

# Acércate a la Química

Tercer grado  
Secundaria



Silvia Jara Reyes



El libro **Acércate a la Química** es una obra creada por la Dirección Editorial de Ediciones Larousse, S.A. de C.V. y en su realización intervinieron:

**Dirección editorial**  
Tomás García Cerezo

**Gerencia editorial de contenidos**  
Blanca Estela Gayosso Sánchez, María Antonieta Salas Chávez

**Coordinación general de contenidos**  
José de Jesús Arriaga Carpio

**Coordinación de contenidos de Ciencias**  
Felipe de Jesús Castro Pérez

**Edición**  
Salvador Méndez Alvarado, Azaharíel Ramírez García

**Asistencia editorial**  
Azucena Elisa Tovar Villegas

**Revisión técnico-pedagógica**  
Francisco Javier Rodríguez Gómez

**Coordinación de edición técnica**  
Héctor Rafael Garduño Lamadrid

**Diseño de interiores**  
Astrid Guagnelli Sagaminaga

**Formación de interiores**  
Sell and Service, S.A. de C.V.

**Corrección de estilo**  
Adolfo Tomás López Sánchez

**Coordinación gráfica**  
Mónica Godínez Silva, Ángel Rodríguez Brambila

**Asistencia gráfica**  
Marco Antonio Rosas Aguilar

**Ilustración**  
Alejandro Canales, Archivo gráfico Larousse, Rubén Feria, José Escobar, Nurlivan Villoria, Armando Alvarado

**Diseño de portada**  
Ediciones Larousse, S.A. de C.V., con la colaboración de Nice Montaña Kunze

**Fotografía de portada**  
© Shutterstock, © Thinkstock

ISBN 978-607-21-0795-3

**Acércate a la Química**  
Derechos reservados  
© 2014 Silvia Jara Reyes

© 2014, 2017 Ediciones Larousse, S.A. de C.V.  
Renacimiento 180, Colonia San Juan Tlhuaca  
Delegación Azcapotzalco, C.P. 02400, Ciudad de México

Primera edición, 2014  
Primera edición revisada, 2017  
**Primera reimpresión, 2018**

Todos los derechos reservados conforme a la ley.  
Queda estrictamente prohibida su reproducción por cualquier medio mecánico o electrónico conocido y por conocerse, sin la autorización escrita del titular del copyright. Las características de esta edición, así como su contenido, son propiedad de Ediciones Larousse, S.A. de C.V. Larousse y el logotipo Larousse son marcas registradas de Larousse, S.A. 21 Rue du Montparnasse, 75298 Paris Cedex 06.

## Presentación para el alumno

“El hombre es menos fuerte que el gorila, más lento que los antílopes; la piel le protege menos que a los osos, pero tiene sobre ellos una ventaja radical: puede adaptarse, sin cambiar sus genes, gracias a su tecnología.”

*Antonio Fernández-Rañada*

### Estimado alumno

Entre las muchas aspiraciones que definen el propósito de una vida están la curiosidad y las ganas de comprender el mundo en el que habitamos y la vida misma, el ansia de conocimiento y de sabiduría. Uno de los caminos para conseguirlo es por medio de la ciencia y la tecnología. En este curso en especial, se hará énfasis en la química.

Junto con otras ciencias, la química se ha convertido en un instrumento fundamental para entender la infinidad de espectáculos naturales que alberga el universo y los seres vivos, así como para sintetizar los productos químicos que permiten resolver las necesidades de la sociedad: alimentos, medicamentos, vestido, casa, fuentes de energía y cuidado del medio ambiente, entre otras.

Además, entender los fundamentos de la química hará que seas un consumidor más consciente, un ciudadano más preocupado de los temas ambientales y sociales y, por tanto, más apto para participar en la búsqueda de soluciones para diversos problemas.

Por tanto, *Acércate a la Química* tiene el propósito fundamental de guiarte de manera sencilla y clara al fascinante mundo de la química, para que tengas una visión global y crítica de lo que ocurre a tu alrededor, de tal modo que, sea cual fuere tu actividad laboral, esto te sea de gran utilidad.

Estaré muy satisfecha si, al final del recorrido, esto se consiguió. Y si te llegara a gustar la química tanto como a mí, me encantará en un futuro poder llamarte colega.

La autora

“Voy con la rienda tensa y refrenando el vuelo,  
que lo importante no es llegar  
solo y primero  
sino con todos y a tiempo.”

*León Felipe*

## Estimado maestro

Espero que *Acércate a la Química* le sea de utilidad y que contribuya a elevar la calidad de la enseñanza de las ciencias y, por tanto, a mejorar en el alumnado el desarrollo de las competencias propias de este campo disciplinar. Cabe destacar que su experiencia, su estilo personal de enseñanza y sus saberes son los que otorgarán el verdadero valor pedagógico a este recurso.

A lo largo del libro encontrará una serie de actividades pensadas para apoyar el trabajo en el aula, las cuales pueden ser adaptadas, modificadas o sustituidas por ideas suyas o de sus estudiantes, si conviene a las particularidades y contextos de su localidad y realidad.

En algunas actividades se utilizan los conocimientos ya existentes en nuevas situaciones, sin excluir los elementos matemáticos que sean necesarios, pero no reduciéndolos a éstos.

La recomendación es que usted realice las actividades planteadas en el texto antes de llevarlas a cabo con sus estudiantes, para conocer los pormenores de las mismas y considerarlos en el momento de la planeación de la clase. También se sugiere revisar las fuentes de información propuestas en la sección *Para aprender más* y en la *Bibliografía*.

Por otra parte, usted sabe que evaluar es una condición necesaria para mejorar la enseñanza y el aprendizaje; por ello, para auxiliarle en este proceso, en el libro encontrará las secciones *Y tú, ¿qué sabes?*, *Lo que aprendimos de...* y *Evaluación del bloque*, que le serán de gran utilidad para la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa, respectivamente.

Por último, retomando la frase de León Felipe, promueva el desarrollo de las actividades en un ambiente de suficiente libertad y a un ritmo adecuado, de modo que usted y sus estudiantes hagan juntos el recorrido en este proceso de enseñanza y aprendizaje de la química.

Gracias por permitirme ingresar a su aula.

La autora

Presentación para el alumno .....	3
Presentación para el maestro .....	4
Índice .....	5
Conoce tu libro .....	8
Dosificación programática .....	12

## Bloque I. Las características de los materiales .....

14

Introducción. El cráter de los dinosaurios y la leyenda del canal de Yucatán .....	16
1. La ciencia y la tecnología en el mundo actual .....	18
Relación de la química y la tecnología con el ser humano, la salud y el ambiente .....	19
2. Identificación de las propiedades físicas de los materiales .....	30
Propiedades cualitativas .....	31
Propiedades extensivas .....	35
Propiedades intensivas .....	36
3. Experimentación con mezclas .....	44
Mezclas homogéneas y heterogéneas .....	45
Métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes .....	50
4. ¿Cómo saber si la muestra de una mezcla está más contaminada que otra? .....	59
Toma de decisiones relacionada con la contaminación de una mezcla .....	60
Toma de decisiones relacionada con concentración y efectos .....	62
5. Primera revolución de la química .....	68
Aportaciones de Lavoisier: la Ley de conservación de la masa .....	68
Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa. Integración y aplicación .....	73
A. ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente? .....	73
B. ¿Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente? .....	76
Una mirada hacia el futuro .....	78
La química en acción .....	79
Evaluación del bloque I (Evaluación PISA) .....	80

## Bloque II. Las propiedades de los materiales y su clasificación química .....

84

Introducción. El arte del metal en México .....	86
1. Clasificación de los materiales .....	88
Mezclas y sustancias puras: compuestos y elementos .....	89
2. Estructura de los materiales .....	94
Modelo atómico de Bohr .....	95
Enlace químico .....	97
3. ¿Cuál es la importancia de rechazar, reducir, reusar y reciclar los metales? .....	102
Propiedades de los metales .....	102
Toma de decisiones relacionada con: rechazo, reducción, reúso y reciclado de metales .....	105

<b>4. Segunda revolución de la química</b> .....	108
El orden en la diversidad de las sustancias: aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev .....	108
<b>5. Tabla periódica: organización y regularidades de los elementos químicos</b> .....	116
Número y masa atómica, valencia .....	116
Regularidades en la tabla periódica de los elementos químicos representativos .....	121
Carácter metálico .....	122
Importancia de los elementos químicos para los seres vivos .....	124
<b>6. Enlace químico</b> .....	127
Modelos de enlace: covalente e iónico .....	127
Relación entre las propiedades de las sustancias con el modelo de enlace: covalente e iónico .....	130
<b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa. Integración y aplicación</b> .....	134
A. ¿Cuáles elementos químicos son importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo? .....	134
B. ¿Cuáles son las implicaciones en la salud o el ambiente de algunos metales pesados? .....	135
<b>Una mirada hacia el futuro</b> .....	138
<b>La química en acción</b> .....	139
<b>Evaluación del bloque II (Evaluación PISA)</b> .....	140

<b>Bloque III. La transformación de los materiales: la reacción química</b> .....	144
<b>Introducción. Maravillas de la naturaleza</b> .....	146
<b>1. Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la química</b> .....	148
Manifestaciones y representación de reacciones químicas (ecuación química) .....	149
<b>2. ¿Qué me conviene comer?</b> .....	158
La caloría como unidad de medida de la energía .....	158
Toma de decisiones relacionada con: los alimentos y su aporte calórico .....	162
<b>3. Tercera revolución de la química</b> .....	168
Tras la pista de la estructura de los materiales: aportaciones de Lewis y Pauling .....	168
Uso de la tabla de electronegatividad .....	171
<b>4. Comparación y representación de escalas de medida</b> .....	174
Escalas y representación .....	174
Unidad de medida: mol .....	177
<b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa. Integración y aplicación</b> .....	184
A. ¿Cómo elaborar jabones? .....	184
B. ¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano? .....	185
<b>Una mirada hacia el futuro</b> .....	189
<b>La química en acción</b> .....	190
<b>Evaluación del bloque III (Evaluación PISA)</b> .....	191

<b>Bloque IV. La formación de nuevos materiales</b> .....	194
<b>Introducción. En búsqueda de mayor producción de alimentos</b> .....	196
<b>1. Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria</b> .....	198
Propiedades y representación de ácidos y bases .....	199
<b>2. ¿Por qué evitar el consumo frecuente de los "alimentos ácidos"?</b> .....	210
Toma de decisiones relacionada con: importancia de una dieta correcta .....	210
<b>3. Importancia de las reacciones de óxido y de reducción</b> .....	216
Número de oxidación .....	216
Características y representaciones de las reacciones redox .....	219
<b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa. Integración y aplicación</b> .....	231
A. ¿Cómo evitar la corrosión? .....	231
B. ¿Cuál es el impacto de los combustibles y posibles alternativas de solución? .....	233
<b>Una mirada hacia el futuro</b> .....	235
<b>La química en acción</b> .....	236
<b>Evaluación del bloque IV (Evaluación PISA)</b> .....	237

<b>Bloque V. Química y tecnología</b> .....	240
<b>Introducción. ¡Casi llegamos al final de nuestro encuentro!</b> .....	242
<b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa. Integración y aplicación</b> .....	243
A. ¿Cómo se sintetiza un material elástico? .....	244
<b>La química en acción</b> .....	248
B. ¿Qué aportaciones a la química se han generado en México? .....	249
<b>La química en acción</b> .....	251
C. ¿Cuáles son los beneficios y riesgos del uso de fertilizantes y plaguicidas? .....	253
<b>La química en acción</b> .....	255
D. ¿De qué están hechos los cosméticos y cómo se elaboran? .....	256
E. ¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas mesoamericanas? .....	259
<b>La química en acción</b> .....	261
F. ¿Cuál es el uso de la química en diferentes expresiones artísticas? .....	263
<b>La química en acción</b> .....	265
G. ¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos? .....	266
Tabla periódica de los elementos .....	268
<b>Bibliografía</b> .....	270
Créditos iconográficos .....	272

# Conoce tu libro

El libro *Acércate a la Química* está dividido en cinco bloques; en los primeros cuatro se desarrollan los contenidos que aprenderás en este curso, un proyecto de integración y aplicación, y una evaluación que te permitirá conocer tus avances. El quinto bloque te plantea algunos proyectos a desarrollar en aspectos como la síntesis, beneficios y riesgos de productos de uso cotidiano, el papel que desempeña la química en las artes, aportaciones de México a esta disciplina de la ciencia, entre otros.

## Entrada de bloque

Todos los bloques inician con una fotografía y un epígrafe relacionado con el eje temático de la unidad, así como las competencias que se favorecen y los aprendizajes esperados para que tengas una idea de lo que aprenderás.



## Introducción

### Maravillas de la naturaleza



## Introducción

Esta lectura es un espacio de reflexión que te permitirá valorar la importancia de los contenidos que vas a revisar en el bloque.

## Y tú, ¿qué sabes?

Cada lección inicia con una actividad para que tú y tu profesor conozcan cuáles son las ideas que tienes acerca del tema a estudiar.

## Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la química

¿Qué es un cambio químico? ¿Qué es un cambio físico? ¿Cómo se relacionan con el lenguaje de la química?

1. Observa las imágenes que te presentamos y describe los cambios que se observan en cada una.

2. Clasifica los cambios que observaste en físicos o químicos. Justifica tu respuesta.

3. Escribe un ejemplo de cada tipo de cambio que observaste.

4. ¿Qué relación encuentras entre el lenguaje de la química y el lenguaje cotidiano? ¿Por qué es importante el lenguaje de la química?

5. ¿Qué relación encuentras entre el lenguaje de la química y el lenguaje cotidiano? ¿Por qué es importante el lenguaje de la química?

## Relevancia Social

Fortalecen el tratamiento transversal de los contenidos relacionándolos con situaciones que promueven la diversidad cultural, los derechos humanos, el cuidado del ambiente y otros aspectos importantes para la vida en sociedad.

## Ciencia y tecnología

Relaciona los contenidos estudiados con otras áreas del conocimiento o situaciones cotidianas con el propósito de mostrar los diversos campos de la aplicación de la química.

El agua es un recurso natural que se encuentra en abundancia en la Tierra, pero su disponibilidad para el consumo humano es limitada. Por ello, es necesario utilizar procesos de purificación para obtener agua potable.

El agua pura (H<sub>2</sub>O) es una molécula formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En estado líquido, las moléculas de agua están unidas por enlaces de hidrógeno, lo que le confiere propiedades únicas.

Los procesos de purificación del agua incluyen la coagulación, la floculación, la sedimentación y la filtración. Estos procesos eliminan las impurezas y los microorganismos presentes en el agua cruda.

## Recuerda que...

Aquí se retoman conceptos que has estudiado en tus cursos anteriores de ciencias y que son necesarios para comprender un nuevo concepto o llevar a cabo alguna actividad.

## Glosario

Breves definiciones para aclarar términos que tal vez desconozcas y que te ayudarán a comprender mejor los temas.

## TIC

Sugerencias para que trabajes con tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que enriquecerán tus conocimientos sobre el tema.

Las actividades propuestas te ayudarán a reafirmar lo aprendido acerca de los conocimientos estudiados, en ellas se plantean preguntas y situaciones que despiertan tu curiosidad científica. Para realizarlas se utilizan materiales que no son agresivos para el medio, y que se pueden encontrar en casa. Las modalidades de trabajo que podrás encontrar en este apartado son las siguientes:

- Actividad individual
- Actividad en pareja
- Actividad en equipo
- Actividad en grupo

Química e Historia  
Datos históricos acerca de los temas que se están estudiando.

Cuidado de la salud  
Información sobre los efectos de los productos químicos en los seres vivos para tomar decisiones al respecto y recomendaciones para el cuidado de la salud.

### Ambiente

Explicación de las características de algunos entornos naturales.

Las características de algunos entornos naturales se explican en esta sección. Se incluye un gráfico que muestra el crecimiento de la población y un texto que discute los impactos ambientales.

### Avances del proyecto

En esta sección encontrarás actividades que te serán de gran utilidad para la planeación y seguimiento de tu proyecto.

Esta sección ofrece actividades prácticas para la planeación y el seguimiento del proyecto. Incluye una entrevista con un experto y un diagrama de flujo que muestra los pasos del proyecto.

### Una mirada hacia el futuro

Aquí se te proporciona información acerca de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, así como las carreras afines, para que puedas hacer una mejor elección del campo al que desees dedicarte en un futuro.

### Para aprender más

Aquí se recomiendan textos, artículos de divulgación, páginas electrónicas, videos, etcétera, que te servirán de apoyo al realizar tus actividades o para profundizar en el tema.

### Lo que aprendimos de...

Para cerrar cada tema, al final de cada uno encontrarás un conjunto de ejercicios de autoevaluación. Luego, es conveniente que la intercambies con otro compañero del grupo y se evalúen mutuamente, es decir, se coevalúen.

### La química en acción

Serie de entrevistas a investigadores, artesanos y químicos, cuya finalidad es mostrarte las investigaciones que se llevan a cabo en México hoy día respecto a los contenidos estudiados en cada bloque, o bien, la manera de aplicar la química por algunos artesanos y químicos.

### Evaluación del Bloque II

Esta página contiene una evaluación del bloque II. Incluye un rompecabezas de palabras en una cuadrícula y una lista de preguntas relacionadas con el tema.

### Evaluación del bloque

Evaluaciones que, en general, parten de una situación problema y que para su resolución requiere el uso de diferentes habilidades y aprendizajes adquiridos a lo largo del bloque. Además son una herramienta útil para la autoevaluación y heteroevaluación de los aprendizajes esperados.

### Tabla periódica

En ésta hallarás los datos básicos de los elementos (nombre, símbolo, masa y número atómico) y datos adicionales como el ordenamiento electrónico, el estado de agregación y los principales estados de oxidación.

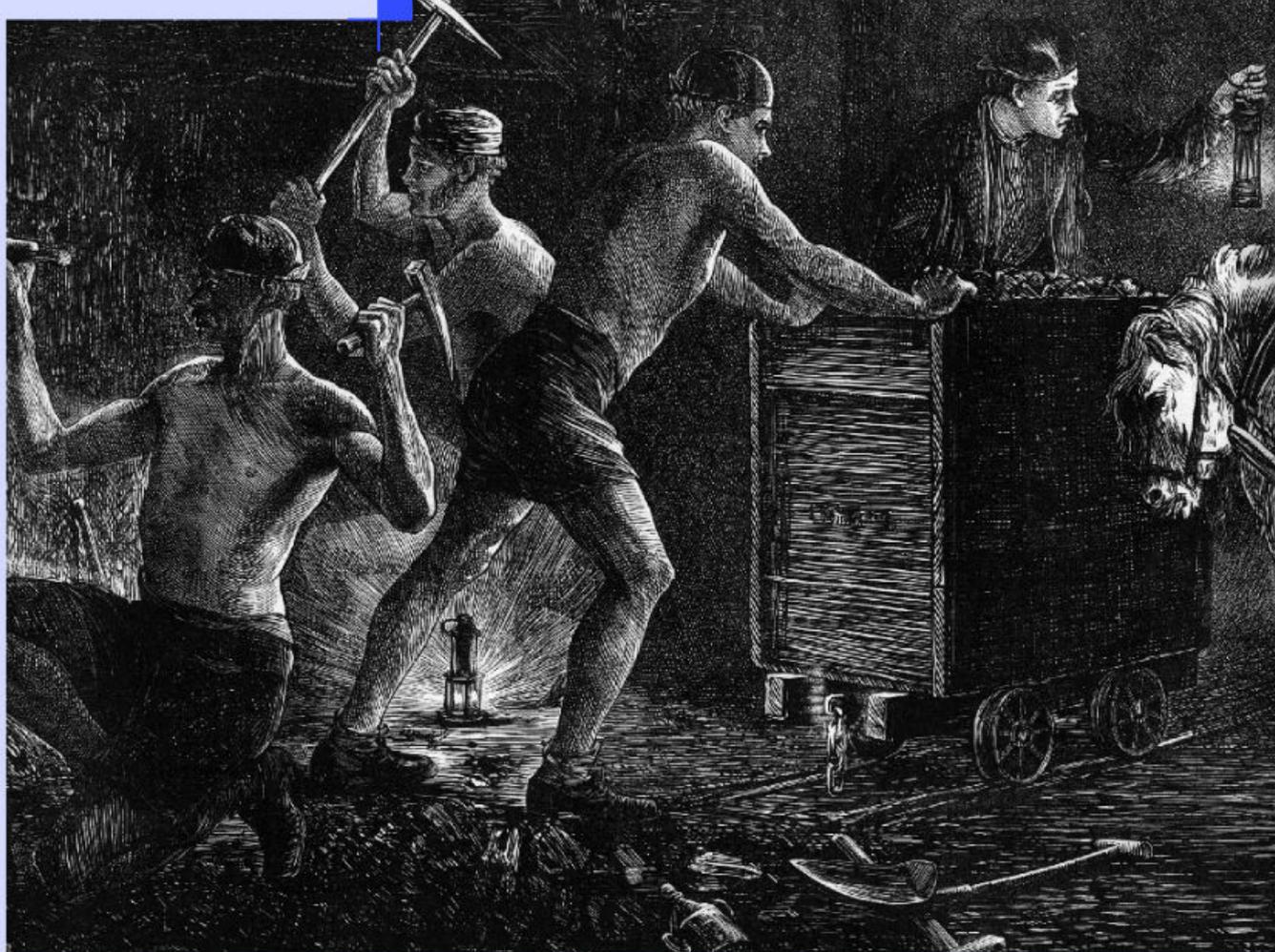
Una versión ampliada de la tabla periódica de los elementos. Los elementos están organizados en filas y columnas, con algunos elementos destacados en colores para facilitar la identificación.

### Bibliografía

Incluye las fuentes de información que se utilizaron para la elaboración de tu libro, así como algunos libros y documentos electrónicos que pueden ser de mucha utilidad para tu trabajo en el curso.

Esta página presenta la bibliografía utilizada en el libro. Está organizada en secciones como 'Bibliografía consultada' y 'Bibliografía', listando libros, artículos y recursos electrónicos.





La mina de carbón, grabado inglés publicado en *The graphic*, en 1871.

“Cuando aprendí a escuchar el metal, las tintas y el papel, aprendí a disfrutar las explicaciones científicas de los procesos del grabado. Y una vez más me di cuenta de que la ciencia está en las cosas más cotidianas de nuestra vida.”

*Patricia de la Fuente*

# Bloque I

## Las características de los materiales

### 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.

### Aprendizajes esperados

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

## Introducción

# El cráter de los dinosaurios y la leyenda del canal de Yucatán

Hace 65 millones de años la península de Yucatán, México, estaba unida a Cuba. Durante la historia de la humanidad, el ser humano ha dado diversas explicaciones al hecho de su separación. La mitología maya, por ejemplo, lo hace de la siguiente manera.

### Glosario

**Afable.** Agradable, amable, cordial.

Vivía en una región cercana a la costa, un matrimonio bien avenido, pero al cual los dioses no habían favorecido con hijos, por lo que los ruegos e imploraciones de la pareja eran constantes. Cuando la edad de esta pareja era ya algo avanzada, los dioses accedieron a sus ruegos, concediéndoles por los años de espera a unos gemelos: Balán y Sibón, tan parecidos físicamente como dos gotas de agua.

Con el correr del tiempo los gemelos fueron creciendo, aprendiendo las labores del campo. Si bien seguían siendo físicamente idénticos, desarrollaron formas de ser muy diferentes uno del otro, pues Balán era afable, cariñoso, de sentimientos nobles; en tanto que Sibón era todo lo contrario, esto es, hosco, irritable y lleno de envidias, particularmente hacia su hermano que siempre se granjeaba el cariño y la estimación de quienes le rodeaban.

Refiriéndonos a las labores agrícolas de los gemelos, en una ocasión en la que tenía un campo preparado para la quema y posterior siembra del maíz, Balán dio inicio a esta operación, pero inesperadamente el aire cambió de dirección provocando que las llamas lo rodearan, manteniéndose aislado por varias horas, en medio de un abrasante calor que le provocó gran deshidratación. A punto de fene- cer, Balán fue localizado por su hermano Sibón, quien acudió a él con un calabazo lleno de agua. En la mirada de Balán se podía apreciar el gran cariño y el profundo agradecimiento que sentía por su hermano; sin embargo, Sibón en ese instante pensó que ese era el momento justo para deshacerse de Balán, por lo que de un manotazo arrancó prácticamente el calabazo de sus labios. El calabazo cayó al suelo rompiéndose y derramándose todo su contenido. En la mirada de Balán se veía la resignación a la muerte; pero sucedió algo inesperado, el charco de agua fue creciendo, separando cada vez más a los gemelos; tal abundancia de agua mandaron los dioses, que se formó el canal de Yucatán, separando a la península de lo que hoy es Cuba (figura 1.1). En tal lugar quedó Sibón, los indios Siboney son sus descendientes.

Ranulfo Anibal Cab Peniche, "Leyenda del Canal de Yucatán", en *Hechos históricos, tradiciones, mitos y leyendas de Yucatán, México, 1997*, pp. 55-57.



Figura 1.2 Localización del cráter de Chicxulub.

Actualmente sabemos, debido a la ciencia y la tecnología, que hace 65 millones de años un objeto proveniente del espacio exterior de 10 km de diámetro y 50 000 km<sup>3</sup> de roca cayó al norte de la península de Yucatán, separándola de la mencionada isla antillana. Además, el impacto formó un cráter de 195 km de diámetro que se encuentra cubierto por la acción de la sedimentación en esa región y en cuyo centro se localiza el pueblo pesquero de Chicxulub (figura 1.2).

Los efectos de esta colisión fueron devastadores. Miles de millones de toneladas de polvo formaron una densa nube que mantuvo a la Tierra en la oscuridad durante algunos meses. Esta nube impidió el paso de los rayos solares, la temperatura global descendió, las plantas que dependían directamente de la luz del Sol se marchitaron al no poder realizar el proceso de la fotosíntesis y con el tiempo se extinguieron alrededor de 75% de las especies marinas y 65% de las terrestres.

Cuando el polvo bajó, las temperaturas se elevaron debido a que se había modificado la composición química de la atmósfera. Con el impacto, la caliza y el yeso presentes en los suelos de Yucatán reaccionaron, generando millones de toneladas de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que fueron arrojadas al aire. Muchas especies de plantas y animales no toleraron el aumento de temperatura y

murieron. Se cree que entre las víctimas de esa destrucción estuvieron los dinosaurios.

No se sabe si el objeto que formó el cráter de Chicxulub fue un meteorito o un asteroide, pero lo que sí queda claro es que su impacto hizo posible nuestra permanencia en la Tierra.

¿Qué podemos concluir de esta lectura? Primero, que el ser humano ha tratado siempre de explicarse lo que sucede a su alrededor. A veces da respuestas a lo que acontece mediante mitos y leyendas, como la *Leyenda del Canal de Yucatán* que acabas de leer. En otras ocasiones lo hace por medio del estudio de los hechos.

Segundo, que la química es una ciencia central; es decir, para entender los efectos que causó este objeto extraterrestre al chocar contra la Tierra o cualquier otro fenómeno que involucre transformaciones de la materia, es de vital importancia contar con los conocimientos básicos de química, pues es la ciencia que estudia a la materia y los cambios que experimenta.

¿Qué te parece si continúas explorando el apasionante mundo de la ciencia, para saber, en este curso, qué es y qué hace la química?

### Relevancia Social

**Diversidad cultural.** Sociedades de diferentes épocas y culturas han dado siempre explicaciones de lo que ocurre en su entorno.



Figura 1.1 El canal de Yucatán es un estrecho marino localizado entre Cabo Catoche (península de Yucatán, en México) y Cabo San Antonio (Cuba).



1. Me siento mal sólo de pensar en la química.
2. La gente muestra poca curiosidad por los asuntos de la química.
3. La química es valiosa.
4. Es una ciencia compleja e incomprensible.
5. Para aprender química hay que ser muy inteligente.
6. Los alumnos estudian química porque se les obliga.
7. Estudiar química sirve incluso cuando se deja la escuela.
8. La química sólo tiene sentido para quien estudia para químico.
9. Estimula y desarrolla la curiosidad.
10. Evita que seamos supersticiosos.
11. Es una actividad humana en permanente construcción.
12. La química nos ayuda a pensar mejor.
13. Ayuda a mejorar la calidad de vida.
14. Tenemos un mundo mejor para vivir gracias a la química.
15. Los beneficios de la química son más grandes que los riesgos.
16. Proporciona más y mejores alimentos.
17. Contribuye a la creación de drogas que causan problemas.
18. El progreso de la química está poniendo en riesgo la vida en el planeta y las condiciones de mantenimiento del medio.
19. La química y la tecnología originan una manera de vivir artificial y deshumanizada.
20. Debido a los avances de la química y la tecnología los recursos naturales serán inagotables.
21. Por medio de sus productos, la industria química permite a otros sectores, como el transporte y la vivienda, reducir las emisiones de contaminantes.
22. Los impuestos de la industria química contribuyen a causas sociales y públicas.
23. La industria química es el mayor inversor en protección del ambiente.
24. La investigación científica permite que los productos químicos sean cada día más seguros.
25. Prefiero ver programas de televisión sobre química y tecnología antes que leer artículos sobre este tema.
26. Los medios de comunicación enfocan las consecuencias desastrosas de la química y silencian su contribución y ayuda positivas.
27. Los medios de comunicación trivializan la información científica.
28. La publicidad utiliza los conocimientos de química para dar credibilidad a sus productos.

