevo, papel tornasol, 6 vasos de plástico transparente, 4 cajas de Petri, una probeta de 100 ml y una cuchara sopera.

## Procedimiento

1. Vierten 50 ml de ácido muriático en un vaso y llénenlo con agua; ésta será la disolución ácida. En otro vaso, vierten tres cucharadas soperas de quitacochambre y llénenlo con agua; ésta será la disolución básica.
2. En una caja de Petri coloquen un clavo y en otra un alambre de cobre. Agreguen disolución ácida en cada caja; en ambas los metales deben quedar cubiertos con la disolución.
3. Humedezcan un pedazo de papel tornasol con la disolución ácida.
4. Repitan los puntos 2 y 3, pero ahora con la disolución básica.
5. Humedezcan de nuevo el papel tornasol; esta vez con la disolución básica.

## Toma nota

El tornasol es un tinte vegetal que se obtiene de los líquenes del género *Variolaria*; el ácido muriático comercial es ácido clorhídrico (HCl) al 35%; los productos comerciales para remover coquichambre son disoluciones acuosas de hidróxido de sodio (NaOH), a las que se agrega un coagulante para que adquieran una consistencia gelatinosa.



Materiales en disoluciones ácido y base.

6. Rompan el huevo, separen la clara en dos porciones y colóquenlos en vasos. Agreguen a una porción una cucharada de disolución ácida y a la otra, una de disolución básica.
7. Coloquen un poco de cascarón de huevo triturado en dos vasos. En uno añadan disolución ácida y en el otro disolución básica hasta cubrir los pedazos de cascarón.
8. Registren sus observaciones en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Resultados de materiales con disoluciones ácido y base

	Reacción con hierro (clavo)	Reacción con cobre (alambre)	Color con papel tornasol	Reacción con proteínas (clara de huevo)	Reacción con cascarón de huevo
Ácido clorhídrico (HCl)					
Hidróxido de sodio (NaOH)					

## Análisis de resultados y conclusiones

9. Contesten lo siguiente.
  - a) ¿Cómo explican cada uno de los cambios o procesos observados?
  - b) ¿Qué similitudes y diferencias identifican en la acción del ácido y de la base sobre los distintos materiales? ¿Cuáles de estos efectos son comunes en todos los ácidos y las bases?
  - c) ¿En qué recipientes se formaron burbujas? ¿Cómo lo explican?
10. Discutan sus resultados con otros compañeros. En grupo lleguen a un acuerdo acerca de las propiedades de los ácidos y de las bases.
11. Contrastan sus resultados con la información reportada en libros sobre el tema.

## Manejo de residuos

Depositen con precaución los productos de sus experimentos en el recipiente que indique su maestro.

## ¿Cómo reconocer a los ácidos y las bases?

En épocas pasadas, para distinguir los ácidos de las bases se tenían que hacer experimentos como los que realizaste en la actividad anterior. Si la sustancia desconocida era ácida, debía reaccionar con metales y liberar burbujas de hidrógeno como producto, cambiar el color del papel tornasol a rojo y reaccionar con el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Por su parte, si la sustancia era básica, debía cambiar el color del papel tornasol a azul, no presentar reacción con metales o carbonatos y desnaturalizar las proteínas de la clara del huevo. Por fortuna, ahora se practican métodos más sencillos y rápidos basados en el uso de sustancias indicadoras.

Las sustancias indicadoras son compuestos químicos que presentan un color distinto si se encuentran en un medio ácido o si están en un medio básico, y por ello se les conoce como **indicadores ácido-base**. Muchos se extraen de productos naturales, como flores y frutas. Algunos de los indicadores ácido-base más comunes en los laboratorios y en la industria son los siguientes.

Tabla 4.3 Algunos indicadores ácido-base

Indicador	Color en medio ácido	Color en medio básico
Azul de bromofenol	amarillo	azul
Fenolftaleína	incoloro	bugambilia
Rojo fenol	amarillo	rojo



## En acción

Analiza e identifica: ¿Cómo diferenciar un ácido de una base?

## Introducción y propósito

Los indicadores ácido-base no sólo son sustancias con nombres poco comunes, como los de la tabla anterior, también se encuentran en plantas, como la col morada, el té negro y las hojas de la planta del tomate. En esta actividad distinguirás ácidos y bases mediante un indicador natural.

## Material

Un cuarto de pieza de col morada, 1 licuadora o mortero, 1 colador, 1 botella de plástico de 1 l, 2 cucharadas soperas de los siguientes productos: vinagre, quitasarro o destapacafíos, refresco sin colorante, limpiador de pisos, 1 limón, 1 cucharada de polvo para hornear, 1 pastilla efervescente para el malestar estomacal, 10 vasos medianos de plástico transparente y 10 cucharas chicas de plástico.

## Procedimiento

1. Corten la col morada en pedazos pequeños y colóquenla en el vaso de la licuadora. Agreguen suficiente agua para cubrir los trozos de col y licuen; cuelen el producto y recolecten el líquido en la botella de 1 l. Éste será el extracto de col morada.
2. Numeren los vasos del 1 al 8 con el plumón. Añadan 30 ml del extracto de col morada en cada uno y diluyan con agua hasta la mitad del vaso. En cada vaso agreguen lo que se indica: vaso 1: dos cucharadas de vinagre, vaso 2: una cucharada de polvo para hornear disuelta en 25 ml de agua, vaso 3: una tableta efervescente disuelta en 25 ml de agua, vaso 4: el jugo de medio limón, vaso 5: dos cucharadas de limpiador de pisos, vaso 6: dos cucharadas de refresco, vaso 7: dos cucharadas de destapacafíos y vaso 8: dos cucharadas de agua. Agiten con una cuchara de plástico diferente para cada vaso; no las mezclen.

## Análisis de resultados y conclusiones

El extracto de col morada presenta los colores que se indican en la tabla 4.4, a diferentes valores de acidez y basicidad.

3. Con base en el color que adquiere cada mezcla, agrúpenlas en ácidos o bases.
  - a) ¿Qué función cumple el vaso etiquetado con el número 8?
  - b) ¿Podrían decir, con la información disponible, cuáles sustancias son más o menos ácidas o básicas?

## Manejo de residuos

Depositén los productos en el recipiente que indique su maestro.

## Cierre

Analiza e investiga: ¿Ácidos y bases en la cocina?

1. Lee el siguiente fragmento del libro *La química y la cocina*, de José Luis Córdoba Frunz.

Boyle encontró que muchas sustancias orgánicas cambiaban de color con ácidos y bases. El alcatraz y el jazmín, por ejemplo, se ponen amarillos con vapores ácidos. Las rosas cambian a púrpura con el amoniaco y, en general, los vegetales verdes cambian a color pardo en medio ácido.

Por lo anterior, la sabiduría de las abuelas elaboró una receta consistente en poner un poco de bicarbonato o tequesquite (del náhuatl *tetl*, "piedra" y *quixquitl*, "brotante") en el agua empleada para cocer los vegetales y mantener su color verde. Con el cocimiento se libera el ácido contenido en las células del vegetal y cambia el color de la clorofila. Pero, al agregar bicarbonato, el ácido producido se neutraliza y se conserva el color de los vegetales.

La molécula de clorofila tiene un átomo de magnesio en el centro, el cual es eliminado por los ácidos destruyendo la estructura de la clorofila y dando lugar a nuevas moléculas; si el vegetal contiene carotenos (casi inertes al calor y a los ácidos) se revela un color pardo que disminuye el atractivo de las legumbres. Esto explica por qué el aderezo de ensaladas (el cual contiene vinagre) se pone justo cuando está por servirse, de esta suerte se retrasa el "marchitado" de los vegetales verdes.

Volviendo a la receta de las abuelas, al poner exceso de bicarbonato en el agua de cocido de vegetales se tiene el riesgo de ablandar la textura de éstos y hacerlos poco apetitosos pues, como ya señalamos, las sustancias con características básicas reblandecen o disuelven los tejidos orgánicos. Esta propiedad explica que se usen cenizas o cal para hacer el nixtamal (del náhuatl *nextli*, "ceniza" o "cal" y *tamalli*, "masa de maíz"). Hay otras ventajas en el empleo de álcalis para el nixtamal. Las proteínas del maíz son de bajo valor nutritivo, pero mejoran su calidad con la nixtamalización, pues se libera la niacina al hidrolizarse los enlaces que la mantienen unida a otros constituyentes.

Otra forma de mantener el color verde brillante de los vegetales es cocerlos en olla de cobre o de aluminio, se evita así que se pongan cafés debido a la formación de hidróxido de cobre,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  o hidróxido de aluminio,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , que neutraliza al ácido responsable de la pérdida del magnesio (Mg) de la clorofila.

Fuente: Adaptado de Córdoba Frunz, José Luis, *La química y la cocina*, México, SEP/FCN, 2003 (Col. La Ciencia para todos, núm. 93 y libros del Rincón).

2. Responde con base en la lectura.
  - a) ¿Qué sustancias ácidas y básicas se mencionan en el texto?
  - b) ¿Qué propiedades tienen estos ácidos y bases?
  - c) ¿Qué tipo de sustancia, ácido o base, se utiliza en la nixtamalización? ¿Cuáles son las ventajas alimentarias de añadir esta sustancia en la nixtamalización de la masa de maíz?
  - d) ¿Cómo se usan ácidos o bases para mantener por más tiempo el color verde de los vegetales?
3. Investiga qué otros tipos de sustancias ácidas y bases se usan en la cocina mexicana tradicional para preparar o conservar alimentos.

## Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico ácidos y bases en materiales de uso cotidiano.			



Figura 4.4 Muchos pigmentos son sales iónicas.



## Propiedades y representación de ácidos y bases

### ¿Cómo reaccionan?

Una de las propiedades químicas más importantes de los ácidos y las bases es que estas sustancias reaccionan entre sí. Como resultado de este tipo de reacciones se producen nuevas sustancias químicas con propiedades distintivas. Los productos de las reacciones ácido-base reciben el nombre genérico de **sales** (figura 4.4); por ejemplo, el componente principal de la sal común, cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), se prepara en el laboratorio haciendo reaccionar ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) con hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ). Los ácidos y las bases también reaccionan con el agua y cambian las propiedades de este líquido. Los químicos han diseñado estrategias para determinar el efecto de un ácido o una base en las propiedades del agua. Estos métodos de análisis son de gran utilidad en diferentes áreas, desde medicina hasta ecología, dado que variaciones en la acidez o la basicidad del agua tienen consecuencias trascendentales para la vida. En esta secuencia tendrás la oportunidad de aprender más sobre las reacciones ácido-base y los métodos para entender y controlar sus efectos en el agua.

### Situación inicial

#### Experimenta y analiza: ¿Cómo reaccionan los ácidos y las bases?

Esta actividad puedes desarrollarla en casa e incluso conseguir los materiales en la cocina.

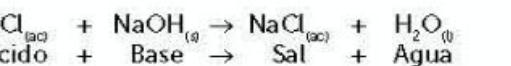
1. Exprime medio limón, cuela el líquido y mézclalo en medio vaso de agua.
2. Disuelve media cucharadita de bicarbonato en otro medio vaso de agua.
3. Agrega a cada vaso una cucharada del extracto de col morada que preparaste anteriormente.
4. Considera el color que adquiere la col morada y responde.
  - a) ¿Qué tipo de sustancia es el limón?
  - b) ¿Qué tipo de sustancia es el bicarbonato de sodio?
5. Ahora mezcla el contenido de los vasos. Observa y analiza los cambios.
  - a) ¿Cómo cambió el color de la col morada?
  - b) ¿Qué tipo de mezcla se forma, ácida, básica o neutra?
6. Si el limón contiene ácido cítrico, propón nombres para la sal que formará con el bicarbonato de sodio. Investiga el nombre de ese compuesto y compáralo con el que sugeriste.
  - a) ¿Cómo recuperarías el compuesto que se forma?
7. Compara tus resultados con los de un compañero.



### Desarrollo

#### Neutralización

Las sustancias ácidas y básicas reaccionan entre sí, y como resultado de este cambio químico normalmente se obtiene agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y un compuesto que de manera genérica se denomina **sal**. Este tipo de reacciones se llaman **reacciones de neutralización** o **reacciones ácido-base**. Considera, por ejemplo, la reacción entre el ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) y el hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ):



Esta ecuación química describe una reacción de neutralización en la que la sal que se obtiene es cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), la sal con la que condimentamos los alimentos. Sin embargo, esta no es la única sal que existe, hay miles de sales, entre ellas: el fluoruro de potasio ( $\text{KF}$ ) y el sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) que son productos de reacciones como las representadas por las siguientes ecuaciones químicas:

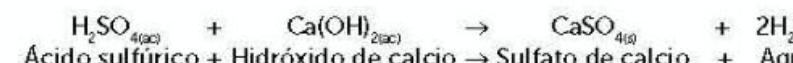
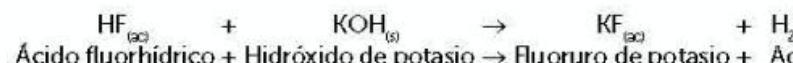


Figura 4.5 Las sales insolubles, producto de una reacción ácido-base, son sustancias sólidas que se separan por filtración.

Como la sal que se obtiene en una reacción de neutralización es resultado de la combinación de un ácido y de una base, que son sustancias con propiedades químicas opuestas, con frecuencia el compuesto formado no presenta características ácidas ni básicas. Cuando esto sucede se dice que la sal es "neutra".

Muchas sales son solubles en agua y por ello en la ecuación química de neutralización después de su fórmula se escribe (ac), para indicar que está en estado acuoso. Para recuperarlas en estado sólido, es necesario evaporar el agua. Si las sales que se forman son insolubles en agua, se dice que "precipitan" porque se depositan como sólidos (s) en el fondo del recipiente donde se efectúa la reacción de neutralización (figura 4.5). Estas sales pueden separarse de la mezcla por filtración. Las sales que contienen elementos de la primera familia de la tabla periódica: litio (Li), sodio (Na) y potasio (K), y de la familia 17 (o VIIA): flúor (F), cloro (Cl) y bromo (Br), tienden a ser solubles en agua, aunque hay algunas excepciones.

Tanto las sales que se extraen de la naturaleza como aquellas que se sintetizan mediante reacciones ácido-base tienen múltiples aplicaciones como materiales de construcción, fertilizantes (figura 4.6), pigmentos y explosivos. Por ejemplo, el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), es fundamental en la producción de vidrio y cemento, y también como complemento alimentario cuando hay deficiencias de calcio.

En muchos casos, las sales se mezclan en pequeñas cantidades con otras sustancias para generar materiales con nuevas propiedades, y se utilizan como aditivos alimentarios, **espesantes**, desecantes, desinfectantes (figura 4.7), entre otros. Por tanto, es posible afirmar que todos los productos que usas y consumes contienen —aunque sea en una mínima proporción— algún tipo de sal.



#### Conéctate con...

##### Historia

En regiones como el Tíbet, Etiopía y en las rutas de los mares Egeo, Adriático y Mediterráneo, donde la sal común era escasa, fue tan valorada que se llegó a usar como moneda. En la Roma antigua, a los soldados que protegían y transportaban la sal a través de la Vía Salaria (la calle de la sal), se les pagaba con sal. Posteriormente, a este tipo de pago se le llamó *salarium*, la palabra latina de la que procede "salario".



Figura 4.6 El nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) es un componente básico de múltiples fertilizantes.

##### Glosario

**Espesante:** son sustancias que se agregan a una mezcla y aumentan su viscosidad, sin modificar otras propiedades.



## En acción

Investiga e identifica: ¿Qué te comes?

Consumo

T

Día tras día ingieres gran cantidad de sales sin darte cuenta. Muchas de ellas se adicionan a los alimentos empacados o enlatados como aditivos alimentarios, pero ¿qué sabes de ellas?

Tabla 4.5 Aditivos alimentarios

	Fórmula condensada	Ácido y base de origen	Función	Riesgos
Benzoato de sodio				
Glutamato monosódico				
Nitrato de sodio				
Sulfato de sodio				

1. En la tabla 4.5 se listan algunas de las sales más comunes en la industria alimentaria.
2. Investiga la fórmula química de esas sales, su función como aditivos alimentarios y los riesgos a la salud asociados a su ingestión en exceso.
3. Infiere o averigua qué ácidos y bases se utilizan para sintetizarlas.
4. Con base en esta información discute con tus compañeros en torno al uso de este tipo de aditivos alimentarios.

## Modelo de Arrhenius de ácidos y bases



Los ácidos, las bases y las sales presentan una propiedad muy interesante al disolverse en agua. De hecho, su comportamiento en disolución acuosa nos da pistas sobre su estructura a nivel nanoscópico y el tipo de interacciones entre sus partículas y las moléculas de agua. Este tipo de sustancias forman disoluciones acuosas que conducen electricidad y se les denomina **electrolitos**; las sustancias que no conducen electricidad al disolverse en agua se clasifican como **no electrolitos**.

Como estudiaste en tu curso de Ciencias 2, una corriente eléctrica sólo se presenta cuando existen cargas eléctricas que pueden moverse libremente. Con base en esto podemos concluir que los electrolitos poseen cargas eléctricas que se mueven libremente en la disolución, pero ¿de dónde salen esas cargas? Svante A. Arrhenius (figura 4.8) fue quien respondió. Observó que cuando un electrolito se disolvía en agua, las propiedades de la disolución cambiaban en forma notoria; en particular, sus puntos de fusión o ebullición se modificaban el doble de lo que se registraba al disolver el mismo número de moles de un no electrolito. Además, las primeras disoluciones conducían electricidad y las otras no. Para explicar estos resultados, Arrhenius propuso que cuando un electrolito se disolvía en agua, se generaban dos o más iones con carga eléctrica.

La siguiente pregunta que requería respuesta era si estos iones existían en el compuesto químico antes de disolverse, o si las partículas cargadas se formaban al interactuar con las moléculas de agua. Después de muchos experimentos, se descubrió que todo depende de la sustancia de que se trate. El cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) y otras sales son compuestos iónicos constituidos por millones de aniones y cationes.

Figura 4.8 Svante A. Arrhenius (1859-1927), físico y químico sueco.

Cuando una sal se disuelve en agua, la interacción con las moléculas de agua provoca que los iones se separen (figura 4.9). Para el  $\text{NaCl}$  este proceso se representa de la siguiente forma:



Arrhenius estableció que los ácidos y bases son compuestos que generan iones en el momento de disolverse en agua, y explicó la diferencia entre ácidos y bases de acuerdo con la naturaleza de los iones que se producen al disolverlos. En su modelo, los ácidos son electrolitos que al disolverse en agua se disocian y forman cationes hidrógeno ( $\text{H}^{+}$ ) y aniones de diversos tipos. A los iones  $\text{H}^{+}$  también se les llama "protones", porque son átomos de hidrógeno que han perdido su electrón y por ello quedan con carga positiva. Por ejemplo, la disociación en agua del ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) y del ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) se expresa de la siguiente manera:

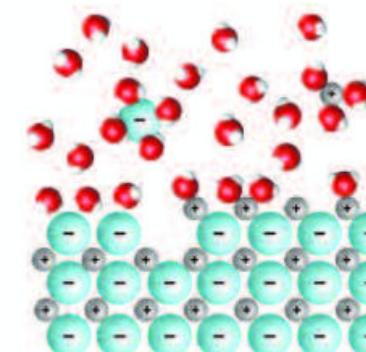
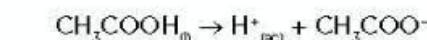
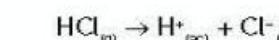
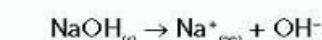
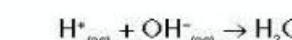


Figura 4.9 Un compuesto iónico soluble en agua da lugar a una disolución en la que los iones están separados.

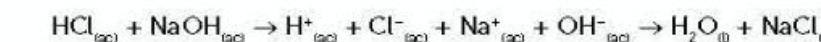
En el modelo de Arrhenius las bases son electrolitos que al disolverse en agua se disocian y forman el anión hidróxido ( $\text{OH}^{-}$ ) y diferentes cationes. Un ejemplo típico es el hidróxido de sodio, cuya disolución en agua se representa así:



El modelo de Arrhenius permite explicar por qué se produce agua en la reacción de neutralización entre un ácido y una base. Si los ácidos generan iones hidrógeno ( $\text{H}^{+}$ ) al disolverse en agua y las bases producen iones ( $\text{OH}^{-}$ ), la combinación de estos iones da lugar a una molécula de agua:



Por su parte, los otros aniones y cationes en disolución se combinan para formar una sal. Así, la reacción entre ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) e hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) resulta:



## En acción

Analiza e identifica: ¿Conduce o no?

## Propósito

Analiza la conductividad de distintos ácidos, bases y sales cuando se disuelven en agua.

## Material

Dispositivo para medir la conductividad eléctrica como el del experimento de la página 139; 2 cucharadas soperas de los siguientes productos: vinagre, quitasarro, destapacallos, refresco carbonatado, limpiador de pisos, jugo de limón, polvo para hornear, 1 pastilla efervescente para el malestar estomacal, azúcar, sal común, quitacochambre, etanol (alcohol etílico), ácido muriático, cucharas de plástico, vasos de plástico.

## Busca en...

Rugi, Roberto, *La química*, México, sep-Alejandría, 2003 (Libros del Rincón).

Para que conozcas más acerca de las transformaciones que ocurren en el medio ambiente.

## Procedimiento

- En los vasos de plástico etiquetados preparen disoluciones acuosas de cada sustancia; para ello disuelvan 2 cucharadas soperas de las sustancias sólidas en 200 ml de agua y mezclen 50 ml de los líquidos en 150 ml de agua.
- Introduzcan los electrodos en cada vaso y registren sus observaciones en una tabla como la 4.6. Observen si el foco del dispositivo que mide conductividad enciende o no, y si hay diferencia en la intensidad de la luz al sumergir los electrodos en las distintas disoluciones. No olviden enjuagar con agua limpia los electrodos antes de cada medición.

Tabla 4.6 Registro de conductividad eléctrica

Sustancia	Prende	Intensidad



Círculo eléctrico.