**TIC**

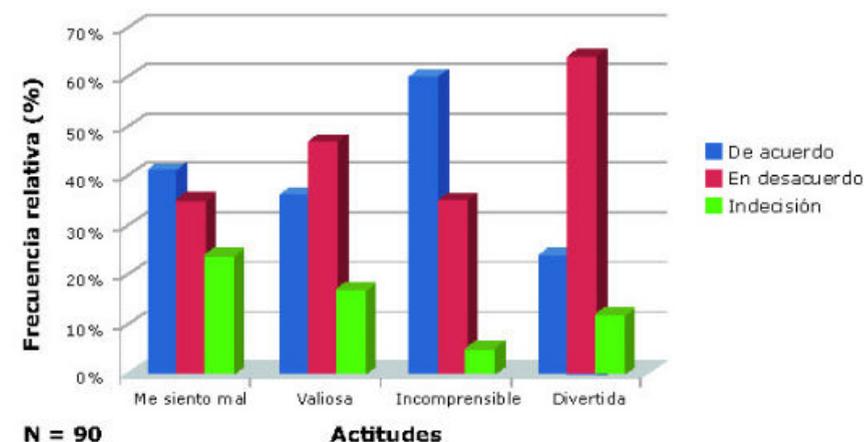
Las hojas de cálculo electrónicas son programas que en unos cuantos minutos hacen miles de cálculos que antes tardaban semanas. Todo esto, gracias a la computadora.

3. Capturen los datos en una hoja de cálculo electrónica, o bien, utilicen otros materiales, como hojas de papel bond cuadrículado para trazar las tablas y gráficas.
4. Muestren sus resultados a su profesor para que reúna la información de todos los equipos y elabore una base de datos.
5. Sistematicen la información; para ello, asignen a cada equipo un número determinado de preguntas.
  - a) Equipo 1: preguntas 1 a 4. *Actitudes relacionadas con la imagen de la química.*
  - b) Equipo 2: preguntas 5 a 8. *Actitudes relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de la química.*
  - c) Equipo 3: preguntas 9 a 12. *Actitudes relacionadas con la naturaleza de la química.*
  - d) Equipo 4: preguntas 13 a 16. *Actitudes relacionadas con beneficios de la química.*

- e) Equipo 5: preguntas 17 a 20. *Actitudes relacionadas con los riesgos de la química.*
  - f) Equipo 6: preguntas 21 a 24. *Actitudes relacionadas con la responsabilidad social de la química.*
  - g) Equipo 7: preguntas 25 a 28. *Actitudes relacionadas con los medios de comunicación científica.*
6. Vayan a la base de datos y con los registros de cada pregunta anoten en una nueva hoja de cálculo cuántas personas están de acuerdo, cuántas en desacuerdo y cuántas están indecisas. Con la ayuda de su profesor, determinen la frecuencia relativa. Pueden usar una tabla como la siguiente.

Núm. de pregunta/ Contenido	Respuestas					
	De acuerdo	Frecuencia relativa	En desacuerdo	Frecuencia relativa	Indecisas	Frecuencia relativa
1. Me siento mal						
2. Poca curiosidad						
3. Es valiosa						
4. Es compleja						

7. Elaboren el histograma (gráfica de barras) de las cuatro preguntas que se les asignaron. Coloquen en el eje de las abscisas la categoría *actitudes* y en el eje de las ordenadas la *frecuencia relativa* (%). Anoten debajo de cada grupo de columnas el contenido de la pregunta. No olviden escribir cuál fue el tamaño de la muestra (N) en alguna parte de la gráfica, así como su título (*Gráfica 1.2*).

**Actitudes relacionadas con la imagen de la química**

Gráfica 1.2 Ejemplo de gráfica de barras para el registro de las actitudes relacionadas con la química.

8. Con base en la información de la tabla y la gráfica, describan cuál es la actitud de las personas hacia la química.
9. Elijan a un representante de cada equipo y organicen una mesa redonda para discutir los resultados. Pueden pedir apoyo al docente de Español.

**Conclusiones**

Redacten en su cuaderno una cuartilla acerca de la imagen que la sociedad tiene de la química, de acuerdo con las actitudes en las que se dividieron las preguntas.

**Recuerda que...**

En tu curso de Matemáticas II aprendiste que la frecuencia relativa se obtiene al dividir el número de veces que se repitió la respuesta entre el total de datos, y multiplicando este resultado por 100 para obtener el porcentaje.

Seguramente encontraron que las opiniones van del entusiasmo por la química a su rechazo, de la admiración de sus espectaculares resultados al temor por su relación con el deterioro del ambiente. En otras palabras, esta ciencia genera actitudes ambivalentes. Por ejemplo, la investigación sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología que realizaron en 2013 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), dio como resultado que 59.06% de la población mexicana considera que los científicos son peligrosos para el país, 70.43% reconoce que confían mucho en la fe y muy poco en la ciencia; no obstante, 90.13% dice que en México debería haber más personas trabajando en áreas de investigación (tabla 1.1).

Tabla 1.1 Fuentes de información sobre temas científicos que consultan la población mexicana

Fuente	2001 (%)	2007 (%)	2013 (%)
Televisión	34.8	41.0	44.0
Internet	23.3	40.3	
Radio	2.1	37.3	18.1
Exposiciones	ND	20.9	18.5
Museos	14.3	15.4	16.3
Periódicos	14	12.9	49.9
Revistas científicas	14	6.3	65.9

Fuente: Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (Enpepyt), 2013.

Una parte de la responsabilidad de estas actitudes recae en la forma en que se presenta la ciencia y la tecnología en los medios de comunicación, pues como se muestra en la tabla 1.1, son pieza fundamental en la transmisión del conocimiento científico. En las grandes ciudades, un porcentaje muy alto de los habitantes reciben información científica mediante la televisión, radio e internet, y sólo un pequeño grupo incorpora los libros como fuentes adicionales para adquirir cultura científica. Pero, ¿cuál es la visión de la química y la tecnología que proyectan estos medios?

### Vamos a reflexionar

Para analizar cuál es la imagen de la química y la tecnología que presentan diversos medios de comunicación, haz lo que se te pide a continuación.

1. Selecciona tres noticias de la radio, televisión o internet, que hagan alusión a la química y tecnología.
2. Léelas y contesta en tu cuaderno cuál es el impacto emocional que causó en ti cada noticia.
3. Comparte tu impresión con tus compañeros en clase.

### Conclusiones

Escribe en un párrafo tu opinión acerca de la influencia de los medios de comunicación en la percepción pública de la química y la tecnología.

La influencia que ejercen los medios de comunicación sobre el individuo y la sociedad actual es innegable, pues no solamente informan, sino que además contribuyen a la formación de la opinión ciudadana. Por ejemplo, te habrás percatado que la percepción pública de la química y la tecnología en algunos casos es favorable, mientras que en otros, es negativa.

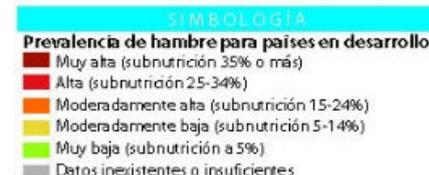
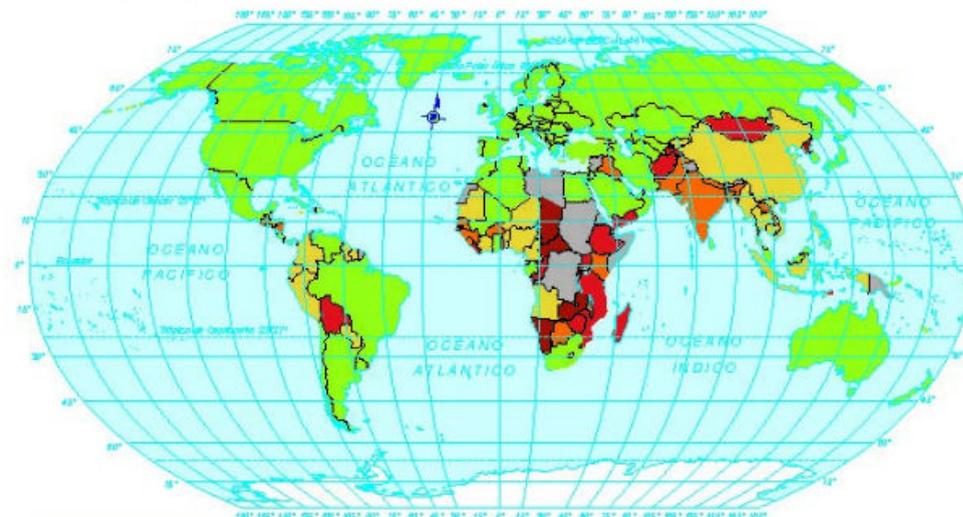
Por lo anterior, ¿crees tener una cultura científica básica para discernir entre la información veraz, la desinformación y la manipulación?, ¿consideras importante adquirir criterios que te ayuden a diferenciar entre opiniones personales y conclusiones científicas? Revisemos ahora cuáles son algunos de los beneficios que nos proporcionan la química y la tecnología.

### Relación de la química y la tecnología con el ser humano y el ambiente

Como recordarás en tus cursos de Ciencias I y II, algunas de las mayores preocupaciones actuales son el abastecimiento de alimentos para la creciente población mundial, el acceso a fuentes de agua y energía abundantes y limpias, mejor salud y la protección a nuestro ambiente. Desde luego la comunidad química desempeña un papel central en la solución a estas necesidades. Comencemos con el problema de la alimentación.

### Química y alimentación

En la actualidad, millones de personas, principalmente en los países menos desarrollados, sufren o mueren de hambre (mapa 1.1); sin embargo, el aumento en la producción de alimentos no es tan sencillo. Sólo 10% del suelo en todo el planeta tiene buenas condiciones para cultivarse y otro 20%, que está ocupado, es susceptible de cultivarse pero a costos muy altos, además de poner en peligro la flora y fauna de esa región.



Fuente: FAO Hunger Map, 2015.

### Ciencia y tecnología

Un equipo de investigadores de la UMAM logró desarrollar en la zona del Bajío dos tipos de grano de maíz con un rendimiento más alto que el tradicional. Estos granos producen 10.8 y 9.5 toneladas de maíz por hectárea, a diferencia del tradicional que producía 7.6 toneladas. Además, resiste enfermedades provocadas por los hongos.

Mapa 1.1 Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 793 millones de personas, es decir, alrededor de 10.75% de la población mundial, están desnutridas y tienen hambre.



Figura 1.4 Productos químicos relacionados con la salud.

### Química y salud

Otro de los problemas sociales en los que la química ha tenido mayor trascendencia es el cuidado de la salud humana. La industria química es responsable de la fabricación de medicamentos (figura 1.4) que ayudan en la lucha contra las enfermedades y en la mejora de la calidad de vida hasta edades muy avanzadas.







# 2

## Identificación de las propiedades físicas de los materiales

### 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.

Los materiales han acompañado al ser humano desde el inicio de su existencia: **pedra, madera, hueso, fibras, plumas, piel de animales, arcillas**, entre otros. Dependiendo de sus características, fueron utilizados como **herramientas, armas, utensilios para resguardarse de la intemperie y para fines decorativos**, principalmente.

### Y tú, ¿qué sabes?

1. Observa los materiales que se muestran en las siguientes imágenes y contesta en tu cuaderno lo que se te pide.



- a) Describe sus características.
  - b) Si los tuvieras que clasificar, ¿con qué criterio lo harías?
  - c) Anota tu clasificación en un cuadro.
2. En una práctica de laboratorio sobre las propiedades del etanol, un estudiante registró estos resultados.

Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad a 20 °C (g/cm³)	Calor de combustión (kcal)	Temperatura de ebullición (°C)
100	78.9	0.789	801	78.5
200	157.8	0.789	1 602	78.5
300	236.7	0.789	2 403	78.5
400	315.6	0.789	3 204	78.5

- a) ¿Qué criterio podrías tomar en cuenta para clasificar estas propiedades?

3. Observa la figura 1.8 y contesta lo que se pide.
  - a) ¿Cuál de los dos círculos rojos es el más grande?
  - b) ¿Qué tendrías que hacer para corroborarlo? Hazlo.
  - c) Entonces, ¿cuál sería tu conclusión?

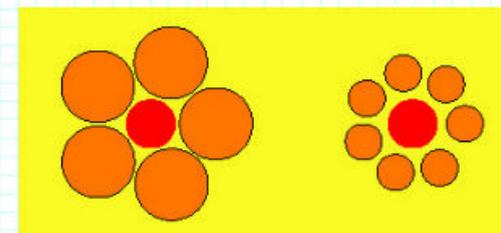


Figura 1.8 Ilusión óptica.

Revisemos cómo pueden clasificarse las propiedades de los materiales, cuáles de ellas son medibles y qué instrumentos se utilizan para hacerlo.

### Propiedades cualitativas

Todo objeto producido por el ser humano está hecho de materiales seleccionados por sus características o propiedades, mismas que resultan adecuadas para una aplicación concreta. Así, el ETFE (Etileno-tetrafluoroetileno) es usado en muchas construcciones en la actualidad debido su alta durabilidad (más de 25 años), superficie autolimpiable, alta permeabilidad a los rayos ultravioleta, transmisión lumínica cercana al 100% y un peso muy bajo en comparación con el vidrio (1% aproximadamente), entre otras características (figura 1.9).

El avance en el conocimiento de las propiedades de la materia ha generado el desarrollo de materiales cada vez más sofisticados, así como su clasificación; entre ellas están las *propiedades físicas*; es decir, aquellas que pueden determinarse sin alterar la composición química del material.

Algunas propiedades físicas son descripciones cualitativas de la materia, e indudablemente, nuestro primer contacto con ellas se da a través de los sentidos. Basta manipular un objeto para determinar algunas de sus propiedades: ¿cuál es su color?, ¿es sólido, líquido o gas?, ¿se disuelve en agua?, entre otras.



Figura 1.9 El edificio Media-Tic, de Barcelona, está formado por una estructura de hierro y un revestimiento de burbujas de ETFE. Cuando hace calor el material se vuelve opaco evitando el calentamiento del edificio y en consecuencia el uso del aire acondicionado, mientras que cuando hace frío, las burbujas permiten el paso de la luz y, por tanto, no es necesaria la calefacción.

### Vamos a reflexionar

Para clasificar las sustancias con base en su estado de agregación, deberán formar parejas y realizar la presente actividad.

1. Seleccionen 10 objetos o productos que utilicen en su vida diaria.
2. Observen y registren, en una tabla como la que está a continuación, si conservan su forma, mantienen su volumen, fluyen, se comprimen al aplicarles una fuerza y si son sólidos, líquidos o gases.

Objeto o producto	Forma	Volumen	Fluidez	¿Se comprimen?	Estado de agregación

3. Clasifiquen los materiales con base en las similitudes y diferencias. Anótenlo en su cuaderno.

### Conclusiones

Comparen su clasificación con la de las otras parejas y anoten las propiedades que presenta cada conjunto de materiales.













# 3

## Experimentación con mezclas

### 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.

La Tierra contiene gran variedad de materiales con formas, colores, temperaturas y movimientos diferentes, la mayoría de ellos mezclas. Pero, ¿qué son las mezclas? La preparación del agua de flor de jamaica es un buen ejemplo para comenzar el estudio de este tema.

### ¿qué sabes?

Lee primero la receta siguiente y después contesta lo que se te pide.

#### Agua de Jamaica

#### Ingredientes

- 10 tazas de agua
- 2 tazas de flores de Jamaica
- Azúcar al gusto
- Hielo al gusto

#### Procedimiento

1. Vierte dos tazas de agua en un recipiente y calienta hasta ebullición.
2. Cuando esté hirviendo, añade las flores de Jamaica (figura 1.24). Continúa calentando durante 10 minutos.
3. Retira las flores del agua.
4. Mezcla la infusión con el resto del agua.
5. Añade el azúcar y agita hasta que se disuelva.
6. Sirve fría o con hielo (figura 1.25).

#### Ahora, responde lo siguiente.

1. De acuerdo con lo que aprendiste en tu curso de Ciencias Naturales, de quinto grado de primaria, ¿podrías considerar el agua de Jamaica como una mezcla?, ¿por qué?
2. De los ingredientes, ¿cuál es el disolvente y cuál el soluto?
3. Observa las figuras 1.24 y 1.25 e indica qué tipo de mezclas son. Explica tu respuesta.
4. ¿Por qué antes de introducir las flores de Jamaica, el agua está incolora y después está roja?
5. ¿Qué hiciste para retirar las flores del agua?
6. ¿Cómo se llama este método y qué propiedades físicas de los componentes hacen posible su separación?



Figura 1.24 Procedimiento, paso 2.



Figura 1.25 Procedimiento, paso 6.

Seguramente tuviste una respuesta a todas estas preguntas. Te invito ahora a seguir profundizando tus conocimientos sobre mezclas, su clasificación, la separación de sus componentes y la relación entre propiedades y concentración.

### Mezclas homogéneas y heterogéneas

En el bloque III *¿Cómo son los materiales y sus cambios?*, de tu curso de Ciencias Naturales de quinto año de primaria, aprendiste que la mayoría de los materiales utilizados en la vida cotidiana están constituidos por varias sustancias, es decir, son mezclas. Por ejemplo, el aire que respiras está compuesto de oxígeno, nitrógeno, vapor de agua y otros gases; la soldadura que utilizan los plomeros y electricistas para conectar piezas de metal, es una mezcla de estaño y plomo; la aguja para coser está hecha de hierro, cromo y níquel, entre otros.

Recordarás también que algunas mezclas, como el refresco, se ven como si se tratara de una sola sustancia, al contrario de otras en las que se distinguen fácilmente los componentes que la forman, por ejemplo, una ensalada; por lo que las mezclas se clasifican en homogéneas y heterogéneas.

### Vamos a experimentar

Para diferenciar entre una mezcla homogénea y una heterogénea, en equipos de cuatro integrantes preparen una taza de té y una jarra de agua de tamarindo.

#### Necesitan

- 1 bolsa de té
- Azúcar
- 2½ L de agua
- 100 g de tamarindo
- 1 parrilla
- 1 taza
- 1 olla de 2 L
- 1 cuchara

#### ¿Cómo lo hacemos?

##### Mezcla 1

1. Coloquen la bolsa de té en la taza con agua caliente (figura 1.26).
2. Después de 3 minutos retírenla y agreguen una cucharada de azúcar.
3. Agiten hasta disolver. Observen y anoten el aspecto del líquido.

##### Mezcla 2

1. Laven el tamarindo y retiren la cáscara.
2. Pongan a hervirlo en una olla con medio litro de agua.
3. Dejen enfriar, agreguen otro litro y medio de agua y azúcar al gusto. Agiten la mezcla.

#### ¿Qué obtenemos?

1. ¿Cuál es el aspecto de cada mezcla?
2. ¿Alcanzan a distinguir el té, del agua y el azúcar?
3. ¿Cuántas fases se reconocen en el té y en el agua de tamarindo?

#### ¿A qué llegamos?

1. Considerando que la mezcla 1 es homogénea y la 2 heterogénea, ¿cómo puede diferenciarse una mezcla homogénea de una heterogénea?
2. Expongan sus resultados en clase y elaboren una conclusión grupal.



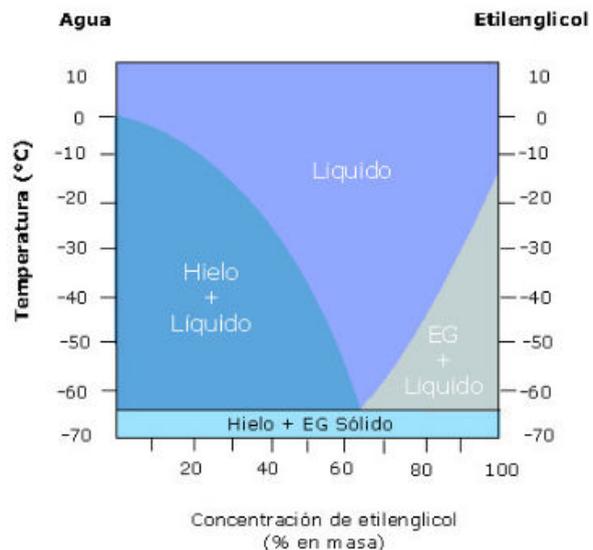
Figura 1.26 Mezcla 1, paso 1.

### Glosario

**Fase.** Cada parte homogénea de la mezcla.







**Gráfica 1.9** En esta gráfica la temperatura de congelación del agua es 0 °C, en tanto que la del etilenglicol (EG) es -14 °C. Sin embargo, al mezclarse se congelan por debajo de estos valores. ¿Qué concentración de etilenglicol deberá tener un anticongelante para proveer protección de hasta -20 °C?

principio, por este motivo la nieve se coloca en un baño de hielo con sal. Los cristales de hielo formados en las paredes del recipiente se incorporan a toda la mezcla haciendo girar el recipiente constantemente.



**Figura 1.31** Una concentración de 33% de sal provee una protección anticongelante de hasta -21 °C.

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

Así como podemos unir dos o más sustancias para formar una mezcla, también podemos deshacerla separando sus componentes. Generalmente es más fácil separar una mezcla heterogénea, pues en la mayoría de los casos se distinguen con facilidad las sustancias que la forman. Por ejemplo, se separan las semillas de tamarindo del agua utilizando una coladera. En el caso de las mezclas homogéneas, los procesos de separación son más complejos.

#### Separación de mezclas heterogéneas

En la separación de las mezclas heterogéneas solemos utilizar operaciones mecánicas o manuales, con pinzas o con un imán, cerner, filtrar, entre otros métodos.

#### Vamos a experimentar

Para deducir los principios de algunos procesos de separación de las mezclas heterogéneas, en equipos de cuatro integrantes, separen los componentes de una mezcla de sal, arena, limadura de hierro y virutas de madera de lápiz.

##### Necesitan

- 1 g de sal
- 1 g de arena
- 1 vidrio de reloj
- 3 vasos de precipitado

- 1 g de virutas de madera de lápiz
- 1 vidrio de reloj
- 1 g de limadura de hierro
- 3 vasos de precipitado
- 50 mL de agua
- 1 agitador
- 1 imán
- 1 embudo de filtración
- 1 papel filtro para café

##### ¿Cómo lo hacemos?

1. Mezclen en un vidrio de reloj sal, arena, limadura de hierro y virutas de madera de lápiz.
2. Separen la mezcla anterior mediante los siguientes procesos físicos.

##### I. Imantación

Aproximen un imán a la mezcla y observen cuál es la sustancia que se separa (figura 1.32).



**Figura 1.32** Imantación.

##### II. Disolución fraccionada

1. Agreguen 50 mL de agua al vaso y agiten. Anoten sus observaciones.
2. Dejen reposar la mezcla unos minutos.
3. Procedan a la decantación y pasen el líquido sobrenadante a otro vaso (figura 1.33).
4. Filtren el líquido que decantaron, utilizando un embudo de filtración y reciban el filtrado en otro vaso (figura 1.34).
5. Guarden el filtrado para la siguiente actividad experimental.



**Figura 1.33** Decantación.

##### ¿Qué obtenemos?

##### I. Imantación

1. ¿Qué sustancia separaron con el imán?
2. ¿En qué casos se utiliza la imantación?

##### II. Disolución fraccionada

1. Al agregar agua, ¿qué sustancia se disuelve en ella?
2. ¿Es factible separar los componentes de una mezcla en un solo paso, utilizando la técnica de disolución fraccionada? Justifiquen sus respuestas.
3. Decantación.
  - a) Cuando se deja reposar la mezcla, ¿cuál es el material que se deposita en el fondo del vaso y cuál es el sobrenadante?
  - b) Interpreten los resultados de los pasos tres y cuatro, y expliquen en qué consiste la decantación.
4. Filtración.
  - a) ¿Qué sustancia retuvo el papel filtro?
  - b) ¿Qué quedó en el filtrado?
  - c) ¿En qué casos se utiliza la filtración?



**Figura 1.34** Filtración.

##### ¿A qué llegamos?

Con base en sus resultados, elaboren un cuadro sinóptico en su cuaderno en el que indiquen el nombre de la técnica, tipo de mezcla, propiedades de los componentes de la mezcla que hacen posible su separación mediante esa técnica y ejemplos. Compárenlo con el de los otros equipos.

¿Cuántas veces se te ha perdido una aguja?, ¿no has pensado que un desarmador imantado te sería muy útil en su búsqueda? Algunos materiales son atraídos por un imán, es decir, son ferromagnéticos. En una mezcla donde hay un material con esta propiedad, es posible separarlo de los otros mediante el proceso llamado separación magnética o imantación. Al acercar el imán a una mezcla de hierro con arena, observamos que el hierro se pega al imán separándose de la arena. Este procedimiento se emplea en el reciclaje de basura.



Figura 1.35 Filtración.

Además de la separación magnética, otras técnicas que sirven para separar las mezclas heterogéneas son filtración, decantación y disolución fraccionada.

La filtración es un proceso bastante conocido por su utilización casera. Lo llevas a cabo cuando separas la nata de la leche, los granos del café o los sólidos de un aderezo con un colador (figura 1.35). Esta técnica consiste en retener partículas sólidas por medio de una barrera, que puede ser una malla, una fibra, algún material poroso, como el papel filtro o un relleno sólido. Por esto, se emplea para separar sólidos que no se encuentran disueltos en líquidos. Por ejemplo, cuando pasaste la mezcla de agua salada y virutas de madera por la malla, las virutas quedaron atrapadas en ésta, mientras que en el vaso se recuperó el agua salada.

En el laboratorio es muy utilizado el papel filtro de forma redonda. Después de doblarlo como se muestra en la figura 1.36, el papel es colocado en un embudo de filtración, que a su vez es sujetado por un soporte.



Figura 1.36 Procedimiento para doblar el papel filtro.



Figura 1.37 Decantación líquido-líquido.

Este proceso es de gran utilidad en la purificación del agua. El funcionamiento de los filtros domésticos está basado en esta técnica.

Por medio de la decantación son separadas tanto las mezclas sólido-líquido como líquido-líquido, insolubles y de distinta densidad. Si dejas reposar la mezcla durante algún tiempo, la fase sólida se deposita en el fondo del recipiente debido a que es más densa. Luego puedes separar ambas fases si viertes con cuidado el líquido en otro recipiente, de tal forma que en el primero sólo queda el sólido, recuperando los componentes originales de la mezcla, como lo pudiste comprobar al separar la arena del resto de los componentes.

En el caso de la mezcla de líquidos insolubles, la decantación se realiza mediante un embudo de separación, en el cual se coloca la mezcla y se deja reposar. Posteriormente, cuando se han separado las fases, la llave se abre para dejar salir el líquido más denso (el de la capa inferior) y se cierra antes de que salga el líquido de menor densidad (figura 1.37). Esta técnica es muy útil en la separación del petróleo del agua de mar, en la obtención de metales a partir de sus minerales y en el tratamiento de aguas negras.

Las mezclas de sólidos también pueden separarse adicionando un cierto disolvente que actúe sobre uno de los sólidos (sin disolver los demás). Esta técnica recibe el nombre de *disolución fraccionada*. Por ejemplo, al agregar agua a la mezcla de virutas de madera, arena y sal, observaste que la sal se disolvió y los otros componentes no. Para recuperar el sólido disuelto, es necesario recurrir a otros procesos como la cristalización.

### Separación de mezclas homogéneas

Ya te habrás percatado de que es relativamente fácil separar las pequeñas piedras de los frijoles, el agua del aceite, la nata de la leche o el café en grano del extracto, porque sus fases son fácilmente identificables. Pero cuando la sustancia se encuentra disuelta en otra, esta tarea puede parecer imposible; sin embargo, también existen procesos de separación para las mezclas homogéneas, algunos métodos son: *destilación, cristalización, cromatografía y extracción.*

### Vamos a experimentar

Para deducir los principios de los procesos de destilación y cristalización, en equipos de cuatro integrantes, separen los componentes del agua salada de su actividad anterior.

#### Necesitan

- |  |   |
|--|---|
| • El agua salada de la actividad anterior    | • 1 vaso de vidrio                          |
| • Hielo                                      | • 1 tripié                                  |
| • Sal  | • 1 olla pequeña en la que quepa el pocillo |
| • 1 pocillo                                  | • 1 papel filtro para café                  |
| • 1 tapa (un poco más grande que el pocillo) | • 1 colador                                 |
| • 1 lámpara de alcohol                       |   |

#### ¿Cómo lo hacemos?

##### Destilación

1. Repartan la disolución de agua salada que les quedó en la actividad anterior, en partes iguales y en dos pocillos pequeños.
2. Coloquen uno de los pocillos sobre el tripié y tápenlo, de tal manera que la tapa quede inclinada.
3. Pongan al lado del pocillo el vaso de vidrio y enciendan la lámpara de alcohol (figura 1.38). Observen lo que ocurre conforme se calienta la mezcla.



Figura 1.38 Destilación, paso 3.

##### Cristalización

1. Coloquen el otro pocillo en el tripié y calienten hasta que dos terceras partes de la mezcla se hayan evaporado.
2. Introduzcan el pocillo en un recipiente con hielo y sal (figura 1.39) y esperen algunos minutos. Cuando se hayan formado los cristales de sal, retiren el pocillo y filtren la mezcla.



Figura 1.39 Cristalización, paso 2.

#### ¿Qué obtenemos?

##### Destilación

1. ¿Qué ocurre conforme se calienta el agua salada?
2. ¿Por qué se observan gotas de agua sobre la tapa?
3. ¿Qué sustancia quedó en el pocillo?
4. Por tanto, ¿en qué consiste la destilación?





## Lo que aprendimos de...

### Experimentación con mezclas

Con el propósito de que revises lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno estos ejercicios.

- Organiza tus ideas. Elabora una ficha para cada uno de los términos que se enlistan a continuación.
 

a) Concentración	g) Disolvente	m) Mezcla homogénea
b) Cristalización	h) Extracción	n) Porcentaje en masa
c) Cromatografía	i) Filtración	ñ) Porcentaje en volumen
d) Decantación	j) Imantación	o) Solute
e) Destilación	k) Mezcla	
f) Disolución fraccionada	l) Mezcla heterogénea	
- Clasifica lo siguiente como mezcla homogénea o heterogénea, según corresponda.
 

a) Jugó de naranja sin colar	f) Agua potable
b) Aire limpio	g) Leche
c) Una muestra de agua de río	h) Sangre
d) Agua de horchata	i) Sopa de lentejas
e) Una lámina de latón	j) Soldadura
- Una de las etapas del tratamiento de aguas residuales consiste en hacer pasar la mezcla a través de capas de arena, ¿cómo se llama esta técnica?
- Describe el método de separación empleado cuando se prepara un té.
- Un cocinero puso exceso de aceite en una ensalada, ¿qué método utilizarías para separarlo del vinagre? Justifica tu respuesta.
- ¿Por qué cuando se añade etilenglicol  $[C_2H_4(OH)_2]$  al agua se evita que hierva o que el agua del radiador de un automóvil se congele? Toma en cuenta la relación entre la concentración de una mezcla y sus propiedades para responder esta pregunta.
- El agua de mar artificial utilizada en los acuarios se prepara agregando 24 g de cloruro de sodio (NaCl), 5 g de cloruro magnesio ( $MgCl_2$ ), 1.1 g de cloruro de calcio ( $CaCl_2$ ), 0.7 g de cloruro de potasio (KCl), 0.024 g de cloruro de estroncio ( $SrCl_2$ ), 4 g de sulfato de sodio ( $Na_2SO_4$ ), 0.2 g de bicarbonato de sodio ( $NaHCO_3$ ), 0.096 g de bromuro de sodio (NaBr), 0.003 g de fluoruro de sodio (NaF) y 0.026 g de ácido bórico  $[B(OH)_3]$  a un litro de agua destilada.
  - Anota el nombre de las sustancias que constituyen el soluto.
  - ¿Cuál es el disolvente?
  - Determina el porcentaje en masa de cada una de las sales.

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

## 4

### 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.

Ya aprendiste que la cuantificación es una característica importante de la química, vamos a revisar ahora qué uso le podemos dar a esas mediciones.

### Y tú, ¿qué sabes?

- Lee los siguientes encabezados de algunas noticias y contesta lo que se te pide. Anota las respuestas en tu cuaderno.

4 PERIÓDICO Ciudad



**Reportan "mala" calidad del aire en el noreste y sureste capitalino**

■ El Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) de la ciudad de México señala que los niveles de ozono son superiores a 100 puntos IMECA.

4 PERIÓDICO Ciudad



**Mantiene DF buena calidad del aire**

■ En su reporte de las 9:00 horas, el SIMAT señaló que la ciudad de México se mantuvo entre los 0 y 50 puntos IMECA de ozono.

- ¿En qué ámbito temático se sitúa la noticia (salud, ambiente, política, entre otros)?
- ¿Qué entiendes por mala y buena calidad del aire?
- ¿Qué determina que la calidad del aire sea buena o mala?
- ¿Cuáles serían los posibles efectos en la salud y el ambiente?, ¿de qué dependen?
- ¿Qué recomendaciones harías?

### Glosario

**Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (Imeca).** Es una escala numérica de 0 a 500 puntos que indica los niveles de contaminación prevalcientes en la atmósfera.

Efectivamente, la medición de los contaminantes indica si una muestra está contaminada o no, pero ¿en qué unidades se expresa?, ¿cómo se convierte de una unidad a otra?, ¿de qué depende el efecto sobre los seres vivos? Amplía tus conocimientos y corrobora al final tus respuestas.

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

Hoy habitamos en ciudades cada vez más grandes y es fácil olvidar que necesitamos un ambiente sano para vivir. La envoltura gaseosa de la Tierra es una de las partes que forman el ambiente, por lo que es necesario cuidarla. Desde antaño ha existido la preocupación por hacer conciencia acerca de la importancia que tiene la atmósfera para la vida. Por ejemplo, en 1854 el gobierno de Estados Unidos de América envió a una persona a negociar con los Duwamish la compra de las tierras de la región conocida actualmente como Seattle.



Figura 1.44 Estación móvil de monitoreo atmosférico.

Para dar respuesta, el jefe de la tribu llamado Sealth o Seattle reunió a su pueblo y en presencia del gobernador del territorio pronunció un célebre discurso sobre la tierra, su pueblo y las tradiciones. En su mensaje los invita a reflexionar sobre la relación del ser humano con la naturaleza, así como a tomar conciencia de la responsabilidad en el cuidado de la Tierra:

“Pero si vendemos nuestra tierra al hombre blanco, él debe recordar que el aire es valioso para nosotros, que el aire comparte su espíritu con la vida que mantiene.

El viento que dio a nuestros abuelos su primer respiro, también recibió su último suspiro.”

Sin embargo, las actividades industriales que se han vuelto necesarias para la vida moderna, generan una serie de problemas ambientales como la contaminación del aire. Afortunadamente, en algunos casos se cuenta con los conocimientos para prevenir los riesgos o restaurar los daños ya producidos, y en los que aún no se han resuelto nada las investigaciones continúan. También comienzan a tomarse algunas acciones, como la evaluación de la calidad del aire, lo que ya es una actividad permanente en todas las ciudades del mundo.

En la Ciudad de México y zonas conurbadas, la evaluación se realiza a través de las cuarenta y cinco estaciones remotas de monitoreo que conforman el Sistema de Monitoreo Atmosférico (Simat), que opera durante las 24 horas del día, los 365 días del año, o mediante las estaciones móviles, que pueden cubrir alguna zona específica (figura 1.44).

Los contaminantes que se miden mediante esta red son monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), partículas suspendidas fracción respirable (PM10 y PM2.5). Las concentraciones de estos contaminantes son tan pequeñas que se reportan en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para las PM10 y PM2.5 y, en partes por millón (ppm) para los gases. Debido a esto, es conveniente que aprendas a emplear estas unidades y sus métodos de conversión.

### Glosario

**Partículas suspendidas fracción respirable.** Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera, como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen.

### Vamos a experimentar

Para comprender el significado de ppm, en equipos de cuatro integrantes, realicen esta actividad.

#### Necesitan

- Agua
- Colorante vegetal
- 7 vasos transparentes
- 1 jeringa de 10 mL
- 1 palillo de dientes

#### ¿Cómo lo hacemos?

1. Numeren los vasos del uno al siete.
2. Pongan 10 mL de colorante vegetal en el vaso 1 y 9 mL de agua en los vasos restantes.
3. Tomen 1 mL del colorante del vaso 1, agréguelo al vaso 2 y agiten (Figura 1.45).
4. Después transfieran 1 mL de la disolución del vaso 2 al vaso 3, agiten y así sucesivamente hasta llegar al vaso 7.
5. Finalmente, comparen el color de las disoluciones y hagan sus comentarios.



Figura 1.45 Paso 3.

#### ¿Qué obtenemos?

1. ¿Qué ocurre con el color de las disoluciones conforme avanzamos de un vaso a otro?, ¿a qué se debe?
2. Calculen el valor de la disolución para cada vaso y registrenlo en la tabla. Consideren que cada vez que trasvasan 1 mL de colorante de un vaso a otro, la relación es 1 mL del colorante por 10 mL de disolución, es decir, 1/10.

Vaso	1	2	3	4	5	6	7
Disolución							

#### ¿A qué llegamos?

Con base en el resultado de la séptima disolución, expliquen qué significa el término partes por millón.

Probablemente observaste que la diferencia fundamental entre los siete vasos fue la cantidad de colorante. Profundizando un poco más, en términos químicos se diría que la disolución más colorada presenta una mayor concentración de colorante. ¿Cuál es su valor? Al realizar los cálculos, seguramente encuentres que cada vez que trasvasabas 1 mL de colorante de un vaso a otro, la relación era 1 mL del colorante por 10 mL de disolución, es decir, 1/10. Por tanto, la proporción obtenida en la séptima disolución fue 1/1 000 000, o 1 ppm. Entonces, podemos asegurar que partes por millón (ppm) es el número de unidades de volumen o masa del soluto por millón de unidades de la masa o volumen total. Así, cuando la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) informa que el nivel de contaminación de ozono ( $\text{O}_3$ ) es de 0.0352 ppm, significa que por cada millón de partes de aire, 0.0352 corresponden a dicho gas. Cabe aclarar que en la mayoría de los sistemas acuosos diluidos 1 ppm equivalen a 1 mg/L.

¿Qué uso se le da a esa información? Como ya sabes, la RAMA reporta las concentraciones de los gases en ppm; sin embargo, como su objetivo es informar a la población la situación prevaletente de calidad del aire de una manera sencilla, difunde esta información mediante una escala adimensional conocida como *Imca*. A conti-



Por ejemplo, ¿a cuánto equivale, en ppm, 0.00005% de hidrógeno ( $H_2$ )?

$$0.00005\% \times \frac{1 \text{ ppm}}{1 \times 10^{-4}\%} = 0.5 \text{ ppm}$$

### Vamos a calcular

Para valorar las ventajas de expresar la concentración en ppm o en porcentaje y ejercitar tus cálculos, haz las conversiones siguientes.

1. Selecciona cinco gases de la tabla de la gráfica 1.10 y convierte los porcentajes a partes por millón.
2. La tabla que sigue muestra la concentración de monóxido de carbono en diferentes medios.

Fuente	Concentración (ppm)
Cruce de avenidas con alta circulación	20 a 30
El extremo de un cigarro	20 000 a 50 000
Escape de un automóvil	5 000 a 70 000
En los pulmones de una persona que fuma	400
Reunión de fumadores	70 a 120
Incendio de un edificio	1 000 a 200 000
Taller mecánico	80

3. ¿Cuáles de esas concentraciones conviene expresarlas en porcentajes? Haz las conversiones.

### Conclusiones

Coteja los resultados con tu compañero de al lado y redacten un escrito en el que expliquen cuáles son las ventajas de expresar la concentración de una mezcla en unidades de porcentaje o en partes por millón, léanlo ante sus compañeros de grupo.

Cabe aclarar que los óxidos de nitrógeno y azufre, el ozono y el monóxido de carbono **se consideran contaminantes cuando rebasan los porcentajes presentados en la gráfica 1.10, pues como recordarás de tu curso de Ciencias I (Biología) existe contaminación del aire no sólo con la presencia en él de sustancias extrañas, sino también cuando existe variación importante en la proporción habitual de sus componentes lo suficiente para provocar un perjuicio notable en la salud de las personas o causar un desequilibrio ecológico. Por ejemplo, el monóxido de carbono a concentraciones superiores a 0.00001% (0.1 ppm) provoca un decremento en el transporte de oxígeno en la corriente sanguínea y, con ello, la disminución de la capacidad de concentración y rendimiento intelectual, entre otros efectos.**

### Vamos a reflexionar

#### Juego de roles

Para desarrollar tu capacidad de argumentar y tomar decisiones, lean el siguiente texto y realicen la actividad que está al terminar.

### Tabaquismo

Cuando escuchamos la palabra tabaquismo nos viene a la mente la nicotina y otras sustancias, pero casi nunca nos acordamos del monóxido de carbono (CO). Este gas se produce con la combustión del carbón, la leña y la gasolina, pero también aparece cuando se quema el tabaco. El CO penetra en la sangre de los fumadores y queda en el humo del ambiente (figura 1.46) afectando también a los que no fuman.



Figura 1.46 El humo producido por el tabaco aumenta la concentración de monóxido de carbono en el aire en 1.5 ppm.

¿Por qué afecta el monóxido de carbono a la salud humana? Al respirar, el aire es aspirado a los pulmones y en los alvéolos el oxígeno pasa a la sangre, combinándose con la hemoglobina para formar oxihemoglobina, la cual transporta el oxígeno a todos los tejidos; cuando el aire se contamina con monóxido de carbono, éste ocupa el lugar del oxígeno en la hemoglobina produciendo carboxihemoglobina (COHb), que disminuye la oxigenación celular.

Los daños que provoca la COHb dependen de su concentración en la sangre: entre 1 y 2% sólo disminuye el rendimiento; entre 2% y 5% genera dificultad para la percepción del tiempo y la brillantez y, a concentraciones superiores como el 50%, produce coma, paro respiratorio y la muerte.

La exposición constante al monóxido de carbono causa el bloqueo de la hemoglobina. Por ejemplo, el fumador de una cajetilla diaria pierde entre 5 y 6% de hemoglobina y, si fuma desde la juventud, el porcentaje asciende entre 10 y 20%.

Así que el dilema es: ¿enciendes o no el cigarro?

1. Reúnete con tus compañeros del grupo y formen equipos de cinco integrantes.
2. Seleccionen el rol que les gustaría interpretar: ejecutivo de una empresa tabaquera, fumador, no fumador, agencia medioambiental, médico.
3. Posterior a esto, escriban una reflexión personal sobre el rol que les tocó jugar, por ejemplo, el fumador tal vez pensaría: "Yo fumo poco, casi todo el cigarrillo se consume en el cenicero; además, el humo sólo afecta al que fuma, no a los que están alrededor".
4. Ahora hagan la representación de sus roles ante el grupo.
5. Una vez terminada la participación de todos los equipos, reúnanse nuevamente con su equipo, saquen sus conclusiones y expóngalas ante el grupo.
6. Finalmente, escribe en tu cuaderno acerca de por qué es importante no encender el cigarro.

En resumen, medir la concentración de los contaminantes atmosféricos es de suma importancia para identificar el nivel de contaminación del aire y estimar la magnitud de sus efectos en la salud, así como para diseñar estrategias con el fin de eliminar, reducir o controlar los riesgos para la salud humana y para el ambiente en sitios contaminados.

### Relevancia Social

**Educación ambiental, financiera y para la salud.** ¿Sabías que, al igual que para la salud y el ambiente, fumar puede ser devastador para la economía personal? Por ejemplo, si se fuma una cajetilla al día: \$47 por día, \$329 por semana, \$1 410 por mes y \$17 151 al año (precios del 2016).

### Cuidado de la salud

En la Ciudad de México, de enero a mayo de 2016, sólo el 10 y 11 de marzo, que hubo fuertes vientos y lluvia, los niveles de todos los contaminantes no rebasaron los 50 puntos Imeca.

## Avances del proyecto

### Ahora tú explora, experimenta y actúa

Es el momento de retomar la investigación del tema que seleccionaron para su proyecto. Van a buscar en internet, libros y revistas científicas los puntos siguientes: impacto ambiental de la industria salinera, así como estrategias para reducirlo si seleccionaron el proyecto A y, principales contaminantes del agua y sus límites máximos permisibles para consumo humano en caso del proyecto B.

Las siguientes fuentes les serán útiles.

#### Proyecto A

- Andrés Ortíz, "El conflicto de los salitrales de San Ignacio", en *Gaceta Ecológica*, núm. 57, 2000, disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53905704> (Consulta: enero de 2017).

#### Proyecto B

- Blanca Elena Jiménez Cisneros, "Contaminación del agua", en *La contaminación ambiental en México*, México, Limusa, 2001, pp. 46-107.

Elaboren un informe e incorpórenlo al archivo *proyectoB1\_seguido del número de equipo*.

## Para aprender más

### ¿Qué ejercicios resolver?

- Raúl Hernández, "Partes por millón (ppm)", en *Tutorial de soluciones*, 2005, disponible en [http://medicina.usac.edu.gt/quimica/soluciones/Partes\\_por\\_mill\\_n\\_\(ppm\).htm](http://medicina.usac.edu.gt/quimica/soluciones/Partes_por_mill_n_(ppm).htm) (Consulta: 20 de junio de 2016).

### ¿Qué leer en la Biblioteca Escolar?

- Vaismán, Sylvia, *Mi planeta y yo*, México, SEP-Editiones Tecolote, 2006 (Libros del Rincón).

### ¿Qué ver?

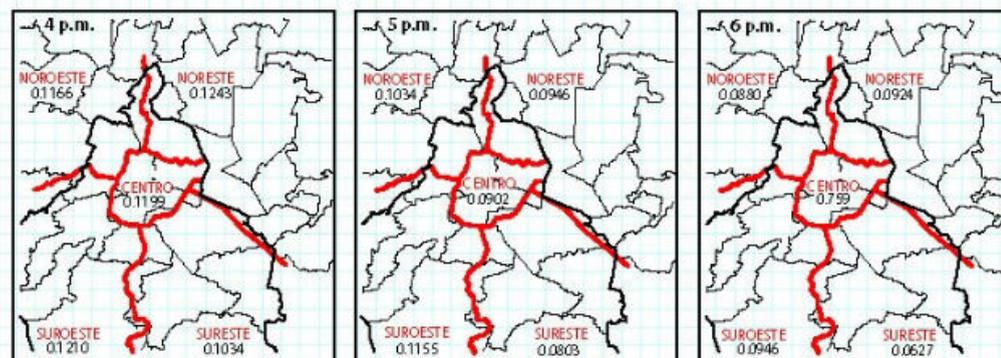
- "Gases de Invernadero", en *National Geographic*, disponible en [http://www.nationalgeographic.es/video/medio-ambiente/calentamiento-global/env\\_greenhouse\\_gases\\_cl](http://www.nationalgeographic.es/video/medio-ambiente/calentamiento-global/env_greenhouse_gases_cl) (Consulta: 20 de junio de 2016).
- Simat, *Contaminación y tu ciudad*, disponible en <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27Y6BhnmKkYQ==%27> (Consulta: 20 de junio de 2016).

## Lo que aprendimos de...

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

Con el propósito de que revises lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno estos ejercicios.

- 1 Organiza tus ideas. Elabora una ficha para cada uno de los términos: *contaminación*, *contaminante*, *ppm* y *conversión de porcentaje a partes por millón*.
- 2 ¿Cómo podemos saber que una muestra está más contaminada que otra?
- 3 A una concentración de 0.02 ppm el ozono provoca endurecimiento y ruptura del plástico natural.
  - a) Explica qué significa 0.02 ppm.
  - b) ¿A qué porcentaje equivale?
  - c) ¿En qué unidades conviene expresar esta concentración?
- 4 El 23 de mayo de 2016, los niveles de ozono registrados en la zona metropolitana de la Ciudad de México, en partes por millón, entre las 16:00 y 18:00 horas fueron:



- a) En cuál o cuáles zonas hubo una buena calidad del aire, si para considerar al aire limpio la concentración máxima de ozono debe ser 0.055 ppm.
- b) A una concentración de 0.000008%, durante tres horas, el ozono produce un aumento de enfermedades en especies sensibles. ¿En cuál zona puede presentarse este problema?
- c) Convierte las concentraciones de ozono en Imeca y colorea los mapas de acuerdo con la calidad del aire en cada una de las zonas.
- d) De acuerdo con la calidad del aire, ¿qué recomendaciones darías a la población?

# 5 Primera revolución de la química

## 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 contexto cultural en el cual se desarrolla.

Seguramente has escuchado la frase *la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma*. Revisemos si has comprendido cabalmente el significado de esta afirmación.

## Y tú, ¿qué sabes?

1. Observa el esquema de la figura 1.47 y contesta lo que se pide.

El fósforo se inflama cuando los rayos solares se enfocan hacia él, produciendo un humo blanco que se disuelve en el agua poco a poco. Una vez enfriado, se mide nuevamente la masa. ¿Cuál crees que será su masa ahora? Explica tu respuesta.

- ( ) Más de 150 g  
( ) Menos de 150 g  
( ) Igual a 150 g

2. Indica qué es lo que permanece y lo que cambia de los materiales, en las situaciones siguientes:
  - a) Disolver 10 g de azúcar en 1 L (1 000 g) de agua.
  - b) Quemar 1 kg de carbón.
  - c) Hervir 100 g de agua.
  - d) Añadir 10 mL de jugo de limón a 1 L de leche.
3. En el incendio desaparecieron todos los muebles. ¿Es correcta esta frase desde el punto de vista químico?, ¿por qué?

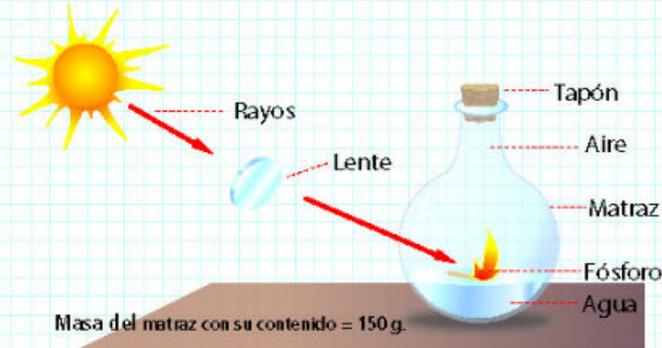


Figura 1.47

¿Qué pasó? Es claro que de alguna manera contestaste las preguntas. Confírmalas o corrígelas al finalizar el estudio de este tema.

## Aportaciones de Lavoisier: la Ley de conservación de la masa

Cuando la gasolina del automóvil se agota, el agua hierve, las ventanas oxidadas presentan pequeños agujeros o el helado se acaba, tenemos la impresión de que la materia desaparece. ¿Qué significado tendrán entonces, las palabras agotar y desaparecer en estas situaciones? Para poder contestar esta pregunta, vamos a estudiar uno de los principios más importantes que dieron origen a la química moderna: el principio de conservación de la masa.

## Vamos a experimentar

En equipos de cuatro integrantes, indaguen qué sucede a la masa de las sustancias cuando experimentan un cambio.

### Necesitan

- 1 botella con agua
- 1 globo
- 1 balanza
- 2 tabletas efervescentes

### ¿Cómo lo hacemos?

#### Parte A. Sistema cerrado

1. Llenen con agua la mitad de la botella.
2. Partan en trozos pequeños una de las tabletas e introdúzcanlos en el globo.
3. Coloquen el globo en la boca de la botella y midan la masa de todo el sistema (figura 1.48). Levanten el globo para que la tableta caiga al agua y esperen a que termine la reacción.
4. Midan nuevamente la masa de todo el sistema.



Figura 1.48 Sistema cerrado, paso 3.

#### Parte B. Sistema abierto

1. Repitan los tres primeros pasos.
2. Levanten el globo para que la tableta caiga al agua. Retiren el globo y esperen a que termine la reacción.
3. Midan la masa del sistema, colocando en la balanza tanto la botella como el globo (figura 1.49).



Figura 1.49 Sistema abierto, paso 3.

### ¿Qué obtenemos?

1. Registren los resultados en la tabla.

Sistema cerrado		Sistema abierto	
Masa inicial (g)	Masa final (g)	Masa inicial (g)	Masa final (g)

- a) ¿Qué le sucedió a la tableta al entrar en contacto con el agua?
- b) ¿Cómo es el valor de la masa final respecto a la masa inicial en cada uno de los sistemas estudiados?

### ¿A qué llegamos?

Analicen sus resultados y expliquen qué le sucede a la masa de un sistema durante un cambio.

Como habrás observado, la masa total de las sustancias que participan en una reacción química, realizada en un sistema cerrado no se modifica, es decir, no aumenta ni disminuye. Esto se conoce como la *Ley de conservación de la masa* y fue enunciada por Lavoisier en 1789. Con esta visión, *agotar* o *desaparecer* significa que los materiales solamente se transforman. Por ejemplo, cuando el agua hierve, dejamos de verla pero no desaparece, sino que se transforma en vapor que se mezcla con el aire del ambiente.



**Proyecto B**

- Reúnanse en equipo y discutan sobre esto: *en la Tierra hay aproximadamente 1385 millones de km<sup>3</sup> de agua*. De acuerdo con lo que aprendiste en este tema, ¿cómo es posible que esta cantidad de agua haya permanecido constante desde hace millones de años? Hagan las anotaciones en su cuaderno.
- Indaguen cuál es el camino que recorre el agua en la naturaleza y hagan un esquema con las cantidades de agua.
- ¿Coincide su esquema con sus anotaciones?, ¿se cumple la Ley de conservación de la masa?, ¿por qué si la cantidad de agua permanece constante, hay escasez de agua en el mundo?

Redacten en una cuartilla los resultados de esta actividad y anéxenla al archivo *proyectoB1\_seguido del número de equipo*.

**Para aprender más**

¿Qué leer?

- Carl Djerassi y Roald Hoffman, *Oxígeno. Obra en dos actos*, México, Fondo de Cultura Económica, 2003 (Ciencia y Tecnología).

**Lo que que aprendimos de...**

**Primera revolución de la química**

Con el propósito de que revives lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno los ejercicios siguientes.

- ¿Por qué se considera a Lavoisier como un revolucionario?
- ¿Cuál fue la contribución de Lavoisier al desarrollo de la química moderna?
- Explica el significado de la Ley de conservación de la masa.
- ¿En qué condiciones se aplica la Ley de conservación de la masa?
- Desde ese punto de vista, ¿qué significa que *la gasolina se agote* o *el helado se esfume*?
- Un estudiante efectuó la combustión de etanol y anotó los siguientes resultados:

Antes de la combustión		Después de la combustión	
Etanol	Oxígeno	Dióxido de carbono	Agua
7.6 g	16 g	17 g	9 g

- ¿Son correctos esos valores de masas? Argumenta tu respuesta.

- En la descomposición de una muestra de agua, un estudiante obtuvo 8 g de hidrógeno y 64 g de oxígeno, ¿cuánta agua había originalmente?
- Reflexiona sobre esto: para la física y la química clásicas, masa y energía se conservan independientemente. Sin embargo, a principios del siglo xx, Albert Einstein demostró que "existen procesos naturales en los que una porción de masa inicial se convierte en una cantidad de energía y viceversa", lo cual expresó como  $E = mc^2$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz. Esta ecuación generó una duda: si en las reacciones químicas siempre hay una ganancia o pérdida de energía, ¿afectará eso la masa total del sistema?, ¿será que Lavoisier estaba equivocado?
  - Después de leer el texto, ¿qué puedes decir acerca de la naturaleza del conocimiento científico?
  - Si la ganancia o pérdida de energía en las reacciones químicas comunes corresponden a una pérdida de masa de alrededor de 10<sup>-9</sup> g, ¿darías por válida la Ley de conservación de la masa?

# Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa

## Integración y aplicación



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

La sal o cloruro de sodio (NaCl) es un producto químico muy familiar. Tiene más de trece mil aplicaciones entre las que se encuentran la **condimentación y conservación de alimentos, tñido de textiles, elaboración de salmueras, fundiciones metalúrgicas, obtención de agua de mar artificial, deshielo de carreteras, curtido de pieles, tratamiento de agua, perforación de pozos petroleros, obtención de productos químicos, como el hipoclorito de sodio, entre otros.**

En la naturaleza se encuentra como mineral sólido llamado halita, sal gema o sal de roca (cloruro de sodio, sulfatos, cloruro de magnesio y calcio) o disuelta en el agua de mar, lagos, ríos y aguas subterráneas. El agua de mar contiene en disolución muchas sales, pero el cloruro de sodio representa el 78% (tabla 1.6).

- 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.