## Análisis de resultados y conclusiones

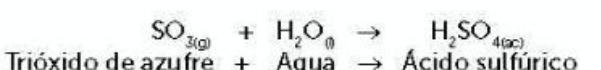
- Clasifiquen las sustancias analizadas en dos grupos: conductoras y no conductoras. Registren qué similitudes y diferencias identifican en el comportamiento de los diferentes tipos de sustancias: ácidos (refrescos), bases (quitacochambre), sales (sal común), y compuestos covalentes moleculares (azúcar y etanol).
- Generen un modelo de la estructura de cada sustancia y de sus disoluciones a nivel nanoscópico que permita explicar sus resultados.

## Manejo de residuos

Depositén con precaución los productos de sus experimentos en el recipiente que indique su maestro.

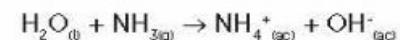
## Los modelos científicos evolucionan

Como todo concepto científico, los modelos para explicar y predecir el comportamiento de sustancias ácidas y básicas han evolucionado. Antes de Arrhenius, Lavoisier consideró que los ácidos se originaban de la reacción de algunos óxidos con agua, como ácido sulfúrico:



Sin embargo, esta teoría implicaba que todos los ácidos debían contener oxígeno y, por consiguiente, ácidos como el clorhídrico (HCl) quedaban fuera. La definición de Arrhenius tampoco resultó general, ya que no logró explicar por qué las disoluciones acuosas de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) son básicas. En 1923, Johannes Brønsted (1879-1947) y Martin Lowry (1874-1936) postularon por separado que los ácidos son sustancias que liberan un protón o ión hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y las bases los aceptan, con lo que se amplió aún más la teoría de ácidos y bases. La teoría de Brønsted-Lowry permitió así definir

las propiedades básicas del amoniaco ( $\text{NH}_3$ ). De acuerdo con sus ideas, al disolver amoniaco en agua, la interacción entre las moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{NH}_3$  causa que un protón  $\text{H}^+$  se transfiera del agua al amoniaco. En este proceso, el agua actúa como ácido y el amoniaco como base, reacción que produce iones  $\text{OH}^-$  y es característico de la disolución de bases en agua.



Al igual que el amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), el bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) es una base que no contiene iones  $\text{OH}^-$ , pero también reacciona con el agua para generarlos.

La historia no termina aquí. En 1923 Gilbert N. Lewis, el científico que desarrolló los diagramas de puntos para representar a las moléculas (página 179), introdujo una nueva forma de concebir las sustancias ácidas y básicas. Estas propuestas son tema de cursos más avanzados, pero lo importante es que observes cómo los modelos y las teorías de la Química cambian y se ajustan para resolver inconsistencias y explicar nuevos hechos experimentales.

## En acción

## Reflexiona: ¿Para bien o para mal?

Los modelos y las teorías de la Química, y la ciencia en general, están en constante evolución.

- Organicen un panel de discusión en grupo para compartir sus ideas sobre las ventajas y desventajas de que la gente comprenda que los modelos y las teorías de la ciencia no son definitivas.

## La escala de pH

El modelo de Arrhenius resultó ser de gran utilidad para desarrollar métodos de medición cuantitativos de la acidez de las disoluciones acuosas. La estrategia más exitosa fue propuesta por Søren Sørensen (figura 4.10) en 1909, mientras investigaba el efecto de la concentración de iones en la estabilidad de proteínas. Como la concentración de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) era indispensable, introdujo la ahora famosa escala de pH, una escala numérica con valores del 0 a 14 que indica el grado de acidez o basicidad de las disoluciones acuosas.

La escala de pH está dividida en dos áreas. Cualquier valor de pH mayor que cero y menor que 7 es indicativo de una disolución **ácida**. En otras palabras, la disolución será más ácida entre menor sea su valor de pH. Si el valor de pH es exactamente 7, se trata de una disolución **neutra** y si el pH de la disolución tiene un valor mayor que 7 y menor que 14, la disolución es **básica**; es decir, entre más cercano al 14 sea el valor de pH, más básica será la disolución.

Los valores de pH pequeños indican concentraciones más altas de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) que de iones hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), situación característica de las disoluciones ácidas. Por el contrario, valores de pH altos señalan concentraciones bajas de iones  $\text{H}^+$  y altas de iones  $\text{OH}^-$ , situación que caracteriza a las disoluciones básicas.

La escala de pH no es lineal, como la que se usa en una regla o un matraz, lo cual significa que una disolución con un valor de pH de 12 no es dos veces más básica que una disolución con un valor de pH de 6. Tampoco una disolución con pH de 3 es dos veces más ácida que una disolución con un valor de pH de 6. Cada unidad en la escala de pH implica un cambio de "10 veces" en la concentración de iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ . Exploraremos esta idea con más detalle.



Figura 4.10 Søren P. L. Sørensen (1868-1939), químico danés cuya aportación fue proponer el concepto de pH.

Si medimos el pH del agua pura, encontraremos que su valor es 7. Esto quiere decir que tiene una concentración de  $10^{-7}$  moles de iones  $H^+$  por cada litro de líquido. Por su parte, un vaso de leche tiene un valor de pH cercano a 6, lo que indica que hay una concentración de  $10^{-6}$  moles de iones  $H^+$  por cada litro de leche. Estos números indican que la concentración de iones  $H^+$  en un vaso de leche es 10 veces más grande que en un vaso de agua pura. En un vaso de vinagre, el valor de pH es cercano a 4, lo cual nos dice que la concentración de  $H^+$  es  $10^{-4}$  mol/l, un valor 1000 veces mayor que el del agua pura.

El mismo razonamiento se aplica en el análisis de disoluciones básicas; por ejemplo, una disolución de líquido limpiador con amoniaco tiene un valor de pH cercano a 12, es decir, que la concentración de iones  $H^+$  es  $10^{-12}$  moles/l. Este número es 100 000 veces más pequeño que el del agua pura ( $10^{-7}$ ). ¿Cuántas veces menos ácido será un líquido destapacafós con un valor de pH cercano a 14 que un vaso de jugo de limón con un valor de pH cercano a 2? (figura 4.11).

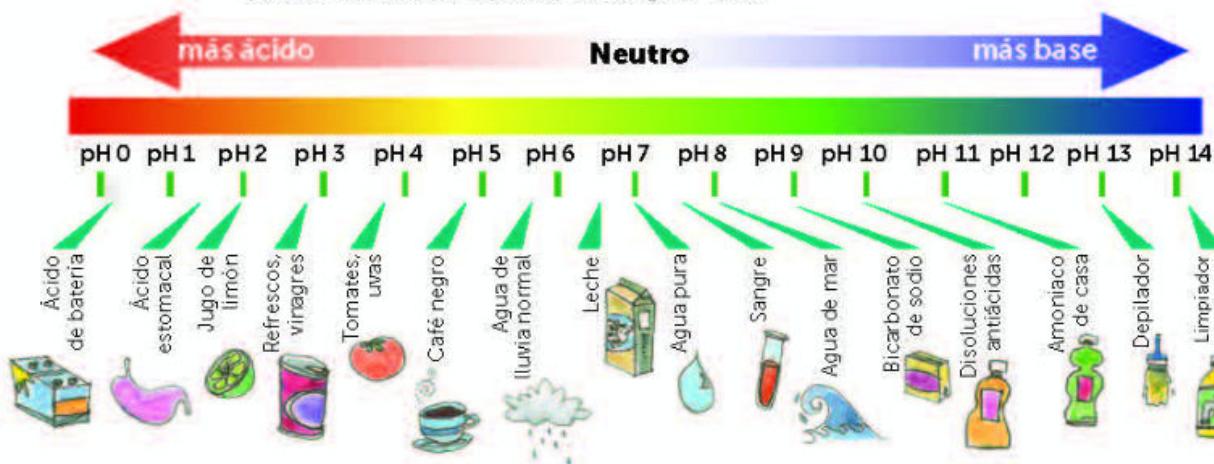


Figura 4.11 Algunos ejemplos de sustancias en la escala de pH.



### En acción

#### Determina e infiere: ¿Cómo determinar el valor de pH?

- Utiliza el papel indicador universal que te proporcionará tu maestro para determinar el valor de pH de las sustancias con las que trabajaste en la actividad experimental de la página 218 (conductividad eléctrica). Dispón las sustancias en orden creciente del valor de pH.
- Contesta: ¿qué valor de pH tiene el destapacafós? Considerando que la cañería se obstruye con restos de cabello, grasa y jabón, así como los ingredientes que indica el recipiente de este producto comercial, explica el funcionamiento de los destapacafós con base en las propiedades de los ácidos y las bases.
- Predice qué valor de pH tendrán los productos para disolver las manchas blancas de salitre que se forman en lavabos por la presencia de agua dura.
- Disuelve una cucharada de cloruro de sodio en agua y predice el valor del pH de la disolución resultante a partir de tus conocimientos sobre las propiedades de las sales. Mide el valor de pH con el papel indicador.
  - ¿Qué valores obtienes?
  - ¿Concuerda el valor de pH con tu predicción? Argumenta tu respuesta.

### Cierre

#### Analiza y argumenta: ¿Cómo reaccionan?

La tabla 4.7 presenta información sobre distintos ácidos y bases. Para completarla aplica los conocimientos que has adquirido en esta secuencia.

- Investiga sobre la composición química y las propiedades de ácidos y bases de uso común en un laboratorio de Química.

Tabla 4.7 Propiedades de algunos ácidos y bases

Sustancia	Fórmula	Ácida, básica o neutra	pH: <7, >7 o =7	Color del papel tornasol	Principales partículas en disolución
Ácido acético					
Hidróxido de potasio	HCl LiOH		>7		
Ácido nítrico		Neutra		$K^+$ , $NO_3^-$ $Mg^{2+}$ , $OH^-$	$H^+$ , $SO_4^{2-}$

- De acuerdo con la información de la tabla predice:
  - ¿Cuáles son los productos de la reacción entre ácido acético e hidróxido de potasio? ¿Qué sal se forma en este caso?
  - ¿Cuáles serán los productos de la reacción entre ácido nítrico ( $HNO_3$ ) e hidróxido de litio ( $LiOH$ )? ¿Cómo se llama la sal que se forma?
  - ¿Qué ácido y base combinarias para producir la sal que forman los iones  $K^+$  y  $NO_3^-$ ?
  - ¿Qué esperarías que sucediera al mezclar ácido nítrico con ácido acético?
  - ¿Cómo cambiaría el valor de pH al agregar ácido clorhídrico (HCl) a una disolución de hidróxido de potasio?
  - ¿Qué sustancia añadirías a una disolución de ácido acético (vinagre) para incrementar su valor de pH?
  - ¿Cuáles de estas sustancias utilizarías para neutralizar el ácido clorhídrico (HCl)?
  - ¿Qué sustancias combinarias para producir agua?
  - ¿Cuál de estas sustancias funcionaría mejor para elaborar un destapacafós?
  - ¿Cuál sustancia funcionaría mejor, en muy baja concentración, para fabricar un dulce?
- Valida tus respuestas con ayuda de tu maestro.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico la formación de nuevas sustancias en reacciones ácido-base sencillas.			
2. Explico las propiedades de los ácidos y las bases según el modelo de Arrhenius.			

# ¿Por qué evitar el consumo frecuente de los "alimentos ácidos"?

**Toma de decisiones relacionada con la importancia de una dieta correcta**

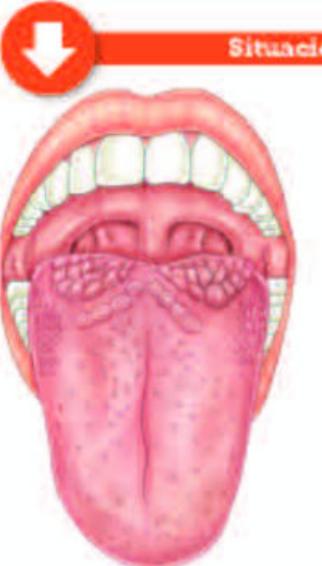
## ¿Te gustan los alimentos ácidos?

Por alguna razón, a los seres humanos nos agradan los alimentos con sustancias ácidas. En particular, a los mexicanos nos gustan los sabores agridulces, la mayoría presentes en los platillos tradicionales y en los alimentos de bajo contenido nutrimental (figura 4.12). Sólo recuerda los distintos dulces con picante que has comido esta semana. Asimismo nos gustan los alimentos ricos en grasas, como las papas fritas, y las bebidas con sustancias estimulantes, como la cafeína y diversos refrescos. ¿Por qué nos agradan los alimentos ácidos o con alto contenido de grasas? ¿Cuáles son las consecuencias en nuestra salud de ingerirlos? En esta secuencia encontrarás las respuestas y aplicarás tus conocimientos sobre ácidos y bases.



**Figura 4.12** A pesar de ser un atractivo para el paladar, los alimentos y dulces ácidos, pueden tener consecuencias negativas en el aparato digestivo.

## Situación inicial



¿Qué sabores percibes con las papilas gustativas?

### Investiga y analiza: ¿Cómo funciona nuestro sentido del gusto?

Seguro has oido hablar de las "papilas gustativas" y quizás también que se encuentran distribuidas en diversas partes de la lengua y que hay de diferentes tipos.

1. Investiga las características de las distintas papilas gustativas y su distribución en la lengua para responder lo siguiente.
  - a) ¿Cómo influyen el tipo, la distribución o el número de papilas gustativas en los gustos alimentarios de las personas?
  - b) ¿Qué sabores detectan las papilas gustativas y en qué zonas de la lengua se encuentran?
  - c) ¿Cuál es la relación entre la composición química y la estructura molecular de las sustancias y su sabor?
  - d) ¿Cómo influyen la textura y el olor de los alimentos en el sentido del gusto? ¿Qué determina la textura y el olor desde el punto de vista químico?
  - e) ¿Por qué las personas detectan de diferente manera el sabor de un platillo? ¿Cómo se explica esto química y fisiológicamente?
2. Cometen sus respuestas en equipos.

## Desarrollo

### La acidez de los alimentos

El gusto por los alimentos no sólo depende de su sabor, también influyen el olor, la textura, la consistencia y la temperatura. Las respuestas de la actividad anterior tal vez te ayudaron a entender por qué los seres humanos preferimos los sabores ácidos y salados sobre los amargos. ¿Pero esto es un problema?

Como aprendiste en tu curso de Ciencias 1, el estómago secreta de manera natural ácido clorhídrico (HCl) y enzimas, como la pepsina. Esta combinación de sustancias hace posible la digestión de las proteínas, que por ser moléculas grandes

Analiza los riesgos a la salud por el consumo frecuente de alimentos ácidos, con el fin de tomar decisiones para una dieta correcta que incluya el consumo de agua simple potable.

y complejas nuestro cuerpo no puede digerir, así que el ácido y las enzimas las fragmentan en partículas más pequeñas que la sangre transporta a cada una de las células del cuerpo.

La mayoría de los alimentos que consumimos son ácidos, con un valor de pH entre 2 y 7, al igual que los líquidos estomacales con un pH entre 1 y 3. Así, cuando ingerimos un alimento como las zanahorias, con un pH cercano a 6, entra en un medio que puede ser 10 000 veces más ácido. Esto sugiere que la acidez de los alimentos no es necesariamente el mayor problema, siempre que se consuman con moderación.

Con frecuencia los problemas estomacales se relacionan con la cantidad de alimento que se ingiere. Cuando comemos más de los que necesitamos, o bien, consumimos alimentos con gran cantidad de grasas, nuestro organismo tiene que producir mayor cantidad de ácido clorhídrico para digerir ese alimento. Este exceso de ácido provoca los molestos síntomas de la acidez estomacal, también conocida como **indigestión ácida**.

Algunos alimentos, como la carne y los huevos, no son ácidos cuando los consumimos, pero generan sustancias ácidas mediante las reacciones químicas involucradas en su digestión. De manera similar, alimentos como los frijoles y las lentejas no son básicos, pero producen bases cuando se descomponen o reaccionan en nuestro cuerpo con otras sustancias. Por ello, la capacidad de los alimentos para generar acidez estomacal no depende tanto de si son ácidos o básicos, sino de la acidez o basicidad que producen al digerirlos.



### En acción

#### Diseña e identifica: ¿Qué tan ácidos son estos alimentos?

1. En equipos hagan las siguientes actividades sobre ácidos y bases.
  - a) Diseñen un experimento para determinar la acidez de distintos alimentos. El método puede ser cualitativo, utilizando indicadores ácido-base, o cuantitativo, usando papel pH.
  - b) Analicen la acidez tanto de alimentos que consideren nutritivos como de los de bajo contenido nutrimental; incluyan muestras de refresco y comida rápida.
  - c) Decidan cómo van a detectar el valor del pH de alimentos sólidos.
  - d) Describan en su cuaderno los detalles de su procedimiento; consideren el manejo de residuos y antes de llevarlo a cabo discutan sus ideas con su maestro.
  - e) Registren sus resultados y observaciones en tablas para sistematizar la información.
  - f) Investiguen el valor del pH de los alimentos que analizaron y comparan sus resultados con los que se reportan en la bibliografía.
2. Compartan sus resultados con el grupo.

### ¿Antiácidos o cambio de dieta?

Se estima que en México al menos 17 500 000 de personas sufren problemas de acidez estomacal y que 4 400 000 padecen agruras. Estos trastornos se deben fundamentalmente al consumo de comidas muy condimentadas y alto contenido de grasa, así como a la ingesta de bebidas alcohólicas.

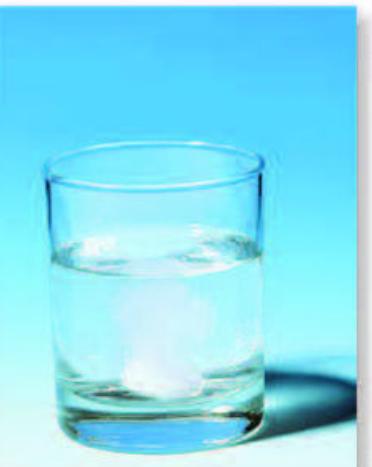
### Busca en...

[www.edutics.mx/  
ZCh](http://www.edutics.mx/ZCh) (Consulta: 22  
de enero de 2019)  
encontrarás infor-  
mación acerca de  
los yogures in-  
cluyendo su aci-  
dez, en el artículo  
"Yogur" en Revista  
del consumidor,  
México, 2002,  
num. 304.

Irazoque, Glinda  
y José Antonio  
López Tercero, *La  
química de la vida  
y el ambiente*, Mé-  
xico, SEP-Santillana,  
2002 (Biblioteca de  
aula). Para saber  
cómo funcionan  
los cinco sentidos  
desde un punto de  
vista químico.

## Glosario

**Esofagitis:** irritación o inflamación del esófago causado generalmente por acidez y reflujo estomacales.



**Figura 4.13** Las burbujas que se desprenden al disolver un antiácido efervescente en agua son de dióxido de carbono, formado por la reacción del bicarbonato de sodio (base) y el ácido cítrico que contiene la pastilla.

Si la acidez estomacal no se atiende a tiempo, deriva en inflamación de los tejidos del estómago (**gástritis**) o del esófago por el reflujo de ácido clorhídrico (**esofagitis**), e incluso puede causar úlceras. El consumo excesivo de alimentos que incrementan la acidez estomacal favorece el crecimiento y la reproducción de bacterias que causan diversos tipos de enfermedades. Esto es en particular peligroso cuando se combina con el consumo de agua no potable, la cual contiene microorganismos patógenos que se multiplican en medios ácidos.

Un incremento en la acidez estomacal provoca que el cuerpo extraiga minerales ricos en calcio, magnesio y potasio de la sangre, los huesos y otros órganos del cuerpo para neutralizar el ácido en exceso, proceso que nos pone en riesgo de contraer enfermedades como osteoporosis e hipotiroidismo. Además, el consumo de alimentos ácidos causa daños permanentes en los dientes, porque las sustancias ácidas destruyen el esmalte.

Las compañías farmacéuticas elaboran **antiácidos**, medicamentos que ayudan a contrarrestar la acidez estomacal. Algunos de éstos producen efervescencia al disolverse en agua (figura 4.13), otros alivian el dolor provocado por los gases que se forman y también existen los laxantes para ayudar a limpiar los intestinos.

Varios antiácidos contienen sustancias básicas, como el hidróxido de magnesio ( $Mg(OH)_2$ ) y el bicarbonato de sodio ( $NaHCO_3$ ), como se describe en la tabla 4.8. En otros casos, como sucede con el antiácido efervescente, se tiene una mezcla de sustancias que reaccionan con el agua y produce sustancias básicas que neutralizan el exceso de ácido.

**Tabla 4.8 Ingredientes de algunos productos antiácidos**

Producto comercial	Ingredientes(s)
Pastillas efervescentes	$NaHCO_3$ , ácido cítrico
Bicarbonato de sodio	$NaHCO_3$
Suspensiones	$CaCO_3$
Líquidos	$Al(OH)_3$ , $Mg(OH)_2$
Leche de magnesia	$Mg(OH)_2$
Tabletas masticables	$CaCO_3$

Para resolver los problemas de acidez, es muy común que la gente tome antiácidos, pero éstos sólo alivian el malestar por tiempo limitado; por ello lo más efectivo es modificar los hábitos alimentarios. Al respecto, y como lo estudiaste en el curso de Ciencias 1, una dieta correcta debe ser:

- **Equilibrada:** los nutrientes que se reciben de los alimentos deben ser en las proporciones que el organismo necesita, ni más ni menos.
- **Variada:** incluir diferentes alimentos, así como platillos que no resulten aburridos y mezclar diversos sabores.
- **Completa:** que tenga todos los nutrientes que se requieren e incluya los tres grupos de alimentos: verduras y frutas, cereales y tubérculos, así como alimentos de origen animal y leguminosas.
- **Inocua e higiénica:** los alimentos deben estar en buen estado y prepararse higiénicamente.

Como parte de una dieta adecuada siempre debemos consumir agua potable. Diversos estudios han mostrado que el agua potable es el mejor antiácido que existe, porque ayuda a neutralizar el ácido que se acumula en el esófago y a disminuir el valor de pH estomacal. El agua debe estar libre de microorganismos patógenos, los cuales frecuentemente se reproducen con facilidad en medios ácidos.



## En acción

Explora: ¿Qué tan efectivos son para neutralizar?