**Tabla 1.6 Principales constituyentes del agua de mar**

Componente	% en masa*
Cloruro de sodio (NaCl)	78.0
Cloruro de magnesio (MgCl <sub>2</sub> )	10.9
Sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> )	4.7
Sulfato de calcio (CaSO <sub>4</sub> )	3.6
Sulfato de potasio (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2.5
Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	0.5
Bromuro de magnesio (MgBr <sub>2</sub> )	0.5
Ácido bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	0.0007
Estroncio (SrCl <sub>2</sub> )	0.0007
Fluoruro de sodio (F <sub>2</sub> )	0.00008

\* Por cada litro de agua de mar con una salinidad del 35 por mil.

**Química e Historia**

Desde antes de la Conquista, los pobladores del Valle de México sabían de la existencia y aprovechamiento de las sales. Su importancia se ve reflejada en el culto desarrollado a la diosa mexicana de la sal (Huixtliohuati).

Nuestro país cuenta con una gran variedad de recursos salineros a lo largo de los litorales del océano Pacífico y del Golfo de México, así como en el interior del país; el más importantes es el de Guerrero Negro en Baja California Sur, donde está ubicada la Exportadora de Sal, la mayor planta productora a nivel mundial (figura 1.53). Actualmente México ocupa el séptimo lugar en la obtención de sal en el mundo y el primero en América Latina; febrero de 2016 produjo 749 518 toneladas de este mineral.



**Figura 1.53** El 80% de la producción nacional de sal proviene de la Salinera de Guerrero Negro. En la foto se observa la etapa de cosecha.







# Evaluación del Bloque I

1. Lee con atención el siguiente texto; después contesta las preguntas.

## El efecto niebla

Para crear un efecto de niebla en obras de teatro, espectáculos musicales o fiestas, puede utilizarse hielo seco, es decir, dióxido de carbono en forma sólida a  $-78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 1 atm de presión. A esta temperatura el hielo seco se sublima. Para conseguir el efecto, basta con colocar trozos de hielo seco, cada 5 a 10 minutos, en un recipiente con agua caliente; al momento comenzarán a verse unas tenues nubes blancas que al ser más densas que el aire a temperatura ambiente se deslizan sobre el piso. 1 kg de hielo seco libera alrededor de  $0.5\text{ m}^3$  de dióxido de carbono gaseoso al sublimarse, por lo que alcanza a llenar una habitación mediana durante 2 o 3 minutos.

El dióxido de carbono liberado por el hielo seco no es tóxico; sin embargo, si el experimento se realiza en lugares cerrados o con poca ventilación, permanecerá cerca del piso desplazando al aire y en consecuencia provocar asfixia (tabla 1.7). El límite permitido es de 5 000 ppm por 10 h. A exposiciones mayores deben usarse equipos de respiración con suministro de aire, y a una concentración de 40 000 ppm constituye un peligro inmediato para la salud y la vida. Otra recomendación es usar guantes de caucho aislante al manipularlo para evitar quemaduras por frío.

Tabla 1.7 Efectos del dióxido de carbono

Concentración	Síntomas
1%	Aumenta ligeramente la respiración.
2%	El ritmo respiratorio aumenta 50%, dolor de cabeza, cansancio.
3%	Dificultad para respirar, leves efectos narcóticos, deterioro del oído, dolor de cabeza, aumento de la presión sanguínea y del pulso.
4 a 5%	Aumento del ritmo respiratorio cuatro veces más del ritmo normal, ligera sensación de ahogo.
5 a 10%	Fuerte olor pungente característico, respiración muy trabajosa, dolor de cabeza, disturbio visual y zumbido en los oídos. Afecta el sentido común, seguido en pocos minutos con la pérdida del conocimiento.
>10%	Pérdida del conocimiento inmediata. La exposición por largo tiempo ocasiona muerte por asfixia.

El hielo seco no contiene bacterias ni gérmenes, no es tóxico ni inflamable, enfría por sublimación, por lo que no deja residuo ni humedad y tiene una capacidad de refrigeración 3.3 veces mayor que el hielo de agua. Por lo que, además de utilizarse para producir efectos especiales, también se usa como agente refrigerante o congelante en diferentes áreas. Por ejemplo, las líneas aéreas lo utilizan para la refrigeración a bordo; el hielo seco se coloca en placas en los carritos de comida para mantener los alimentos y bebidas fríos hasta el momento de prepararlos o servirlos.

El dióxido de carbono que se utiliza para fabricar el hielo seco se obtiene como subproducto de algunas combustiones; sin embargo, debe pasar por un proceso de purificación para separar los restos de agua, oxígeno, nitrógeno, argón, metano y etileno, entre otros.

## Reactivos

- R1** El texto ejemplifica esencialmente la relación de la química y...
- la salud y el cuidado del ambiente.
  - la alimentación y el entretenimiento.
  - el diseño de materiales y energías alternativas.
  - la ecología y la síntesis.
- R2** ¿Cuál es el estado de agregación del dióxido de carbono a temperaturas mayores a los  $-78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
- Sólido.
  - Líquido.
  - Gas.
  - Plasma.
- R3** La temperatura de sublimación del hielo seco es \_\_\_\_\_ y se clasifica como propiedad \_\_\_\_\_.
- $-78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , intensiva.
  - 1 kg, extensiva.
  - $78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , extensiva.
  - 5 000 ppm, intensiva.
- R4** Si el dióxido de carbono es un gas incoloro, ¿cuál será la mejor opción para verificar que no se exceda el límite permitido de 5 000 ppm?
- Por el olor pungente y sabor suavemente ácido.
  - Mediante sistemas de detección de gases.
  - Por la intensidad de la formación de niebla.
  - Si hay dificultad para respirar.
- R5** La niebla blanca que se forma al sublimarse el hielo seco es una mezcla formada por dióxido de carbono gaseoso y el vapor de agua condensado. ¿Qué tipo de mezcla es la niebla y cuál es la fase dispersa y cuál la fase dispersante?
- Homogénea, fase dispersa agua, fase dispersante dióxido de carbono.
  - Heterogénea, fase dispersa agua, fase dispersante dióxido de carbono.
  - Homogénea, fase dispersa el dióxido de carbono, fase dispersante agua.
  - Heterogénea, fase dispersa dióxido de carbono, fase dispersante agua.
- R6** El dióxido de carbono forma parte de la composición del aire en una proporción de 0.02%. Si esta concentración aumenta después de que el hielo seco se sublima, ¿cómo será la densidad de aire?
- Menor a 1.2 g/l
  - Mayor a 1.2 g/l
  - Igual a 1.2 g/l
- R7** ¿Qué método puede utilizarse para purificar el dióxido de carbono obtenido como subproducto de las combustiones?
- Destilación.
  - Cristalización.
  - Decantación.
  - Filtración.

**R8** A concentraciones mayores de 5 000 ppm el dióxido de carbono se considera...

- a) inocuo.
- b) no tóxico.
- c) inflamable.
- d) contaminante.

**R9** Expresa el límite máximo permitido de dióxido de carbono en porcentaje.

- a) 0.0005%
- b) 0.005%
- c) 0.5%
- d) 5%

**R10** Elige la opción que contiene el efecto producido por exposiciones a 40 000 ppm de dióxido de carbono.

- a) Muerte por asfixia.
- b) Leves efectos narcóticos.
- c) Ligera sensación de ahogo.
- d) Disturbio visual.

2. Lee con atención el siguiente texto; después contesta las preguntas.

Se dice que con Lavoisier se dio la primera revolución de la química, porque consiguió dar una reinterpretación radical al pensamiento existente durante varios siglos, acerca de la composición de la materia y del fenómeno de la combustión, mejoró las formas de proceder en la investigación de la naturaleza y aportó un nuevo nivel de comprensión de la materia.

#### Reactivos

**R11** ¿De qué manera Lavoisier mejoró las formas de proceder en la investigación de la naturaleza.

- a) Al introducir la medición como una tarea fundamental para la investigación científica.
- b) Al concluir que el aire no era un elemento.
- c) Al explicar que la combustión es generada por la reacción entre el oxígeno y la sustancia que arde.
- d) Al afirmar que la teoría del flogisto era falsa.

**R12** La reinterpretación que dio Lavoisier acerca del fenómeno de la combustión, nos indica que el conocimiento científico es...

- a) absoluto.
- b) tentativo.
- c) flexible.
- d) aproximado.

3. Lee con atención el siguiente texto y después contesta las preguntas.

De acuerdo con la Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (Enpecyt) realizada el 2013 por el Conacyt y el Inegi, alrededor de 30.62% de la población mexicana confía en los números de la suerte, las limpias y personas con *poderes síquicos* más que en la ciencia y 56.05% considera que el desarrollo tecnológico origina una manera de vivir artificial y deshumanizada.

#### Reactivo

**R13** De acuerdo con tu experiencia, ¿cómo influyen los medios de comunicación ante estas actitudes de las personas hacia la ciencia y la tecnología? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

A continuación se indican los aprendizajes esperados que aplicaste para resolver cada reactivo. De acuerdo con tus respuestas, identifica cuál o cuáles de éstos debes fortalecer.

Reactivo	Tema	Aprendizaje esperado
R1	La ciencia y la tecnología en el mundo actual	Identifica las aportaciones del conocimiento químico y tecnológico en la satisfacción de necesidades básicas, en la salud y el ambiente
R2	Identificación de las propiedades físicas de los materiales	Clasifica diferentes materiales con base en su estado de agregación e identifica su relación con las condiciones físicas del medio
R3		Identifica las propiedades extensivas (masa y volumen) e intensivas (temperatura de fusión y de ebullición, viscosidad, densidad, solubilidad) de algunos materiales
R4		Explica la importancia de los instrumentos de medición y observación como herramientas que amplían la capacidad de percepción de nuestros sentidos
R5	Experimentación con mezclas	Identifica los componentes de una mezcla y las clasifica en homogéneas y heterogéneas
R6		Identifica la relación entre la variación de la concentración de una mezcla (porcentaje en masa y volumen) y sus propiedades
R7		Deduce métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes
R8	Cómo saber si la muestra de una mezcla está más contaminada que otra	Identifica que los componentes de una mezcla pueden ser contaminantes, aunque no sean perceptibles a simple vista
R9		Identifica la funcionalidad de expresar la concentración de una mezcla en unidades de porcentaje (%) o en partes por millón (ppm)
R10		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
R11	Primera revolución de la química	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
R12		Identifica el carácter tentativo del conocimiento científico y las limitaciones producidas por contexto cultural en el cual se desarrolla
R13	La ciencia y la tecnología en el mundo actual	Analiza la influencia de los medios de comunicación y las actitudes de las personas hacia la química y la tecnología



Toro de Wall Street, escultura en bronce de 3 200 kg, del artista italiano Arturo Di Modica, situada en el parque Bowling Green, cerca de Wall Street, en Nueva York.

“La historia de los metales es la historia de las civilizaciones.”

W. Gordon Jeffery

# Bloque II

## Las propiedades de los materiales y su clasificación química

### 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.

### 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- 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, S) con su importancia para los seres vivos.
- Identifica las partículas e interacciones electrostáticas que mantienen unidos a los átomos.
- Explica las características de los enlaces químicos a partir del modelo de compartición (covalente) y de transferencia de electrones (iónico).
- Identifica que las propiedades de los materiales se explican a través de su estructura (atómica, molecular).
- A partir de situaciones problemáticas, plantea preguntas, actividades a 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.

## Introducción

# El arte del metal en México

México siempre ha sido un país con tradiciones, y en el ramo de los metales no es la excepción; un ejemplo de ello son las esculturas de bronce, hierro colado y latón, que están presentes en nuestra vida urbana desde hace mucho tiempo.



Figura 2.1 La reja del quiosco de Santa María la Ribera es de sólido hierro fundido.



Uno de los rasgos tradicionales de las ciudades y pueblos de nuestro país son los quioscos (figura 2.1), así como las bancas y farolas de los parques centrales y zócalos (figura 2.2). A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, como parte de la modernización, estos lugares comenzaron a embellecerse además con barandales y esculturas de hierro fundido que llegaban desde Alemania, Inglaterra, Estados Unidos de América y en especial de Francia. Hoy seguimos admiran-

Figura 2.3 La escultura Leonesa camina entre nopales, diseñada por Heitzler y fundida por Le Val d'Osne en 1891, está ubicada en la calle de Yucatán esquina con Chiapas en la colonia Roma (Ciudad de México).



Figura 2.2 Banca de hierro fundido en una plaza de la Ciudad de México.

do estas piezas, algunas de ellas con más de cien años de existencia (figura 2.3).

La fundidora de Apulco, que se encuentra a 35 km de Tulancingo, Hidalgo, produce obras ornamentales de hierro fundido y estilo afrancesado desde su inauguración en 1848, de la misma manera en que se hacía durante el siglo XIX. Casi todas las bancas que ves en los parques del país provienen de esta fundidora, que actualmente es manejada por una cooperativa de 20 socios.

Al igual que la mayoría de los metales, el hierro no se encuentra libre en la naturaleza, sino como óxidos, carbonatos, sulfuros, o bien, formando mezclas que reciben el nombre de minerales, por lo que es necesario extraerlo de estos materiales.

Para llevar a cabo este proceso, el mineral es acomodado en capas alternadas con carbón mineral de Piedras Negras (Coahuila) y arena de mar de Tamiahua (Veracruz), en un horno de acero de 15 m de altura que está revestido con ladrillos refractarios. La mezcla reacciona mientras desciende por el horno hasta alcanzar temperaturas de 2 000 °C. El hierro que se obtiene gotea por el fondo del horno y recibe el nombre de hierro fundido o hierro en lingotes (figura 2.4).



Figura 2.4 Proceso de fundición del hierro.

El hierro en lingotes se somete a una segunda fusión que le confiere mayor pureza. Después se vacía en los moldes que son fabricados con arena fina por el mismo fundidor (figura 2.5). Cuando las piezas son muy grandes o contorneadas, se hacen por partes y al final se juntan.

Finalmente, el metal es retirado del molde y se entrega a los desbarbadores, quienes retiran los vaciados y las rebabas con la ayuda de la lima y el buril. Hasta aquí acaba el proceso de fundición.

Pero, ¿por qué el hierro se clasifica como un elemento metálico?, ¿qué propiedades lo hacen adecuado para este tipo de obras?, ¿a qué se deben sus características? Estas son algunas interrogantes que podrás resolver al estudiar las propiedades de los materiales y su clasificación química.

Como ves, los metales presentan gran diversidad de propiedades que los hacen adecuados para usos específicos.



Figura 2.5 Formación del molde para piezas de hierro.

## 1

## Clasificación de los materiales

## 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.

Si miramos a nuestro alrededor, observaremos que todo el espacio está lleno de objetos o cuerpos que están formados por una o varias sustancias. Existen tantos tipos de materiales que para estudiarlos es necesario clasificarlos; así, el aire entra en la categoría de las mezclas, el cloruro de sodio en los compuestos y el mercurio en los elementos.

## Y tú, ¿qué sabes?

1. Observa las siguientes imágenes y responde en tu cuaderno lo que se pide.



- ¿Cuál es la diferencia entre estos tipos de agua?
  - ¿Con qué criterio los clasificarías?
  - Si representamos el agua con  y otras sustancias con , entonces dibuja un modelo para cada una de las imágenes, considerando la respuesta del inciso a).
2. ¿Cuál de las siguientes expresiones hace referencia al término *pureza* desde el punto de vista químico?
- Para tener una vida saludable, necesitamos respirar aire puro.
  - Las prendas de algodón puro son frescas y agradables al tacto.
  - El agua compuesta sólo por moléculas de  $H_2O$  es inadecuada para la vida.

Revisemos los criterios que la comunidad química ha establecido para clasificar los materiales en mezclas y sustancias puras, así como su representación y diferenciación con base en el modelo corpuscular que estudiaste en el bloque III (*Un modelo para describir la estructura de la materia*), de tu curso de Ciencias II.

## Mezclas y sustancias puras: compuestos y elementos

En el tema *Experimentación con mezclas*, del bloque I, aprendiste que la mayoría de los materiales utilizados en la vida cotidiana están constituidos por varias sustancias, es decir, por mezclas. Un ejemplo son las joyas de oro; una pieza de oro amarillo de 18 quilates está compuesta de 75% de masa de oro, 12.5% de plata pura y 12.5% de cobre. Sin embargo, existen otros materiales formados por una sola sustancia, como el mercurio de un termómetro, el oro de un lingote o el agua de un inyectable. Por ello, considerando su composición y pureza, podemos clasificar a los materiales en dos categorías: *sustancias puras* (barra de oro) o *mezclas* (joya de oro), como se muestra en la figura 2.6.

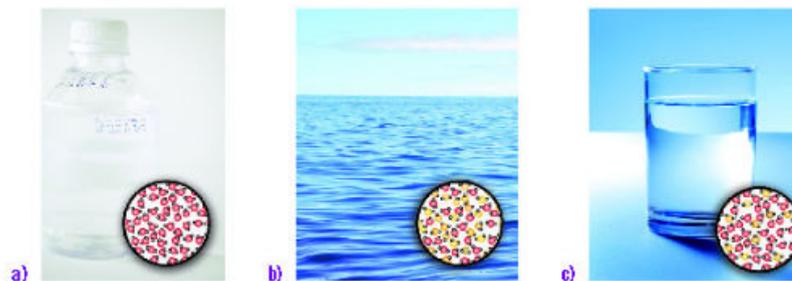


Figura 2.6 Visión nanoscópica de la materia: a) sustancia pura y b) mezcla.

## Vamos a reflexionar

Para distinguir las mezclas de las sustancias puras, desde una perspectiva **nanoscópica** y con base en su composición, realicen la siguiente actividad en equipos de cuatro integrantes.

1. Observen la figura 2.7 y contesten lo que se pide.



## Glosario

**Nanoscópico.** Relativo a la milmillonésima parte de un metro ( $10^{-9}$ ) o a la diezmillonésima parte de un milímetro ( $10^{-7}$ ).

Figura 2.7 Esquema de la composición del agua a) destilada, b) de mar y c) potable.

- Según los modelos, ¿cuál es la diferencia entre el agua destilada, de mar y potable?
- Indaguen cuál es la composición de cada tipo de agua y compárenla con los esquemas.
- Con base en estas respuestas y lo que aprendieron sobre mezclas en el bloque anterior, clasifíquenlas como mezcla o sustancia pura.

## Conclusiones

Compartan sus respuestas con los otros equipos y, en grupo, redacten un pequeño texto donde expliquen cuál es la diferencia entre una mezcla y una sustancia pura.

Seguramente notaste que las mezclas se distinguen de las sustancias puras por su composición. Cuando cada porción de la materia que es analizada contiene la misma sustancia (como el agua destilada), decimos que se trata de una *sustancia pura*; por el contrario, si el material está constituido por diferentes sustancias (como el agua de mar), decimos que es una *mezcla*.

También podemos diferenciar las mezclas de las sustancias puras por su estructura interna. Por ejemplo, al analizar una muestra de agua químicamente pura notaremos que











### Vamos a reflexionar

Para familiarizarte con la representación del enlace químico mediante las estructuras de Lewis, resuelvan este ejercicio.

1. Elaboren las estructuras de Lewis de las moléculas del dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ).
2. Hagan lo mismo para las estructuras de Lewis de las sustancias iónicas del cloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ), fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) y cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ).

#### Conclusiones

Revisen los resultados junto con su profesor. Después seleccionen cualquiera de los ejercicios y expliquen por escrito y paso a paso, cómo lo resolvieron. Lean esto ante sus compañeros de grupo.

Como te habrás percatado, la estructura electrónica de los átomos nos permite explicar cómo y por qué éstos se unen. En el tema 5 aprenderás a utilizar la tabla periódica para obtener más información acerca de la configuración electrónica de los átomos y cómo esta información es útil para predecir las propiedades de los elementos. Por otra parte, en el tema 6 profundizaremos todavía más sobre el enlace químico y cómo es que afecta las propiedades que observamos en las sustancias.

### Avances del proyecto

#### Ahora tú explora, experimenta y actúa

Es el momento de continuar con tu proyecto. Reúnete con tus compañeros de equipo y construyan los modelos atómicos de los principales bioelementos (C, H, O, N, P, S) o de los metales pesados (Pb, Hg, Cd, As), según el proyecto que hayan seleccionado.

### Para aprender más

#### ¿Qué leer?

- Anthony Carpi, "Enlaces Químicos", en *Visionlearning*, Vol. CHE-1, núm. 7, 2003, disponible en <http://www.visionlearning.com/es/library/Química/1/Enlaces-Químicos/55> (Consulta: 25 de mayo de 2016).

#### ¿Qué leer en la Biblioteca Escolar?

- Jesús Antonio del Río, Julia Tagüeña y Ana María Sánchez, *Las "nanoaventuras" del maestro Fonseca*, México, SEP-ABDO producciones, 2011, (Libros del Rincón).

#### ¿Qué leer en la Biblioteca de Aula?

- Horacio García, *Del átomo al hombre*, México, SEP-Santillana, 2002, (Libros del Rincón).

#### ¿Qué ver?

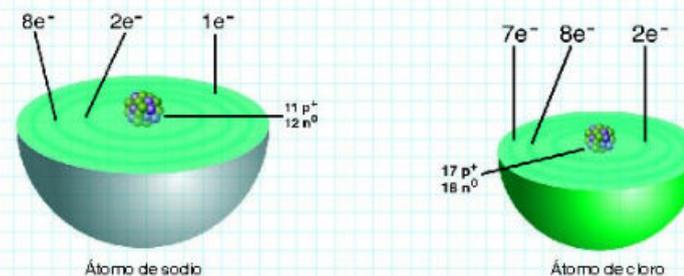
- Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el Profesorado, *Historia: modelos atómicos*, 2005, disponible en [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/atomos/modelos.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/atomos/modelos.htm) (Consulta: 25 de mayo de 2016).

### Lo que aprendimos de...

#### Estructura de los materiales

Con el propósito de que revises lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno los ejercicios siguientes.

1. Organiza tus ideas. Elabora un mapa conceptual con los términos *anión, átomo, catión, electrón, electrones de valencia, enlace químico, iones, modelo de Bohr, moléculas, neutrón, núcleo, niveles de energía, protón* y *sustancias iónicas*.
2. Haz una breve descripción de un átomo típico, según el modelo de Bohr. Asegúrate de identificar dónde se ubica cada una de las partículas subatómicas.
3. Contesta las preguntas con base en la información que te proporcionan los siguientes modelos.



- a) Describe la estructura de los átomos de sodio y de cloro.
  - b) Haz una tabla que compare electrones de valencia y el diagrama de puntos de Lewis de ambos átomos.
  - c) ¿Cuántos electrones necesitan los átomos de sodio y cloro para alcanzar la configuración de un gas noble?
  - d) Si se unen, ¿cuál será la tendencia, transferir electrones o compartirlos?
  - e) Utiliza la estructura de Lewis para representar el enlace químico entre estos dos átomos.
  - f) Y, si dos átomos de cloro se unen para formar la molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ), ¿cómo se dará el enlace? Representalo mediante las estructuras de Lewis.
4. A Valentina le pidieron representar, mediante la simbología química, los átomos, iones y moléculas del hidrógeno y el azufre. En su cuaderno anotó:

Especie química	Hidrógeno	Azufre
Átomo	$\text{H}_2$	S
Molécula	H	$8\text{S}$
Anión	$\text{H}^-$	$\text{S}^{2+}$
Catión	$\text{H}^+$	$\text{S}^{2-}$

¿Qué errores puedes encontrar? Identifícalos y corrégelos. Justifica tus respuestas.













Al analizar la tabla notarás que las propiedades químicas de los elementos de un mismo grupo son semejantes; es decir, forman compuestos parecidos en sus propiedades y en las mismas proporciones. Por ejemplo, cuando los elementos del Grupo I (H-hidrógeno, Li-litio, Na-sodio,...) reaccionan con el oxígeno, siempre lo hacen en una proporción de 2:1; esto es, dos átomos de esos elementos con uno de oxígeno dan como resultado: H<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O.

Mendeleiev tuvo la audacia de predecir las propiedades físicas y químicas del eka-aluminio y el eka-silicio, los cuales fueron descubiertos cuando él aún vivía (tabla 2.5). En 1875 fue descubierto el eka-aluminio al cual llamaron galio (Ga) y en 1886 el eka-silicio, nombrado germanio (Ge).

La impresionante semejanza entre las propiedades predichas por el químico ruso y las propiedades reales del galio y el germanio mostraron a la comunidad científica el enorme potencial que ofrecía la tabla periódica de Mendeleiev.

La tabla presentaba algunas inconsistencias; por ejemplo, la masa atómica del telurio (Te, 128 u) es mayor que la del yodo (127 u), por lo cual debería ir después de él; sin embargo, Mendeleiev lo colocó antes dando prioridad a las propiedades químicas sobre las masas atómicas. Aunque Mendeleiev no pudo explicar estas anomalías, mantuvo su postura sobre el lugar que estos elementos debían ocupar.

La importancia del trabajo de Mendeleiev radica en que clasificó los elementos y predijo la existencia y propiedades de los que aún eran desconocidos. Actualmente sabemos que el verdadero orden de los elementos depende de su número atómico y no de su masa atómica, tal como lo estudiaremos en el tema siguiente.

### Química e Historia

Mendeleiev y Lothar Meyer desarrollaron (cada uno por separado), una tabla periódica muy semejante, sin embargo, el crédito se le ha dado a Mendeleiev debido a que Meyer la publicó casi un año después.

Propiedad	Predichas (1871)	Datos reales (1886)
Masa atómica	72 u	72.59 u
Densidad	5.5 g/cm <sup>3</sup>	5.323 g/cm <sup>3</sup>
Calor específico	0.31 J/°C·g	0.32 J/°C·g
Color	Gris oscuro	Blanco grisáceo
Temperatura de fusión	Muy elevado	937.4 °C
Fórmula del óxido	RO <sub>2</sub>	GeO <sub>2</sub>
Densidad del óxido	4.7 g/cm <sup>3</sup>	4.703 g/cm <sup>3</sup>
Fórmula del cloruro	RCl <sub>4</sub>	GeCl <sub>4</sub>
Temperatura de ebullición del cloruro	100 °C	86 °C

### TIC

Lee, escucha y resuelve los ejercicios propuestos en *Jugando con Mendeleiev*, disponible en [http://www.lacienciaenesuela.amc.edu.mx/secciones/odas/contenidos/quimica\\_mendeleiev/oda/index\\_local.html](http://www.lacienciaenesuela.amc.edu.mx/secciones/odas/contenidos/quimica_mendeleiev/oda/index_local.html) (Consulta: 25 de mayo de 2016).

### Avances del proyecto

#### Ahora tú explora, experimenta y actúa

Ahora van a trazar una línea de tiempo en la que indiquen en qué año y quién o quiénes descubrieron los elementos de su proyecto: bioelementos (proyecto A); plomo, mercurio, cadmio y arsénico (proyecto B).

### Para aprender más

#### ¿Qué leer?

- Horacio García, *El químico de las profecías Dimitri I. Mendeleiev*, Colombia, Alfaomega, 2003 (Viajeros del Conocimiento).
- Carlos Bosch Giral, (Coord.), "Historia de la tabla periódica" en *La ciencia en tu escuela*, disponible en [http://www.lacienciaenesuela.amc.edu.mx/secciones/odas/contenidos/quimica\\_historia\\_tabla/oda/index\\_local.html](http://www.lacienciaenesuela.amc.edu.mx/secciones/odas/contenidos/quimica_historia_tabla/oda/index_local.html) (Consulta: 25 de mayo de 2016).

### Lo que aprendimos de...

#### Segunda revolución de la química

Con el propósito de que revises lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno estos ejercicios.

1. ¿Qué papel desempeñó el congreso de Karlsruhe en la segunda revolución de la química?
2. Explica la contribución de Cannizzaro al desarrollo de la tabla de Mendeleiev.
3. ¿Qué establece la ley periódica de Mendeleiev?
4. ¿Cómo ordenó Mendeleiev los elementos?
5. Explica la importancia de la clasificación de los elementos hecha por Mendeleiev.
6. A continuación está la segunda fila de elementos de la tabla de Mendeleiev.

Serie	Grupo I R <sub>2</sub> O	Grupo II RO	Grupo III R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Grupo IV RO <sub>2</sub>	Grupo V R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Grupo VI RO <sub>3</sub>	Grupo VII R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
2	Li = 7	Be = 9.4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19

Escribe las fórmulas de los óxidos que forman esos elementos cuando reaccionan con el oxígeno.

7. El galio (Ga) está ubicado en la serie 5 de la tabla de Mendeleiev, entre el cinc (Zn) y el germanio (Ge). Predice las propiedades de este elemento, toma en cuenta las propiedades de los elementos vecinos y anótalas en la tabla. Después busca los valores reales y compáralos.