## Introducción

Los productos antiácidos se encuentran entre los medicamentos de mayor consumo en todo el mundo y generan ganancias millonarias a las compañías que los producen. Pero, ¿qué diferencia existe entre los antiácidos de distintas marcas?

## Propósito

Evaluá el mejor antiácido con base en su capacidad neutralizante.

## Material

4 bolsas con cierre hermético tamaño sándwich, un marcador, 4 antiácidos distintos en tableta, vinagre blanco, agua, extracto de col morada u otro indicador de pH, 2 cucharas de plástico.

## Procedimiento

1. Marquen cada bolsa con el nombre de uno de los antiácidos y en cada una agreguen 5 ml de vinagre blanco, 10 ml de agua y dos cucharadas de extracto de col morada o el indicador de pH que tengan disponible.
2. Trituren una tableta de cada antiácido y añadan el polvo en la bolsa correspondiente. Extraigan el exceso de aire de la bolsa y ciérrrenla.
3. Observen lo que sucede y regístrenlo en su cuaderno.

## Análisis de resultados y conclusiones

4. Comparen las coloraciones del líquido en las bolsas cuando concluyan las reacciones. Utilicen la escala de pH del indicador que hayan utilizado (el de la col morada, pág. 212), para determinar cuál antiácido fue más efectivo para reducir la acidez del medio.

## Manejo de residuos

Desechen los residuos sólidos de sus experimentos en la basura y los líquidos en el recipiente que les indique su maestro.



## Química asombrosa

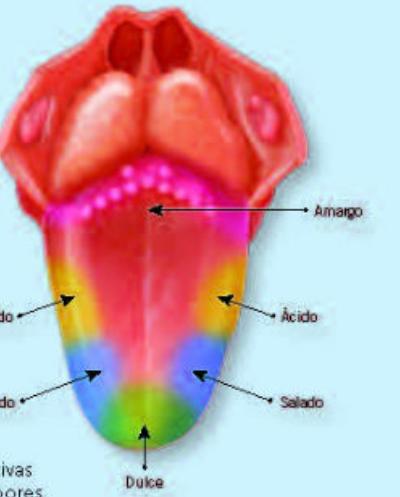
## El Bítrex

A pesar de la vigilancia de los padres, cada año miles de niños necesitan atención médica por haber ingerido alguna sustancia química casera. Hay dos formas de reducir este peligro: la primera es asegurarse de que todos los recipientes que contengan sustancias químicas peligrosas sean sellados con tapas que los pequeños no puedan quitar, y la segunda, echarle algo a las sustancias que les dé un sabor tan desagradable que el niño lo escupga inmediatamente.

La sensación gustativa que menos toleramos es la amarga. La naturaleza produce varias sustancias muy amargas, pero no hay nada peor que una sustancia llamada bátrex. Una compañía farmacéutica de Edimburgo la descubrió en 1958, mientras buscaban analgésicos del tipo de los que dejan insensible la piel cuando se aplican superficialmente. Bátrex es un polvo blanco, no es tóxico y se disuelve en todo tipo de disolventes; incluso se incluye en el libro Guinness de los records por ser la sustancia más amarga que existe.

Hoy día se le añade a productos como el alcohol casero, barnices, pinturas, productos de limpieza, entre otros. De hecho, es la sustancia que se usa en los barnices que se venden para ayudar a que la gente no se muerda las uñas. Una anécdota graciosa sobre esta sustancia es la de un investigador que trabajaba con bátrex y se fue a su casa sin darse cuenta de que un poco del polvo se le había adherido a los labios. Cuando su esposa le dio un beso para recibirla, ella casi se vomitó.

Nuestro paladar disfruta de sabores ácidos, como el limón, el vinagre, etcétera. Sin embargo, no estamos acostumbrados a sabores amargos que muchas veces los producen sustancias denominadas básicas. Como te imaginarás, el bátrex pertenece a esa clase.



#### Conéctate con...

##### Nutriología

¿Qué dirías si alguien te comenta que el plátano es parte de nuestra canasta básica de alimentos? Cuando pensamos en estos alimentos, siempre viene a nuestra mente el frijol, el arroz, la leche, la carne o el huevo, pero difícilmente pensamos de manera inmediata en el plátano. Sin embargo, es uno de los primeros alimentos sólidos que se les ofrece a los bebés después de la leche materna debido a su fácil digestión y su alto valor nutrimental, pues contiene vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6 y fibra; además, la fibra del plátano favorece la flora bacteriana benéfica y estimula la digestión. Su pulpa es rica en carbohidratos y en aminoácidos como la lisina, la leucina y la valina, entre otros. Es, sin duda, un alimento energético de bajo costo, ya que, dependiendo de la variedad, la pulpa contiene de 60% a 80% de almidón. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), un adulto sano promedio requiere de 2000 a 2300 kilocalorías al día, las cuales provienen principalmente del almidón. Cien gramos de pulpa de plátano contienen aproximadamente de 100 a 130 kilocalorías, es decir, 10% de la dosis diaria recomendada. Así, el plátano es un alimento energético, nutritivo y de bajo costo que es consumido por familias de todos los estratos sociales.

En México se le utiliza como postre, entremés, colación ("refrigerio") y como complemento de algunos guisos. Los efectos benéficos de comer plátano son múltiples; es recomendable en casos de artritis, gota o úlceras, pues ayuda a neutralizar y a disolver los ácidos retenidos en el cuerpo, principalmente el úrico, el fosfórico y el sulfúrico. El plátano es también eficiente en el control del colesterol, la ansiedad y el sueño. Otro aspecto importante es que se trata un alimento rico en potasio, el cual contrarresta el efecto de retención de líquidos producidos por el sodio, y la eliminación del exceso de agua ayuda a reducir la presión arterial en el organismo. Por el contrario, su falta puede provocar debilidad de los músculos, taquicardia, sed y falta de apetito. Los atletas lo consumen frecuentemente para obtener energía y potasio. Además, contiene otros minerales necesarios para nuestro metabolismo, como calcio, fósforo y magnesio.

Fuente: Adaptado de Canto, B. Beatriz y Genny M. Castillo, "Un milusos: el plátano", en *La ciencia y el hombre*, vol. 24, núm. 1, México, Universidad Veracruzana, 2011, disponible en [www.edutics.mx/48y](http://www.edutics.mx/48y) (Consulta: 22 de enero de 2019).

#### Cierre

##### Analiza y decide: ¿Una dieta neutra?

La tabla 4.9 presenta un "semáforo" alimentario para determinar la acidez estomacal. El área roja indica los alimentos que deben ingerirse en pequeñas cantidades, porque tienen alta probabilidad de generar acidez estomacal. Por su parte el área verde está asociada a alimentos que causan menos problemas.

**Rojo:** Reconsidera esta opción.

**Amarillo:** Consúmelo con moderación.

**Verde:** Tienes poca probabilidad de aumentar la acidez estomacal.

Tabla 4.9 Semáforo alimentario para determinar la acidez estomacal

Frutas	Verduras	Granos	Lácteos	Carne/pescado	Dulces	Bebidas
Naranja	Puré de papa	Pasta con queso	Crema	Carne	Chocolate	Vino
Limón	Papas fritas	Pasta con jitomate	Helado	Nuggets de pollo	Hojuelas de maíz	Café
Jitomate	Cebolla cruda	Molletes	Yogur	Huevo	Galletas dulces	Té
Durazno	Ajo	Granola	Leche	Pescado frito		Cerveza
Fresas	Cebolla cocida	Pan	Queso	Jamón		Refresco
Uvas	Zanahorias	Arroz	Crema sin grasa	Pechuga de pollo		Agua
Manzanas	Chicharos	Galletas saladas	Queso de cabra	Pescado fresco		
Plátano	Papa al horno					

1. A partir del semáforo de acidez y los conocimientos que adquiriste en el bloque anterior sobre el contenido energético de los alimentos, diseña una dieta no sólo equilibrada, sino que además evite la acidez estomacal.
2. Comparte en grupo tu dieta y valídenla con ayuda del maestro.

#### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico la acidez de algunos alimentos o de aquellos que la provocan y analizo los riesgos a la salud por el consumo frecuente de alimentos ácidos.			

# Importancia de las reacciones de óxido y de reducción

## Reacciones con una larga historia

El conocimiento y dominio de procedimientos tecnológicos que involucran reacciones químicas han influido de manera determinante en el desarrollo de las sociedades. Así, 1500 años antes de nuestra era, el Imperio Hitita, en Asia Menor, descubrió cómo obtener hierro fundido y acero. Con este metal forjaron armas más duras y afiladas, y los ejércitos que las poseían vencían fácilmente a aquellos que sólo disponían de armas de bronce. ¿Cómo se obtienen metales como el hierro y el cobre a partir de sus minerales? ¿Qué tipo de reacciones químicas permiten convertir los compuestos químicos que se extraen de las minas en elementos metálicos, como el bronce y el acero, para fabricar aleaciones? La respuesta a preguntas como éstas tiene que ver con los cambios químicos que se clasifican como reacciones de óxido-reducción, o reacciones redox en su forma abreviada.



## Situación inicial

### Investiga: ¿Procesos redox en casa?

Los procesos de óxido-reducción son de vital importancia para las sociedades modernas.

1. Investigan en equipo qué procesos redox se efectúan en las siguientes situaciones.
  - a) Muchos objetos de hierro se corroen a la intemperie. ¿Qué reacción redox es responsable?
  - b) Al prender la estufa y quemarse el gas propano se lleva a cabo una reacción redox. ¿Qué sustancias participan en ella? ¿Cómo representarían este proceso mediante una ecuación química?
  - c) Algunas marcas de pastas dentales y enjuagues bucales presumen ser particularmente efectivas en la limpieza bucal, que eliminan los olores y matan las bacterias, además de blanquear los dientes, porque contienen un ingrediente oxidante especial. ¿Cuál es este ingrediente? ¿En qué reacción química redox participa?
2. Comerten en grupo los resultados de su investigación.



## Desarrollo

### Características y representaciones de las reacciones redox



Figura 4.14 La corrosión es un ejemplo de reacción de oxidación.

Las reacciones de óxido-reducción, o redox, son procesos químicos presentes en múltiples sistemas a nuestro alrededor. Por ejemplo, en metalurgia, los metales se extraen de los minerales mediante procesos redox. Muchos metales así producidos se corroen con el tiempo al reaccionar con el oxígeno del aire por reacciones de óxido-reducción (figura 4.14). Nuestras células oxidan los alimentos para obtener la energía necesaria para la vida; las plantas verdes utilizan la energía de la luz solar para producir alimentos por reducción del dióxido de carbono; la oxidación de combustibles fósiles, como el gas natural y el petróleo, son el sostén de nuestra civilización tecnológica.

Cuando quemas papel, cuando se oxida un clavo de metal o cuando respiras se producen diversas reacciones redox. Algunas ocurren a gran velocidad, otras son más lentas; unas liberan gran cantidad de energía y algunas pasan inadvertidas. La variedad de reacciones de óxido-reducción que existen en la naturaleza dificulta la identificación de similitudes entre ellas, a pesar de que tienen rasgos característicos. Por ejemplo, las reacciones redox tienden a generar cambios notables en las propiedades físicas de los reactivos y los productos (como color o estado de agregación). Además, muchas de las reacciones de óxido-reducción que suceden de manera natural liberan energía, con frecuencia en grandes cantidades, como en las reacciones de combustión. ¿Qué tal si exploras otras características de las reacciones redox?



## En acción

### Transforma y analiza: ¿Cuáles son las diferencias y las similitudes?

#### Propósito

Identifica características de las reacciones redox que ocurren en la naturaleza.

#### Material

Un trozo de manzana, uno de plátano y otro de aguacate; 1 cebolla, 1 plato, 1 vaso con jugo de limón; 1 vaso con leche, 1 vaso con agua, 1 cucharada de sal, 1 vela, cerillos; 1 pincel y 1 pedazo de fibra metálica.

#### Procedimiento

1. Coloquen los trozos de manzana, plátano y aguacate sobre el plato y déjenlos a la intemperie. Describan en su cuaderno la apariencia inicial de cada trozo y repitan sus observaciones cada 15 minutos hasta completar una hora.
2. Pongan la fibra metálica en el vaso y agreguen una cucharada de sal. Describan la apariencia inicial de la fibra y repitan sus observaciones cada 15 minutos hasta completar una hora.
3. Enciendan un cerillo y observen el proceso. Describan todos los cambios. Prendan la vela y registren los cambios que se produzcan en tres minutos.
4. En una hoja de papel escriban un mensaje secreto; utilicen como tinta jugo de limón, de cebolla y leche, y como lápiz, un pincel. Dejen secar el mensaje y pasen la hoja por arriba de la llama de la vela. Tengan cuidado de no quemarse o quemar el papel. Registren en su cuaderno todas sus observaciones.

#### Análisis de resultados y conclusiones

5. Comparen los resultados de los diferentes procesos de óxido-reducción en cada experimento (oxidación de alimentos, de la fibra metálica, del fósforo en el cerillo, de la cera en la vela y del jugo de limón y del jugo de la cebolla, y la leche en el mensaje).
  - a) ¿Qué similitudes y diferencias identifican?
6. Discutan sus ideas en grupo y con su maestro.

#### Manejo de residuos

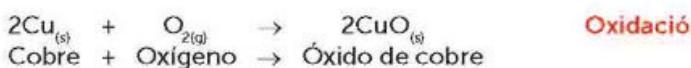
Depositen en los contenedores correspondientes de basura los desperdicios de sus experimentos.

## Busca en...

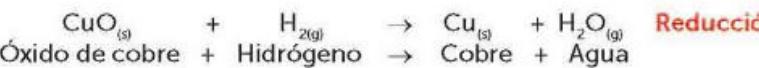
[www.edutics.mx/  
Zxx](http://www.edutics.mx/Zxx) (Consulta: 22  
de enero de 2019)  
para que observes  
algunos videos  
sobre reacciones  
químicas.

## Dos procesos opuestos

Durante mucho tiempo, los químicos llamaron oxidaciones a las reacciones químicas en las que una sustancia se combinaba con oxígeno, y reducciones a los procesos en los que las sustancias perdían oxígeno.

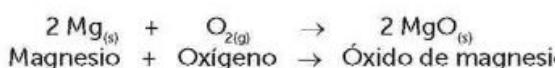


Oxidación



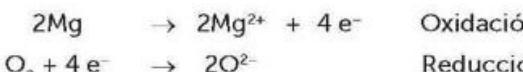
Reducción

Sin embargo, conforme avanzó el entendimiento de las reacciones químicas, los términos oxidación y reducción adquirieron un nuevo significado que permitió clasificar una amplia gama de procesos químicos como reacciones de óxido-reducción o reacciones redox. Para entender estas reacciones, analicemos la siguiente:



Como sabes, el producto de esta reacción es óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ), es un compuesto iónico formado por iones magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y de óxido ( $\text{O}^{2-}$ ). En la formación de este compuesto, cada átomo de magnesio pierde dos electrones y cada átomo de oxígeno gana dos. Se dice entonces que hay una "transferencia de electrones" entre los reactivos. Esta **transferencia de electrones** es la característica principal de las reacciones redox.

En el lenguaje químico moderno, la **sustancia que pierde electrones se oxida** y la **sustancia que gana electrones se reduce**. Cada uno de estos procesos se representa de manera independiente:



Por convención, los electrones que pierde la sustancia que se oxida se colocan en el lado de los productos, mientras que los que gana la sustancia que se reduce se representan como reactivos. Nota que, en esta reacción en particular, como la molécula de oxígeno es diatómica, se requieren dos electrones para reducir cada átomo de oxígeno y así formar dos iones óxido  $\text{O}^{2-}$ . Para ello es necesario que dos átomos de magnesio pierdan dos electrones cada uno.

En este ejemplo destacan varios aspectos. En toda reacción redox (figura 4.15), una sustancia se oxida (pierde electrones) y otra se reduce (gana electrones). Como consecuencia, los átomos que pierden electrones se volverán positivos (formarán cationes) y los que ganan serán negativos (formarán aniones). La sustancia que gana electrones se reduce y recibe el nombre de **agente oxidante**, mientras que la que los pierde se oxida y se denomina **agente reductor**. En nuestro ejemplo, el oxígeno es el oxidante y el magnesio es el reductor.

Como ves, la pérdida o ganancia de un simple electrón cambia radicalmente las propiedades químicas de los átomos. Por ello, los compuestos químicos resultantes tienen propiedades muy distintas a las de los reactivos con que se produjeron.

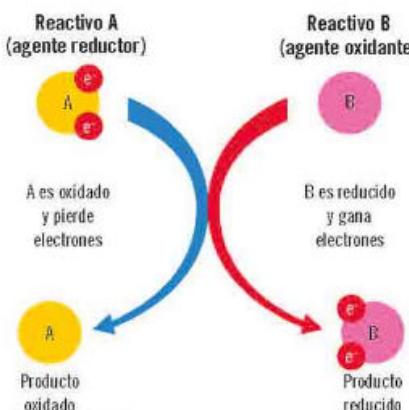
## Toma nota

El átomo que pierde electrones se oxida y es el agente reductor.

El átomo que gana electrones se reduce y es el agente oxidante.

## Busca en...

Ávila Mendoza, Javier y Joan Genescá Llongueras, *Más allá de la herrumbre*, México, RCR, 2003 (La Ciencia para Todos). Este texto te ayudará a profundizar en el tema con historia y ejemplos de metales y corrosión.



230

Figura 4.15 Diagrama del proceso redox.

## En acción

Infiere: ¿Se oxida o se reduce?

1. Analiza cada una de las siguientes reacciones de combinación e identifica el reactivo que se oxida y el que se reduce.

a) Decide cuál de los reactivos es el agente oxidante y cuál el agente reductor.

b) Identifica en la tabla 4.10 los iones que se forman en el proceso:

Tabla 4.10 Reacciones de óxido-reducción

Reacción química	Se oxida	Se reduce	Agente oxidante	Agente reductor	Anión	Catión
$\text{Zn}_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(s)}$						
$\text{Cu}_{(s)} + \text{S}_{(s)} \rightarrow \text{CuS}_{(s)}$						
$2\text{Na}_{(s)} + \text{F}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NaF}_{(s)}$						

2. Discute con tus compañeros los patrones de comportamiento que observan.

a) ¿Qué les sucede a los metales en estas reacciones?, ¿se oxidan o se reducen?

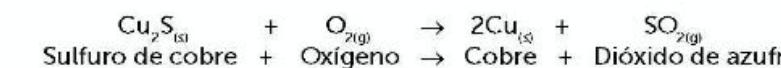
b) ¿Qué les ocurre a los no metales?, ¿son agentes reductores u oxidantes?

## Reacciones redox de importancia

Como hemos mencionado, muchos procesos químicos fundamentales para la vida y para las sociedades modernas involucran reacciones redox. Entre ellos destacan los procesos metalúrgicos, la corrosión, la combustión de combustibles fósiles y la fotosíntesis.

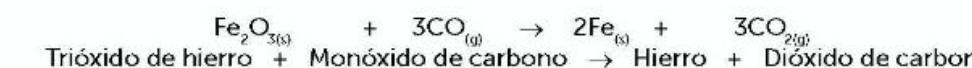
Al respecto, los procesos metalúrgicos han definido el progreso de la humanidad, pasando por la Edad de Piedra, la Edad de Bronce, la Edad de Hierro, y así sucesivamente. La elaboración de herramientas y utensilios fue posible cuando los artesanos aprendieron a separar por fundición los metales de sus minerales.

El cobre fue quizás el primer metal que se obtuvo en forma pura por medio de esta técnica y probablemente se aisló al calentar el mineral de carbonato de cobre ( $\text{CuCO}_3$ ) o de sulfuro de cobre ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) en presencia de oxígeno:



En esta reacción, el oxígeno actúa como agente oxidante, mientras el sulfuro de cobre es el agente reductor.

Por su parte, el hierro se obtuvo utilizando monóxido de carbono como agente reductor:



En este proceso, el hierro en  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$  se reduce a hierro metálico  $\text{Fe}_{(s)}$ , en tanto que el monóxido de carbono ( $\text{CO}_{(g)}$ ) se oxida para dar lugar a dióxido de carbono ( $\text{CO}_{2(g)}$ ).

La **corrosión** es un proceso en el que sustancias metálicas reaccionan con agentes oxidantes, como agua u oxígeno, originando compuestos iónicos mucho menos maleables que el metal original. Un ejemplo característico de este proceso es la reacción del hierro:



Figura 4.16 La quema de matorrales es un ejemplo de una reacción de oxidación.



En este caso, los átomos de hierro se oxidan mientras que los de oxígeno en la molécula de  $\text{O}_2$  se reducen. Entender el proceso de corrosión es primordial, pues cada año es responsable de la destrucción de toneladas de estructuras metálicas.

La **combustión** fue el primer proceso químico que el ser humano aprovechó como fuente de luz y calor. En toda reacción de combustión, el oxígeno del aire reacciona con un material combustible y, durante el proceso, se libera gran cantidad de energía en forma de luz y calor (figura 4.16). Toda combustión requiere el contacto de tres participantes: un combustible, un comburente y energía, en cualquiera de sus formas, para iniciar el proceso. Al final se produce más energía de la que se invirtió para hacer posible la reacción química (figura 4.17).

Las sustancias combustibles comunes, como el carbón, la gasolina y la parafina de una vela, son hidrocarburos, compuestos formados por carbono e hidrógeno. La combustión completa de estos compuestos siempre da como producto dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Por ejemplo, el componente principal de la gasolina es el octano ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ), un hidrocarburo líquido que, al quemarse en el interior del motor de un automóvil, genera suficiente energía para ponerlo en movimiento (figura 4.18). La ecuación química que representa el proceso en el interior de los motores es:

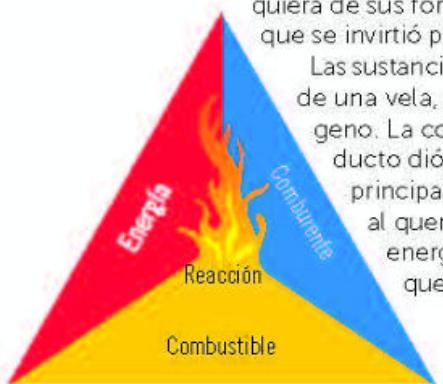
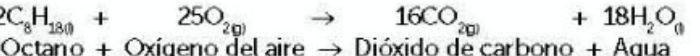


Figura 4.17 Triángulo de la combustión.