Propiedad	Cinc	Galio (predicción)	Germanio	Galio (reales)
Masa molar (u)	65.39		72.59	
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	7.133		5.323	





un solo protón y un electrón. La mayor parte de esos átomos no poseen neutrones en el núcleo; sin embargo, una pequeña cantidad está constituida por dos o tres partículas subatómicas en el núcleo (un protón y uno o dos neutrones). Por tanto, esos tres tipos de átomos de hidrógeno son isótopos, ya que tienen el mismo número atómico, pero diferente número de masa.

En la naturaleza la mayoría de los elementos se encuentran como una mezcla de isótopos. Para identificarlos se añade el número de masa después del nombre del elemento; por ejemplo, hidrógeno-1, hidrógeno-2, hidrógeno-3. Cabe destacar, que en el caso del hidrógeno es más común llamarlos *protio*, *deuterio* y *tritio*.

Otro tipo de representación de los isótopos es la notación abreviada, que consiste en anotar el número de masa y el número atómico del isótopo, como índice y subíndice, respectivamente, a la izquierda del símbolo del elemento como se indica en la figura 2.43.

Los isótopos de un mismo elemento presentan esencialmente el mismo comportamiento químico, es decir, forman el mismo tipo de compuestos y presentan reactividades semejantes, ya que como estudiaremos más adelante, son los electrones los que participan en los cambios químicos en condiciones normales.

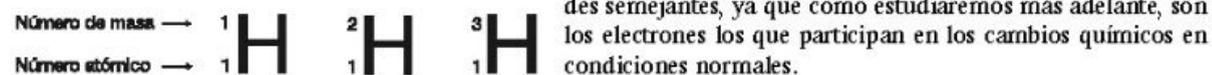


Figura 2.43 Notación abreviada de los isótopos del hidrógeno.

### Masa atómica

En la tabla periódica también encuentras la *masa atómica* de los elementos, que por acuerdo internacional se define como *la masa de un átomo en unidades de masa atómica (u o uma)*; a su vez, una unidad de masa atómica se define como *la masa exactamente igual a la masa de un doceavo de la masa de un átomo de carbono-12*.

Por otra parte, la masa de un átomo depende del número de electrones, protones y neutrones que contiene. Pero, debido a que la masa de un electrón es extremadamente pequeña (1/1836 de la de un protón o un neutrón) (figura 2.44), la masa de un átomo la determina principalmente su número de protones y neutrones. Entonces, si buscamos en la tabla periódica la masa atómica de los elementos, se esperaría que este valor fuera muy cercano a un número entero, debido a que la masa de los protones y neutrones es de aproximadamente 1 u (tabla 2.6). Sin embargo, esto no ocurre en la mayoría de los elementos, pues casi todos ellos tienen más de un isótopo; así que los valores registrados en la tabla hacen referencia a un valor promedio.

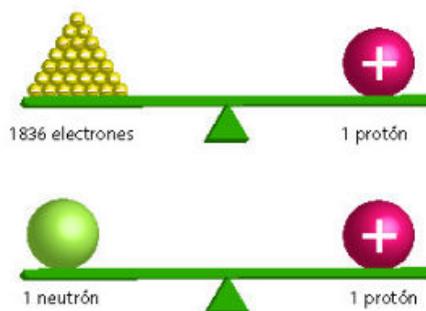


Figura 2.44 Comparación de masa de las partículas subatómicas.

En la naturaleza la mayoría de los elementos se encuentran como una mezcla de isótopos. Para identificarlos se añade el número de masa después del nombre del elemento; por ejemplo, hidrógeno-1, hidrógeno-2, hidrógeno-3. Cabe destacar, que en el caso del hidrógeno es más común llamarlos *protio*, *deuterio* y *tritio*.

Partícula	Masa relativa (u)	Masa real (g)
Protón	1.007276	$1.673 \times 10^{-24}$
Neutrón	1.008665	$1.675 \times 10^{-24}$
Electrón	0.000549	$9.11 \times 10^{-28}$

Cada isótopo contribuye a la masa atómica de un elemento de acuerdo con su abundancia natural, por lo que la masa atómica promedio de un elemento se calcula al sumar los productos del porcentaje de abundancia de cada isótopo (expresado en fracciones) por su masa atómica. Por ejemplo, el cobre existe en la naturaleza como una mezcla de aproximadamente 69.09% de cobre-63 y 30.91% de cobre-65. Las masas atómicas de estos dos isótopos son 62.93 u y 64.9278 u, respectivamente, por lo que la masa atómica promedio del cobre es:

$$(0.6909 \times 62.93 \text{ u}) + (0.3091 \times 64.9278 \text{ u}) = 63.54751998 \text{ u}$$

Como en este libro se han utilizado masas atómicas promedio con cuatro cifras significativas, entonces la masa atómica promedio del cobre es 63.55 u.

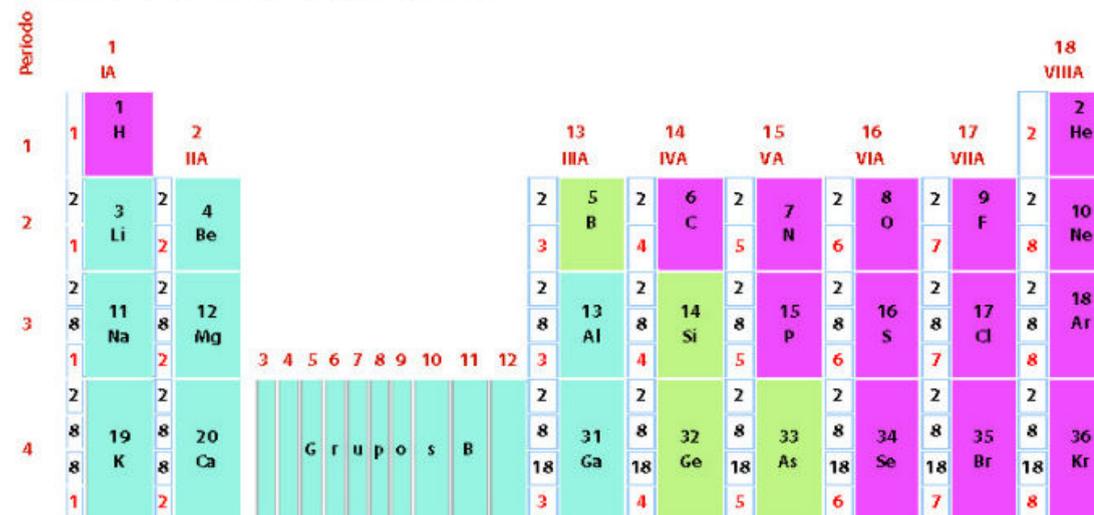
### Regularidades en la tabla periódica de los elementos químicos representativos

Y, ¿cómo están organizados los elementos químicos? En la tabla periódica actual, los elementos están acomodados en columnas llamadas *grupo* o *familias* y en filas que reciben el nombre de *periodos*.

### Vamos a reflexionar

Para analizar las regularidades que se presentan en la tabla periódica, así como el significado de los términos *periodo* y *grupo*, realicen la presente actividad.

1. La siguiente figura muestra un fragmento de la tabla periódica de los elementos químicos. Revísela y después contesten lo que se pide.



- Grupo
  - ¿En cuántos grupos están distribuidos los elementos?
  - ¿Cómo se designan los grupos?
  - ¿Cuántos electrones de valencia tienen los átomos de los elementos del grupo 1?
  - ¿Cuál es la valencia de estos elementos?
  - Por tanto, si se combinan con el oxígeno cuya valencia es 2, ¿cuál será la fórmula de los óxidos?
  - ¿En qué grupo se ubican el berilio, el magnesio y el calcio?
  - ¿Qué tienen en común los átomos de esos elementos?
  - ¿Por qué el boro, el aluminio y el galio se encuentran en el mismo grupo?
  - Con base en las respuestas anteriores, expliquen qué es un grupo.
- Periodo
  - ¿Cómo se designan los periodos?
  - Observen los elementos del periodo 2 y anoten sus semejanzas.
  - ¿Por qué el potasio y el kriptón se localizan en el cuarto periodo?
  - ¿En qué nivel de energía se localizan los electrones de valencia del hidrógeno y del helio?
  - Entonces, ¿cómo definirían un periodo?



















## Evaluación del Bloque II

I. Lee con atención el siguiente texto y utiliza la información para contestar las preguntas.

### Aluminio

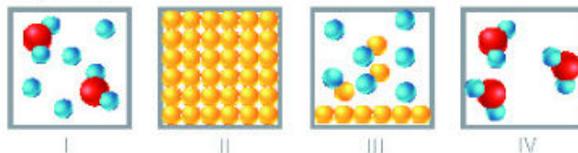
El aluminio, de símbolo Al,  $Z = 13$  y  $A = 27$ , es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre; se localiza en el grupo 13 (o IIIA), periodo 3 (figura 2.64). En su estado elemental se utiliza para fabricar cables eléctricos y papel aluminio; combinado, tiene gran variedad de aplicaciones: el corindón ( $Al_2O_3$  en forma cristalina, temperatura de fusión de  $2\ 072\ ^\circ\text{C}$ ) es una gema utilizada en joyería. Si se incorpora óxido de hierro (III) ( $Fe_2O_3$ ) y óxido de titanio (IV) ( $TiO_2$ ) al óxido de aluminio, la gema resultante es el zafiro azul, pero si contiene impurezas de óxido de cromo (III) se forma un rubí rojo. Cuando la luz blanca choca o atraviesa la gema, las impurezas absorben ciertos colores y el resto se refleja, produciendo el color de la gema. Por ejemplo, en el rubí, el  $Cr^{3+}$  absorbe el amarillo-verde y refleja el rojo-azul produciendo un rojo intenso.

Figura 2.64 Ubicación del aluminio en la tabla periódica.

### Reactivos

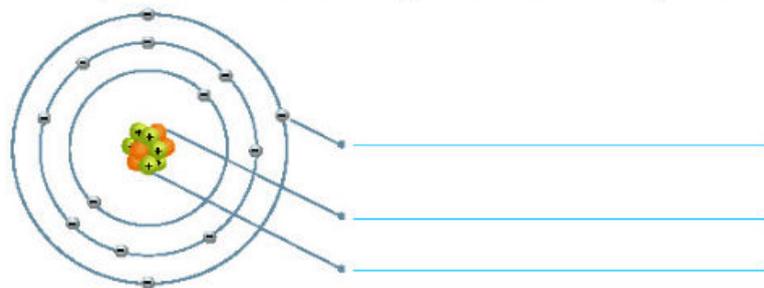
- R1** Clasifica las gemas que se mencionan en el texto en elemento, mezcla o compuesto, de acuerdo con su composición.
- Corindón-elemento, zafiro-compuesto, rubí-mezcla.
  - Corindón-elemento, zafiro-elemento, rubí-mezcla.
  - Corindón-compuesto, zafiro-mezcla, rubí-mezcla.
  - Corindón-mezcla, zafiro-compuesto, rubí-compuesto.

- R2** Encierra en un círculo el esquema que representa al aluminio.



Explica tu respuesta:

- R3** El siguiente esquema representa el átomo de aluminio, según el modelo de Bohr. Anota sobre las líneas el número y nombre de cada una de las partículas subatómicas que lo conforman.



- R4** Con base en los electrones de valencia del aluminio y oxígeno, elige la opción que contiene la estructura de Lewis correcta que representa el enlace entre estos átomos en el óxido de aluminio.
- - 
  - 
  -
- R5** ¿Cuál de las siguientes especies químicas es un ión?
- $Cr^{3+}$
  - Al
  - $Fe_2O_3$
  - $TiO_2$
- R6** El aluminio es un material \_\_\_\_\_ por ello se utiliza en la fabricación de \_\_\_\_\_.
- dúctil, piedras preciosas.
  - aislante, cables eléctricos.
  - maleable, papel aluminio.
  - conductor, zafiros.
- R7** ¿Cuáles son las acciones que puedes llevar a cabo para poner en práctica la regla de las cuatro erres con los envases de aluminio que utilizas cotidianamente? \_\_\_\_\_
- R8** De acuerdo con su ubicación en la tabla periódica, ¿qué propiedades presenta el aluminio?
- No metal sólido y opaco, con alta resistencia mecánica.
  - Metal sólido quebradizo, con brillo.
  - No metal sólido y mal conductor del calor.
  - Metal sólido y dúctil, buen conductor de la corriente eléctrica.
- R9** El aluminio se diferencia del resto de los elementos de la tabla periódica porque sus átomos contienen:
- 13 protones.
  - 13 electrones.
  - 14 neutrones.
  - 27 nucleones.
- R10** ¿Qué partículas subatómicas participan en el enlace Al-O?
- Los protones y neutrones.
  - Los protones.
  - Los electrones de valencia.
  - Los neutrones.
- R11** Las uniones Al-O en el óxido de aluminio son iónicas porque:
- Ambos átomos comparten un par de electrones.
  - El aluminio cede tres electrones y el oxígeno acepta dos.
  - El oxígeno le comparte un par de electrones al aluminio.
  - El oxígeno cede dos electrones y el aluminio acepta tres.
- R12** La elevada temperatura de fusión del óxido de aluminio se debe a...
- los electrones deslocalizados que rodean y mantienen unidos a los iones  $Al^{3+}$ .
  - que el aluminio cede electrones para ser compartidos por todos los átomos.
  - la gran fuerza de atracción que existe entre los iones que lo forman.
  - la atracción de los núcleos de ambos átomos por los electrones del enlace.

## II. Lee con atención el siguiente texto y utiliza la información para contestar las preguntas.

En 1860 asistieron a Karlsruhe alrededor de 140 destacados químicos interesados en resolver, de manera comunitaria, los desacuerdos y las incomprensiones existentes entre ellos acerca del átomo, las moléculas, los equivalentes y la notación común y racional para los compuestos químicos. Aquí, Stanislao Cannizzaro explicó cómo aplicar las ideas propuestas por Amadeo Avogadro 44 años atrás, para determinar las masas atómicas y moleculares y cómo, a partir de estos resultados, era posible deducir las fórmulas de los compuestos y, en consecuencia, una nomenclatura racional.

Ese hecho permitió a Lothar Meyer y Dimitri Mendeleiev formular la tabla periódica; además contribuyó a que los químicos comenzaran a pensar y realizar sus investigaciones como una comunidad científica y no de manera aislada o en grupos pequeños. Por eso, se dice que el congreso de Karlsruhe marcó los inicios de una comunidad científica.

### Reactivos

**R13** ¿Qué características del conocimiento científico resaltan en el trabajo realizado por Cannizzaro para establecer las diferencias entre masa atómica y masa molecular?

- Análisis y sistematización de datos.
- Experimentación.
- Representación por medio de símbolos.
- Abstracción y generalización.

**R14** Clasificó los elementos en función de su masa atómica y predijo la existencia y propiedades de los elementos desconocidos.

- Amadeo Avogadro.
- Lothar Meyer.
- Dimitri Mendeleiev.
- Stanislao Cannizzaro.

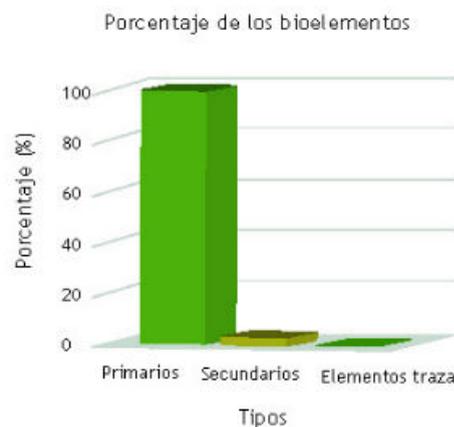
**R15** Explica el papel fundamental que desempeñó el congreso de Karlsruhe en la difusión de las ideas científicas del mediados del siglo XIX.

## III. Analiza la información que proporciona la gráfica y responde la pregunta.

### Reactivos

**R16** ¿Cuál de las siguientes opciones se refiere a un bioelemento primario y su función en los seres vivos?

- Potasio, necesario para la conducción nerviosa y la contracción muscular.
- Litio, su ausencia provoca síntomas maniaco-depresivos.
- Calcio, forma parte de los carbonatos de calcio de las estructuras esqueléticas.
- Carbono, elemento base de la glucosa, moléculas que proporcionan energía al organismo.



A continuación se indican los aprendizajes esperados que aplicaste para resolver cada reactivo. De acuerdo con tus respuestas, identifica cuál o cuáles de éstos debes fortalecer.

Reactivo	Tema	Aprendizaje esperado
R1	Clasificación de los materiales	Establece criterios para clasificar materiales cotidianos en mezclas, compuestos y elementos considerando su composición y pureza
R2		Representa y diferencia mezclas, compuestos y elementos con base en el modelo corpuscular
R3	Estructura de los materiales	Identifica los componentes del modelo atómico de Bohr (protones, neutrones y electrones)
R4		Representa el enlace químico mediante los electrones de valencia a partir de la estructura de Lewis, así como la función de los electrones de valencia para comprender la estructura de los materiales
R5		Representa mediante la simbología química elementos, moléculas, átomos, iones (aniones y cationes)
R6	¿Cuál es la importancia de rechazar, reducir, reusar y reciclar los materiales?	Identifica algunas propiedades de los metales (maleabilidad, ductilidad, brillo, conductividad térmica y eléctrica) y las relaciona con diferentes aplicaciones tecnológicas
R7		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, reúso y reciclado
R8	Tabla periódica	Identifica la información de la tabla periódica, analiza sus regularidades y su importancia en la organización de los elementos químicos
R9		Identifica que los átomos de los diferentes elementos se caracterizan por el número de protones que los forman
R10	Enlace químico	Identifica las partículas e interacciones electrostáticas que mantienen unidos a los átomos
R11		Explica las características de los enlaces químicos a partir del modelo de compartición (covalente) y de transferencia de electrones (iónico)
R12		Identifica que las propiedades de los materiales se explican a través de su estructura (atómica, molecular)
R13	Segunda revolución de la química	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
R14		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
R15		Argumenta la importancia y los mecanismos de la comunicación de ideas y productos de la ciencia como una forma de socializar el conocimiento
R16	Importancia de los elementos para los seres vivos	Relaciona la abundancia de elementos (C, H, O, N, P, S) con su importancia para los seres vivos



Volcán Tungurahua, situado en la zona andina de Ecuador, visto desde la ciudad de Riobamba, en agosto de 2012.

# Bloque III

## La transformación de los materiales: la reacción química

“El ser humano posee dones, pero en un lugar primordial, pues es la raíz de la que crecen todos los conocimientos, está la capacidad de esbozar conclusiones a partir de lo que vemos para lo que no vemos.”

*Jacob Bronowski*

### 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.

### 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.
- 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.
- Explica la importancia del trabajo de Lewis al proponer que en el enlace químico los átomos adquieren una estructura estable.
- 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.
- 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.
- 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.

## Introducción

# Maravillas de la naturaleza

El mundo alberga infinidad de espectáculos creados por las fuerzas de la naturaleza, como las llamas azules que bailan en la superficie de los pantanos, nubes que brillan de noche, espectros en las cumbres de las montañas, lluvia de diamantes que caen del sol, cascadas esculpidas en calcio, entre muchos otros. Hoy la ciencia ha conseguido dar explicaciones razonables de algunos fenómenos con los que convivimos, aunque otros continúen en estudio.

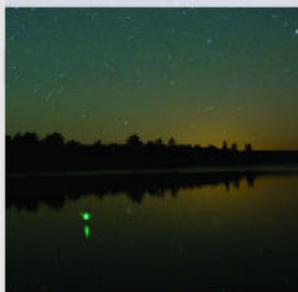
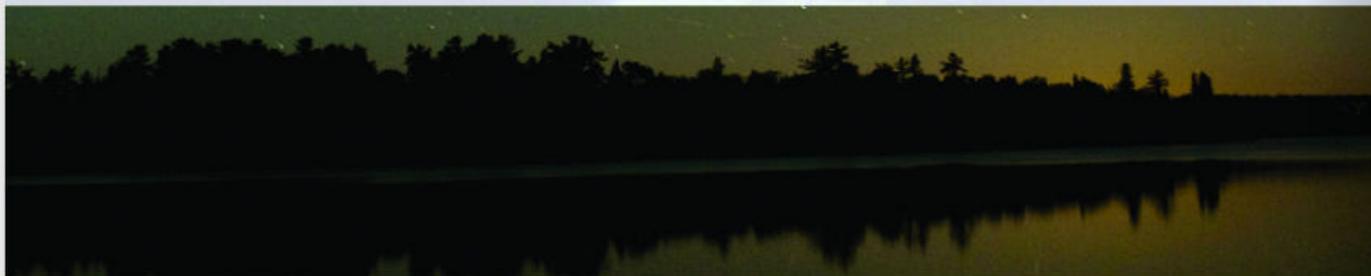


Figura 3.1 Las fantasmales llamas de colores que aparecen sobre la superficie de los pantanos son producidas por bacterias.

### Los fuegos fatuos

En las noches tranquilas y oscuras en las que el aire apenas se mueve, aparecen, flotando sobre la superficie de los pantanos y ciénegas, llamas azules, rojizas, verdosas o amarillentas, poco brillantes pero nítidamente perceptibles en la oscuridad (figura 3.1). Estas llamas emiten una luz muy débil y se apagan con la brisa, aunque vuelven a aparecer en otro lugar formando imágenes increíbles. Reciben el nombre de *fuegos fatuos* y en épocas pasadas se les relacionaba con malos augurios. Los ingleses decían que estas llamas fantasmales eran diablillos o duendes que atraían a sus víctimas hacia el peligro de los pantanos, mientras que los americanos las creían "almas en pena".

Una posible explicación es que estas llamas tienen su origen en una serie de reacciones químicas, pues en el fondo de los pantanos habitan unas bacterias llamadas *metanógenas*, que al digerir el lodo

producen burbujas de metano ( $\text{CH}_4$ ). Cuando las burbujas salen al aire, arden y emiten llamas, si las condiciones de concentración, humedad y temperatura lo permiten. El metano no enciende espontáneamente, pero sí lo hace en combinación con la fosfina ( $\text{PH}_3$ ), otro producto de la descomposición de la materia orgánica. La fosfina es un compuesto que se quema al entrar en contacto con el aire, lo que provoca que el metano, a su vez, se prenda.

La temperatura de esta llama es muy baja y tenue, por lo que el menor movimiento de aire la desplazará e incluso, encenderá otros escapes de gas semejantes en las cercanías. De hecho, cuando un espectador se acerca, estas llamas se alejan debido a la corriente de aire resultante de su movimiento.

Algunos sitios en México donde aún es posible observar este fenómeno son: mina de carbón Bella Rosita, en Coahuila; parque nacional El Chico y cerro



Figura 3.2 El tiburón blanco eleva su temperatura estomacal para acelerar el proceso de digestión.

del Xicuco en Hidalgo; cima Jorobas del Estado de México, el área natural de Peña Colorada en Querétaro y la Zona del silencio, en el valle de Ceballos, Durango.

### Comida y digestión

Como sabes, el proceso de digestión involucra una serie de reacciones químicas que fraccionan el alimento en pequeñas partes para obtener energía y nutrientes requeridos por los seres vivos para llevar a cabo sus funciones vitales.

Los tiburones blancos prefieren comer la grasa de focas vivas y ballenas muertas (figura 3.2). Un pedazo de grasa de 32 kg les proporciona energía y nutrientes suficientes para seis semanas. Después de alimentarse, el tiburón blanco eleva la

temperatura de su estómago unos 6 °C, lo que acelera el proceso de digestión.

### Fábrica de papel

Las avispas papeleras europeas *Polistes gallicus* construyen sus nidos con papel que ellas mismas fabrican (figura 3.3); para hacerlo, mastican madera u otras fibras vegetales, después escupen la pulpa blanda y húmeda en el techo del lugar donde será el nido, que generalmente es bajo una rama, hoja o alero. La reina moldea el papel y construye celdas hexagonales, cuya forma evita el desperdicio de espacio.

### Rayos

Uno de los mayores espectáculos eléctricos del cielo son los rayos (figura 3.4). Aunque tienen la capacidad de matar, incendiar edificios y destruir aparatos eléctricos, también son una fuerza beneficiosa. El tremendo calor de los rayos (30 000 °C), convierte el nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) del aire en monóxido y dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), fertilizantes naturales que caen al suelo con la lluvia. Todos los años los rayos producen hasta 15 millones de toneladas de fertilizantes.



Figura 3.4 Los rayos pueden producir fertilizantes.



Figura 3.3 El papel maché es el material de construcción de las avispas papeleras europeas.

**Como ves, las reacciones químicas están en la base de la vida misma y del universo.**



























# 4

## Comparación y representación de escalas de medida

### 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.

Bla Pascal decía que los seres humanos vivimos entre dos dimensiones: lo infinitamente grande del universo y lo más pequeño del mundo de los átomos. Así, mientras el diámetro de la Tierra mide aproximadamente 12 756 km, el radio de un átomo oscila entre 32 a 265 pm ( $10^{-12}$  m). Las distancias y tamaños del universo son tan grandes y las de los átomos tan pequeños que sobrepasan los límites de lo que conocemos por medio de los sentidos.

### Y tú, ¿qué sabes?

En las siguientes imágenes se muestran los diámetros de tres objetos. Contesta las preguntas con base en la información.



Tierra  
12 756 274 m



Balón de fútbol  
0.2229 m



Fullereno ( $C_{60}$ )  
0.00000000071 m

1. Según su magnitud, ¿cuál es la escala a la que pertenecen cada uno de los objetos mostrados en las imágenes: humana, astronómica o nanoscópica?
2. ¿Cuál es el instrumento que se requiere para visualizarlos?
3. Expresa el diámetro de los objetos en notación científica.
4. ¿Cuál es la relación de tamaño entre la Tierra y el balón de fútbol?
5. ¿Cuál entre el balón de fútbol y el la molécula de fullereno?
6. ¿Cómo determinarías el número de moléculas de fullereno que cabrían en el balón de fútbol y la Tierra sin tener que contarlas?

Como ves, las partículas de la materia son demasiado pequeñas y numerosas. ¿Cómo contarlas entonces? Eso es lo que estudiaremos a continuación. Para esto, efectuaremos varias actividades que nos llevarán, primero, a comprender las dimensiones del mundo de la química, y después, a explicar y valorar la importancia del concepto de mol como patrón de medida para determinar la cantidad de sustancia.

### Escalas y representación

En tus cursos de ciencias aprendiste que las distancias y tamaños en el universo son tan grandes que sobrepasan los límites del mundo que conocemos por medio de los sentidos. En el extremo opuesto se encuentra el universo de los objetos diminutos poblado

de células, bacterias, virus, moléculas e incluso átomos, que parece que no existen porque no los observamos a simple vista. Hoy, con ayuda del telescopio es posible observar cómo son las estrellas, las galaxias y las nebulosas, entre otros, y mediante avanzados microscopios es posible ver algunas grandes moléculas, e incluso manipularlas. Pero, ¿qué hay entre el mundo astronómico y el atómico? Averígualo en la actividad siguiente.

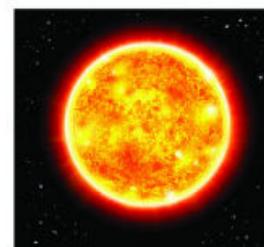
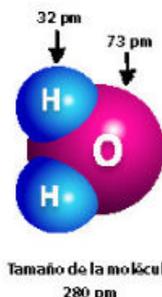
### Vamos a reflexionar

Para comparar y clasificar diversos objetos a escala humana, astronómica, micro y nanoscópica, hagan esta actividad.

1. Anoten sobre la línea si los objetos que se ilustran corresponden a la escala humana, astronómica, microscópica o nanoscópica.



Altura: 324 m



Diámetro: 1 392 000 km

2. ¿Cuáles son los objetos que requieren de un instrumento para visualizarlos?
3. ¿Qué instrumento utilizarían?

### Conclusiones

Expliquen cuál es el criterio que usaron para clasificar los objetos y coméntelo al resto del grupo.

Habrás notado que los objetos que pertenecen a la escala *microscópica* (entre 0.1 mm y 9  $\mu$ m) y *nanoscópica* (desde 0.1 nm) son invisibles al ojo humano. Para darte una idea del tamaño de estos objetos, veamos la siguiente analogía. Los habitantes más numerosos del mundo son las bacterias. Si colocáramos una en la punta de una aguja y ésta se aumentara al tamaño de un cohete espacial, la bacteria apenas resultaría visible a simple vista. Ahora, imagínate a los átomos que son diez mil veces más pequeños:

1. Diámetro de una bacteria: 0.000001 m (1  $\mu$ m).
2. Diámetro de un átomo: 0.000000001 m (0.1 nm).

¿Cómo es posible ver estas partículas tan pequeñas? La invención de los microscopios de campo cercano (SPM, del inglés *Scanning Probe Microscopy*) en la década de 1980 proporcionó a los científicos la capacidad de visualizar los átomos individuales (figura 3.39). Con este poderoso instrumento no sólo se pueden observar los átomos, sino también manipularlos y crear formas, patrones e incluso máquinas a escala molecular. Por ejemplo, en 1989 fue utilizado este tipo de microscopio para arreglar 35 átomos de xenón (Xe) sobre una superficie de níquel y así formar las siglas IBM, cada una de estas letras con una altura de 5 nm ( $5 \times 10^{-9}$  m). Posteriormente, con 28 moléculas de monóxido de carbono (CO) en una superficie de platino, se construyó la silueta de un ser humano con 5 nm de altura (figura 3.40). Esto ha conducido a nuevos campos de la ciencia y tecnología llamados *nanociencia* y *nanotecnología*, respectivamente.