En la combustión de hidrocarburos, el oxígeno es siempre el agente oxidante y el hidrocarburo, el agente reductor.

Las reacciones redox también son igual de importantes en la vida de todos los seres vivos; la **fotosíntesis**, por ejemplo, es un proceso que involucra múltiples reacciones redox. Como estudiaste en el curso de Ciencias 1, con este proceso químico, las plantas verdes, las algas y algunas bacterias transforman el dióxido de carbono y el agua en glucosa gracias a la energía solar. La reacción química que se lleva a cabo se expresa como:

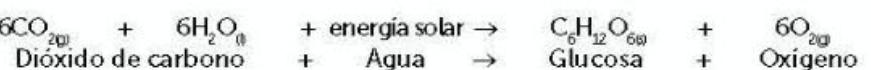


Figura 4.18 La energía que genera la combustión de la gasolina en el motor de un automóvil es la que lo pone en movimiento.

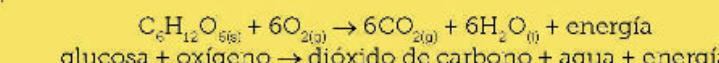
En esta biosíntesis de la glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), los átomos de carbono en el  $\text{CO}_2$  se reducen y los átomos de oxígeno en el agua se oxidan. De modo similar, la mayoría de los compuestos químicos que permiten a las células desarrollar sus funciones, como lípidos y proteínas, son productos de reacciones redox y todas las células, incluidas las neuronas, son capaces de controlar y regular de una manera precisa este tipo de reacciones.



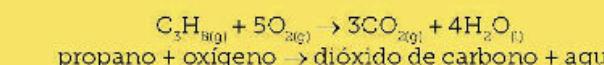
### En acción

#### Analiza e infiere: ¿Quién es quién cuando respiras?

La energía que se genera durante la combustión de la glucosa en nuestras células es producto de reacciones redox. En el proceso de respiración celular se efectúa la reacción química contraria a la fotosíntesis:



1. Con base en el análisis de las reacciones redox de la fotosíntesis, contesta: ¿Qué sustancias supones que se oxidan y reducen en este proceso?
2. ¿Cuáles son los agentes oxidantes y los reductores en esta reacción?
3. Discute tus ideas con tus compañeros y generalicen sus conclusiones para analizar cualquier combustión en presencia de oxígeno; por ejemplo, consideren la combustión completa del gas propano:



- a) ¿Cuáles son las diferencias y similitudes entre la quema de este gas y la combustión de la glucosa en las células?

### Cierre



#### Investiga y explica: ¿Cómo funcionan?

Los procesos de óxido-reducción están presentes en muchos campos de nuestra vida cotidiana. Con estas reacciones no sólo explicamos por qué se oxidan los metales o cómo se alimentan las plantas, también nos permiten entender:

- el teñido y destañido de ropa y cabello,
- la acción de antisépticos y desinfectantes,
- el funcionamiento de los ungüentos en el tratamiento del acné
- el revelado de películas fotográficas,
- la acción oxidante del alcohol y la nicotina, causante de acelerar el envejecimiento.

1. En equipos de cuatro integrantes, su maestro les asignará uno de los temas mencionados para que realicen una investigación a partir de la cual respondan.
  - a) ¿Qué procesos de óxido-reducción se llevan a cabo?
  - b) ¿Cuáles son los agentes oxidantes y cuáles los reductores?
2. Presenten sus resultados al maestro y cuando les dé el visto bueno, expóngalos en el periódico mural de la escuela.

### Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Identifico el cambio químico en algunos ejemplos de reacciones de óxido-reducción.			



Figura 4.19 En muchos aparatos eléctricos se llevan a cabo reacciones químicas.

## Número de oxidación

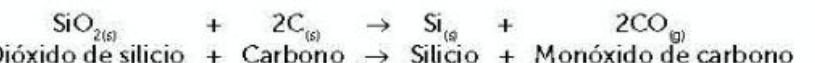
### Un mundo redox

Las reacciones de óxido-reducción que estudiaste en la secuencia anterior no sólo son importantes porque permiten entender diversos fenómenos naturales, entre ellos la fotosíntesis, la respiración y la corrosión, sino también porque ayudan a sintetizar y fabricar productos de gran utilidad en nuestra vida. Por un lado, las reacciones redox se aprovechan para sintetizar miles de sustancias y materiales, como el acero, que se utiliza para construir casas, automóviles, maquinaria y barcos; el cobre, para fabricar cables y tuberías; el silicio, del que depende el funcionamiento de computadoras y teléfonos celulares; colorantes, como aditivos alimentarios y en la confección de ropa, además de fertilizantes y plaguicidas, necesarios para producir alimentos en todo el mundo. Por otro lado, las reacciones de óxido-reducción son la fuente de la energía que sostiene a las sociedades modernas. Dentro de cada motor de combustión y de cada pila en los juguetes y aparatos electrónicos se producen reacciones redox que generan la energía que los hace funcionar (figura 4.19). En esta secuencia aplicarás tus conocimientos de Química para aprender más sobre síntesis química y fabricación de dispositivos para generar energía.

### Situación inicial

#### Infiere: ¿Oxidantes o reductores?

El silicio es un material esencial en la industria electrónica por sus propiedades semiconductoras; es decir, conduce electricidad cuando se le proporciona un poco de energía; también se utiliza para fabricar desde microchips hasta celdas solares y su síntesis se basa en la siguiente reacción química:



1. Considera la reacción química y contesta:
  - ¿Qué sustancia es el agente oxidante y cuál, el agente reductor?
  - ¿Cuáles átomos se redujeron y cuáles se oxidaron?
2. Discute con un compañero qué propiedades de los reactivos y productos utilizaron para responder las preguntas anteriores.

### Desarrollo

#### Número de oxidación y su relación con la tabla periódica

En procesos de síntesis de materiales mediante reacciones redox es fundamental saber qué sustancias se oxidan y cuáles se reducen. Este análisis se facilita si reconocemos qué componente ganó o perdió electrones. Con este fin, los químicos desarrollaron el concepto **número de oxidación** de los elementos, cuya asignación se basa en una convención que todos ellos han aceptado. El objetivo es asignar un número a cada átomo presente en un compuesto químico que nos dé una idea de su nivel de oxidación. Dado que “oxidar” implica perder electrones (recuerda que este tipo de partículas tiene carga negativa), un átomo con alto grado de oxidación debe ser más positivo. Un átomo que se ha reducido (tiene ganancia de electrones) será más negativo.

Para obtener el número de oxidación de un elemento en determinado compuesto se sigue una serie de pasos sistemáticos. Analicemos, como ejemplo, el caso del agua.

**Paso 1.** Se escribe la estructura de Lewis del compuesto en cuestión,  $\text{H}_2\text{O}$ :



**Paso 2.** Se considera que en un enlace todos los electrones le pertenecen al átomo más electronegativo (tabla 4.11); en este caso, el átomo de oxígeno. Esto equivale a suponer que el compuesto es iónico, en vez de covalente.



Si existen uniones de un elemento consigo mismo, los electrones de enlace se distribuyen en forma equitativa entre los dos átomos (figura 4.20); sin embargo, no es el caso del agua.

**Paso 3.** Se cuentan los electrones de valencia con los que cada átomo se queda,  $N_{\text{ión}}$ . En el agua, el oxígeno tiene  $N_{\text{ión}} = 8$ , y el hidrógeno,  $N_{\text{ión}} = 0$ .

**Paso 4.** Se calcula el número de oxidación de cada tipo de átomo restando el  $N_{\text{ión}}$  al número de electrones de valencia del elemento,  $N_{\text{val}}$ :

$$N_{\text{ox}} = N_{\text{val}} - N_{\text{ión}}$$

Esto se hace para comparar el número máximo de electrones de cada átomo si el compuesto formado fuera iónico, con los que tiene en estado neutro. En el agua (aunque sabemos que tiene enlaces covalentes polares), el oxígeno posee seis electrones de valencia en estado neutro y el hidrógeno, uno. Por tanto, sus números de oxidación son:

$$N_{\text{ox}}(\text{oxígeno}) = 6 - 8 = -2$$

$$N_{\text{ox}}(\text{hidrógeno}) = 1 - 0 = +1$$

Por convención, el signo se coloca después del número. Estos números nos indican que el hidrógeno tiene mayor grado de oxidación que el oxígeno en la molécula de agua. Es importante recordar que, en todo compuesto eléctricamente neutro, la suma de los números de oxidación de cada átomo o ión que los constituye debe ser cero. En el agua tenemos:

$$1 \times N_{\text{ox}}(\text{oxígeno}) + 2 \times N_{\text{ox}}(\text{hidrógeno}) = -2 + 2 \times (+1) = 0$$

Cuando se busca el número de oxidación de los iones en un compuesto iónico, el resultado siempre es igual a la carga de cada ión. Considera el cloruro de sodio,  $\text{NaCl}$ , compuesto en el que el cloro es el elemento más electronegativo.



$$N_{\text{ox}}(\text{sodio}) = N_{\text{val}} - N_{\text{ión}} = 1 - 0 = +1$$

$$N_{\text{ox}}(\text{cloro}) = N_{\text{val}} - N_{\text{ión}} = 7 - 8 = -1$$

Tabla 4.11 Valores de electronegatividad de algunos elementos

Elemento	Valor	Elemento	Valor
K	0.8	C	2.5
Na	0.9	I	2.5
Mg	1.2	S	2.8
Al	1.6	Br	3.0
Zn	1.8	Cl	3.0
Fe	1.8	N	3.0
Sn	1.8	O	3.5
Cu	1.9	F	4.0
H	2.1	Ca	1.0

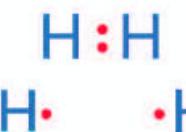


Figura 4.20 Cuando los átomos que se enlanzan son del mismo tipo, los electrones en el enlace se distribuyen de manera equitativa.

### Busca en...

Ávila, Javier y Joan Genescá, *Más allá de la herrumbre*, México, FCE, 1996 (La Ciencia para Todos). Para que relaciones el número de oxidación con el herrumbre.

Como lo puedes notar, el número de oxidación corresponde a la carga eléctrica del ión sodio,  $\text{Na}^+$ , y del ión cloruro,  $\text{Cl}^-$ . Si sumas los dos números de oxidación multiplicados por el número de cada tipo de ión presente en la fórmula, se verifica que el compuesto es eléctricamente neutro.

$$1 \times N_{\text{ox}} (\text{sodio}) + 1 \times N_{\text{ox}} (\text{cloro}) = +1 - 1 = 0$$

Por último, como todos los elementos en estado puro son neutros, su número de oxidación siempre se considera igual a cero.

El análisis de la composición de una gran variedad de compuestos químicos indica que el número de oxidación es una propiedad periódica; es decir, elementos de la misma familia adquieren números de oxidación similares al combinarse para formar los compuestos. Además, se observa que por lo regular el número de oxidación de muchos elementos es el mismo, sin importar el compuesto del que formen parte. Esto es particularmente cierto para elementos de las familias 1, 2, 13 (III A), 16 (VI A) y 17 (VII A) de la tabla periódica, debido a que tienden a perder o ganar electrones de acuerdo con la regla del octeto (página 177) cada vez que se combinan. La siguiente tabla resume los números de oxidación por lo regular más observados.

Tabla 4.12 Números de oxidación y ubicación en la tabla periódica

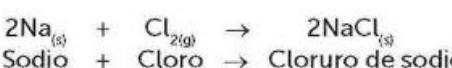
	1 (IA)	2 (IIA)	13 (IIIA)	16 (VI A)	17 (VIIA)
$N_{\text{ox}}$	1+	2+	3+	2-	1-
Ejemplo	$\text{Na}^{1+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{S}^{2-}$	$\text{Cl}^{1-}$

Ciertos elementos, como el carbono y el nitrógeno, así como la mayoría de los metales de transición (elementos en la región central de la tabla periódica), adquieren números de oxidación diversos que dependen de las sustancias con las que se combinan.

Durante una reacción redox cambian los números de oxidación de los elementos participantes. Esta modificación puede usarse para determinar qué sustancia se oxidó y cuál se redujo. En general:

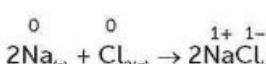
- Un elemento se **oxida** cuando su **número de oxidación aumenta**.
- Un elemento se **reduce** cuando su **número de oxidación disminuye**.

Por ejemplo, en la reacción de combinación que origina la formación de cloruro de sodio:



el número de oxidación del sodio cambia de 0 a 1+, lo cual indica que se oxida, y el del cloro se modifica de 0 a 1-, por lo que se reduce.

En la ecuación química es común representar los números de oxidación en la parte superior del símbolo de cada elemento para crear una representación visual que muestre con claridad cuál se reduce y cuál se oxida, como se representa a continuación.



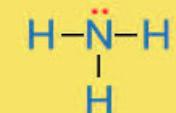
### En acción

#### Analiza e infiere: Los números de oxidación

1. En tu cuaderno determina el número de oxidación de cada uno de los elementos que forman los siguientes compuestos. Consulta la tabla periódica cuando sea necesario.



Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )



Amoniaco ( $\text{NH}_3$ )



Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ )



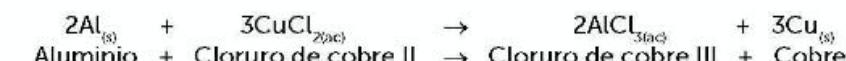
Fluoruro de potasio (KF)

2. Compara tus resultados con los de un compañero y verifícalos con ayuda de tu maestro.

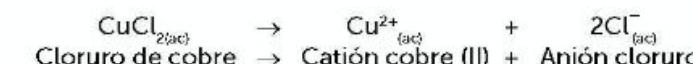
### Reacciones de síntesis

Todas las reacciones de combinación (también llamadas de síntesis), en las que se forma un nuevo compuesto a partir de sus elementos químicos son reacciones redox. Cuando un metal se combina con un no metal, los átomos metálicos pierden electrones —se oxidan— y los no metales ganan electrones —se reducen—. Los aniones y cationes presentes en los compuestos iónicos que se generan pueden transformarse de nuevo en átomos neutros si participan en otras reacciones redox.

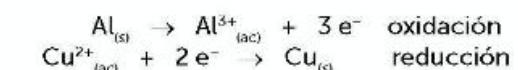
Analicemos la reacción química de la síntesis de cobre metálico. En este proceso se utiliza la reacción redox entre aluminio metálico y cloruro de cobre (II) disuelto en agua:



Para identificar el proceso de transferencia de electrones es recomendable estudiar esta reacción por partes: la oxidación y la reducción. En disolución, el  $\text{CuCl}_2$  se separa en sus iones:



Cuando se establece el contacto entre el papel aluminio y la disolución de  $\text{CuCl}_2$ , los átomos de aluminio (Al) ceden electrones a los iones de cobre  $\text{Cu}^{2+}$ , lo cual se representa así:



Como observas, los átomos de aluminio se **oxidan** ( pierden electrones) y cambian su número de oxidación de 0 a 3+. Los iones de cobre, al contrario, se **reducen** (ganar electrones) y su número de oxidación se modifica de 2+ a 0, dando lugar a la formación de cobre metálico. Puesto que cada ión de cobre  $\text{Cu}^{2+}$  requiere dos electrones y cada átomo de aluminio (Al) pierde tres, se necesitan dos átomos de aluminio para reducir tres iones de cobre.

La mayoría de los elementos metálicos en nuestro planeta están combinados con otros elementos formando compuestos iónicos; por ejemplo, el aluminio, el elemento metálico más abundante, nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza, sino formando compuestos iónicos como el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), también llamado alúmina. En este compuesto, el aluminio está en forma iónica, como iones  $\text{Al}^{3+}$ . ¿Qué consideras que debe hacerse para transformarlo en aluminio metálico? ¿oxidarlo o reducirlo? En la práctica, la reducción de aluminio se logra por electrólisis (recuerdas el experimento en la página 77?), un proceso que requiere electricidad para proporcionar el número de electrones necesarios y así reducir cada ión  $\text{Al}^{3+}$  a átomos de aluminio metálico, Al.



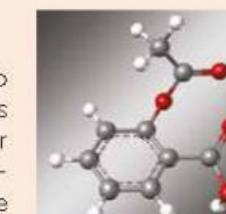
## La gran revolución en síntesis química

Es acertado considerar el siglo XIX como el periodo en el que se produjo una de las revoluciones más relevantes en las ideas y métodos químicos para sintetizar nuevas moléculas. Con el conocimiento adquirido por científicos como Lavoisier, Mendeleiev, Kekulé, Van't Hoff, Lewis y Pauling, los químicos de ese siglo se convirtieron en verdaderos artífices de la síntesis de materiales. La gran mayoría de los plásticos, medicinas, pigmentos, colorantes, aditivos alimentarios, combustibles, cristales líquidos, semiconductores para circuitos electrónicos, fertilizantes y plaguicidas que usamos hoy día fueron sintetizados por primera vez no hace más de 75 años. Muchos de los procesos de síntesis de estas sustancias se basan en reacciones redox como las que hemos estudiado.

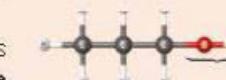
En el último siglo, los avances más notables se han dado en la síntesis de nuevos compuestos de carbono (área que se conoce como **Química orgánica**). La síntesis de estos compuestos se basa en dos ideas fundamentales. La primera es que los compuestos de carbono, o sustancias orgánicas, pueden clasificarse en diversos tipos que se distinguen entre sí por la presencia de diferentes "grupos funcionales": grupos de átomos unidos de manera particular que se comportan como una unidad durante las reacciones químicas. Como ejemplos tenemos los grupos funcionales alcohol ( $-\text{OH}$ ), amina ( $-\text{NH}_2$ ) y ácido carboxílico ( $-\text{COOH}$ ). Cada grupo funcional reacciona de manera particular.

El otro concepto fundamental es que cada átomo de carbono forma cuatro enlaces cuando reacciona con otros átomos y las estructuras que se forman son tridimensionales. Cuando un átomo de carbono se une por enlaces sencillos a otros átomos, éstos se distribuyen en los vértices de un tetraedro. Por tanto, la estructura de las moléculas orgánicas se debe analizar en tres dimensiones. La forma en la que se distribuyen los átomos de estas moléculas en el espacio se denomina "estereoquímica". Estas ideas, como recordarás, fueron propuestas por Frankland, Kekulé y Van't Hoff.

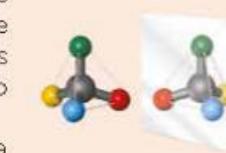
Una de las consecuencias de la geometría tridimensional de los compuestos de carbono es que existen moléculas con el mismo tipo y número de átomos, pero distribuidos de manera distinta en el espacio (isómeros). En particular, cuando un átomo de carbono se une a cuatro átomos de diferentes tipos, pueden existir isómeros que sólo difieren en que uno es la imagen en el espejo del otro. Estas moléculas no se pueden superponer una sobre otra (como por ejemplo tu mano izquierda y derecha) y tienen propiedades físicas y químicas distintas. Esta propiedad de las moléculas se llama **quiralidad** y su descubrimiento y explicación tuvo enormes repercusiones en la síntesis de materiales.



Modelo molecular de la aspirina, el medicamento sintetizado más famoso del mundo.



Grupo funcional alcohol.



Quiralidad.

Una de las propiedades distintivas de las moléculas quirales es que los dos isómeros, derecho e izquierdo, interactúan con la luz de diferente manera, por lo que se llaman isómeros ópticos. Muchas sustancias naturales, como los aminoácidos y los carbohidratos, son quirales y, por tanto, tienen isómeros ópticos.

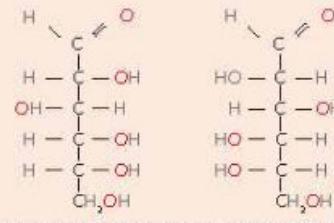
Lo más sorprendente es que por lo común sólo uno de los isómeros es biológicamente activo; el otro no se encuentra en los seres vivos o no cumple las mismas funciones. Como puedes imaginar, esto implica que un químico interesado en sintetizar un medicamento debe preocuparse por producir el isómero óptico que interactuará de la manera deseada con las moléculas del organismo. Sin embargo, durante la síntesis de compuestos orgánicos, los diferentes isómeros ópticos se forman en cantidades similares y resulta difícil separarlos.

El primer químico que logró sintetizar sólo uno de los isómeros ópticos de un compuesto quiral fue Emil Fischer (1852-1919), quien en 1890 sintetizó la molécula de la D-glucosa a partir de varias **reacciones de óxido-reducción**. Su trabajo fue revolucionario no sólo porque pudo crear el isómero óptico en forma aislada, sino porque introdujo técnicas experimentales para producir este tipo de moléculas de manera rápida y eficiente. Para muchos, esta aportación de Fischer fue el catalizador de la explosión en la síntesis química en el siglo XIX.

Con base en el trabajo de Fischer, los químicos se dieron a la tarea de sintetizar moléculas cada vez más complejas. Un avance muy significativo fue que sus colegas empezaron a prestar atención a cómo la Naturaleza sintetiza sus propias moléculas, y optaron por imitarla. Así, en 1917 Robert Robinson (1886-1975) sintetizó en un solo paso la molécula de tropinona, un alcaloide natural.

El logro de Robinson también marcó el inicio de una nueva forma de pensar en síntesis química, pues la mayoría de las hechas con anterioridad se basaban en la combinación de sustancias cuyas fórmulas estructurales eran parecidas a las de la sustancia que se quería sintetizar. Robinson introdujo una nueva idea hoy conocida como **retrosíntesis**, la cual se basa en atender la estructura molecular del compuesto que se desea producir e imaginar cómo puede construirse por combinación de moléculas más pequeñas.

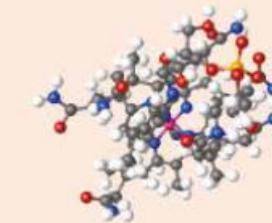
En colaboración con Christopher Ingold, Robinson también desarrolló modelos para explicar y predecir cómo se realizaban las reacciones químicas entre sustancias orgánicas. Estos "mecanismos de reacción" representaron una herramienta fundamental en el desarrollo de nuevos métodos de síntesis en la década de los cuarentas. Uno de los científicos más destacados de este periodo fue Robert Burns Woodward (1917-1979), quien fue capaz de sintetizar moléculas de gran complejidad, como la vitamina  $\text{B}_{12}$ , el colesterol y la clorofila.



Isómeros ópticos: D-glucosa y L-glucosa.



Emil Fischer, Robert Robinson y Robert Woodward recibieron el Premio Nobel de Química en 1902, 1947 y 1965, respectivamente.



Modelo tridimensional de la vitamina  $\text{B}_{12}$ .





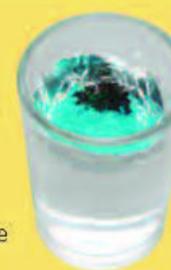
## En acción

Transforma, sintetiza y analiza: ¿Qué tanto cobre sintetizar?

## Propósito

Sintetiza cobre metálico a partir de un compuesto iónico de cobre mediante reacciones redox.

## Material

Pedazo de  $10 \times 10$  cm de papel aluminio delgado, 1 cucharada de cloruro de cobre (II),  $\text{CuCl}_2$ , que proporcionará el maestro; 2 vasos de vidrio, agua caliente y 1 reloj.

Síntesis de cobre metálico.

## Procedimiento

- Con el papel aluminio moldeen un platito hondo con borde de 1 cm de alto. Llenen con agua un vaso y pongan a flotar el platito de aluminio. Agréguelo una cucharada de  $\text{CuCl}_2$  y después de unos dos minutos añadan dos cucharadas soperas de agua. Registren lo que observen.
- Repetan el experimento, ahora con un platito al que previamente hayan hecho perforaciones con la punta de un lápiz. Esta vez sólo pongan la cucharada de cloruro de cobre II ( $\text{CuCl}_2$ ) sin agregar agua. Observen y registren.
- Disuelvan dos cucharadas de  $\text{CuCl}_2$  en medio vaso de agua y arrojen una bolita de papel aluminio a la disolución. Observen con cuidado cada una de las reacciones y compárenlas entre sí.

## Análisis de resultados y conclusiones

- Analicen los resultados y expliquenlos con base en lo que han aprendido.
  - ¿Qué le sucede al aluminio del platito?
  - ¿Observan la aparición de un nuevo producto? ¿Qué suponen que sea?
  - ¿Detectan algún cambio en la coloración azul de la disolución de cloruro de cobre II? ¿Cómo lo explican?

## Manejo de residuos

Desechen todas las disoluciones en el recipiente que les indique su maestro.

Tabla 4.13  
Serie de actividad electroquímica

	Más reductor	Más oxidante
K		
Ca		
Na		
Mg		
Al		
Zn		
Fe		
$\text{H}_2$		
Cu		
Ag		
Pt		
Au		

## Pilas y baterías

Otra de las aplicaciones importantes de las reacciones redox es la fabricación de pilas y baterías. Funcionan bajo el principio de que las sustancias químicas tienden a ganar o perder electrones. Se dice que algunas de ellas son más oxidantes, pues ganan electrones, o más reductoras, ya que los pierden con mayor facilidad.

Las sustancias químicas pueden organizarse en una "serie de actividad electroquímica" en la que se ordenan de más a menos reductoras. La información de la tabla 4.13 de la izquierda permite predecir qué sustancia donará electrones y cuál los ganará cuando interactúen entre sí. Por ejemplo, el zinc (Zn) se encuentra más arriba que el cobre (Cu) en la serie de actividad, lo cual indica que el zinc metálico puede reducir a los compuestos de cobre, pero no viceversa. Las pilas se construyen con un par de sistemas químicos como éstos, uno más oxidante o reductor que el otro. Al conectarlos mediante un cable, los electrones viajan de un sistema a otro y generan una corriente eléctrica.

Para producir una corriente eléctrica en pilas y baterías, los agentes oxidantes y reductores por lo común se sumergen en una disolución capaz de conducir electricidad (un electrolito). Estas disoluciones contienen compuestos iónicos, y los cationes y aniones en el medio que permiten el transporte de carga del oxidante al reductor.



## En acción

Transforma y analiza: ¿Una pila de limones?

## Propósito

Construye una pila eléctrica utilizando limones.

## Material

4 limones, 4 placas de cobre, 4 placas de cinc, caimanes o clips, 1 foco para linterna o medidor de corriente, cables, 1 cuchillo.



Conexiones para la pila de limones.

## Procedimiento

- Inserten una placa de cobre y una de cinc en cada limón sin que se toquen.
- Conecten la placa de cobre de un limón a la placa de cinc de otro, como en la imagen. Al final sólo deben quedar dos cables sueltos, uno unido a la placa de cobre del primer limón y otro unido a la placa de cinc del último limón.
- Conecten los cables sueltos a un foco, a una calculadora sin pila o un medidor de corriente. Observen qué ocurre y regístrenlo en su cuaderno.

## Análisis de resultados y conclusiones

- Intenten explicar qué sucede en este experimento a partir de lo que saben de reacciones redox.

## Manejo de residuos

Recuperen las placas de cobre y cinc, y colóquenlas en el recipiente que indique su maestro.

## Cierre

## Analiza e infiere: ¿Anteojos inteligentes?

- Lee atentamente la descripción de un dispositivo moderno y con base en tus conocimientos escribe las reacciones redox involucradas. Identifica qué sustancias se reducen y oxidan, y describe los números de oxidación.

Existen unos anteojos de materiales "inteligentes", que se oscurecen con la luz solar y se vuelven transparentes cuando disminuye la intensidad de la luz. Este comportamiento es resultado de reacciones redox. En la lente hay pequeñas partículas de cloruro de plata y de cloruro de cobre I (el I romano indica que el número de oxidación del cobre es 1+), y cuando la luz incide sobre el vidrio, los iones cloruro se transforman en átomos de cloro. Los electrones se transfieren a los iones plata, que se vuelven átomos de plata neutros. La plata metálica refleja la luz y evita que se transmita a través de la lente. Los átomos de cloro se transforman de nuevo a iones cloruro por los iones de cobre I, que pasan a ser iones de cobre II. En condiciones de baja intensidad de luz, éstos convierten a los átomos de plata en iones plata, con lo que se recupera la transparencia del vidrio.

- Valida tu explicación con ayuda de tu maestro.

## Autoevaluación

Marca con una  la opción que consideres que representa tu logro de avance y responde.

	Lo logré	No lo logré	¿Por qué? ¿Qué me falta?
1. Relaciono el número de oxidación de algunos elementos con su ubicación en la tabla periódica y analizo procesos de transferencia de electrones en reacciones redox.			

## ¿Cómo evitar la corrosión?

El mapa de la figura 4.21 presenta una estimación del nivel de corrosión en metales generado por las condiciones ambientales en diferentes partes de nuestro país. La corrosión de estructuras metálicas, como tuberías, instalaciones portuarias, barcos y plataformas petroleras, es un gran peso para la economía de todos los países. En 2005, de las 14 millones de toneladas de acero que se consumieron en México, 2.8 millones se utilizaron para reponer material perdido por corrosión, y anualmente se invierten alrededor de 25 mil millones de dólares en este proceso.

Debido a que el problema de la corrosión impacta a todos los sectores de la sociedad (desde el patrimonio familiar hasta la infraestructura productiva que mantiene la economía de cualquier país), autoridades y ciudadanos deben buscar en conjunto métodos y procedimientos que minimicen costos y alarguen la vida útil de los materiales metálicos. En este proyecto les proponemos investigar: ¿qué factores originan la corrosión de los materiales?, ¿cómo se puede evitar la corrosión o por lo menos retardar sus efectos? y, con base en ellas, plantear mecanismos de solución posibles en su comunidad.

### El reto

Imaginen que son químicos de renombre y el gobierno de México los contrata para proponer un método que evite la corrosión de los metales en las costas del país y en los monumentos de las ciudades más importantes. Al finalizar su trabajo de investigación deberán hacer un reporte con los resultados y participar en una mesa de discusión en la que varios científicos presentarán sus proyectos e ideas.

### Planeación

Lleven a cabo una investigación teórico-experimental para identificar las principales causas de la corrosión de diversos materiales. Con base en el análisis de sus resultados, sugieran mecanismos para limpiar y proteger objetos corroídos. Como parte de su trabajo, les proponemos exponer estos materiales en un ambiente oxidante agresivo y así verificar si sus métodos de protección son efectivos. Los resultados de su investigación permitirán hacer recomendaciones efectivas para preservar las estructuras metálicas en nuestro país.

### Desarrollo

Para controlar o evitar un fenómeno hay que conocer las causas que lo producen. La corrosión es un proceso muy dañino para objetos y materiales metálicos, ya que deforma y debilita su estructura. Seguramente saben que los clavos de hierro oxidados ya no son útiles, los marcos de las ventanas de este metal se agujeran y las láminas de los coches se perforan. Sin embargo, la oxidación no siempre provoca daño; algunas veces los productos óxidos forman una capa protectora, sobre la superficie del metal, que impide que se corroa de manera más profunda.

Simbología	
Muy severa	
Severa	
Moderada	
Ligera	
Insignificante	

Corrosión por zonas



Fuente: "Marine Corrosion in Tropical Environments", ASTM STP Núm. 1399, Dean, Sheldon, et al. Pennsylvania American Society for Testing and Materials, 2000.

Figura 4.21 ¿Cómo explicar las diferencias y similitudes en los niveles de corrosión que se observan?

- Investiguen en fuentes bibliográficas las características de la corrosión de diferentes materiales, las causas que la propician y las formas en que se puede evitar o controlar.

Los expertos en corrosión han encontrado que los siguientes factores aceleran de manera importante la corrosión: el tipo de material, el ambiente y las sustancias químicas. Para estudiar la incidencia de estos factores en la corrosión:

- Diseñen un experimento que permita explorar los factores que provocan la corrosión de metales en distintos ambientes; por ejemplo, seleccionen metales como hierro, cinc o cobre; expónganlos al calor, frío o humedad, y pónganlos en contacto con materiales para blanquear ropa, como el hipoclorito de sodio, los cuales contienen oxidantes. También observen cómo se comportan las sustancias cuando alteran la acidez o salinidad del medio.
- Realicen observaciones cuidadosas y describanlas con precisión y claridad. Para que sus resultados sean confiables, midan y registren la cantidad de material que se oxida en determinado tiempo. Esta información les será útil para proponer el ambiente más adecuado y duradero, por ejemplo, para edificios. Registren sus resultados en la tabla 4.14.

Tabla 4.14 Factores que provocan corrosión en algunas sustancias

Ambiente	Metal 1	Metal 2	Metal 3	Metal 4	Metal 5
Seco					
Húmedo					
Frío					
Caliente					
Sustancia					
Cloro					
Disolución salina					
Vinagre					
Refresco de cola					
Mezcla 1					

A partir de los resultados de sus experimentos respondan.

- ¿Cómo incide la temperatura en la rapidez de la corrosión?
- ¿Cuál es el efecto de la salinidad y la acidez en los metales?
- Si quisieran mantener una pieza de hierro, ¿dónde la colocarían y qué ambientes evitarían?
- ¿Cómo explican que la oxidación sea un fenómeno frecuente en barcos y construcciones en contacto con el agua o la brisa del mar?
- Los metales alcalinos, entre ellos el sodio, se oxidan tan fácil que deben almacenarse en líquidos no oxidantes, como el petróleo y algunos aceites, para conservar su forma metálica. Por su parte el oro es tan difícil de oxidar que aún pueden encontrarse pequeñas pepitas metálicas que han resistido la reactividad del oxígeno durante muchos años. ¿Por qué algunos metales se oxidan con más facilidad? ¿Cómo explican las diferencias?
- ¿Creen que la manera en que se almacenan los metales reactivos, como el sodio, también disminuya la corrosión?

### ¿Cómo reducir la corrosión?

Por desgracia no hemos logrado evitar la corrosión del todo, pero sí reducirla de manera significativa. Los métodos que proponen los expertos se basan en el principio de que, al igual que la combustión, el proceso de corrosión sólo se frena si no hay contacto entre los elementos que la generan. Por ello se sugiere lo siguiente:

- Usar acero inoxidable en lugar de hierro y metales que se corroen con facilidad.
- Utilizar pinturas anticorrosivas; las que se emplean en barcos, vehículos y puentes contienen plomo o cinc.

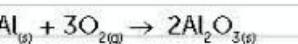
- c) Engrasar las herramientas y las partes móviles de las máquinas.
- d) Cubrir el objeto o material con un metal que no se oxide o lo haga más lentamente; los procesos de galvanización y el acoplamiento de electrodos o ánodos de sacrificio son algunos ejemplos.

Para investigar el fundamento de estos métodos les proponemos analizar las situaciones que a continuación se describen.

- **Alimentos enlatados.** Las latas para alimentos suelen ser de aleaciones de hierro, como el acero, cubiertas de una delgada capa de estaño (Sn), que conserva en buen estado al envase mientras permanezca intacto. Sin embargo, una lata golpeada o raspada se oxida con rapidez. En ciertos casos se presentan reacciones de óxido-reducción entre el estaño y alguna sustancia ácida del alimento, produciendo una sal e hidrógeno gaseoso que al acumularse inflan el envase, por lo que el producto ya no debe consumirse. ¿Por qué las latas se recubren con estaño? ¿Por qué al golpearse o rasparse las latas se oxidan?
- **Ventanas de aluminio.** A mediados del siglo XX, la mayoría de los marcos de las ventanas y puertas para baño eran de hierro, pero de 40 años a la fecha el aluminio lo ha sustituido de manera casi total (figura 4.22).



Figura 4.22 ¿Qué ventajas presenta el aluminio frente al hierro si también se oxida en presencia de oxígeno?



Con base en su análisis, practiquen mecanismos para limpiar y proteger objetos corroídos que les proporcionará el maestro. Una vez protegidos, colóquenlos en ambientes oxidantes agresivos, como en la primera actividad de este proyecto, y dependiendo de su resistencia a la corrosión, determinen cuáles son los mejores métodos para disminuir la corrosión de diferentes materiales.

### Comunicación

Con los resultados de sus investigaciones y las observaciones de los experimentos, organicen una mesa de discusión en la que participen todos los equipos. Revisen las respuestas y comparen sus resultados.

### Busca en...

[www.edutics.mx/4sZ](http://www.edutics.mx/4sZ) para profundizar acerca de la corrosión puedes revisar, así como Ávila, Javier y Joan Genescá, *Más allá de la humedad I y Más allá de la humedad II: La lucha contra la corrosión*, México, rce (Leamos la Ciencia para todos), 2003, disponibles en: [www.edutics.mx/4sk](http://www.edutics.mx/4sk) (Consultadas: 22 de enero de 2019).

### Evaluación

Escriban un reporte con sus resultados y propuestas, así como recomendaciones para que la comunidad colabore en la prevención y reducción de la corrosión de materiales. El reporte debe ser claro, conciso y convincente; utilicen un lenguaje que puedan comprender personas sin conocimientos de Química. Con ayuda de su maestro establezcan contacto con alguna de las autoridades ambientales de su comunidad; háganle llegar el reporte, y soliciten sus comentarios y evaluación.

### Extensión

Con la guía de su maestro identifiquen las zonas y los materiales corroídos o en peligro de estarlo de su escuela y con base en sus investigaciones elaboren un documento dirigido al director en el que sugieran cómo prevenir y disminuir la corrosión.

Para que toda la comunidad escolar participe en esta tarea, en grupo elaboren un tríptico, reproduzcanlo y distribúyanlo. Si no tienen cuenta de correo electrónico, abran una para recibir las sugerencias de sus compañeros de escuela.

## ¿Cuál es el impacto de los combustibles y posibles alternativas de solución?

En 1977 la revista *Time* pidió a Isaac Asimov, el famoso escritor de ciencia ficción, que describiera un mundo sin petróleo. Un extracto del texto que escribió es:

“Qualquier persona mayor de 10 años es capaz de recordar los automóviles. Desaparecieron poco a poco. Al principio se elevó el precio de la gasolina; se fue hasta las nubes. Al final, solamente los ricos manejaban, lo que era una clara indicación de que estaban nadando en dinero, de modo que cualquier automóvil que se atrevía a aparecer en las calles era volcado y quemado. Se introdujo el ‘racionamiento’ para igualar el sacrificio, pero cada tres meses se reducía la ración. Los autos simplemente desaparecieron y se volvieron parte de los recursos de metal. Esto tiene muchas ventajas si queremos encontrarlas. Nuestros diarios en 1997 lo señalan de continuo. El aire está más limpio y parece haber menos resfriados. Contra todas las prediccio-

nes, la criminalidad ha disminuido. Al hacerse los autos de la policía tan costosos (y blancos demasiado fáciles), los policías andan de nuevo a pie. Algo más importante es que las calles están llenas. Las piernas son las reinas de las ciudades en 1997, y la gente camina por todos lados a altas horas de la noche. Hasta los parques están repletos y en las multitudes la protección es otra.”



Figura 4.23 Automóvil tradicional cuya combustión es a base de gasolina (a) y automóvil híbrido cuyo funcionamiento puede ser también a base de electricidad (b).

Analiza el relato de Asimov y comenta con tus compañeros cómo se imaginan el mundo una vez que las reservas de petróleo, para producir combustibles comunes como la gasolina y el diesel, se agoten. Tengan en cuenta que este relato fue escrito hace más de 30 años y los avances científicos y tecnológicos en este periodo han sido extraordinarios (figura 4.34).

Los combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, son considerados los motores de la sociedad moderna, pues son la fuente principal de energía que se utiliza en industrias y medios de transporte. Sin embargo, su consumo conlleva una variedad de problemas. Por un lado, estos combustibles son recursos no renovables, lo que significa que no existe una cantidad ilimitada. Por otro, durante su combustión se generan productos que contaminan el ambiente y contribuyen al calentamiento global del planeta. En este proyecto proponemos una investigación que les permita estudiar y entender a fondo el impacto de los combustibles en nuestras vidas y posibles alternativas de solución a los problemas que genera su uso.

Recuerden que lo que aquí se propone es una opción para responder las preguntas centrales del proyecto, pero en equipo pueden decidir otro camino para concretar su trabajo.

### El reto

Imaginen que el gobierno de México ha decidido iniciar un programa para promover el uso de combustibles alternativos en el país, y para ello contrata a un grupo de asesores, entre quienes están ustedes, que deberán hacer recomendaciones sobre los combustibles que podrían reemplazar la gasolina y el diesel. Su reto consistirá en llevar a cabo las investigaciones necesarias para diseñar este programa y generar un reporte con sugerencias que presentarán al Presidente de la República.

## Planeación

Para hacer recomendaciones adecuadas sobre combustibles alternativos, conviene primero adquirir conocimientos básicos sobre los energéticos más utilizados en nuestro país y comparar y contrastar esta información con lo que sucede en otras partes del mundo, así como obtener datos sobre fuentes alternativas de energía. En este proceso es importante no sólo recabar información estadística, sino que la aprovechen para analizar sus implicaciones económicas, políticas, sociales y ambientales.

Diseñen su investigación con base en preguntas específicas relacionadas con la distribución, producción y consumo de energía en México y en el mundo, así como sobre combustibles alternativos disponibles. Por ejemplo:

- ¿Cuáles son los combustibles más comunes en México y en el mundo? y ¿cómo ha variado este consumo?
- ¿Cómo están distribuidos los depósitos de combustibles fósiles y otros recursos energéticos en el mundo y en nuestro país?
- ¿Qué países son los principales productores de combustible? ¿Cuáles son los principales consumidores?
- ¿Cómo varía el consumo por persona (*per capita*) de un país a otro? ¿Cómo se encuentra México con respecto a otros países en este rubro?
- ¿Qué implicaciones económicas, políticas, sociales y ambientales tiene la actual distribución de recursos energéticos y su consumo en el mundo?
- ¿Cuáles son las fuentes alternativas de energía más utilizadas en nuestro país y en el resto del mundo? ¿Cuáles son sus ventajas y desventajas?

Estos son sólo ejemplos del tipo de preguntas que podrían plantearse como parte de su investigación, porque ustedes deben generar las propias.

La información estadística que requieren para completar este proyecto está disponible en internet, pues una gran variedad de organismos nacionales e internacionales generan reportes sobre producción y consumo de combustibles y otras fuentes de energía.

## Desarrollo

Revisen la información que obtengan de sus investigaciones sin perder de vista que su objetivo es analizar el impacto del consumo de combustibles fósiles y recomendar la mejor manera de sustituirlos con fuentes alternativas de energía. Elaboren tablas y gráficas que resuman la información más relevante y determinen cuál les permitirá apoyar sus argumentos.

Para construir argumentos convincentes, demuestren que pueden aplicar de manera adecuada los distintos conocimientos de Química que adquirieron en el curso. La mayoría de los procesos de generación de energía en las sociedades modernas se basan en reacciones químicas. Al evaluar los distintos combustibles, es fundamental que presenten atención a cuestiones como las siguientes:

- Densidad de energía (energía generada por kilogramo consumido);
- Disponibilidad (qué tan fácil es adquirirlo o producirlo);
- Renovabilidad (es fácil y cuánto tiempo lleva renovarlo);
- Impacto ambiental (efectos de los productos de la combustión en el ambiente);
- Movilidad y servicio (facilidad para transportar el combustible de un sitio a otro y ponerlo a disposición del público);
- Aplicabilidad (variedad de dispositivos que lo pueden usar).

Comparen y contrasten la calidad de los distintos combustibles fósiles y fuentes alternativas de energía con base en los factores mencionados. Es necesario que utilicen toda la información que han recopilado y obtengan datos específicos sobre las características de cada recurso y sus propiedades. Resuman los resultados en una tabla como la 4.15.

Tabla 4.15 Características de algunos combustibles

Recurso Energético	Densidad de Energía	Disponibilidad	Renovabilidad	Impacto ambiental	Movilidad y servicio	Aplicabilidad

## Comunicación

Con base en la información y evidencias que recaben elaboren un reporte que resuma los resultados de sus investigaciones, y a partir de éstos propongan un programa gubernamental efectivo para sustituir el uso de combustibles fósiles por fuentes alternativas de energía que consideren más adecuadas. Junto con su reporte preparen con la asesoría de su maestro una breve plática multimedia para presentarla en un minicongreso sobre combustibles alternativos.