Figura 3.39 El microscopio de barrido de túnel permite observar y manipular los átomos.

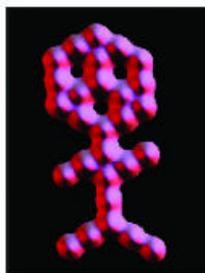


Figura 3.40 Hombre de monóclido de carbono dibujado con el microscopio de barrido de túnel (STM o Scanning Tunneling Microscope).

Siguiendo con las escalas y tamaños, te habrás percatado desde el inicio de la lección que el manejo de cantidades a escala astronómica y a nanoescala, no sólo es complicado en caso de que quisieras hacer cálculos, sino que además resultaría poco práctica en su escritura. En Matemáticas II aprendiste que una manera más cómoda de expresar números que son extremadamente grandes o demasiado pequeños es a través de la notación científica, también llamada notación exponencial.

La notación científica expresa los números como múltiplos de dos factores: un número entero entre 1 y 10; y 10 elevado a una potencia (figura 3.41). El exponente te dice cuántas veces debe multiplicarse el primer factor por 10. Examinemos las cantidades del ejercicio de la página 174 de la sección Y tú, ¿qué sabes?

**Ejemplo 1.** Diámetro de la molécula de fullereno:  $0.00000000071\text{ m}$ .

Comencemos por identificar el punto decimal y desplazarlo hasta donde quede un entero y máximo dos decimales, como puede apreciarse en la figura 3.42.

0.00000000071

Figura 3.42 Recorrido del punto decimal.

Si contamos el número de cifras que se movió el punto decimal, encontraremos que se movió nueve lugares hacia la derecha.

Este número corresponde a la potencia a la que debe elevarse el 10 y por la que ha de multiplicarse el primer factor. Cuando el punto decimal se mueve a la derecha, el exponente es negativo. Por tanto, el diámetro de la molécula del fullereno puede expresarse como:  $7.1 \times 10^{-10}\text{ m}$ .

**Ejemplo 2.** Diámetro del balón de futbol:  $0.2229\text{ m}$ .

Aplicando los pasos anteriores, tenemos que el punto decimal fue recorrido un dígito (figura 3.43).

0.2229

Figura 3.43 Recorrido del punto decimal un dígito en el diámetro del balón de futbol.

El punto decimal se desplazó un lugar hacia la derecha; por tanto, el diámetro del balón de futbol es  $2.229 \times 10^{-1}\text{ m}$ .

**Ejemplo 3.** Diámetro de la Tierra:  $12\,756\,274\text{ m}$ .

Si aplicamos los pasos anteriores tenemos, que el recorrido del punto decimal es hacia la izquierda (figura 3.44):

12756274

Figura 3.44 Recorrido del punto decimal a la izquierda siete dígitos.

Cuando el punto decimal se mueve a la izquierda, el exponente es un número positivo. Así que el diámetro de la Tierra es  $1.27 \times 10^7\text{ m}$ .

De modo que el balón de futbol es 100 millones ( $10^8$ ) de veces más grande que el fullereno y 100 millones ( $10^8$ ) de veces más pequeño que la Tierra, como lo comprobarás en la tabla 3.6 de la página siguiente.

### Ciencia y tecnología

La manipulación de los átomos mediante los microscopios de campo cercano ha permitido diseñar materiales muy novedosos: motores eléctricos cientos de veces más pequeños que el diámetro de un cabello humano, papel hecho con nanocables de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), que resiste temperaturas de hasta  $700\text{ }^\circ\text{C}$  y que puede ser borrado y utilizado cuántas veces se quiera, entre otros.

### Vamos a calcular

Para aprender a manejar la notación científica, expresa en notación científica el tamaño de los objetos de la actividad en parejas de la página 175.

#### Conclusiones

Revisa tus resultados junto con tu profesor y tus compañeros. Haz las correcciones que sean necesarias.

### Unidad de medida: mol

Regresando a la nanoescala, se ha mencionado en varias ocasiones que los átomos y las moléculas son invisibles al ojo humano. Si el grosor de una hoja de papel es muy pequeño, el de estas partículas es mucho más (tabla 3.6).

Tabla 3.6 La escala de las cosas		
Escala astronómica	$10^9$	Sol: 1 392 000 km
	$10^8$	Júpiter: 142 984 km
	$10^7$	Tierra: 12 756 km
	$10^6$	Italia: 1 100 km
	$10^5$	Gran Cañón: 446 km
	$10^4$	Cometa Halley: 11 km
Escala humana	$10^3$	Everest: 8.8 km
	$10^2$	Torre Eiffel: 324 m
	$10^1$	Sahuaro: 15 m
	$10^0$	Ser humano: 1.7 m
	$10^{-1}$	Balón de futbol: 21.65 a 22.29 cm
	$10^{-2}$	Cerillo: 5 cm
Microescala	$10^{-3}$	Hormiga: 4 mm
	$10^{-4}$	Grano de arena: 0.5 mm
	$10^{-5}$	Célula de la piel: 35 $\mu\text{m}$
Nanoescala	$10^{-6}$	<i>Escherichia coli</i> : 2 $\mu\text{m}$
	$10^{-7}$	Virus más largo: 440 nm
	$10^{-8}$	VIH: 90 nm
	$10^{-9}$	Fullereno: 1 nm
	$10^{-10}$	Molécula de agua: 280 nm
	$10^{-11}$	Átomo de hidrógeno: 37 nm

### Glosario

**Angstrom (Å).** Unidad de longitud empleada para expresar distancias moleculares y atómicas.  $1\text{ Å} = 1 \times 10^{-10}\text{ m} = 0.1\text{ nm}$ .

### Vamos a calcular

Para darte una idea del tamaño del nanomundo, haz los siguientes cálculos.

La moneda mexicana de 10 centavos (figura 3.45) está hecha de acero inoxidable, una aleación de hierro, y su diámetro es de  $1.4\text{ cm}$ . Si el diámetro de un átomo de hierro es  $1.26\text{ Å}$ , ¿cuántos átomos de hierro habrá de lado a lado en una línea recta sobre el diámetro de dicha moneda?

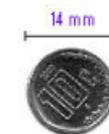


Figura 3.45

#### Conclusiones

Compara tu respuesta con las de tus compañeros en clase.

Como te habrás dado cuenta, los átomos son tan pequeños que para formar una línea recta a lo largo del diámetro de la moneda, colocando los átomos de hierro uno al lado del otro se requieren más de 110 millones para cubrir apenas 1.4 cm. Como ves, una muestra de un tamaño visible de hierro contiene tantos átomos que contarlos a simple vista no es posible.

Por otro lado, en la práctica, la mayoría de los cálculos químicos se basan en el conocimiento de la cantidad de átomos, iones, moléculas o unidades fórmula y en las masas de esas unidades. Sin embargo, las masas de las sustancias que utilizamos cotidianamente, por muy pequeñas que sean, contienen gran cantidad de esas entidades elementales.

Es por esto que los químicos definieron una unidad para contar un número grande de estas partículas nanoscópicas, a la cual le dieron el nombre de *mol*. Un punto esencial es que sin importar de qué sustancia se trate, una mol siempre tiene el mismo número de partículas. Este número se conoce como *número de Avogadro* y equivale a  $6.02 \times 10^{23}$  entidades elementales (átomos, iones, moléculas, unidades fórmula u otras partículas). Por ejemplo:

$$1 \text{ mol de átomos de carbono} = 6.02 \times 10^{23} \text{ átomos de carbono}$$

$$1 \text{ mol de moléculas de agua} = 6.02 \times 10^{23} \text{ moléculas de agua}$$

$$1 \text{ mol de unidades fórmula de cloruro de sodio} = 6.02 \times 10^{23} \text{ unidades fórmula de cloruro de sodio}$$

Por lo anterior, podemos afirmar que la mol es la conexión entre el mundo macroscópico y la nanoescala, entre lo visible y lo que no vemos a simple vista.

### TIC

#### Masa molar de un elemento

Para comprender mejor el concepto de mol, busca en la videoteca de tu escuela: Roald Hoffmann, *La mol* (video), Estados Unidos de América, The Annenberg/CPB Project, 1988 (El mundo de la química, 6).

¿Esperarías que la masa de un mol de átomos de hierro sea igual a la de un mol de átomos de carbono? Seguramente no. Así como una docena de huevos no tiene la misma masa que una docena de naranjas, porque difieren en tamaño y composición, de la misma manera  $6.02 \times 10^{23}$  átomos de hierro no tienen la misma masa que  $6.02 \times 10^{23}$  átomos de carbono. Así, la masa de un mol de átomos de hierro es 55.85 g, en tanto que la de un mol de átomos de carbono es de 12.01 g. Esta masa es su *masa molar* y se define como la masa en gramos de una mol de cualquier sustancia.

$$\text{Masa molar del hierro: } 55.85 \text{ g/mol}$$

$$\text{Masa molar del carbono: } 12.01 \text{ g/mol}$$

Si revisas la tabla periódica, observarás que el valor de la masa molar de estos elementos es numéricamente igual a su masa atómica, pero en unidades de g/mol.

$$\text{Masa atómica del hierro: } 55.85 \text{ u}$$

$$\text{Masa molar del hierro: } 55.85 \text{ g/mol}$$

Esto significa que cuando mides en una balanza 55.85 g de hierro, indirectamente estás contando  $6.02 \times 10^{23}$  átomos de hierro.

Ahora que ya sabemos que la unidad de la cantidad de sustancia es la mol, y que equivale a  $6.02 \times 10^{23}$  entidades elementales, vamos a revisar para qué nos sirve saberlo. Veamos el siguiente ejemplo.

Es fácil comprobar si el cuaderno que usas realmente es de 50 hojas, pero, ¿qué harías para conocer el número de semillas en una bolsa de arroz? Una manera de calcularlo sería usando la masa de todas las semillas y la masa de un número determinado de semillas, por ejemplo la de 1 000 semillas.

Si la masa de 1 000 semillas es 10 g, entonces el factor de conversión que relaciona al número de semillas con la masa es:

$$\frac{1 \text{ 000 semillas de arroz}}{10 \text{ g de arroz}}$$

Para encontrar el número de semillas en una bolsa de 2 kg (2 000 g) de arroz, multiplicamos esta cantidad por el factor anterior:

$$\frac{2 \text{ 000 g de arroz} \times 1 \text{ 000 semillas de arroz}}{10 \text{ g de arroz}} = 200 \text{ 000 semillas de arroz}$$

Esto significa que:

$$2 \text{ kg de arroz} = 2 \text{ 000 g} = 200 \text{ 000 semillas de arroz}$$

Este procedimiento también es útil si queremos saber cuántos átomos de mercurio hay en el bulbo de un termómetro. El termómetro tiene 4 g de mercurio y 1 mol de mercurio tiene una masa de 200.6 g.

Primero convertiremos los gramos a moles. El factor de conversión que relaciona número de moles y masa del mercurio es:

$$\frac{1 \text{ mol de Hg}}{200.6 \text{ g}}$$

Para convertir los gramos a moles, multiplicamos por el factor anterior:

$$\frac{4 \text{ g de Hg} \times 1 \text{ mol de Hg}}{200.6 \text{ g de Hg}} = 0.02 \text{ mol de Hg}$$

Ahora convertiremos los 0.02 moles a número de átomos. Si 1 mol de Hg tiene  $6.02 \times 10^{23}$  átomos, el factor de conversión será:

$$\frac{0.02 \text{ mol de Hg} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ átomos de Hg}}{1 \text{ mol de Hg}} = 1.2 \times 10^{22} \text{ átomos de Hg}$$

$$4 \text{ g de mercurio} = 1.2 \times 10^{22} \text{ átomos de Hg}$$

Por tanto, en el bulbo del termómetro tenemos  $1.2 \times 10^{22}$  átomos de Hg.

De todo esto concluimos que el número de Avogadro y la masa molar nos permiten efectuar conversiones entre masas —que determinamos fácilmente con una balanza— y moles de átomos de un elemento, entre moles del elemento y número de átomos de éste, o entre masas del elemento y el número de átomos (figura 3.46).



**Figura 3.46** Masa de una mol de algunas sustancias. Cada muestra contiene  $6.02 \times 10^{23}$  átomos.

### Vamos a calcular

Para relacionar los conceptos de mol y masa molar de un elemento, efectúa estos cálculos.

1. Al comparar el número de átomos existentes en 25 g de magnesio (Mg) y los existentes en 25 g de estaño (Sn), ¿tienen el mismo número de átomos? En caso de que la respuesta sea negativa, señala cuál contiene más y cuál menos átomos. Verifica tu respuesta mediante los cálculos.
2. Si una cuchara de aluminio (Al) tiene 0.33 mol de dicho elemento, ¿cuántos gramos de aluminio contiene?
3. Un globo meteorológico tiene 1 200 g de helio (He). ¿Cuántos átomos de este gas hay en el globo?

4. Si una barra para lápiz contiene  $2.4 \times 10^{23}$  átomos de grafito (carbono, C), ¿cuántos gramos de grafito contiene el lápiz?

**Conclusiones**

Analiza tus resultados en clase y haz las correcciones que sean pertinentes.

**Masa molar de un compuesto**

Vamos ahora a revisar cómo se calcula la masa molar de un compuesto. Por ejemplo, el sulfato de aluminio [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>], compuesto que se utiliza para purificar el agua de una alberca, tiene dos moles de aluminio, tres moles de azufre y 12 moles de oxígeno, por tanto, su masa molar será la suma del número de masas molares de cada elemento:

Masa molar del Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> = 2(masa molar de Al) + 3(masa molar del S) + 12(masa molar del O), como se muestra en la tabla 3.7.

Proporción	Masa molar	Núm. de masas molares
Al = 2 × 26.98 g/mol	53.96 g/mol	
S = 3 × 32.07 g/mol	96.21 g/mol	
O = 12 × 16.00 g/mol	192.00 g/mol	
<b>Total</b>	<b>342.17 g/mol</b>	

Por tanto, la masa molar del sulfato de aluminio es 342.17 g/mol; es decir, la masa de una mol de dicha sustancia equivale a 342.17 g.

Igual que en el caso de la masa molar de un elemento, si conocemos la masa molar de un compuesto es posible hacer las dos conversiones básicas en química: *moles a masa* y *masa a moles*, o a número de unidades elementales de cualquier sustancia. Para efectuarlas se aplica el método que ya conoces del factor unitario y, en ambos casos, el factor de conversión es obtenido de la masa molar del compuesto. Así el factor de conversión del sulfato de aluminio es:

$$\frac{1 \text{ mol de Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342.17 \text{ g de Al}_2(\text{SO}_4)_3} \quad \text{o} \quad \frac{342.17 \text{ g de Al}_2(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ mol de Al}_2(\text{SO}_4)_3}$$

**Vamos a calcular**

Para ejercitar las conversiones entre moles y masa molar, resuelve estos problemas.

1. ¿Cuántas moles hay en 32 g de metano (CH<sub>4</sub>), componente principal del gas natural?
2. ¿Cuántas moléculas hay en 30 g de urea [(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO], sustancia utilizada como fertilizante y en la fabricación de plásticos?
3. ¿Cuántos gramos hay en 2.5 mol de isopropanol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O), alcohol de fricción?
4. El motor de un coche emite 0.5 mmol de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) por cada kilómetro recorrido. Si la distancia entre Angangueo y Morelia (Michoacán) es de 161 km, ¿cuántos gramos de dióxido de azufre emite el carro?

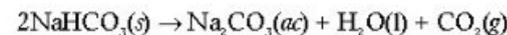
5. La masas molares del ácido clorhídrico (HCl), del agua (H<sub>2</sub>O) y del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son 36.5 g/mol, 18 g/mol y 44 g/mol, respectivamente. Si tomamos 100 g de cada una de ellas, ¿cuál tiene mayor y cuál menor número de moles? Verifica tu respuesta mediante cálculos.

**Conclusiones**

Junto con tu profesor y los demás compañeros, revisa tus resultados y efectúa las correcciones que sean necesarias.

**Relaciones mol y masa en una reacción química**

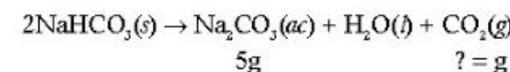
El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), responsable de la textura esponjosa de un pastel, es obtenido por la descomposición del bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>):



Como ya aprendiste en la lección sobre el lenguaje químico, esta ecuación puede interpretarse en términos de partículas de la siguiente manera: dos fórmulas unitarias de bicarbonato de sodio producen una fórmula unitaria de carbonato de sodio, una fórmula unitaria de agua y una fórmula unitaria de dióxido de carbono. Sin embargo, los coeficientes de una ecuación también representan moles de partículas, por lo que decimos que dos moles de bicarbonato de sodio producen una mol de carbonato de sodio, una mol de agua y una mol de dióxido de carbono.

Los coeficientes en una ecuación química nos indican las relaciones entre las moles de reactivos y las moles de productos, por lo que nos ayuda a calcular cuáles son las cantidades involucradas en una reacción química. Por ejemplo, ¿cuántos gramos de dióxido de carbono se producen a partir de 5 g de bicarbonato de sodio?

Comencemos por escribir la ecuación balanceada e identificar la sustancia que se conoce y la que se va a determinar.



Ahora vamos a calcular la masa molar de las sustancias involucradas (tabla 3.8).

Masa molar del NaHCO <sub>3</sub>	Masa molar del CO <sub>2</sub>
Na = 1 × 22.99 g/mol = 22.99 g/mol	C = 1 × 12.01 g/mol = 12.01 g/mol
H = 1 × 1.00 g/mol = 1.00 g/mol	O = 2 × 16.00 g/mol = 32.00 g/mol
C = 1 × 12.01 g/mol = 12.01 g/mol	<b>44.01 g/mol</b>
O = 3 × 16.00 g/mol = 48.00 g/mol	
<b>84.00 g/mol</b>	

Convertir a moles los gramos de la sustancia conocida, que en este caso es el NaHCO<sub>3</sub>,

$$\frac{5 \text{ g de NaHCO}_3 \times 1 \text{ mol de NaHCO}_3}{84 \text{ g NaHCO}_3} = 0.06 \text{ mol de NaHCO}_3$$

Hay que escribir un factor de conversión que relacione los moles de la sustancia desconocida (CO<sub>2</sub>) con los moles de la sustancia conocida, a partir de la ecuación:

$$\frac{1 \text{ mol de CO}_2}{2 \text{ mol de NaHCO}_3}$$

**Ambiente**

Una de las formas en que los animales se comunican es a través de sustancias químicas llamadas feromonas, las cuales tienen masas molares variables dependiendo del mensaje que van a transmitir. Por ejemplo, las feromonas que los antílopes liberaban en el aire para alertar a la manada de la presencia de un predador tienen masas molares bajas, mientras que las liberadas por los conejos cuando frotan el mentón contra las piedras, la entrada de la madriguera o la reja de su jaula para marcar su territorio, tienen masas molares altas.

Con este factor calculamos los moles de la sustancia que se va a determinar.

$$\frac{0.06 \text{ mol de NaHCO}_3 \times 1 \text{ mol de CO}_2}{2 \text{ mol de NaHCO}_3} = 0.03 \text{ mol de CO}_2$$

Por último, hay que convertir los moles a gramos.

$$\frac{0.03 \text{ mol de CO}_2 \times 44.01 \text{ g de CO}_2}{1 \text{ mol de CO}_2} = 1.32 \text{ g CO}_2$$

- |                   |  |
|-------------------|--|
| a) Refresco: 11 g | d) Harina para <i>hot cakes</i> : 14.6 g |
| b) Cajeta: 72.9 g | e) Café: 4.23 g                          |
| c) Sopa: 12 g     |  |

Incorporen estos cálculos en el archivo de procesador de texto que guardaron con el nombre *proyectoB3\_número de equipo*.

## Vamos a calcular

Para ejercitar las conversiones entre moles y masa molar en una reacción química, resuelve los problemas.

- El peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), comúnmente conocido como *agua oxigenada*, se descompone según la siguiente ecuación:  $2\text{H}_2\text{O}_2(l) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$   
¿Cuántos gramos de oxígeno se producirán a partir de 36 g del peróxido?
- Un camión accidentalmente derramó en la calle 730 g de ácido clorhídrico (HCl). Para neutralizarlo, el cuerpo de bomberos regó carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que reacciona de acuerdo con la ecuación:  
 $\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(ac) \rightarrow \text{CaCl}_2(ac) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
Calcula la masa de carbonato de calcio necesaria para neutralizar el ácido.
- La producción de aluminio a través del óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) presente en la bauxita, es  
 $2\text{Al}_2\text{O}_3(s) + 3\text{C}(s) \rightarrow 4\text{Al}(s) + 3\text{CO}_2(g)$   
¿Cuántos gramos de aluminio se obtendrán a partir de 510 000 kg del óxido?
- El proceso Haber para la producción de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) se basa en la reacción entre el gas nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y el gas hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), según la siguiente ecuación:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightarrow 2\text{NH}_3(g)$   
¿Cuántos gramos de nitrógeno se necesitan para producir 30 g de amoniaco?

### Conclusiones

Revisa tus resultados en clase y haz las correcciones que sean necesarias. Luego, en tu cuaderno, redacta brevemente cuál es la importancia del concepto de mol.

## Avances del proyecto

### Ahora tú explora, experimenta y actúa

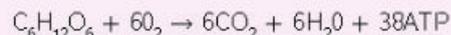
Reúnete con tus compañeros de equipo y apliquen en sus proyectos lo que aprendieron sobre mol y masa en una reacción química.

#### Proyecto A

- Seleccionen de las formulaciones que investigaron en la lección anterior, la del jabón.
- Escriban la ecuación química balanceada de la reacción que se lleva a cabo al fabricar el jabón.
- Determinen, con base en esta ecuación, cuántos gramos de jabón van a obtenerse.

#### Proyecto B

Durante la respiración celular se producen 38 mol de ATP por cada mol de glucosa consumida, según la ecuación:



A partir de esta información, calculen la cantidad de energía que proporcionan la glucosa presente en 100 g de los siguientes alimentos, si cada mol de ATP libera 7.7 kcal.

## Para aprender más

### ¿Qué leer?

- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, *Nanociencia y nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*, Madrid, FECYT, 2009, disponible en <http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf> (Consulta: 10 de junio de 2016).
- Julia Tagüeña y Antonio Del Río, "Nanomundo: la importancia de lo pequeño", en *¿Cómo ves?*, México, 2003, año 5, núm. 50, pp. 10-16.

### ¿Qué leer en la Biblioteca Escolar?

- Erik Newth, *Breve historia del futuro*, México, SEP-Porrúa, 2006 (Libros del Rincón).
- John Gribbin, Mary Gribbin, *Del átomo al infinito: el universo a todas las escalas*, Barcelona, SEP-Oniro, 2008 (Libros del Rincón).

### ¿Qué ver?

- Cary Huang, *La escala del universo 2 (seleccionar idioma español)*, 2012, disponible en <http://htw-ins.net/scale2/lang.html> (Consulta: 10 de junio de 2016).
- Genetic Science Learning Center at The University of Utah, *Cell size and scale*, 2008, disponible en <http://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/> (Consulta: 10 de junio de 2016).

## Lo que aprendimos de...

### Comparación y representación de escalas de medida

Para revisar lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno estos ejercicios.

- Organiza tus ideas. Elabora un mapa conceptual del tema usando los siguientes términos: *mol*, *masa molar*, *escalas (astronómica, humana, microscópica y nanoscópica)*.
- Indica cuál es la escala a la que pertenecen los siguientes objetos y expresa el valor de sus propiedades en notación científica.
 

a) Masa del neutrón: 0.00000000000000000000000000001675 g
b) Carga del protón: 0.0000000000000000000000016 C
c) Territorio que perdió México en 1848: 2 000 000 000 m <sup>2</sup>
d) Número aproximado de cabellos en una cabeza: 130 000.
e) Tamaño de un cocodrilo recién nacido: 0.28 m
f) Masa de un partícula de humo: 0.000000000001 g
- ¿Qué es mejor, medir la masa de una muestra de agua o contar el número de moléculas que contiene? ¿Qué unidad nos permite establecer la relación entre masa y número de partículas?
- ¿Qué tienen en común una mol de oxígeno, una de agua y una de cloruro de sodio?
- Al comparar 50 g de cromo (Cr) y 50 gramos de hidrógeno (H), ¿cómo será el número de átomos de ambas sustancias? Explica tu respuesta.
- La masa de un clavo de hierro (Fe) de 2 pulgadas es 5 g, ¿cuántos átomos de hierro contiene?
- La tintura de yodo utilizada como desinfectante es una mezcla de yodo (I<sub>2</sub>) y etanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O); si un frasco de tintura contiene  $30 \times 10^{23}$  moléculas de etanol, ¿cuántos gramos de alcohol hay en el frasco?



# Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa.

## Integración y aplicación

### 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.



Figura 3.47 Jabón sirio, procedente de la ciudad de Alepo, antiguo territorio fenicio.

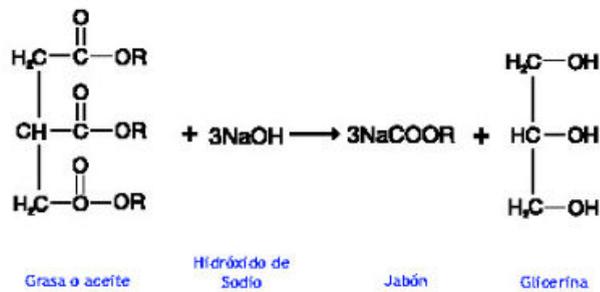


Figura 3.48 Esquema de la saponificación.

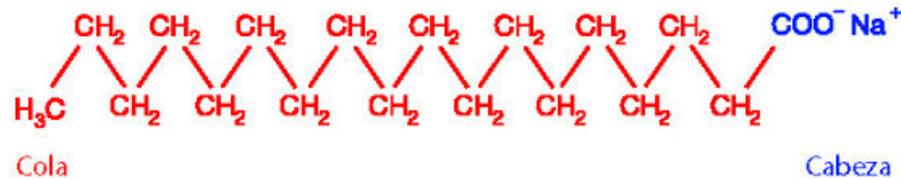


Figura 3.49 Molécula de jabón.

Al jabón elaborado con aceite de oliva se le llama *jabón de Castilla*, al cual puede agregarse alcohol para hacerlo transparente o añadir perfumes y colorantes, entre otros. No obstante, la reacción química para su obtención es siempre la misma. De acuerdo con el uso que se le vaya a dar al aceite de oliva, se le pueden agregar otros componentes (tabla 3.9). Por ejemplo, en Chile fabrican un jabón elaborado con extracto

### A. ¿Cómo elaborar jabones?

El jabón es un artículo esencial para los seres humanos. Al empezar el día usamos jabones de diferentes tipos y con gran variedad de colores y olores. La obtención del jabón es una de las síntesis químicas más antiguas: fue inventado por los fenicios en el año 600 a.n.e. al hervir grasa de cabra con una pasta formada por agua y cenizas de madera (figura 3.47). Lo que obtenían era un jabón pastoso y la sosa natural.

En el siglo VII, los árabes consiguieron hacer el primer jabón sólido al hervir una mezcla de aceites naturales, grasa de animales y sosa cáustica. Posteriormente los españoles dieron al jabón un aroma suave al añadirle aceite de oliva. Fue en la ciudad de Savona (Italia) de donde los italianos idearon la palabra *savon* y el diminutivo *sabonete*.

En el siglo XV apareció el jabón de Marsella, preparado con una mezcla de huesos (ricos en potasio) y grasas vegetales. Por su parte, la industria jabonera floreció en las ciudades costeras del Mediterráneo, debido a la abundante presencia del aceite de oliva y sosa natural.

Actualmente, los jabones se fabrican mediante el tratamiento de las grasas o aceites en caliente, con disoluciones de hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH). Este proceso recibe el nombre de *saponificación*. El resultado es una sal del ácido graso llamada jabón y glicerina. La reacción de este proceso es representada como se muestra en la figura 3.48.

La molécula de jabón está constituida por dos partes: una cadena larga no polar de átomos de carbono que atrae a la mugre, llamada *cola*, y otra cadena polar formada por iones que atrae el agua y es denominada *cabeza* (figura 3.49).

concentrado del fruto de la uva que además de limpiar, nutre la piel y es un gran antioxidante. Debido a esta última propiedad se recomienda para prevenir el envejecimiento y la celulitis.