## Evaluación

Como parte del proyecto es importante que definan en grupo y con apoyo de su maestro cuáles serán los criterios para evaluar su trabajo final. Para ello, reflexionen sobre cómo considerarán el esfuerzo individual, el trabajo en equipo y la colaboración grupal. Decidan qué valor darán a cada parte del proyecto: la claridad, la veracidad de la información y la creatividad del producto final.

A partir de sus decisiones construyan una hoja de evaluación (o rúbrica) que todos los participantes puedan usar durante el minicongreso.

### Toma nota

Considerar el valor de la capacidad calorífica del agua. Reporten sus resultados en kJ/g (kilojoules por gramo).

## Extensión

También les recomendamos realizar experimentos para comparar la energía que se genera al quemar distintos tipos de materiales combustibles (calores de combustión).

En el bloque 3 estudiaste la combustión de alimentos y que para medir calores de combustión es común utilizar la **calorimetría**. En este método se emplea la energía generada en la reacción química para calentar cierta cantidad de agua. El cambio de temperatura que se produce en el líquido permite calcular la cantidad de energía liberada.

Para diseñar un calorímetro sugerimos que primero investiguen al respecto para familiarizarse con la estructura de esos aparatos. En laboratorios escolares es común utilizar latas de aluminio (refrescos, café) para contener el agua y recipientes de unicel para aislar el sistema y evitar las pérdidas de energía. La figura 4.24 ilustra un diseño posible, pero ustedes recurran a su creatividad para fabricar uno propio.

Durante su trabajo experimental es importante que:

- Midan la masa del material combustible y del agua en su calorímetro, así como los cambios de temperatura del líquido;
- Se aseguren de que la energía liberada durante la combustión se aproveche para calentar el agua y no se escape;
- Repitan sus experimentos para obtener valores promedio confiables de los diferentes calores de combustión;
- Discutan cómo utilizar los datos obtenidos durante su experimento para calcular la energía liberada al quemar un gramo de combustible.

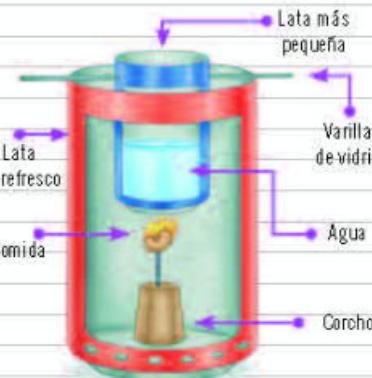
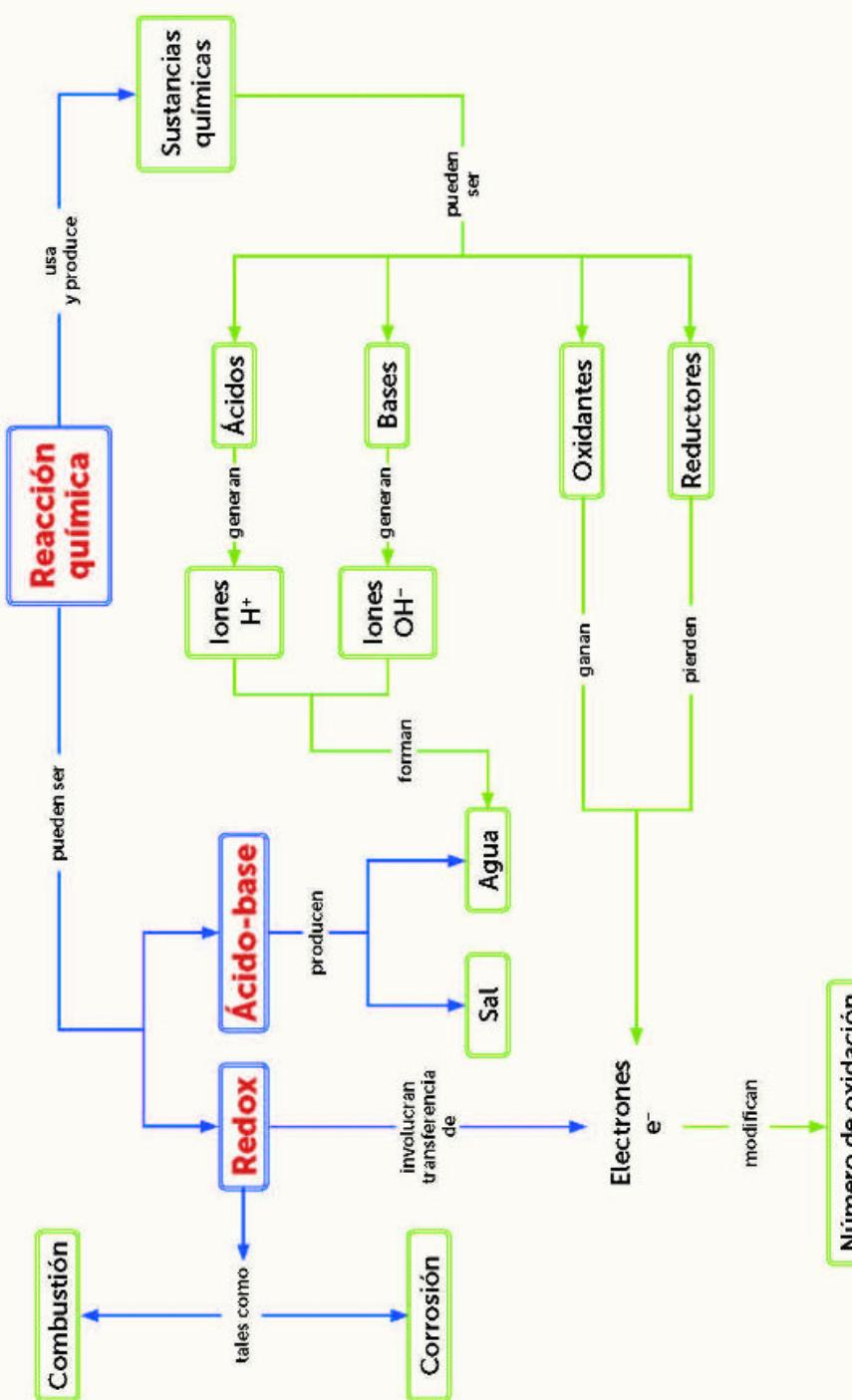


Figura 4.24 Partes que componen un calorímetro casero.

El siguiente mapa conceptual resume las ideas centrales de este bloque.



Las animaciones y simulaciones en computadora permiten investigar una gran variedad de procesos químicos de manera rápida utilizando diferentes tipos de modelos. En esta sección te invitamos a explorar algunos de los recursos disponibles en internet que abordan los temas de ácidos y bases, así como de reacciones de oxidación y reducción.

### Ácidos y bases

La adición de sustancias ácidas o básicas al agua altera la concentración de iones H<sup>+</sup> en la disolución y, en consecuencia, su valor de pH se modifica. Utiliza la simulación de la siguiente página electrónica para explorar cómo cambia la concentración de iones H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> cuando mezclas distintas sustancias con agua:

[www.edutics.mx/486](http://www.edutics.mx/486)

Se requiere el plugin **java** que se obtiene sin costo en internet.

En esta simulación, los iones H<sup>+</sup> se representan con el símbolo H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> debido a que los iones H<sup>+</sup> se combinan con las moléculas de agua presentes en la disolución y lo que en realidad se tiene son iones H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>:



Utiliza las diferentes llaves en el tanque que se representa en la simulación para variar la cantidad de cada líquido y controlar el pH de la mezcla, así como la gráfica para determinar cómo cambia la concentración y la cantidad de cada tipo de íon en la disolución.

### Oxidación y reducción

Una celda electroquímica es un dispositivo que permite generar una corriente eléctrica al conectar dos tipos de metales sumergidos en disoluciones de sustancias iónicas. Esta celda funciona como las baterías o pilas que se usan en juguetes y aparatos portátiles. La simulación incluida en la siguiente dirección electrónica permite construir diferentes celdas electroquímicas y comparar el voltaje que producen:

[www.edutics.mx/48L](http://www.edutics.mx/48L)

Esta simulación requiere el plugin **flash** que se obtiene sin costo en internet.

Explora el efecto de diferentes combinaciones de metales y disoluciones en el voltaje de la celda electroquímica. No todas las combinaciones generan una corriente eléctrica, así que es importante anotar los resultados de cada experimento para que analices en qué condiciones se produce corriente eléctrica.

## Respuestas

Llena el óvalo de la respuesta correcta.

Considera las siguientes disoluciones y clasificalas como ácidas o básicas.

Disolución	Agua de mar	Destapacaños	Vinagre	Sangre	Agua de lluvia
pH	8.6	13.0	2.7	7.4	5.5
Carácter					

 A  B  C  D

1. Elige la respuesta que complete correctamente la tabla.

- A) Ácido, neutro, ácido, básico, ácido.  
B) Neutro, básico, ácido, básico, ácido.  
C) Básico, ácido, básico, neutro, básico.  
D) Básico, básico, ácido, básico, ácido.

 A  B  C  D

2. El hidróxido de calcio
- $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$
- , es una base que se usa en el proceso de nixtamalización del maíz. Escribe la ecuación química que represente la disolución en agua de esa sustancia.

- A)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$       B)  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$   
C)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$       D)  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$

 A  B  C  D

3. Señala la ecuación que expresa la neutralización que ocurre en tu estómago entre el ácido clorhídrico (
- $\text{HCl}$
- ) del jugo gástrico y el hidróxido de magnesio (
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- ) de medicamentos contra la acidez estomacal.

- A)  $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^{-1}$       B)  $2\text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2$   
C)  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$       D)  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$

 A  B  C  D

4. A partir de los números de oxidación identifica qué sustancia se oxida y cuál se reduce en las siguientes reacciones.

Ecuación 1:  $\text{MgO}_{(s)} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{Mg}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ Ecuación 2:  $\text{CO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ 

Señala la opción que responda a lo anterior.

- A) Ecuación 1: Mg se reduce y  $\text{H}_2$  se oxida. Ecuación 2: C se oxida y O se reduce.  
B) Ecuación 1: Mg se reduce y  $\text{H}_2$  se oxida. Ecuación 2: C se reduce y O se oxida.  
C) Ecuación 1: Mg se oxida y  $\text{H}_2$  se oxida. Ecuación 2: C se reduce y O se reduce.  
D) Ecuación 1: Mg se oxida y  $\text{H}_2$  se reduce. Ecuación 2: C se oxida y O se reduce.

 A  B  C  D

5. Los anillos de plata se oscurecen por la reacción redox entre la plata metálica y compuestos de azufre en la atmósfera. El resultado es la formación de sulfuro de plata (
- $\text{Ag}_2\text{S}$
- ), un compuesto iónico de color negro. Algunas personas limpian los anillos colocándolos en un pequeño recipiente de papel aluminio al que se agrega agua con sal y bicarbonato de sodio. ¿Por qué funciona este método? ¿Cuál es la función del papel aluminio?

- A) Porque el bicarbonato de sodio disuelve el azufre dejando libre la plata metálica; el aluminio funciona como contenedor.  
B) Porque el aluminio reacciona con el sulfuro de plata para formar sulfuro de aluminio y plata metálica; el aluminio funciona como agente reductor.  
C) Porque el cloruro de sodio disuelve el azufre dejando libre la plata metálica, para que vuelva a reaccionar con el azufre.  
D) Porque el aluminio disuelve el azufre y genera plata metálica; el aluminio funciona como disolvente.

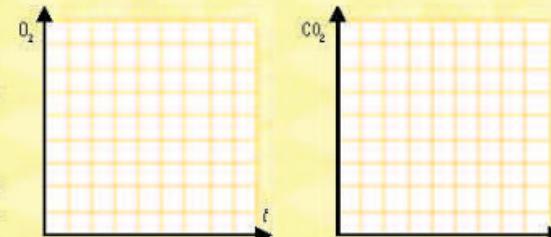
Contesta los que se pide.

¿Cómo cambia, a medida que pasa el tiempo, la composición del aire de una habitación en la que hay un anafre con trozos de carbón encendidos?

1. Escribe la ecuación química balanceada que representa la combustión del carbón.

2. Haz gráficas en las que representes este cambio; coloca el tiempo en el eje x, y en el eje y la concentración de oxígeno y la concentración de
- $\text{CO}_2$
- . Justifica tus ideas.

La gráfica de la derecha indica la incidencia de úlcera gástrica y gastritis en el periodo 2003-2008, es decir, los nuevos casos de estas enfermedades en años recientes.



3. ¿Por qué piensas que aumentó la incidencia de estas enfermedades durante ese periodo?

---



---



---

4. ¿Consideras que la mala alimentación y la falta de higiene han originado ese incremento?

---



---



---

5. ¿Qué alimentos causan acidez y generan este tipo de enfermedades?

---



---

6. ¿Qué otros factores causan estos padecimientos?

---



---

7. ¿Qué le recomendarías a tu comunidad escolar para prevenir estas enfermedades?

---



---



Fuente: Secretaría de Salud. Panorama Epidemiológico de las úlceras, gastritis y duodenitis en México, Periodo 2003-2008. México, SSA, 2010.

## Anexo

### Cómo buscar de manera eficiente información fidedigna en internet

Durante este curso, como en los anteriores, llevarás a cabo varias investigaciones para realizar tus tareas, tus trabajos y para llevar a cabo tus proyectos. Algunas fuentes son los libros y las revistas de divulgación científica que se encuentran en la biblioteca pública de tu localidad o en la biblioteca de tu escuela. Revisa las fechas de publicación, conviene usar material que no exceda los cinco años de antigüedad, para que te asegures de que manejas información actual. Otros lugares donde encontrar material de consulta son las bibliotecas y los recursos documentales de algunas instituciones de gobierno.

También puedes investigar en internet. Para evitar búsquedas "a ciegas", ya que existe en la red tanto información seria como información pseudocientífica, es decir falsa o de charlatanes, te sugerimos lo siguiente:

Verifica que la página que consultas tenga un autor con nombre y apellido e institución a la que pertenece, si es el caso. En general, las personas no arriesgan su nombre. Si alguien firma un documento con su nombre, hay más seguridad de que tenga conocimiento del tema. Además, puedes utilizar ese nombre para consultar otras de sus publicaciones e identificar su trayectoria y qué tipo de ideología domina en sus publicaciones o si es objetivo.

En lo posible cuando se trate de datos, busca aquellos de sitios .gob o si se trata de temas de educación, sitios .edu. En general, el gobierno busca mantener informada a la población con datos que se obtienen por medio de censos, investigaciones, debates, etcétera y procura que esta información esté lo más apegada a la realidad, por ejemplo, fuentes como: el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Secretaría de Salud (SSA). Los sitios .edu corresponden a instituciones educativas que difunden conocimiento fidedigno y actualizado, debido a que va en juego su prestigio.

Asegúrate de que los documentos que consultas tengan referencias. Un aspecto importante del conocimiento es que éste no surge "de la nada", sino que está sustentado en trabajos anteriores, por lo cual puede corroborarse o demostrar que es la base de una investigación.

Identifica que el documento o el sitio muestren la fecha de publicación. Si es posible conocer cuándo se publicó un documento, sabremos qué tan actual es la información. Recuerda que el conocimiento científico está en constante cambio.

La búsqueda de información. Hacer una búsqueda sin ninguna idea puede ser costoso y frustrante. Planea tu búsqueda identificando palabras clave o palabras guía. A veces, estarás tentado a preguntar, por ejemplo: ¿cómo influyen las reacciones de neutralización en la formación del suelo?, cuando tal vez sea más fácil recurrir a: suelo+neutralización+formación.

Puedes delimitar tus resultados utilizando datos sobre la región. Incluir en la búsqueda, por ejemplo, .mx, te mostrará, en su mayoría, sitios mexicanos.

Desde hace algún tiempo, mucha gente aficionada publica temas sobre ciencia, a veces

#### Temas transversales

- Educación para la salud.
- Educación ambiental para la sustentabilidad.

#### Competencias que se favorecen

- Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica.
- Toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención.
- Comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos.



## ¿Cómo se sintetiza un material elástico?

La producción a gran escala de materiales poliméricos, como polietileno, nílon y poliéster, ha transformado de manera radical la naturaleza de los productos que utilizamos cada día. Ropa, muebles, juguetes, envases, automóviles, prótesis, computadoras, teléfonos celulares y aparatos electrónicos, entre muchos otros, están hechos o contienen al menos un tipo de plástico o fibra sintética. ¿Qué propiedades hacen que estos materiales estén presentes en la fabricación de productos tan diversos? ¿Cómo se relacionan esas propiedades con la composición química y estructura molecular de estos compuestos químicos? Con el fin de responder esto, así como valorar el papel de los polímeros en la vida cotidiana, les proponemos el siguiente proyecto.

### El reto

En este proyecto deberán diseñar y elaborar un juguete novedoso sólo con materiales poliméricos, naturales o sintéticos, y en el que se aproveche la elasticidad y resistencia características de fibras y plásticos. Uno de estos materiales será un polímero que ustedes mismos sintetizarán en el laboratorio.

### Planeación

En equipos preparen un cronograma que establezca el tiempo disponible y las etapas que deberá seguir su proyecto: investigación bibliográfica, familiarización con materiales poliméricos, selección de materiales, experimentación, diseño y prueba del juguete, además de la presentación y comunicación de resultados.

#### Toma nota

Muchos de los productos plásticos que utilizamos tienen una marca que indica el tipo de polímero del que están hechos. Este código (figura 5.1) facilita el proceso de reciclado.

#### Desarrollo

La construcción de un buen juguete requiere de la selección cuidadosa de los materiales adecuados para fabricar cada una de sus partes. Con este propósito les sugerimos llevar a cabo las siguientes actividades.

#### Investigación

Hagan una lista de los objetos que usan o con los que tienen contacto cada día (figura 5.1). Determinen de qué materiales están hechos e investiguen si se trata de sustancias poliméricas. Selecciónen de su lista los materiales que consumen en mayor volumen e investiguen la fórmula química de sus monómeros, su estructura molecular, las propiedades características del polímero, así como sus aplicaciones más comunes. A partir de los resultados elaboren una lista preliminar del tipo de plásticos que conveniría utilizar para construir su juguete.



Figura 5.1 ¿Qué otros plásticos utilizas?

### Evaluación de propiedades

Para identificar las propiedades de los materiales poliméricos que pueden utilizar, diseñen experimentos con los cuales evalúen las siguientes propiedades.

**Elasticidad.** Es la capacidad de un material de recuperar su forma original después de haber estado bajo a una tensión. ¿Cómo podrían comparar la elasticidad de diferentes plásticos o fibras?

**Resistencia a la tensión y la ruptura.** Los materiales se deforman o rompen con la acción de fuerzas de diferente magnitud. En los materiales plásticos, la resistencia a la deformación puede variar según se aplique la fuerza (extensión, compresión, flexión, torsión). ¿Cómo determinarían la resistencia a la ruptura de piezas de diferentes tipos de plásticos?

**Resistencia al impacto.** Los juguetes deben resistir impactos de distinta naturaleza. ¿Cómo compararían de manera sistemática la resistencia al impacto de varios materiales plásticos?

Piensen en qué otras pruebas asegurarían una mejor selección de materiales. Consideren que los juguetes están expuestos a diferentes temperaturas y diversas sustancias de uso común (agua caliente, vinagre, alcohol, acetona, entre otras). En sus experimentos es muy importante el control de variables; por ejemplo, al comparar las propiedades de diferentes materiales deben utilizar muestras con las mismas dimensiones (área, longitud o volumen) y someterlas a pruebas en las mismas condiciones.

### Síntesis y transformaciones

Uno de los requisitos de este proyecto es que el juguete incluya un material polimérico que ustedes sintetizan en el laboratorio. Para completar este trabajo les recomendamos que:

- Investiguen métodos de síntesis de polímeros, como hule, látex, nílon, poliuretano, entre otros.
- Elijan una síntesis que dé lugar a un producto útil para la construcción del juguete.
- Diseñen un experimento para sintetizar el polímero elegido. Asegúrense de investigar la toxicidad de las sustancias químicas que utilizarán y las medidas de seguridad que deben adoptar para evitar accidentes.

### Comunicación

Organicen una "Feria del juguete ecológico" para presentar y evaluar los productos de los distintos equipos. Cada juguete debe ir acompañado de un cartel o recuadro que describa su funcionamiento, propiedades de los materiales utilizados, los conocimientos aplicados y las "ventajas ecológicas" del juguete.

#### Busca en...

Sarquis, Arlene y Jerry Sarquis, *Descubre y disfruta la química*, México, Facultad de Química, UNAM, 1993. Rangel Nafafe, Carlos E., *Los plásticos*, México, SEP/UNAM, 1986. (Colección Ciencia: Imágenes de la naturaleza). Encontrarás información que se relaciona con los plásticos y que te ayudarán a llevar a cabo tu proyecto.

### Evaluación

Para su evaluación sugerimos considerar el esfuerzo individual, el trabajo en equipo y la colaboración grupal; valoren también cada parte del proyecto: selección de materiales, análisis de sus propiedades, síntesis del polímero, diseño y fabricación del juguete y su presentación al público (cartel y producto terminado).

Adicionalmente, al terminar el proyecto es importante que respondan en su cuaderno, de manera individual, el siguiente cuestionario.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

## ¿Qué aportaciones a la Química se han generado en México?

Los conocimientos científicos y tecnológicos son resultado de las ideas y el trabajo de hombres y mujeres de diversas épocas, razas, nacionalidades y civilizaciones. Los científicos mexicanos también han hecho contribuciones valiosas al desarrollo de la Química y, como es común, su trabajo ha estado influido por las características particulares de la sociedad de su momento. ¿Qué saben sobre las aportaciones de México al desarrollo de la Química? Para comprender las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad en nuestro país, así como valorar las aportaciones de los químicos mexicanos (figura 5.2), les proponemos hacer el siguiente proyecto.

### El reto

Imaginen que trabajan como **curadores** en un museo interesado en la creación de la siguiente obra monumental: una gran línea del tiempo que resuma la historia de la Química en nuestro país y las aportaciones más importantes hechas por los científicos mexicanos a esta ciencia.

#### Glosario

**Curador:** persona especializada en arte que prepara y desarrolla estrategias de exhibición para exponerlos en museos y galerías.

#### Planeación

Acuerden con su maestro la estructura, el diseño y los principales elementos de la línea del tiempo que van a construir. Organicen equipos y en grupo decidan cómo distribuirán el trabajo. Pueden usar grandes pliegos de papel o, si cuentan con los recursos y conocimientos necesarios, trabajen en su computadora.

#### Desarrollo

La primera etapa del proyecto consiste en elaborar un bosquejo de la línea del tiempo, en el que consideren la siguiente información.

- ¿Cómo organizar la línea del tiempo? ¿Usarán fechas relevantes como referencia: (1516 → 1810 → 1910 →) o períodos relevantes: Prehispánico → La Colonia, etcétera?
- ¿Qué aspectos históricos se deben incluir? Es importante que consideren aspectos políticos, económicos, sociales y culturales.
- ¿Cuál es la función de las biografías en una línea del tiempo? Si bien el trabajo científico es una tarea de equipo, conocer la vida personal, social y profesional de los científicos permite comprender la importancia de su trabajo y cómo lo desarrolló.
- ¿Las ilustraciones serán decorativas o contarán historias?



Figura 5.2 Mario Molina (1943-), mexicano que obtuvo el Nobel de Química en 1995.

#### Busca en...

[www.edutics.mx/Jn7](http://www.edutics.mx/Jn7) (Consulta: 21 de enero de 2019) encontrarás información del Congreso de Karlsruhe, uno de los eventos importantes en la historia de la Química.

Con base en sus ideas, elaboren un bosquejo colectivo de la línea del tiempo. Decidan sus dimensiones, en qué secciones se dividirá, qué apariencia tendrá y cómo se distribuirán el trabajo los distintos equipos.

La línea del tiempo debe resumir aspectos relevantes de la historia de la Química en nuestro país. En la tabla 5.1 de la página 257 presentamos información que pueden servirles de guía.

## Tabla 5.1 Periodos históricos del desarrollo de la Química en México

Prehispánico	Los pueblos indígenas de nuestro país lograron conocimientos diversos sobre las sustancias. ¿De dónde y cómo extraían las sales que usaban en la conservación de sus alimentos, las piedras con las que elaboraban sus joyas, los metales para sus armas, las fibras para fabricar sus vestidos y los tintes para decorar sus cerámicas? ¿Qué materiales empleaban para la construcción de casas y la elaboración de herramientas? ¿Qué plantas medicinales conocían y utilizaban?
La Colonia	El desarrollo de conocimientos químicos y las contribuciones de científicos mexicanos estuvieron muy relacionados con la minería. Algunos de los personajes más importantes fueron el español Fausto de Elhuyar y el mexicano Andrés Manuel del Río. ¿De qué manera colaboraron estos personajes con el desarrollo de la Química en México y en el mundo?
Siglo XIX	Las principales contribuciones en Química se vincularon al estudio de productos naturales extraídos de plantas mexicanas. La finalidad de estas investigaciones era la extracción de sustancias con propiedades curativas. Dos personajes relevantes de este periodo fueron el cirujano y farmacéutico Leopoldo Río de la Loza y el químico Vicente Ortíz. ¿Cuáles fueron las contribuciones más importantes de estos científicos y el impacto de su trabajo?
Siglo XX	Las aportaciones de los químicos mexicanos fueron muchas y variadas, pero hay dos áreas en las que pueden hacer una investigación a detalle: a) los trabajos del Instituto de Química de la UNAM y de la empresa privada Syntex en el desarrollo de anticonceptivos orales y b) los trabajos sobre la química de la estratosfera de Mario Molina, premio Nobel de Química 1995.
El futuro	Visiten algún instituto de investigación química y entrevisten a un investigador; averigüen en qué proyecto trabaja, cuáles son los objetivos de su investigación y el impacto que tendrá en el avance de la química en México y en el mundo.

#### Comunicación

Publiquen su línea del tiempo en el periódico mural de la escuela y con el apoyo de su maestro organicen una presentación a toda la comunidad.

#### Evaluación

Por el tipo de proyecto, la evaluación deberá considerar aspectos grupales e individuales: calidad de la investigación histórica, preparación de resúmenes, selección de ilustraciones, identificación de las diversas partes de la línea del tiempo, su montaje y presentación en público; el esfuerzo individual, el trabajo en equipo y la colaboración grupal. Acuerden con su maestro qué valor le darán a cada uno de estos aspectos.

Adicionalmente, al terminar el proyecto es importante que respondan en su cuaderno, de manera individual, el siguiente cuestionario.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?



## ¿Cuáles son los beneficios y riesgos del uso de fertilizantes y plaguicidas?

Sustentabilidad



**Figura 5.8** Con los plaguicidas se erradican ciertos problemas, pero acarrean otros más. ¿Qué propondrían para disminuir los riesgos de su uso en la agricultura?

son variadas. Algunos países tratan de disminuir la tasa de natalidad motivando a la gente a tener menos hijos, mientras otros aprovechan los conocimientos científicos y tecnológicos para incrementar y acelerar la producción de alimentos. Pero, como suele suceder, todo tiene un costo y en este proyecto investigarán las ventajas y desventajas de usar productos químicos como fertilizantes y plaguicidas en la agricultura (figura 5.3), así como qué otras alternativas hay para facilitar la producción de alimentos.

### El reto

Imaginen que un grupo de agricultores de su comunidad les solicita consejo para incrementar la productividad y atacar las plagas que infestan los cultivos. Su trabajo consistirá en elaborar un manual en el que describan estrategias prácticas para mejorar la productividad y, al mismo tiempo, reducir el impacto ambiental de las actividades agrícolas.

### Planeación

Para este proyecto es necesario que se familiaricen con las prácticas agrícolas y los problemas que enfrentan los agricultores de su comunidad. Con el fin de lograrlo, diseñen una investigación que les permita responder.

#### Busca en...

Irazoque, Glinda, La química de la vida y el ambiente, México, SEP-Santillana, 2002 (Libros del Rincón). Explica cómo actúa el ozono y los plaguicidas en el medio ambiente.

- ¿Qué tipo de cultivos son los más comunes en la zona?
- ¿Qué métodos agrícolas, como la rotación de cultivos o quemado de pastizales, se practican en la comunidad?
- ¿Qué fertilizantes se utilizan?
- ¿Con qué plaguicidas controlan las plagas?
- ¿Qué problemas ambientales existen en la zona debido a las prácticas agrícolas comunes?

Discutan qué otras preguntas les permitirán entender mejor las prácticas y la problemática agrícola de su comunidad.

### Desarrollo

Para elaborar su manual, investiguen las características y propiedades de los fertilizantes y plaguicidas a los que recurren los agricultores.

**Fertilizantes.** Parte de su investigación es averiguar la composición química de esos fertilizantes. Para ello determinen: ¿qué compuestos químicos ricos en nitrógeno contienen esos fertilizantes? ¿Por qué se utilizan éstos y no otros? ¿Qué compuestos químicos usan para incrementar la cantidad de fósforo o potasio en el terreno? ¿Qué propiedades hacen a estos compuestos mejores opciones que otros? ¿En qué se diferencian los fertilizantes sintéticos de los orgánicos, desde el punto de vista químico?

**Plaguicidas.** Los plaguicidas en general se clasifican en tres grupos: insecticidas, herbicidas y fungicidas. Averigüen cuáles específicamente usan los agricultores de la comunidad. ¿Cuál es la función de cada plaguicida? ¿Cuál es su composición química? ¿Cómo funcionan? Determinen cómo y con qué frecuencia se aplican, y hagan un estudio de mercado para saber el costo anual por el uso de plaguicidas.

El empleo de plaguicidas es más controvertido que el de fertilizantes. Investiguen los posibles efectos ambientales y a la salud que causan unos y otros en la comunidad que investigan; discutan las ventajas y desventajas particulares del uso de estos agroquímicos para los habitantes de la región y analicen qué medidas establecer para reducir su impacto ambiental y en la alimentación.

### Comunicación

Con base en los resultados de sus investigaciones elaboren un "Manual de recomendaciones" que incluya sugerencias prácticas, claras y convincentes, de procedimientos para incrementar la productividad agrícola y controlar plagas, que sea comprensible para las personas que no necesariamente tengan conocimientos de Química. Justifiquen sus recomendaciones y muestren las evaluaciones del impacto ambiental de las estrategias o de las consecuencias en caso de no atenderlas. Distribuyan su trabajo en la comunidad agrícola que estudiaron.

### Evaluación

Definan en grupo con apoyo del maestro los criterios para evaluar el trabajo final. Reflexionen sobre cómo tendrán en cuenta el esfuerzo individual, el trabajo en equipo y la colaboración grupal. Decidan los componentes básicos del manual. Con base en sus decisiones construyan una hoja de evaluación (o rúbrica) que todos puedan usar para evaluar los productos de su trabajo.

Adicionalmente, al terminar el proyecto es importante que respondan en su cuaderno, de manera individual, el siguiente cuestionario.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

### Toma nota

Con la publicación del libro *Primavera silenciosa* de Rachel Carson (1907-1964), la humanidad adquirió conciencia de los efectos nocivos en el ambiente y la salud del uso de insecticidas como el DDT. Sin embargo, estudios recientes demuestran que el uso del DDT puede ser muy efectivo para evitar la muerte de millones de personas en todo el mundo a causa de la malaria. ¿Qué hacer entonces? ¿Cuál es la mejor opción?



## ¿De qué están hechos los cosméticos y cómo se elaboran?

Salud

Algunas de las industrias químicas más grandes, exitosas y con enormes ganancias en el mundo son las dedicadas a la elaboración de cosméticos. Aunque muchas personas consideran que estos productos químicos son innecesarios y superfluos, otras aseguran que son indispensables. ¿Ustedes qué piensan? Para analizar la relación entre este tipo de productos y la sociedad actual, les proponemos llevar a cabo el siguiente proyecto.

### El reto

La parte central del proyecto es producir un cosmético de bajo costo y ambientalmente amigable. En grupo, imaginarán que son "inventores" y su objetivo es convencer a una empresa química internacional para producirlo a gran escala.

### Planeación

Para una buena decisión sobre el cosmético que les conviene producir, deben investigar los hábitos de sus posibles consumidores. Para hacerlo:

- Identifiquen de manera individual el tipo de cosméticos que usa su familia. Comparen sus resultados y combinenlos en una lista representativa del grupo.
- Analicen las razones por las que su familia adquiere esos productos; tomen en cuenta factores económicos, sociales, personales, sanitarios, etcétera.
- Discutan qué productos son los de mayor consumo a escala mundial y cuáles generan mayores ganancias.

La decisión sobre el producto también debe considerar las sustancias que se requieren para elaborarlo. Recomendamos que cada integrante del equipo elija uno o dos tipos de cosméticos y en una visita al supermercado exploren lo siguiente:

- Composición química que incluyen las etiquetas de diferentes marcas del mismo tipo de producto.
- Contenido y precio para determinar si hay alguna relación entre ellos. ¿Qué hace que una marca sea más cara que otra? ¿Qué sustancias parecen determinar el precio? Investiguen las propiedades y función de las diferentes sustancias del producto, como:
  - Humectantes
  - Espumantes
  - Neutralizantes
  - Emolientes
  - Colorantes
  - Aromatizantes
  - Estabilizantes
  - Antioxidantes
  - Surfactantes

A partir de la información obtenida, determinen el tipo de cosmético que les interesa producir e identifiquen los materiales específicos y los métodos de preparación. Es importante que presten atención a las medidas de seguridad que deben seguir para fabricar su cosmético.

### Desarrollo

Preparen un plan de trabajo en el que describan las razones por las que seleccionaron ese cosmético (figura 5.4), las características deseables del producto, los detalles del método de fabricación y las pruebas de control de calidad que implementarán. Para completar su trabajo, incluyan una lista de las sustancias y equipo de laboratorio que necesitarán.

Una vez que el maestro apruebe su plan, desarrollelo en el laboratorio siguiendo los métodos y medidas de seguridad adecuados. En el proceso de fabricación del producto será de gran utilidad que realicen al menos tres pruebas distintas de control de calidad; por ejemplo, si es una crema, verifiquen que los componentes no se separan o descomponen al cabo de unas horas y que no sea demasiado aceitosa ni irrita la piel.



Figura 5.4 La elaboración de productos químicos como los cosméticos siempre debe someterse a estrictos controles de calidad.

### Comunicación

Al finalizar el proyecto deberán hacer una presentación multimedia ante los ejecutivos de la empresa ficticia a la que piensan vender su producto. Esta presentación deberá ser creativa y convencer de las ventajas de su producto por encima de otros que hay en el mercado. Anexen un documento escrito en el que describan los materiales, los fundamentos científicos que apoyaron la creación del producto y una explicación detallada de cómo funciona el cosmético a nivel molecular (por ejemplo, por qué limpia la piel o la humecta).

### Evaluación

Antes de iniciar su trabajo es necesario que el grupo, así como el maestro, acuerden cómo se evaluará el producto terminado, la presentación ante los ejecutivos y el reporte escrito. Para facilitar esta etapa es conveniente que investiguen con qué criterios se valoran los cosméticos; por ejemplo, qué tan importantes son los siguientes aspectos:

- Apariencia física del producto.
- Bajo costo y facilidad para producir el cosmético.
- Claridad y veracidad de la información que se presente.
- Explicación precisa de los conocimientos químicos en los que se fundamenta su trabajo.
- Creatividad en la presentación de la información para atraer el interés del público.

Después de analizar los puntos arriba citados, deben considerar qué peso le darán a los diferentes criterios para que construyan una hoja de evaluación (o rúbrica) que todos puedan usar para evaluar el cosmético producido, así como sus presentaciones oral y escrita.

Adicionalmente, al terminar el proyecto es importante que respondan en su cuaderno, de manera individual, el siguiente cuestionario.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

### Busca en...

Fox, Louis (Director) (2010). *La historia de los cosméticos* [Documental]. Estados Unidos de América: Free Range Studios. Se presenta una visión crítica de cuántas sustancias contienen los cosméticos y cómo algunas empresas se dedican a autenticar los componentes de varios productos para darle seguridad al consumidor.

## ¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas mesoamericanas?

Las investigaciones arqueológicas se basan en el análisis de objetos y materiales encontrados en una cierta región para obtener información sobre las personas o sociedades que la habitaron en el pasado. Para lograrlo, los arqueólogos modernos hacen uso de variadas técnicas de análisis químico. Estos métodos les permiten determinar la composición química de los objetos que encuentran o hacer estimaciones sobre su antigüedad. La información que obtienen normalmente es incompleta y por ello gran parte de su trabajo consiste en organizarla como si se tratara de un gran rompecabezas.

### El reto

Imaginen que son parte de una expedición arqueológica que ha descubierto una monumental tumba familiar en las cercanías del lago de Texcoco, en el Estado de México. En el interior de la tumba se encontraron cuatro esqueletos que parecen corresponder a los cuerpos de dos adultos y dos niños. Junto a los cuerpos se hallaron gran variedad de objetos, en excelente estado de conservación. Estudios iniciales indican que los objetos son característicos de la cultura azteca. El trabajo que les han asignado consiste en utilizar los objetos encontrados para construir un folleto histórico ilustrado o una historieta que posteriormente se les proporcionará a los turistas que visiten la tumba.

### Planeación

Analicen con cuidado la información que se presenta en las siguientes páginas sobre las características de los objetos encontrados en la tumba azteca. Elaboren un plan de trabajo que les permita completar todas sus investigaciones en el tiempo que tienen disponible. Para facilitar su labor, es importante que investiguen acerca de la civilización azteca. Recaben datos sobre los usos y costumbres de esta cultura. Presten particular atención a la información relacionada con la vida familiar, el ambiente natural en el que se desenvolvían, los recursos naturales con los que contaban para fabricar objetos, así como los materiales y herramientas que utilizaban.



Figura 5.5 ¿Qué técnicas se podrían emplear para analizar la composición química y materiales con los que se elabora un pergamo?

### Desarrollo

A continuación se presentan imágenes y descripciones de los objetos encontrados en la tumba. En cada caso, investiguen para tratar de identificar el tipo de materiales que se utilizaron para fabricarlos.

#### Un pergamo

Uno de los objetos hallados en la tumba es un pergamo en el que se representan algunas escenas cotidianas. El pergamo está teñido de color amarillo y sus dibujos tienen colores diversos (figura 5.5). ¿Qué tipo de material fue probablemente usado para hacer este pergamo? ¿Cómo lo procesaban? ¿Se empleaban métodos físicos o químicos? ¿Qué tipos de tintas y colorantes probablemente fueron usados?

#### Hilados y tejidos

Los cuerpos de los cuatro esqueletos estaban cubiertos de vestimentas tejidas y coloridas. Además se encontraron lo que parecen ser tejidos decorativos y hasta una red de pescar. ¿Qué tipo de fibras es probable que se haya empleado para elaborar estos productos y teñirlos de color? ¿De dónde se obtenían estos materiales? ¿Los extraían por medios físicos o químicos?

### Vasijas y estatuas

La mayor parte de la colección de objetos encontrados en la tumba está constituida por vasijas y estatuas de diversas formas, hechas con distintos materiales. Las fotografías de algunas de estas piezas se muestran en la figura 5.6. Analicenlas con cuidado y traten de identificar los materiales de los que están hechas, así como las sustancias que se usaron para decorarlas.

### Joyas

Asimismo, en los esqueletos de los dos adultos encontrados en la tumba se apreciaban dos collares finamente trabajados alrededor del cuello. Es claro que los miembros de esta familia tenían acceso a metales y piedras preciosas. ¿Qué materiales fueron seguramente empleados en la fabricación de estas joyas? ¿Qué papel jugaban este tipo de adornos en la civilización azteca?



Figura 5.6 La región habitada por estos antiguos mexicanos, así como los usos y costumbres de la civilización azteca, influyeron en el tipo de objetos que realizaron.

### El hogar azteca

Para hacer su historieta creíble, deben averiguar cómo eran y se construían las casas y palacios de los aztecas. Esto les ayudará a ilustrar de manera más realista su trabajo. Investigan: ¿Qué tipos de materiales de construcción utilizaban los aztecas? ¿De qué eran las paredes, el techo y el suelo de las casas? ¿Cuáles son las diferencias y semejanzas con los materiales y métodos de construcción que se emplean en la actualidad? ¿Cómo creen que era la casa de la familia que se encontró en la tumba? Basen sus hipótesis en las características de los objetos que han analizado.

### Sugerencias adicionales

Es importante que traten de usar su análisis e investigaciones para dar una visión integrada de la vida de esta familia. Discutan cómo las actividades y modo de vida de la familia dependían de los recursos naturales con los que contaban, de los conocimientos y técnicas que desarrollaron para aprovecharlos. ¿Qué pueden inferir, a partir del análisis de estos objetos, sobre las diferencias y similitudes entre la vida y costumbres de los mexicanos del pasado y los de hoy?

### Busca en...

Garriz, Andoni y José Antonio Chamizo, *Del tequesquite al ADN*, México, FCE, 2003, contiene información acerca de la Química en México, la cual te será útil para elaborar tu proyecto.

### Comunicación

Una vez que hayan completado sus investigaciones, pónganse de acuerdo sobre la estructura de la historieta que deberán elaborar. Tengan en cuenta que deben proporcionar información confiable y suficiente para que el público que lea su historieta tenga una idea clara de cómo pudo ser la vida de estas personas. También deben asegurar que la lectura sea entretenida y que las ilustraciones o fotografías que incluyan cumplan una función bien determinada.

### Evaluación

Recuerden que en estos proyectos de final de curso es necesario que decidan, con su maestro y con sus otros compañeros de grupo, qué criterios se utilizarán para evaluar el producto terminado. Adicionalmente, al terminar el proyecto es importante que respondan en su cuaderno, de manera individual, el siguiente cuestionario.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

## ¿Cuál es el uso de la Química en diferentes expresiones artísticas?

Observen las fotografías de las piezas de arte de la figura 5.7. ¿Cómo consideran que la Química y sus productos fueron de importancia o influenciaron la creación de estas obras de arte?

Muchas personas suelen pensar que la ciencia y el arte son dos actividades completamente diferentes; que los científicos y los artistas tienen habilidades e intereses muy distintos y que, como el agua y el aceite, la ciencia y el arte no se mezclan. ¿Ustedes qué opinan?



### El reto

En este proyecto les proponemos crear una obra de arte que represente sus intereses, preocupaciones y sentimientos. Para hacerlo deberán utilizar diferentes materiales y técnicas artísticas que reflejen su creatividad, pero también sus conocimientos de Química. Es decir, su obra de arte deberá contener por lo menos un producto químico que realicen en el laboratorio (pegamento, pintura, entre otras), y la composición y estructura deberá sacar ventaja de lo aprendido en este curso sobre las propiedades y comportamiento de elementos, compuestos y mezclas de sustancias.



### Planeación

Organicen equipos con sus compañeros de clase. Una de las decisiones más importantes que deberán tomar en este proyecto es la selección de materiales que utilizarán como base para crear su obra de arte. Esta decisión depende de la forma o tipo de arte en la que decidan trabajar. Para tomar esta decisión, les sugerimos:

- Hacer una lista de al menos cinco diferentes formas o tipos de arte;
- Para cada una hagan una lista de algunos materiales que se utilizan usualmente en ese campo;
- Respecto a cada material, investiguen y describan las propiedades que lo hacen útil en ese contexto;
- Con base en este análisis, tomen una decisión sobre la forma artística que emplearán en este proyecto y hagan una lista de posibles materiales que necesitarán para completar el trabajo.



### Desarrollo

A continuación les presentamos algunas opciones de preparación y uso de materiales que pueden considerar como parte de su proyecto. Antes de iniciar es importante que le entreguen a su maestro un plan de trabajo en el que incluyan los materiales y métodos que piensan utilizar.

### Adhesivos y pegamentos

Para mantener unidos algunos de los materiales que emplearán, quizás necesiten un pegamento. Algunos pegamentos blancos se producen con la caseína, una proteína que se extrae de la leche. Como parte de su proyecto, pueden preparar este tipo de pegamento. Busquen en internet un método de preparación sencillo y económico.