Tabla 3.9 Tipos de jabones

Tipo de jabón	Uso	Formulación
Jabón de arcilla	Exfoliante.	Aceite de oliva y de almendras dulces, cera de abejas, miel y arcilla del Mar Muerto.
Jabón de caléndula	Antiinflamatorio, recomendado para pieles ásperas o agrietadas con tendencia al enrojecimiento.	Aceite de oliva y de coco, caléndula, cera de abejas, esencias de melocotón y vitamina E.
Jabón de leche de cabra	Suavizante y nutritivo, para piel y cabello.	Aceite de oliva, leche de cabra, cera de abejas, esencias de ciprés y de ortigas.
Jabón de limón	Para piel grasa.	Aceite de oliva y de coco, vitamina E, jugo y corteza de limón.
Jabón de mandarina	Antiséptico, suavizante y cicatrizante para uso facial y piel sensible, inflamada y con acné.	Aceite de oliva y de coco, esencia de mandarina, tintura de benjuí y vitamina E.

### Proyecto: integración y cierre

1. Reúnete con tus compañeros de equipo y elaboren un informe con base en la información que recopilaron a lo largo del bloque.
2. Procedan a fabricar su jabón. Tomen en cuenta que la sosa cáustica es un material que daña la piel si se pone en contacto directo con ella, por lo que es recomendable utilizar guantes y lentes protectores. Además, genera una reacción muy exotérmica, por tal motivo procuren fabricarlo en un lugar ventilado. Anoten sus características, pénselo y comparen este dato con el que calcularon en el avance del proyecto del tema anterior (página 182).
3. Reúnanse con los otros equipos que trabajaron el mismo proyecto para planear la exposición. Para la presentación de su producto consideren el nombre del producto, una frase que identifique sus características, tipo de jabón, ecuación química del proceso, principales ácidos grasos del aceite que utilizaron y su proporción, cuánto se ahorran al compararlo con una presentación comercial, tiempo de elaboración, rendimiento, ingredientes, material, procedimiento, medidas de seguridad, etcétera.
4. Lleven a cabo su exposición y hagan una evaluación de su proyecto.

¿Qué te parece si ahora, con tus compañeros de equipo, fabrican su jabón y junto con los otros equipos hacen una exposición ante la comunidad escolar?

### B. ¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano?

En tu curso de Ciencias II aprendiste que no hay movimiento sin energía. Desde que nos levantamos de la cama ya estamos empleando energía, incluso al desperezarnos o al parpadear. ¿De dónde proviene esta energía? Como ya lo hemos comentado, de los alimentos (figura 3.50), por lo que la energía que el ser humano requiere para llevar a cabo sus funciones con una base saludable, debe provenir de una alimentación completa y variada.

La mayor parte de la energía proviene de los cereales, pero debemos incluir en cada comida también frutas y verduras, además de completarla con leguminosas y alimentos de origen animal (figura 3.51, página siguiente). Para calcular la cantidad que necesitamos consumir de cada grupo de alimentos, considerando los requerimientos calóricos diarios, utilizaremos el método del Sistema Mexicano de Equivalentes.



Figura 3.50 Para andarse en bicicleta durante nueve minutos, una persona de 70 kg necesita consumir 77 kcal. Un huevo cocido proporciona esta energía.

Un equivalente es la porción o ración de alimento cuyo aporte nutrimental es similar a los de su mismo grupo en calidad y cantidad. Por ejemplo, una porción de capulín, de cereza o chabacano aportan al organismo alrededor de 60 kcal/g y 15 g de carbohidratos, mientras que 1 ración de carne de suadero, chicharrón o gusanos de maguey proveen 75 kcal/g, 5 g de proteínas y 7 g de lípidos (tabla 3.10).

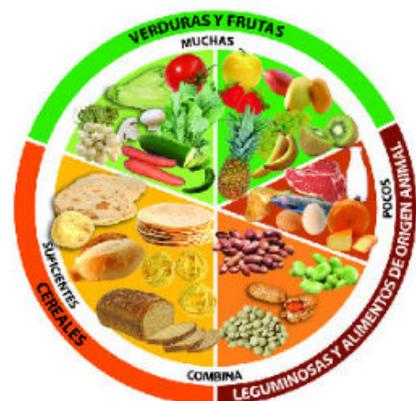


Figura 3.51 El Plato del Bien. Comer es una herramienta útil para elegir los alimentos adecuados para una dieta correcta.

Fuente: Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes, 2008.

Para tener la certeza de que los alimentos están combinados en la proporción adecuada, en la tabla 3.11 se muestra el número de equivalentes recomendado para cada grupo de alimentos.

Grupo de alimentos	Núm. de equivalentes	Ejemplo
Verduras	3 a 5	Nopales, quelites, quintoniles, calabazas, espinacas.
Frutas	2 a 4	Manzana, naranja, guayaba, chirimoya, lima, nandé.
Cereales y tubérculos	6 a 11	Cereales: maíz, trigo, arroz, avena, amaranto, alegría. Tubérculos: papa, camote, yuca.
Leguminosas	1 a 2	Frijoles, garbanzos, habas, lentejas.
Alimentos de origen animal	2 a 4	Carnes, pescado, insectos, gusanos, queso, huevo.
Leche	1 a 3	Descremada, semidescremada, entera, con azúcar.

Fuente: María del Carmen Iñárritu Pérez, *Elaboración de una dieta*, disponible en [http://www.edu.xunta.es/centros/ieschapela/system/files/ELABORACION\\_C3%93N%20DIETAS\\_1.pdf](http://www.edu.xunta.es/centros/ieschapela/system/files/ELABORACION_C3%93N%20DIETAS_1.pdf) (Consulta: 10 de junio de 2016).

### Proyecto: integración y cierre

1. Reúnete con tus compañeros de equipo y hagan un informe con base en la información que recopilaron a lo largo del bloque.
2. Elaboren una dieta de acuerdo con los requerimientos calóricos diarios que calcularon en el paso 2, de la actividad de la página 166, tema 2. Sigán estas instrucciones.

a) Determinen el número de equivalentes para cada grupo de alimentos.

Primero establezcan el número de equivalentes, considerando los valores recomendados en la tabla 3.11; luego, multipliquen el número de equivalentes por el valor unitario de energía, proteínas, lípidos y carbohidratos de cada grupo de alimentos de la tabla 3.10.

Por ejemplo, el número de equivalentes recomendados para las verduras es de 3 a 5. Si decidieron utilizar 4, entonces, de acuerdo con los valores de la tabla 3.10, tenemos que:

Grupo en el sistema de equivalente	Subgrupo	Aporte nutrimental promedio			
		Energía (kcal/día)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos (g)
Verduras	--	$4 \times 25 = 100$	$4 \times 2 = 8$	$4 \times 0 = 0$	$4 \times 4 = 16$
Frutas	--				
Cereales y tubérculos	Sin grasa				
	Con grasa				
Leguminosas	--				
Alimentos de origen animal	Muy bajo aporte de grasa				
	Bajo aporte de grasa				
	Moderado aporte de grasa				
	Alto aporte de grasa				
Leche	Descremada				
	Semidescremada				
	Entera				
	Con azúcar				
Aceites y grasas	Sin proteína				
	Con proteína				
Azúcares	Sin grasa				
	Con grasa				
	Total:				

• Sumen los valores y el total debe ser semejante a los datos obtenidos en los pasos 2 y 3 de la actividad de la página 166, tema 2.

b) Distribuyan los equivalentes entre el desayuno, comida y cena. Consideren siempre que la cena debe ser ligera.

Por ejemplo, si el número de equivalentes de verduras es 4, se reparte como sigue.

Grupo en el sistema de equivalentes	Subgrupo	Número de equivalentes	Tiempos de comida		
			Desayuno	Comida	Cena
Verduras	--	4	1	2	1

#### Relevancia Social

**Educación para la salud.** El cuerpo siempre está realizando actividades, por lo que una dieta correcta es el mejor combustible para mantener una buena salud.

c) Sustituyan los equivalentes por alimentos.  
Para esta tarea utilicen las tablas que elaboraron en los avances de su proyecto, de la página 166.

Grupo en el sistema de equivalentes	Subgrupo	Número de equivalentes	Tiempos de comida			
			Desayuno	Comida	Cena	Colación
Verduras	--	4	1/2	2	1/2	1
			1/4 de taza de zanahoria picada	1 tazón de sopa de verdura 1 taza de nopal cocido	jitomate	1/2 taza de jicama rayada

- Sometan sus menús a la opinión de un médico o nutriólogo.
- Organicen una exposición para presentar a la comunidad escolar sus menús y resaltar la importancia de contar con una alimentación completa y variada que aporte los nutrimentos y energía que el organismo requiere para su correcto funcionamiento.
- Evalúen su proyecto.



Figura 3.52 La productos elaborados a partir del maíz, combinados con otros alimentos, son desde hace cientos de años la forma más accesible, económica y eficiente para incorporar energía y proteínas al organismo.

Cuando consumimos más energía de la que requiere nuestro organismo, el excedente se guarda en el tejido adiposo; si eso se repite frecuentemente el resultado será la obesidad. Por el contrario, si le falta energía, el organismo no realizará satisfactoriamente sus funciones que con una buena nutrición sí llevará a cabo, desencadenando también graves problemas para la salud como la desnutrición.

Debe considerarse que el gasto energético total cambia a lo largo de la vida: durante la niñez aumenta año con año y se estabiliza cuando deja de crecer.

A partir de los 30 años comienza a disminuir la cantidad de energía que el organismo gasta en las actividades mecánicas necesarias para conservar los procesos de la vida, como respiración, circulación, síntesis de componentes orgánicos, conservación de la temperatura corporal, entre otros.

Aunado a esto, la mayoría de las personas van reduciendo su actividad física debido a cambios en su estilo de vida. De esta manera, una persona que a los 25 años requiere 3 250 kcal/día, necesitará ingerir 2 700 kcal/día a los 46 años y 1 950 kcal/día a los 70 años, para mantener su peso.

Por eso, es necesario tener una sociedad más informada acerca del valor nutritivo y energético de los diferentes alimentos, el requerimiento total diario de energía de acuerdo con la edad, peso y actividad física, así como los riesgos de salud derivados de las conductas alimentarias inadecuadas.

En todo esto desempeña una función importante el redescubrimiento de los alimentos nutricionales que emplearon nuestros antepasados y el reinsertarlos en la sociedad actual (figura 3.52). Junto con la gastronomía francesa y la mediterránea, la mexicana está entre las tres más saludables del mundo. El 16 de noviembre de 2010 en Nairobi (Kenya), la cocina tradicional mexicana fue declarada patrimonio cultural inmaterial de la humanidad por parte de la Unesco.

## Una mirada hacia el futuro

### Comprendamos los alimentos

La alimentación es fundamental para obtener la energía suficiente para llevar a cabo tanto las actividades involuntarias propias de los seres vivos, como el metabolismo basal, o bien, las de tipo cotidiano como estudiar, caminar, hacer ejercicio, entre otras.

Una buena alimentación no sólo depende de lo que comemos, sino también de otros factores, entre los que se encuentran las medidas de higiene, desde la compra de los alimentos hasta su preparación y consumo, la forma de masticar, los horarios de comida, el estado de salud del organismo y el entorno afectivo durante la comida, entre otros.

Es posible que la dieta de una persona contenga todos los nutrimentos en las cantidades que cubran las necesidades de su organismo; sin embargo, tal vez no se asimilen de manera óptima porque, por ejemplo, se come a deshoras. El organismo tiene un ritmo de producción de jugos gástricos, de enzimas y otras sustancias necesarias para aprovechar los alimentos; por ello, no es lo mismo comer a cualquier hora que en horarios definidos, o comer mucho una vez al día que poco tres veces al día. También se ha observado que la asimilación de los nutrimentos es mejor en entornos agradables que en ambientes donde se dan frecuentes discusiones.

Una dieta saludable, además de ser completa, debe ser variada. Es importante que aprendamos a ingerir todos los días productos distintos de los diferentes grupos de alimentos, para lo cual es recomendable conocer lo que se produce y vende en cada región (figura 3.53).

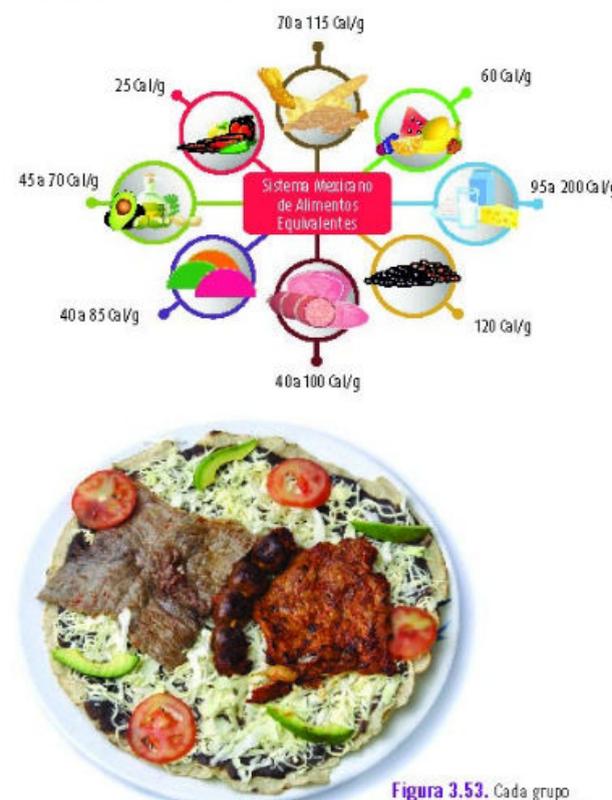


Figura 3.53. Cada grupo cultural cuenta con más de cien productos a su alcance.

### Cuidado de la salud

Para el tratamiento y prevención de la obesidad se recomienda reducir la ingesta de energía y consumir alimentos de baja densidad energética. Este concepto refiere a la cantidad de energía que posee un alimento con respecto a su peso o volumen. De tal modo que los alimentos ricos en grasa proporcionan más energía en poco volumen, en contraste con las verduras y frutas que se pueden ingerir en grandes cantidades sin haber consumido grandes cantidades de energía debido a que tienen baja densidad energética.

### Vamos a investigar

Para conocer un poco acerca de las carreras profesionales relacionadas con aspectos de la alimentación, como Ingeniería en Alimentos, Química de Alimentos, Nutrición y Ciencias de los Alimentos e ir planeando su futuro, en equipos de cuatro integrantes y con asesoría de su orientador, hagan esta actividad.

- Sorteen entre los equipos las carreras que investigarán.
- Una vez definida la carrera, recaben información sobre ésta, ya sea en las guías de carrera correspondiente, en internet o por medio de una entrevista a un profesional de la carrera que les hayan asignado. Centren su investigación en los siguientes aspectos.
  - Descripción de la carrera.
  - Instituciones que la imparten.
  - Requisitos para estudiarla.
  - Campo y mercado de trabajo actual.
- Preparen una exposición oral ante el grupo acerca de su investigación. Utilicen esquemas, ilustraciones, carteles y otros medios audiovisuales.

#### Conclusiones

Elaboren un periódico mural con la información de todo el grupo.

## El baño en mi comunidad



Maribel Ciro Valente, licenciada en Educación Preescolar para el Medio Indígena y especialización en Ciencias Naturales. Trabaja en Educación Preescolar Indígena en Atlacomulco, Estado de México.

**¿En qué consiste su trabajo?**

En dar asesorías a maestras y maestros de educación preescolar indígena, según las necesidades que se generan en cada zona escolar con respecto a Educación Preescolar Indígena y Población Migrante. También realizamos proyectos de investigación.

**¿Cuál es su proyecto más reciente?**

El más reciente es *El baño en mi comunidad*. El señor José, de 87 años, hablante de la lengua otomí y que vive en una comunidad llamada Laguna Seca, en San Bartolo Morelos, nos contó que el baño era una actividad que reunía a toda la familia y en la que cada integrante hacía alguna labor, desde ir por agua al manantial y juntar la leña, hasta preparar las tortillas.

El agua se ponía a calentar al sol y para bañarse utilizaban la raíz de una planta llamada *sanacoche* (figura 3.54), que tiene la propiedad de hacer espuma en el agua. Una vez que la cortaban, la machacaban y producía suficiente espuma la usaban para bañarse. Las mismas fibras naturales del sanacoche servían como estropajo; además dejaba la piel tersa y el cabello suave y flexible.

**Relevancia Social**

**Diversidad cultural.** Conciliar las tradiciones con los conocimientos actuales promueve el desarrollo de una vida rica en cultura.



Figura 3.54. Raíz de sanacoche.

Esta planta también la empleaban para lavar la lana, como el jabón, pero con la ventaja de que no alteraba los colores ni encogía las prendas. Además, no contaminaba los riachuelos de agua. Pensamos que sería interesante que los niños rescataran este conocimiento local y lo enriquecieran.



Amalia Tapia, licenciada en Pedagogía y maestra en Ciencias de la Educación. Trabaja en Educación Preescolar Indígena en Atlacomulco, Estado de México.

**¿En qué comunidad se llevó a cabo este proyecto?**

En el ejido San Francisco Xasni, en el municipio de Acambay, Estado de México. En él participaron 28 niños de entre 4 años 8 meses y 5 años 6 meses.

**¿En qué consistió la participación de los niños?**

Primero investigaron cómo se bañaban los abuelos de su comunidad. Para eso visitaron a una anciana de 96 años de edad, llamada Paula; ella les dio las características del sanacoche, les enseñó a identificarlo y cómo prepararlo. Ellos mismos buscaron la planta, la lavaron, machacaron y bañaron a un muñeco, con esta actividad lúdica se familiarizaron con este tubérculo y comprobaron sus propiedades como agente de limpieza. Luego vieron un video sobre la fabricación de un jabón artesanal para que se dieran cuenta de que ellos podrían elaborar uno con el sanacoche.

**¿Qué materias primas se requieren para la elaboración del jabón de sanacoche y en qué cantidad?**

Como no contamos con laboratorios, buscamos que los niños aprovecharan los recursos de su comunidad. Utilizamos  $\frac{3}{4}$  de vaso de aceite recidado, que proporcionaron los padres de familia,  $\frac{1}{2}$  vaso de sosa cáustica en escamas,  $\frac{3}{4}$  de vaso de sanacoche machacado y  $\frac{1}{2}$  vaso de agua.

**¿Cómo es el procedimiento para hacerlo?**

La fabricación del jabón consiste básicamente en el tratamiento de aceites o grasas con una disolución de sosa cáustica. Así que lo primero que hay que hacer es agregar el agua a la sosa cáustica y agitar en un mismo sentido hasta que ésta se disuelva. Luego la mezcla se deja reposar hasta que la temperatura descienda a la del ambiente. Enseguida, se añade el aceite y se agita nuevamente en una misma dirección, durante 45 a 50 minutos, hasta que toma la consistencia de una mayonesa. Entonces se agrega el sanacoche machacado, se vierte la mezcla en los moldes y se deja unas 48 horas para que solidifique. Transcurrido este tiempo, se retira el jabón del molde y se deja secar unas cuatro o cinco semanas. Entonces, tu jabón está listo para bañarte o lavar la ropa.

**¿Qué aconsejarían a los jóvenes?**

Que valoren sus costumbres y tradiciones y que aprecien tanto los conocimientos de los abuelos como los conocimientos actuales. Luchen siempre por no perder su identidad.

## Evaluación del Bloque III

1. Observa la figura 3.55 y utiliza la información para contestar las preguntas.



Figura 3.55. En presencia del oxígeno ( $\text{O}_2$ ), el gas metano ( $\text{CH}_4$ ) se quema produciendo dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). En esta reacción se liberan 13.3 kcal/g.

**Reactivos**

**R1** ¿Qué evidencias indican que ha ocurrido un cambio químico? \_\_\_\_\_

**R2** En esta reacción los reactivos son \_\_\_\_\_ y los productos \_\_\_\_\_.

- dióxido de carbono y agua, metano y oxígeno.
- metano y agua, dióxido de carbono y oxígeno.
- dióxido de carbono y oxígeno, metano y agua.
- metano y oxígeno; dióxido de carbono y agua.

**R3** ¿Cuál de las siguientes ecuaciones representan correctamente la combustión del metano?

- $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $\text{CH}_4(\text{s}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

**R4** Desde el punto de vista termoquímico, ¿qué tipo de reacción es la combustión del metano?

- Endotérmica.
- Isotérmica.
- Exotérmica.
- Isobárica.

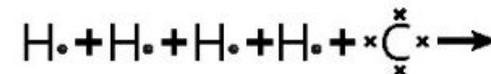
**R5** De acuerdo con Lewis, la molécula de oxígeno ( $\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$ ) presenta un enlace covalente doble porque...

- un átomo cede dos electrones y otro los acepta, para alcanzar la configuración de un gas noble.
- cada oxígeno cuenta con seis electrones de valencia.
- los dos átomos de oxígeno comparten dos pares de electrones para alcanzar la configuración de gas noble.
- un solo átomo comparte los electrones.

**R6** Según Pauling, ¿a qué se debe que la molécula de oxígeno presente enlace covalente no polar y la del agua covalente polar?

- A la diferencia de electronegatividad de los átomos que se enlazan.
- A la diferencia del potencial de ionización de los átomos que se enlazan.
- A la diferencia de la afinidad electrónica de los átomos que se enlazan.
- A la diferencia de en el tamaño de los átomos que se enlazan.

**R7** Completa la siguiente ecuación y anota el tipo de enlace entre los átomos de carbono e hidrógeno en la molécula del metano (electronegatividad; H=2.2, C=2.55).



Enlace: \_\_\_\_\_

- R8** Si el diámetro de Júpiter es de 142 984 km, el de un balón de fútbol es 22.29 cm y el de una molécula de agua 280 nm, ¿cuál es la relación de tamaño entre el balón de fútbol y la molécula de agua?, y ¿entre Júpiter y el balón de fútbol? Exprésalo en notación científica.
- El balón de fútbol es  $10^9$  veces más pequeño que la molécula del agua y es la misma diferencia de tamaño entre Júpiter y el balón de fútbol.
  - El balón de fútbol es  $10^9$  veces más grande que la molécula del agua y es la misma diferencia de tamaño entre Júpiter y el balón de fútbol.
  - El balón de fútbol es  $10^9$  veces más pequeño que la molécula del agua y Júpiter es  $10^9$  veces más grande que el balón de fútbol.
  - El balón de fútbol es  $10^9$  veces más grande que la molécula del agua y Júpiter es  $10^9$  veces más pequeño que el balón de fútbol.
- R9** Si se queman 100 g de metano, ¿cuántos gramos de dióxido de carbono se arrojan a la atmósfera? (C = 12 g/mol, H = 1 g/mol, O = 16 g/mol).
- 275 g.
  - 36.36 g.
  - 7.04 g.
  - 225 g.

2. Utiliza la información de la siguiente tabla para contestar las preguntas.

#### Desayuno

Alimento	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos
1 taza de melón	1.3	0.3	13.1
1 vaso de agua	0	0	0
<b>Enfrijoladas</b>			
2 tortillas	2.8	1.0	27.2
1 taza de frijoles refritos	12.3	12.3	33.9
25 g de pechuga de pollo cocido	7.2	1.0	0
30 g de queso panela	6.1	2.8	2.0

#### Otros datos:

Aporte calórico de la comida: 1 324 kcal.

Aporte calórico de la cena: 507 kcal.

Características personales: hombre, 15 años de edad, 50 kg de peso, actividad física moderada.

#### Reactivos

- R10** De acuerdo con el aporte energético de los carbohidratos, lípidos y proteínas, el alimento que proporciona mayor cantidad de energía es \_\_\_\_\_ con \_\_\_\_\_ kcal.
- Melón, 60.3
  - Melón, 576.4
  - Enfrijoladas, 65.3
  - Enfrijoladas, 519.9

- R11** Si el gasto calórico diario que requiere la persona con las características mencionadas es de 2 074 kcal/día, ¿es adecuada la dieta? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_  
Si la dieta no es la adecuada, ¿qué recomendaciones le darías para mejorarla? \_\_\_\_\_

A continuación se indican los aprendizajes esperados que aplicaste para resolver cada reactivo. De acuerdo con tus respuestas, identifica cuál o cuáles de éstos debes fortalecer.

Reactivo	Tema	Aprendizaje esperado
R1	Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la química	Describe algunas manifestaciones de cambios químicos sencillos (efervescencia, emisión de luz o calor, precipitación, cambio de color)
R2		Identifica las propiedades de los reactivos y los productos en una reacción química
R3		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
R4		Identifica que en una reacción química se absorbe o se desprende energía en forma de calor
R5	Tercera revolución de la química	Explica la importancia del trabajo de Lewis al proponer que en el enlace químico los átomos adquieren una estructura estable
R6		Argumenta los aportes realizados por Pauling en el análisis y la sistematización de sus resultados al proponer la tabla de electronegatividad
R7		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
R8	Composición y representación de escalas de medidas	Compara la escala astronómica y la microscópica considerando la escala humana como punto de referencia
R9		Relaciona la masa de las sustancias con el mol para determinar la cantidad de sustancia
R10	¿Qué me conviene comer?	Identifica que la cantidad de energía se mide en calorías y compara el aporte calórico de los alimentos que ingiere
R11		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



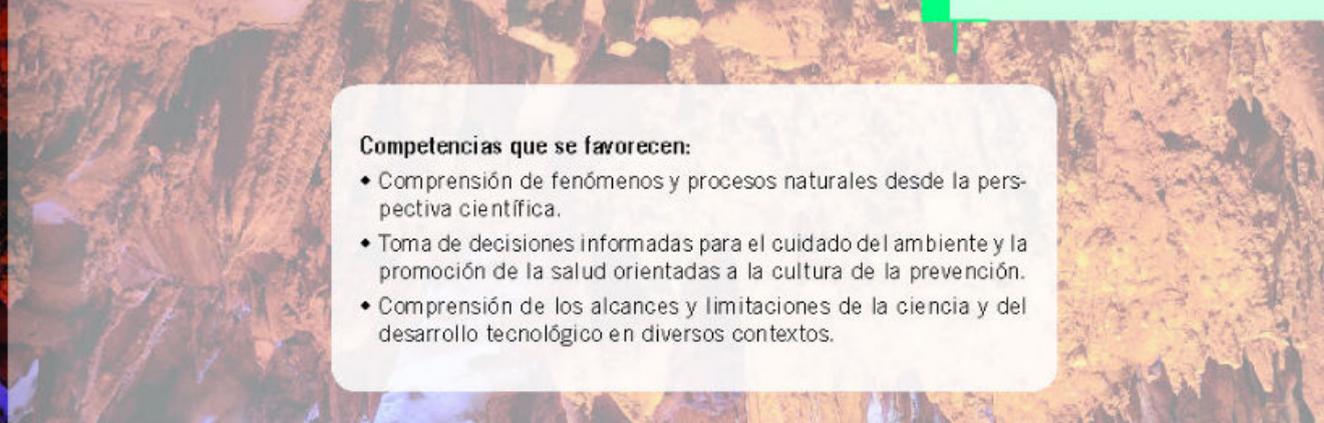
Estalactitas y estalagmitas en la gruta de Tien Son, en el Parque Nacional Phong Nha, Vietnam.

“La química es un medio de mantener perpetuamente despierto en nosotros el asombro ante la naturaleza.”

*Ronald Hoffmann*

# Bloque IV

## La formación de nuevos materiales



### 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.

### 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.
- 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.
- 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.
- 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.

## Introducción

# En búsqueda de mayor producción de alimentos

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), la seguridad alimentaria garantiza: “en todo momento, a todas las personas, el acceso físico y económico a una alimentación suficiente, sana y nutritiva, que les permita satisfacer sus necesidades energéticas, así como sus preferencias alimentarias para desarrollar una vida activa y sana”.

No obstante lo anterior, actualmente cerca de 10.75% de la población mundial, principalmente en los países menos desarrollados, sufre de desnutrición o mueren de hambre (figura 4.1), por lo que aún estamos lejos de alcanzar ese objetivo. Por otra parte, aumentar la producción de alimentos no es tan sencillo. Sólo 10% del suelo en todo el planeta tiene las condiciones para ser cultivado y otro 20% puede emplearse con altos costos económicos y medioambientales. La opción más viable consiste en aumentar el rendimiento de estas tierras por medio de fertilizantes, los cuales proveen a los suelos los tres nutrientes más importantes de las plantas (nitrógeno, fósforo y potasio) en una forma en que éstas los puedan asimilar.

### Relevancia Social

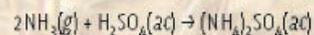
**Educación para los derechos humanos.** Tener acceso a alimento suficiente para atender las necesidades nutricionales básicas de todos es un derecho humano.



Figura 4.1 En el mundo, 48 de cada 100 niños sufren algún grado de desnutrición.