### Pigmentos y pinturas

Muchos de los productos que utilizan los pintores son mezclas de compuestos iónicos coloridos con un aglutinante que ayuda a que se adhieran al lienzo o papel en el que se pinta. Investiguen la composición química de los pigmentos que utilizan y diseñen experimentos simples

Figura 5.7 ¿Piensan que es cierto que la Química y el arte no se complementan?

para producirlos. El tipo de pintura que elaboren también dependerá del aglutinante que usen (agua, pasta de caseína, aceite de linaza o yema de huevo, entre otros).

### Tintas y colorantes

Diversos colorantes utilizados por artistas y artesanos son extraídos de productos naturales. Para hacerlo, es necesario encontrar disolventes en los que estas sustancias químicas sean solubles. Como parte de su proyecto pueden extraer sus propios colorantes y usarlos para teñir diversos tipos de telas. Por ejemplo, pueden tratar de extraer colorantes de espinacas, zanahorias, flores de jamaica, etcétera.

### Compósitos

En la actualidad, muchos pintores y escultores usan compósitos, mezclas heterogéneas de diferentes sustancias, para crear una gran variedad de estructuras y texturas. Uno de los compósitos más comúnmente empleados por artesanos mexicanos es el papel maché. Investiguen diferentes métodos para producir compósitos o usen su creatividad para crear mezclas interesantes de papel maché con diversos materiales (figura 5.8).

Organicen toda la información que obtengan a lo largo de este proyecto en tablas o cuadros sinópticos que les faciliten el trabajo.



Figura 5.8 El papel maché es un compósito se emplea para elaborar objetos decorativos y utilería.

### Comunicación

Al terminar el proyecto deberán producir una obra de arte que será presentada en una "exposición colectiva" organizada por su grupo. Su obra deberá ir acompañada de un folleto o un póster en el que describan los materiales utilizados, sus propiedades físicas y químicas y los fundamentos científicos para crear el producto final.

### Evaluación

Les recomendamos construir una rúbrica en la que describan los diferentes criterios (por ejemplo: originalidad, creatividad, aplicación de conocimientos de química, veracidad de la información presentada) que utilizarán para evaluar las obras de arte y material de apoyo generados por diferentes equipos. Cada equipo deberá autoevaluar su trabajo empleando esta rúbrica, y evaluar al menos dos obras de arte más, generadas por otros equipos.

Adicionalmente, al término del proyecto es importante que respondan en su cuaderno, de manera individual, el siguiente cuestionario.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

### Busca en...

García, Horacio, La química en el arte, México, SEP-Santillana, 2002 (Libros del Rincón). Descubrirás la química de los materiales y cómo se utilizan en el arte.

## ¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos?



**Figura 5.9** ¿Qué beneficios tienen los compuestos sustitutos del petróleo como el polietileno con el que se fabrica este biberón, ¿son sustentables?

### Planeación

Estamos tan acostumbrados a utilizar materiales derivados del petróleo que no nos percatamos de su presencia e importancia en la vida cotidiana. Por ello, para enfrentar el reto propuesto, les recomendamos que hagan investigaciones preliminares para entender mejor el papel de los derivados del petróleo en nuestras vidas, las ventajas y desventajas asociadas a su consumo, y las características de los materiales que se han propuesto como sustitutos. Por ejemplo:

- Hagan una lista de los objetos que usan cotidianamente y que suponen que fueron producidos con sustancias derivadas del petróleo.
- Completen una investigación que les permita identificar con toda certeza cuáles de los productos que usan día con día se fabrican con sustancias obtenidas directamente del petróleo, o a través de reacciones químicas que involucran reactivos que se extraen de este recurso natural.
- Todos los productos derivados del petróleo se denominan petroquímicos. Investiguen la composición química y la estructura molecular de algunos de los petroquímicos de mayor consumo en nuestro país.
- Investiguen qué tipos de materiales alternativos se están utilizando en México y en el mundo para sustituir algunos derivados del petróleo, como plásticos y fibras sintéticas.

#### Busca en...

[www.edutics.mx/ZNQ](http://www.edutics.mx/ZNQ), [www.edutics.mx/ZNq](http://www.edutics.mx/ZNq) y [www.edutics.mx/ZNT](http://www.edutics.mx/ZNT) (Consultadas: 21 de enero de 2019), donde encontrarás artículos acerca del ahorro en producción de plásticos y combustibles y también sobre biocombustibles.

## Desarrollo

Utilicen los resultados de sus investigaciones preliminares para elegir un material específico derivado del petróleo que propongan sustituir. Una vez que tengan su elección, hagan una investigación más a fondo sobre la composición química, estructura molecular y propiedades de esta sustancia. Por ejemplo, imaginen que seleccionan el polietileno como material a sustituir. Esta sustancia se emplea en la fabricación de bolsas y recipientes de plásticos. Para proponer un material que sustituya al polietileno es importante responder:

- ¿Qué materias primas se utilizan para producir este material? ¿De dónde se obtienen?
- ¿Qué reacciones químicas se emplean para sintetizar este producto?
- ¿Qué propiedades físicas y químicas de este material lo hacen útil?
- ¿Cuáles son las aplicaciones más importantes de este material?
- ¿Cómo se procesa el material para generar productos distintos, desde bolsas de plástico flexibles hasta botellas para el agua?
- ¿Cuál es el costo de su producción?
- ¿Qué problemas ambientales o de salud están asociados a la producción y consumo de este material y sus productos?

Una vez que respondan y analicen la información asociada, investiguen qué tipo de materiales renovables podrían ser utilizados como sustitutos. La idea es identificar materiales alternativos con propiedades equivalentes al derivado del petróleo, pero que ofrezcan ventajas en su uso (por ejemplo, son renovables, de bajo costo; son menos contaminantes, son más durables).



**Figura 5.10** Su folleto deberá contener un análisis detallado de las ventajas y desventajas de los materiales analizados.

## Comunicación

Con el fin de convencer a posibles inversionistas en su negocio ficticio sobre materiales alternativos, deberán elaborar un folleto informativo en el que comparen y contrasten las características del derivado de petróleo que quieren sustituir con las del material alternativo (figura 5.10). Su análisis deberá tomar en cuenta los diversos factores considerados en su investigación, incluidas las consideraciones sociales, económicas y ambientales.

## Evaluación

Les recomendamos que construyan una rúbrica en la que describan los diferentes criterios (por ejemplo, originalidad, creatividad, aplicación de conocimientos de Química, veracidad de la información presentada) que utilizarán para evaluar los folletos informativos generados por diferentes equipos. Cada equipo deberá autoevaluar su trabajo con esta rúbrica, y evaluar al menos dos folletos preparados por otros equipos.

Adicionalmente, al terminar el proyecto es importante que respondan en su cuaderno, de manera individual, el siguiente cuestionario.

- ¿Qué conceptos de este bloque aplicaste en tu proyecto?
- ¿Estás satisfecho con el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Qué problemas se presentaron y cómo los solucionaron?
- ¿Qué consideras que podrías mejorar en este proyecto?

#### Busca en...

Hernández, Aida, *Contaminación por desechos*, México, SEP-Santillana, 2002 (Libros del Rincón). Describe los daños ambientales por el mal tratamiento de los desechos.

## Sugerida para el estudiante

Abellán Giral, Concepción et al., *Estampas de la Ciencia III*, México, FCE, SEP, Conacyt, AMC, Consejo Consultivo de Ciencias, 1999 (La Ciencia para Todos, 175).

Alba Ávila, Abraham de et al., *Estampas de la Ciencia I*, México, FCE, SEP, Conacyt, AMC, Consejo Consultivo de Ciencias, 1999 (La Ciencia para Todos, 173).

Ávila Mendoza, Javier y Joan Genescá Llongueras, *Más allá de la herrumbre I*, México, SEP, Conacyt, 1996 (La Ciencia para Todos, 9).

\_\_\_\_\_, *Más allá de la herrumbre II. La lucha contra la corrosión*, 3a. reimp., México, SEP, Conacyt, 1995 (La Ciencia para Todos, 79).

Barahona Echeverría, Ana et al., *Estampas de la Ciencia IV*, México, FCE, SEP, Conacyt, AMC, CCCPR, 2004 (La Ciencia para Todos, 198).

Bosh Giral, Pedro y Graciela Díaz Roldán, *El carbono. Cuentos orientales*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2002 (La Ciencia para Todos, 139).

Bosh Giral, Pedro e Isaac Schifter, *La zeolita: una piedra que hierva*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 55).

Bosh Giral, Pedro, *Fuego en el alma y en la vida infierno*, México, FCE, SEP, Conacyt, 2000 (La Ciencia para Todos, 180).

Bulbulian, Silvia, *La radioactividad*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 42).

Casillas Gómez, Francisco Javier et al., *Estampas de la Ciencia II*, México, FCE, SEP, Conacyt, Academia Mexicana de Ciencias, Consejo Consultivo de Ciencias, 1999 (La Ciencia para Todos, 174).

Chamizo Guerrero, José Antonio y Andoni Garritz Ruiz, *Química terrestre*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2002 (La Ciencia para Todos, 97).

Chow Pantgay, Susana, *Petroquímica y sociedad*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2002 (La Ciencia para Todos, 39).

Córdova Frunz, José Luis, *La química y la cocina*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2002 (La Ciencia para Todos, 93).

De la Selva Monroy, Teresa, *De la alquimia a la química*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 118).

Domínguez, José Manuel e Isaac Shifter, *Las arcillas: el barro noble*, 2a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 109).

Fuentes Moyado, Sergio y Gabriela Díaz Guerrero, *Catalizadores: ¿La piedra filosofal del siglo XX?*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 59). Garcia-Colin Scherer, Leopoldo y Rosalio Rodríguez Zepeda, *Líquidos exóticos*, 2a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2001 (La Ciencia para Todos, 104).

Garritz Ruiz, Andoni y José Antonio Chamizo Guerrero, *Del tequesquite al ADN: Algunas facetas de la Química en México*, México, FCE, SEP, Conacyt, 1991 (La Ciencia para Todos, 97).

Genescá Llongueras, Joan, *Más allá de la herrumbre III. Corrosión y medio ambiente*, México, FCE, SEP, Conacyt, 1994 (La Ciencia para Todos, 121).

Guerrero, Manuel, *El agua*, 5a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2006 (La Ciencia para Todos, 102).

López, Tessy y Ana Martínez Vázquez, *El mundo mágico del vidrio*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 137).

Peña Díaz, Antonio y Georges Dreyfus Cortés, *La energía y la vida. Bioenergética*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2012 (La Ciencia para Todos, 92).

Rangel Nafaile, Carlos, *Los materiales de la civilización*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 29).

Ríos, José Luis de los, *Químicos y química*, México, FCE, SEP, Conacyt, 2011 (La Ciencia para Todos, 229).

Rius de Riepen, Magdalena, y Carlos Mauricio Castro-Acuña, *La química a la conquista del Sol*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2002 (La Ciencia para Todos, 10).

Rodríguez Arnaiz, Rosario, *Las toxinas ambientales y sus efectos genéticos*, 4a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 124).

Romo de Vivar, Alfonso, *Química, Universo, Tierra y vida*, 4a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2011 (La Ciencia para Todos, 51).

Shifter, Isaac y Esteban López Salinas, *Usos y abusos de las gasolinas*, 2a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 159).

Tonda Mazón, Juan, *El oro solar y otras fuentes de energía*, 3a. ed., México, FCE, SEP, Conacyt, 2003 (La Ciencia para Todos, 119).

La revista bimestral *Ciencia y Desarrollo* del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), aporta conocimientos de ciencia y tecnología mediante artículos de divulgación. La versión digital se encuentra disponible en:

[www.edutics.mx/Jek](http://www.edutics.mx/Jek)

La revista *¿Cómo ves?* de la UNAM ha publicado una variedad de artículos cortos que pueden servir de gran apoyo en este curso. Algunos de los aquí citados se encuentran disponibles en la siguiente dirección electrónica:

[www.edutics.mx/ZWe](http://www.edutics.mx/ZWe)

### Sugerida para el maestro

- American Chemical Society, *QuimCom. Química en la comunidad*, 4a. ed., México, Trillas, 2013.
- Fernández Flores, Rafael (ed.), *La Química en la sociedad*, México, Facultad de Química-UNAM, 2001.
- Garritz Ruiz, Andoni, Laura Gasque y Ana Martínez Vázquez, *Química Universitaria*, México, Pearson-Prentice Hall, 2005.
- Garritz Ruiz, Andoni y José Antonio Chamizo Guerrero, *Tú y la Química*, México, Pearson Educación, 2001.
- Gutiérrez Rodríguez, Alba, Olivia Rodríguez Zavala y Catalina Carmona Téllez, *La Química en tus manos*, México, UNAM, 2004.
- Sánchez, Griselda et al., *Química y vida diaria*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2006.
- Sánchez, Griselda et al., *Química y entorno*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2005.

### Para la elaboración de esta obra

- American Chemical Society, *Chemistry in the Community*, 6a ed., New York, W. H. Freeman, 2011.
- American Chemical Society, *ChemMatters Magazine*, publicación periódica. Burton, George et al., *Salters' advanced chemistry chemical storylines*, 3a. ed., England, University of York, 2000.
- American Chemical Society, *Middle School Chemistry. Big ideas about the very small*, <http://www.middleschoolchemistry.com/download/> (consulta: 15 de junio de 2016).
- Chang, Raymond y Kenneth Goldsby, *Química*, 11. ed., México, McGraw-Hill, 2013.
- Freebury, Gary y Arthur Eisenkraft, *Active Chemistry*, New York, It's About Time, 2006.
- Philips, John, Victor Strozak y Cheryl Wistrom, *Chemistry: concepts and applications*, New York, Glencoe-McGraw-Hill Interamericana, 2014.
- Stacy, Angélica M., *Living by chemistry*, New York, W.H. Freeman & Company, 2012.

© Shutterstock: pp. 20 (1.1), 25 (centro, ab.), 26 (1.6b, c, d), 30 (1.12), 31 (1.13), 37 (1.19), 1.20), 39 (1.22), 51 (ab.), 51 (arr.), 55 (1.35), 60 (der.), 74 (izq., der.), 96 (2.21), 101 (ab.), 103 (ab.), 119 (2.35), 130, 152 (3.1, b, d, e, f y g), 167 (3.16), 169 (arr., centro), 170 (arr.), 196 (3.36), 198 (3.38), 206 (izq.), 207 (der.), 214 (4.4), 215 (4.7), 234 (4.19), 244 (4.22), 245 (4.23), 254 (5.1), 265 (5.8), 266 (5.9); © Thinkstock: pp. 26 (1.6a, f), 27 (1.7, 1.8), 55 (1.36), 151 (der.), 152 (centro a y c), 153 (3.2), 163 (3.11, 3.12), 166 (3.14, 3.15 izq.), 169 (ab.), 173 (arr.), 184 (arr.), 187 (3.29), 197 (3.37), 198 (3.38), 228 (4.14); © Cuartoscuro: pp. 46 (1.28), 173 (ab.), 256 (5.2), 267 (5.10); © Latinstock México: pp. 19 (der.), 20 (1.2), 21 (1.3), 22 (1.4), 23 (der.), 24 (der.), 25 (arr.), 44 (1.25), 49 (1.31), 54 (1.34), 56, 57 (a, b y c), 65 (1.42), 75 (der.), 76 (2.1 arr.), 80 (2.6), 84 (2.11), 97 (2.22), 103 (2.26), 106 (2.28), 108 (centro y ab. c), 109 (ab. a, b, d y e), 110 (2.29), 121 (2.36 der.), 133 (2.45 y 2.47), 150 (a y b), 153 (3.3), 155 (3.5), 156 (3.6), 158 (3.7), 163 (3.10), 180 (a, b y c), 181 (centro), 186 (3.28 centro), 188 (f), 194, 206 (der.), 210 (arr.), 216 (4.8), 219 (4.10), 224 (4.13), 247 (4.24), 252 (izq., der.), 253 (der.), 264 (5.7c); © Archivo Digital: pp. 18 (der.), 50 (centro), 187 (3.30); © Photo Stock: pp. 26 (1.6e); © AP Images: pp. 239; © Nasa gov: pp. 186 (3.28 der., izq.), 188 (a y b).

Juan Mario Pérez Oronoz: pp. 32 (1.15, centro), 34 (1.17), 36 (ab.), 39 (1.21), 41 (centro), 67 (1.44), 77 (ab.), 87 (ab.), 98 (arr.), 190 (ab.), 212 (centro), 218 (der.), 241 (arr.); Gerardo González López: pp. 35 (arr.), 36 (1.18), 39 (arr.), 135 (centro), 165 (der.), 193 (3.35), 210 (der.); 222 (4.12); Mariana Barreiro Guijosa: pp. 62 (1.40); Francisco Manuel Palma Lagunas: pp. (1.43); Carlos Sánchez Pereyra: pp. 68 (1.45), 188 (d), 208 (4.1); Ignacio Guevara: pp. 188 (c); Juan José David Morín García: pp. 200 (3.41); Verónica Yáñez: pp. 209 (4.2).

Banco de Imágenes Ediciones Castillo, S.A. de C.V.: pp. 29 (1.10), 31 (1.14), 43 (1.24), 47 (1.29 y 1.30), 49 (1.32), 59 (1.39), 76 (2.1 ab.), 79 (2.4), 81 (2.9), 88 (2.13a), 97 (2.23), 98 (2.24), 104 (2.27), 108 (ab., a), 121 (2.37 izq., 2.38), 127 (2.42), 154 (3.4), 159 (3.8, 3.9), 166 (3.15 der.), 167 (3.17), 172 (arr.), 174 (3.20), 181 (ab.), 182 (3.25 arr.), 188 (3.31, e), 189 (b y c), 210 (4.3 ab.), 215 (4.5, 4.6), 232 (4.16), 240 (arr.), 258 (5.3), 261 (5.4).

pp. 18 (izq.): Autunite sous UV (France) Fotografía: © Parent Géry; pp. 22 (1.5): Medicamentos ilegales provocan 700 mil muertes al año en el mundo, © La Jornada. Nota de Ángeles Cruz Martínez. Jueves 7 de marzo de 2013; pp. 42 (1.23): PacificYew 8544, Fotografía: © Walter Siegmund, GNU Licencia de Documentación Libre; pp. 53 (1.33): <http://www.who.int/es/>; pp. 60 (izq.): *Montanoa hibiscifolia*, Fotografía: © Forest & Kim Starr, Creative Commons; pp. 108 (ab. b): *Parcelsus*, *Theophrastus*, GNU Licencia de Documentación Libre; pp. 108 (ab. d): *Berzelius*, Jöns Jacob, GNU Licencia de Documentación Libre; pp. 109 (ab. c): *William Ramsay*, Creative Commons; pp. 111 (2.31): Portadas Revistas Nature, © Macmillan Publishers; pp. 112 (2.32): *Polycrystalline-germanium*, © Creative Commons; pp. 239 (arr.): *Emil Fisher*, © Creative Commons; pp. 262 (5.5): Códice Mendocino, 1541, folio 2r, Biblioteca Bodleiana de Oxford, Inglaterra, CONACULTA-INAH-MEX reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia; pp. 263 (5.6a): *Vasija mixteca*, Cholula, Puebla, CONACULTA-INAH -MEX reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia; pp. 263 (5.6b): *Vasija azteca*, CONACULTA-INAH-MEX reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia; pp. 264 (5.7a y b): stock.xchng® vi.

Gráficos:

**Judith Sánchez Durán:** pp. 33 (1.16), 94 (2.16 izq.), 164 (3.13), 230 (4.15); **Jesús Emmanuel Urueta Cortés:** pp. 52 (ab.), 73 (arr., centro), 78 (2.2), 91 (2.15), 93, 94 (2.17), 95 (izq., der.), 101 (arr.), 102 (2.25), 115 (ab.), 116 (2.33), 120, 123 (centro), 124 (2.39), 126 (der.), 128 (2.43), 177 (3.23), 178, 179 (3.24), 181 (arr.), 182 (3.26), 199 (3.39), 200 (3.40), 220 (4.11), 235 (arr., 4.20, ab.), 237 (arr.); **Mariana Jiménez Hernández:** pp. 21 (ab.), 64 (1.41); **Nayely Alejandra Mejía Arteaga:** pp. 56-57 (ab.), 108-109 (ab.), 180-181 (ab.), 238-239 (ab.).

Ilustración:

**Luis Montiel Villegas:** pp. 14 y 15 (arr.), pp. 28 (1.9), 44 (1.26), 108 (arr.), 132 (2.44), 189 (3.32), 222 (centro), 232 (4.17, 4.18); **Eloy Padilla Puga:** pp. 29 (1.11), 79 (2.3, centro, 2.5), 80 (2.7, ab.), 81 (2.8), 82 (2.10, centro, ab.), 85 (ab.), 86 (arr.), 87 (2.12), 89 (2.13b), 90 (2.14), 94 (2.16 der., 2.20), 117 (2.34), 121 (2.36 izq., 2.37 der.), 133 (2.46), 134 (2.48, 2.49), 135 (2.50), 136 (2.51), 138 (2.53), 148, 159 (3.9, ab.), 160 (arr.), 161 (arr.), 162 (arr.), 175 (3.21, 3.22), 182 (3.25), 183 (3.27), 189 (a y 3.33), 191 (3.34), 217 (4.9), 238 (der.), 239; **Fernando David Ortiz Prado:** pp. 43 (ab.), 44 (1.27), 45 (arr.), 54 (ab.), 58 (1.37), 94 (2.18, 2.19), 95 (centro), 110 (2.30), 126 (2.41), 137 (2.52), 168 (der.), 184 (ab.), 251 (centro); **Jesús Enrique Gil de María y Campos:** pp. 59 (1.38), 125 (2.40), 171 (3.18), 226 (arr.); **Karla María Estrada Hernández:** pp. 83; **Olenka Pérez Bravo:** pp. 126 (2.41), 150 (der.).

Cartografía:

**Adela Calderón Franco y Liliana Raquel Ortiz Gómez:** pp. 172 (3.19), 242 (4.21).

[www.edicionescastillo.com](http://www.edicionescastillo.com)  
[infocastillo@macmillaneducation.com](mailto:infocastillo@macmillaneducation.com)  
Lada sin costo: 01 800 536 1777

DISTRIBUCIÓN GRATUITA  
PROHIBIDA SU VENTA



9786074639391