A finales del siglo XIX se produjo en el mundo el primer fertilizante sintético. En México, lo empezó a producir Guanomex en Cuautitlán, Estado de México, a partir de 1951. Actualmente esta planta ya no funciona; sin embargo, el sulfato de amonio sigue produciéndose en nuestro país; de hecho, en 2008 fueron fabricadas 404 162 toneladas de este producto.

Uno de los procesos de obtención de este fertilizante consiste en hacer reaccionar amoníaco con ácido sulfúrico. El amoníaco se introduce en un recipiente cilíndrico, cuya sección inferior tiene forma de cono invertido que contiene el ácido sulfúrico al 30% a 50% masa/masa. La reacción que se efectúa es:



Luego, el sulfato de amonio se somete a una cristalización y posterior centrifugación. De ahí, los cristales pasan al secador rotatorio, se tamizan y se envasan en sacos (figura 4.2, página siguiente).

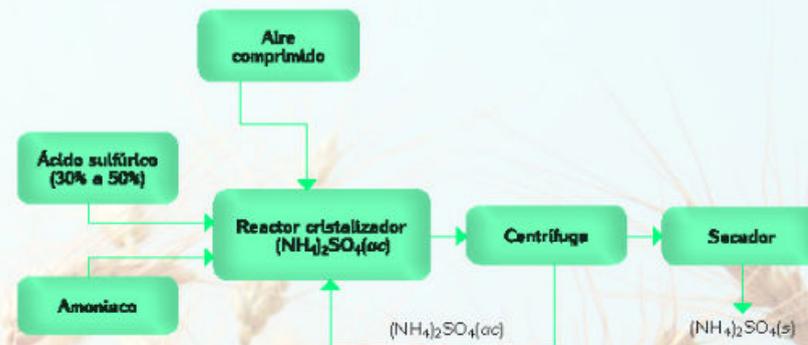


Figura 4.2 Producción industrial del sulfato de amonio.

El 97% de los fertilizantes nitrogenados se derivan del amoníaco, que es una base, y 70% de los fosforados, del ácido fosfórico (tabla 4.1).

Tabla 4.1 Materias primas para la síntesis de fertilizantes

Fertilizante	Materias primas
Amoníaco: $\text{NH}_3$	Nitrógeno e hidrógeno
Ácido nítrico: $\text{HNO}_3$	Amoníaco, oxígeno y agua
Nitrato de amonio: $\text{NH}_4\text{NO}_3$	Ácido nítrico y amoníaco
Urea: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Amoníaco y dióxido de carbono
Sulfato de amonio: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Ácido sulfúrico y amoníaco
Fosfato de amonio: $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	Ácido fosfórico y amoníaco
Fosfato de calcio en polvo: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Roca fosfórica pulverizada
Superfosfato: $\text{CaSO}_4 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	Ácido sulfúrico y fosfato de calcio

De la tabla anterior podemos observar que las principales materias primas para la producción de fertilizantes son una base (el amoníaco) y tres ácidos —sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )—. Estas sustancias se encuentran entre los veinte principales productos químicos, es por eso que Roald Hoffmann, premio Nobel de Química en 1988, afirma que la industria química no sólo elabora productos para lujos, sino también para el pan, pues los fertilizantes han permitido dar sustento a una población mundial en constante crecimiento.

La obtención de la mayoría de los fertilizantes sintéticos, se clasifican dentro de uno de los dos grandes grupos de reacciones que vas a estudiar en este bloque: las *reacciones ácido-base*.

El otro grupo de reacciones químicas son las de *oxidación y reducción*, entre las que se encuentra la combustión de la madera.

# 1 Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria

## 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.

Existen muchos términos químicos que forman parte de nuestro lenguaje cotidiano: pila alcalina, lluvia ácida, antiácidos, entre otros. Sin embargo, ¿sabes qué es un ácido?, ¿y una base?

## Y tú, ¿qué sabes?

1. ¿Cuántas palabras puedes mencionar con relación a los conceptos *ácido*, *base*, *sal* y *neutralización*? Puedes escribir cosas, lugares, lo que sea, excepto adjetivos. Tienes tres minutos. Lástalas en tu cuaderno.
2. Algunas de las materias primas para fabricar jabón son el hidróxido de sodio (NaOH) y el hidróxido de potasio (KOH), por lo que el jabón tiene generalmente un comportamiento básico.
  - a) De acuerdo con tu experiencia, si el jabón es una base, ¿qué propiedades presentarán estas sustancias?
  - b) Considerando que la estructura de Lewis de estos compuestos es  $[Na]^+ [OH]^-$  y  $[K]^+ [OH]^-$ , ¿qué ocurrirá cuando éstas se disuelvan en agua?
  - c) Con base en la respuesta anterior, ¿cómo definirías a una base o hidróxido?
3. El ácido muriático es un potente limpiador que destruye el sarro que se forma en los inodoros. Contiene 28% masa/masa de ácido clorhídrico (HCl) que al disolverse en agua se disocia según la siguiente ecuación:



- a) Con base en tu experiencia y la información que se te proporciona, ¿cómo definirías a un ácido?, ¿cuáles son sus características?
4. Un estudiante agregó unas gotas de extracto de col morada a tres disoluciones: vinagre (cuyo componente principal es el ácido acético), jabón neutro y antiácido. El resultado fue el que se observa en la figura 4.3.
    - a) Si el vinagre es un ácido, el jabón neutro una sustancia neutra y el antiácido una base, ¿qué uso le darías al extracto de col morada?



Figura 4.3. Disoluciones con extracto de col morada.

Con seguridad elaboraste hipótesis para contestar estas preguntas; sin embargo, te invitamos a averiguar las características físicas y químicas de los ácidos y las bases para valorar su importancia en la vida cotidiana y en la industria, así como el modelo de ácidos y bases propuesto por el sueco Svante Arrhenius, lo cual te permitirá explicar el comportamiento de estas sustancias.

## Propiedades y representación de ácidos y bases

La química de los ácidos y las bases tiene una función muy importante en muchos procesos que ocurren en el organismo. Así, por ejemplo, cuando el oxígeno que respiramos no genera la suficiente energía para realizar un ejercicio, se produce ácido láctico como resultado de los procesos celulares. Cuando el ejercicio es fuerte se origina más ácido láctico que tu sistema circulatorio no puede eliminar. Este aumento produce dolor muscular, hasta que el organismo elimina el ácido. Éstas son las famosas *agujetas* que todos hemos sentido después de realizar algún esfuerzo físico al que no estamos acostumbrados.

Pero la importancia de los ácidos y las bases no sólo radica en la función que desempeñan en los seres vivos, sino también en la amplia gama de productos que utilizamos para realizar nuestras actividades cotidianas y en la industria química. Los ácidos y las bases son algunos de los compuestos industriales más importantes en la naturaleza. El ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) ocupa el primer lugar entre los diez productos que más produce la industria química en el mundo, cuyo destino principal es la fabricación de los fertilizantes; en quinto lugar se encuentra el amoníaco ( $NH_3$ ), empleado como abono y en productos de limpieza; en sexto lugar está el hidróxido de sodio (NaOH, comúnmente llamado sosa o lejía) usado en la producción de jabón por su capacidad para reaccionar con las grasas y, en octavo lugar, el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) ingrediente de las bebidas gaseosas. ¿Qué te parece si comenzamos por averiguar cómo podemos reconocer a los ácidos y las bases?

## Propiedades de los ácidos y las bases

¿Alguna vez te picó una abeja o una avispa? Si es así, habrás notado que el dolor es muy intenso. Sin embargo, ¿sabías que el causante del dolor en ambos casos es diferente? En el caso de la abeja, la sustancia que causa el dolor es un ácido, mientras que el de la avispa es una base. Una manera de identificarlos es mediante la observación de sus propiedades físicas y químicas, como el sabor, la reacción con los metales y el bicarbonato de sodio, cambio de color de los vegetales al sumergirlos en estas sustancias, entre otros.

## Cuidado de la salud

Las bases como la sosa y el amoníaco son excelentes productos de limpieza. Sin embargo, se recomienda no mezclarlos, debido a que el hipoclorito de sodio ( $NaClO$ ) que contiene la sosa reacciona con el amoníaco produciendo cloramina, un gas muy irritante y tóxico. Así que utiliza uno u otro, pero nunca juntos.

## Relevancia Social

**Educación para la salud.** El manejo de productos químicos en el hogar, sin las medidas de seguridad apropiadas, genera serios problemas para la salud.

## Vamos a experimentar

Para identificar las características de los ácidos y las bases, en equipos de cuatro integrantes, realicen la siguiente actividad.

### Necesitan

- 10 mL de jugo de limón
- 10 mL de vinagre
- 10 mL de refresco
- $\frac{1}{4}$  cucharadita de jabón líquido
- 10 mL de antiácido
- 5 mL de limpiahornos
- 15 mL de agua destilada
- 10 g de bicarbonato de sodio
- 6 granallas pequeñas de cinc
- 12 vasos de plástico pequeños
- 1 vaso dosificador de medicamentos
- 1 cuchara cafetera
- 6 tiras de papel tornasol azul
- 6 tiras de papel tornasol rojo

### ¿Cómo lo hacemos?

1. Numeren los vasos del 1A al 6A y del 1B al 6B.
2. Coloquen en los vasos A las sustancias en el orden siguiente: jugo de limón, vinagre, refresco, jabón, antiácido, limpiahornos.
3. Añadan 10 mL de agua destilada al jabón y 5 mL al limpiahornos. Agiten hasta que se disuelvan.
4. Después realicen las siguientes pruebas.

**Precaución:** nunca trates de identificar un ácido, una base, u otra sustancia de laboratorio, probándola con tu boca o poniéndola en tu piel, a menos que tu profesor te lo indique, como en esta ocasión, que se especifica sólo para el jugo de limón y el jabón.

#### A. Sabor

- a) Coloquen en la punta de la lengua una gota de limón y anoten su sabor. Después coloquen una pizca de jabón y registren su sabor (figura 4.4).

#### B. Color que adquieren con el tornasol

- a) Introdúzcan una tira de papel tornasol azul en cada uno de los vasos y anoten la coloración que adquiere (figura 4.5).
- b) Repitan el procedimiento con papel tornasol rojo.

#### C. Reacción química con el bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) y cinc (Zn)

- a) Viertan la mitad de cada disolución de los vasos A en los vasos B. Agreguen ¼ de cucharadita de bicarbonato de sodio en cada uno de los vasos A y anoten sus observaciones (figura 4.6).
- b) Ahora agreguen una granalla pequeña de cinc en cada una de las disoluciones de los vasos B y registren sus observaciones.

#### ¿Qué obtenemos?

Registren sus resultados en la siguiente tabla.

Prueba	Limón	Vinagre	Refresco	Jabón	Antiácido	Limpia-hornos
A. Sabor		----	----		----	----
B. Color al tornasol						
C. Reacción con el NaHCO <sub>3</sub> ¿produce efervescencia?						
C. Reacción con el Zn, ¿produce efervescencia?						

#### ¿A qué llegamos?

Considerando que las tres primeras sustancias son ácidos y las tres últimas son bases, ¿cuáles son las características de estos dos grupos de sustancias?



Figura 4.4. Prueba A, sabor.



Figura 4.5. Prueba B, color.



Figura 4.6. Prueba C, reacción.

#### TIC

Para más información acerca de las propiedades de los ácidos y las bases, busca en la videoteca de tu escuela: Roald Hoffmann, *El protón en química* (video), Estados Unidos de América, The Annenberg/CPB Project, 1988 (Col. El mundo de la química, 8).

Seguramente se percataron que ciertas sustancias comparten algunas propiedades que las hacen diferentes de otras. Por ejemplo, el jugo de naranja, el de limón, el vinagre, el tomate y el champiñón, que son consideradas ácidos, cambian el tornasol azul a rosa, tienen sabor agrio y se observa una intensa efervescencia al contacto con el bicarbonato de sodio y con el cinc.

Los carbonatos reaccionan con los ácidos produciendo dióxido de carbono gaseoso que genera la efervescencia; por ejemplo, el bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) y el ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) del vinagre, reaccionan según la siguiente ecuación.



Los ácidos también reaccionan con la mayoría de los metales, excepto con el cobre, mercurio, plata, platino y oro, produciendo hidrógeno gaseoso (H<sub>2</sub>).

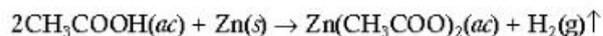


Figura 4.7 La sensación de boca trabada que produce el plátano verde es típica de las sustancias con sabor astringente.

Por otro lado, el jabón, el antiácido y el limpiahornos presentan sabor amargo o astringente (figura 4.7), no producen efervescencia con el bicarbonato de sodio y el color del tornasol rosa vira a azul. Este tipo de sustancias se llaman bases, álcalis o hidróxidos.

Existen sustancias como el agua destilada, que no son ácidas ni son bases, éstas reciben el nombre de *sustancias neutras*.

Otra manera de identificar a los ácidos o las bases es mediante el uso de indicadores. En la actividad anterior observaste que hay compuestos, como el papel tornasol, que cambian de color si se encuentran en un medio ácido o básico, de ahí que se utilicen para determinar si la sustancia es un ácido o una base. Estas sustancias reciben el nombre de *indicadores*.

Los indicadores pueden ser sintéticos, como los que se muestran en la tabla 4.2, o naturales, como el jugo de mora, el vino tinto, los extractos alcohólicos de la cebolla morada y los extractos de pétalos de flores coloridas, como la rosa roja, la buganvilla, el alcañal, el jazmín y la flor de Jamaica.

Tabla 4.2 Indicadores sintéticos

Indicador	Medio ácido	Medio básico
Anaranjado de metilo	Anaranjado	Amarillo
Rojo de metilo	Rojo	Amarillo
Tornasol	Rojo	Azul
Fenoltaleína	Incoloro	Violeta
Azul de bromofenol	Amarillo	Azul

#### Ciencia y tecnología

Para identificar las piedras calizas, los geólogos agregan unas pocas gotas de ácido clorhídrico en la roca. Si se producen burbujas significa que la roca es caliza.

#### Vamos a experimentar

Para reconocer que los extractos de flores y verduras sirven como indicadores, en equipos de cuatro integrantes, hagan la siguiente actividad experimental.

##### Necesitan

- 1 trozo de col morada
- 10 flores de buganvilla
- 50 g de flor de Jamaica
- 2 rosas rojas
- Agua
- Alcohol
- Vinagre blanco
- Jabón para trastes
- 4 frascos pequeños con tapa
- 5 vasos de plástico pequeños
- 1 colador
- 1 pocillo
- 1 vaso dosificador de medicamento
- 1 gotero
- 1 parrilla

##### ¿Cómo lo hacemos?

##### A. Preparen los extractos

1. *Extracto de col morada.* Corten la col morada en pedazos pequeños. Después hiérvanlos en dos tazas de agua durante 10 minutos y filtren el líquido con un colador común. Guarden el extracto en un frasco y anoten su color.
2. *Extracto de la flor de Jamaica.* Pongan a hervir medio litro de agua. Cuando empiece a hervir, agreguen un puño de flor de Jamaica y hiervan durante 5 min. Dejen enfriar, filtren el líquido, guarden el extracto y anoten su color.
3. *Extracto de rosa y buganvilla.* Coloquen en frascos separados los pétalos de cada flor, agreguen alcohol hasta que las cubra, tapen los frascos y al día siguiente filtren el líquido con un colador. Luego guarden los frascos y anoten el color de cada extracto.



Figura 4.8. Paso B, punto 1.

**B. Prueben los indicadores**

- Coloquen en cuatro vasos unos 10 mL de vinagre blanco y agreguen, a cada vaso, el contenido completo de un gotero de cada extracto (figura 4.8, página anterior).
- Repitan el paso anterior colocando, en otros cuatro vasos, 10 mL de jabón previamente disuelto en agua. Anoten los colores obtenidos.
- Una vez concluida la práctica, guarden los extractos para las siguientes actividades experimentales.

**¿Qué obtenemos?**

- Revisen en su actividad anterior, qué tipo de sustancia es el vinagre y el jabón y registren sus resultados en la siguiente tabla.

Medio	Col morada	Buganvilia	Flor de Jamaica	Rosa
Ácido				
Básico				

**¿A qué llegamos?**

Expliquen por qué los extractos de flores y verduras se utilizan como indicadores. Anótenlo en su cuaderno.

Entre los colorantes fundamentales de las flores y verduras se encuentran las *antocianinas*, que tienen la propiedad de cambiar de color cuando entran en contacto con un ácido o con una base. Por ejemplo, el extracto de col morada se pone rojo en vinagre (un ácido) y vira a verde en una disolución jabonosa (una base). Por esta razón los extractos de las flores y verduras coloridos son utilizados como indicadores (tabla 4.3).



Figura 4.9 Svante Arrhenius recibió el premio Nobel de Química en 1903.

Indicador	Medio ácido	Medio básico
Rosa	Rojo	Violeta
Buganvilia	Rojo	Amarillo
Té negro	Café claro	Café oscuro
Col morada	Rojo, rosa	Verde, amarillo
Jugo de uva	Rojo	Café

**Modelo de Arrhenius de ácidos y bases**

Ya aprendiste a clasificar las sustancias en ácidos, bases y sustancias neutras, de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas. Sin embargo, si quieres comprender por qué presentan estas propiedades, necesitas conocer acerca del comportamiento de estas sustancias a un nivel nanoscópico. El primero en plantear un modelo para explicar el carácter ácido o básico de las sustancias fue el sueco Svante Arrhenius en 1884 (figura 4.9).

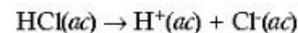
A grandes rasgos, Arrhenius propuso que cuando un ácido se disuelve en agua, sus moléculas se ionizan formando iones hidrógeno o protones ( $H^+$ ). Debido a esto, Arrhenius definió a los *ácidos como donadores de protones*.



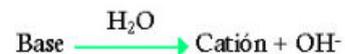
Por ejemplo, cuando el cloruro de hidrógeno (HCl) se disuelve en agua sus moléculas se ionizan y se disocian formando iones hidrógeno y cloruro, de acuerdo con la ecuación de la página siguiente.

**Química e Historia**

El ácido clorhídrico se conoce desde la Antigüedad. Los alquimistas lo llamaban ácido muriático porque se obtenía de la muria o sal de mar y los franceses lo nombraban ácido marino. Cuando está disuelto en agua recibe el nombre de ácido; cuando no, es el cloruro de hidrógeno.



También propuso que cuando las bases se disuelven en agua se disocian produciendo iones hidróxido ( $OH^-$ ) que hacen que la disolución se vuelva básica; por tanto, definió a las *bases como donadores de iones hidróxido*.



Así por ejemplo, la disociación del hidróxido de sodio (NaOH) se escribe así:



**Vamos a reflexionar**

- Para familiarizarte con la escritura de las ecuaciones de disociación de los ácidos y las bases, escribe en tu cuaderno las ecuaciones de disociación que se indican.
  - Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), utilizado en las baterías de los automóviles.
  - El ácido nítrico ( $HNO_3$ ), muy útil en la industria de los fertilizantes.
  - El ácido acético ( $CH_3COOH$ ), que le da el sabor al vinagre.
  - Hidróxido de magnesio [ $Mg(OH)_2$ ], componente principal de los antiácidos.
  - Hidróxido de calcio [ $Ca(OH)_2$ ], conocido como cal, es utilizado en construcción.
  - Hidróxido de amonio ( $NH_4OH$ ), componente principal de algunos productos de limpieza doméstica.

**Conclusiones**

Coteja tus resultados con los de tus compañeros del grupo y, con la asesoría del profesor, hagan las correcciones necesarias.

Aunque el modelo de Arrhenius explica el comportamiento ácido o básico de muchas disoluciones, no explica por qué algunas sustancias como el amoniaco ( $NH_3$ ) que no contienen el ión hidróxido en su composición se comportan como bases. Actualmente existen otras teorías, como la de Lewis, que abarcan un rango más amplio de sustancias. Sin embargo, como el agua es el principal disolvente de la naturaleza, el concepto de Arrhenius aún es muy utilizado, con algunas variantes.

Por otro lado, aunque los ácidos y las bases forman iones al disolverse en el agua, no todos se ionizan con la misma intensidad.

**Cuidado de la salud**

La capa ácida que cubre la superficie de la piel está formada por grasas, sudor y otras sustancias celulares. Esta capa es una defensa natural contra las infecciones bacterianas, por lo que debes tener mucho cuidado en no utilizar jabones que son demasiado alcalinos.

**Relevancia Social**

**Educación para la salud y del consumidor.** Conocer las características de la piel es importante para elegir el producto idóneo para su limpieza y cuidado.

**Vamos a experimentar**

Para probar la fuerza de ionización de los ácidos y las bases, en equipos de cuatro integrantes, realicen la siguiente actividad.

**Necesitan**

- Ácido muriático
- Vinagre
- Refresco
- Jabón
- Limpiador de pisos
- Destapacaños
- Agua destilada
- 6 vasos de precipitados
- 1 circuito eléctrico
- 1 vaso dosificador de medicamentos
- 1 palillo de dientes

**Precaución:** tengan cuidado con el ácido muriático, pues es muy corrosivo.

¿Cómo lo hacemos?

1. Numeren los vasos del 1 al 6. Añadan las sustancias como se muestra en la tabla.

Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5	Vaso 6
25 mL de ácido muriático	25 mL de vinagre	25 mL de refresco	1 g de jabón y 25 mL de agua destilada	25 mL de limpiador de pisos	25 mL de destapacaños

- Agreguen unas gotas de alguno de los extractos de vegetales que prepararon en la actividad experimental de la página 201 y anoten el color que adquieren al entrar en contacto con la disolución.
- Introduzcan los electrodos del circuito eléctrico en el vaso 1 y observen la intensidad en el brillo del foco (*figura 4.10*).
- Repitan el procedimiento con las otras sustancias. Recuerden enjuagar los electrodos antes de introducirlos en el siguiente vaso.



Figura 4.10. Paso 3.

¿Qué obtenemos?

1. Registra tus resultados en una tabla como esta.

Producto	Color con el indicador	Intensidad del brillo en el foco

- De acuerdo con la coloración que adquirió el extracto, ¿cuáles de esas sustancias son ácidos y cuáles son bases?
- Conforme a la intensidad del brillo del foco, agrupa las sustancias en orden creciente de su grado de ionización.

Ácidos	Bases

¿A qué llegamos?

Teniendo en cuenta lo que propone el modelo de Arrhenius, expliquen las diferencias observadas en el grado de ionización de los ácidos y las bases.

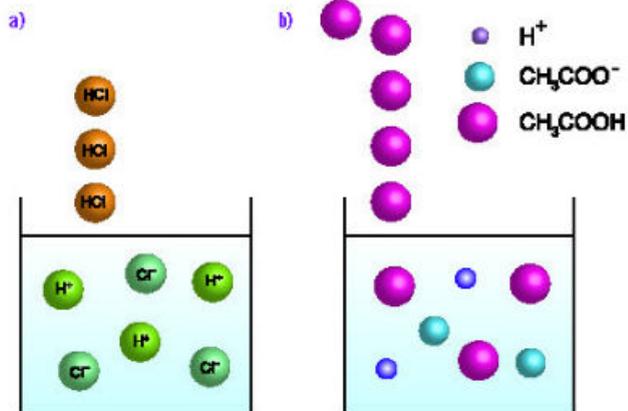


Figura 4.11 a) Ácido fuerte: todas las moléculas se disocian. En la disolución existen solamente iones. b) Ácido débil: no todas sus moléculas se disocian. En disolución existen moléculas no ionizadas y iones.

El comportamiento de los ácidos y las bases depende de cuántos iones formen al momento de la disolución acuosa. El ácido clorhídrico (HCl), por ejemplo, produce más iones H<sup>+</sup> que el ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) del vinagre. Debido a esto el foco brilla más intensamente en el clorhídrico que en el acético.

Los ácidos que se ionizan casi completamente, como el HCl, se llaman **ácidos fuertes**. Sin embargo, otros como el ácido acético del vinagre se ionizan en pequeña cantidad y por eso reciben el nombre de **ácidos débiles** (*figura 4.11*). Este mismo criterio se utiliza para clasificar a las bases en fuertes y débiles (*tabla 4.4*). Como ves, el comportamiento y fuerza de los ácidos y de las bases se debe a su capacidad para movilizar los iones H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> en el agua.

Ciencia y tecnología

El champú de pH ácido ayuda a restaurar el cabello dañado, aumentando su flexibilidad y elasticidad y dándole brillo de nuevo; mientras que el de pH alcalino lo ablanda y afloja, suavizándolo y desentortijándolo. Esto hace posible que existan en el mercado productos específicos para cada tipo de cabello.

Relevancia Social

Educación del consumidor. Sería interesante investigar qué te conviene comprar.

**Tabla 4.4 Fuerza de los ácidos y las bases**

Ácidos	Porcentaje de disociación	Bases	Porcentaje de disociación
<b>Ácidos fuertes</b>		<b>Bases fuertes</b>	
Ácido clorhídrico (HCl)	100	Hidróxido de sodio (NaOH)	100
Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	61	Hidróxido de potasio (KOH)	100
<b>Ácidos débiles</b>		<b>Bases débiles</b>	
Ácido acético (CH <sub>3</sub> -COOH)	1.3	Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	0.5
Ácido carbónico (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0.2	Hidróxido de aluminio [Al(OH) <sub>3</sub> ]	27

La mayoría de las sustancias cotidianas tienen una concentración de iones H<sup>+</sup> entre 10<sup>-1</sup> y 10<sup>-14</sup> mol/L. El jugo de tomate, por ejemplo, tiene una concentración de iones hidrógeno del orden de 0.0001 mol/L, es decir 10<sup>-4</sup>, por lo que se considera un ácido débil. Observa que además de ser un rango de concentraciones muy grande, estos valores no son prácticos para establecer el grado de acidez de las sustancias.

Pensando en esto, el bioquímico dinamarqués Peter Lauritz Sørensen, creó en 1909 una forma más sencilla de trabajar con este intervalo de concentraciones a la que llamó *potencial hidrógeno* o *pH*, la cual es una forma conveniente de describir la concentración de iones hidrógeno y, en consecuencia, una medida de la acidez de las sustancias. La escala desarrollada por Sørensen va del 0 al 14, como se muestra en la figura 4.12 y está dividida en tres secciones: un pH menor de 7 es ácido, pH 7 es neutro y un pH mayor de 7 es básico.

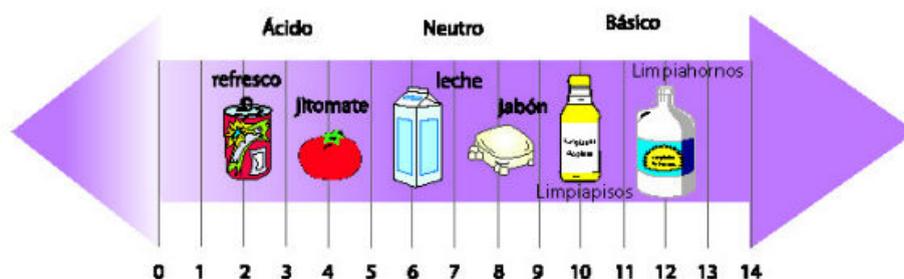


Figura 4.12 Sørensen desarrolló la escala de pH mientras trabajaba en la fabricación de la cerveza, en Copenhague.

Para determinar el pH de una disolución se puede utilizar un medidor de pH (pHmetro); basta con introducir los electrodos en la disolución y el instrumento nos dará una medida directa (*figura 4.13*). Otra manera de medirlo es mediante indicadores naturales o sintéticos, pues éstos registran colores diferentes a valores distintos de pH.

Por ejemplo, el papel pH está impregnado de uno o varios indicadores, cuando se introduce en un medio ácido o básico el color del papel cambia. Para determinar el pH, sólo hay que comparar el nuevo color con los colores estándar de la carta de referencia (*figura 4.14*).

Una aplicación muy importante en la determinación del grado de acidez de una sustancia es la preparación de las disoluciones amortiguadoras.



Figura 4.13 El pHmetro da una medición más exacta del pH.

Figura 4.14 La comparación del nuevo color del papel pH con la cartilla de colores indica que esta sustancia tiene un pH de 5 y, por tanto, es un ácido.

Vamos a experimentar

Para determinar el pH de algunas sustancias de uso cotidiano, en equipos de cuatro integrantes realicen la siguiente actividad.

Necesitan

- 10 sustancias de uso cotidiano (como jabón de baño, vinagre, loción u otras)
Si se utiliza col morada:
1 gotero
1 palillo

¿Cómo lo hacemos?

- 1. Disuelvan en agua las sustancias que sean sólidas y coloquen en las tapas una pequeña muestra de cada producto.
2. Introduzcan una tira de papel pH y anoten el valor obtenido (figura 4.15).
3. Si no cuentan con papel pH, utilicen el extracto de col morada que prepararon antes. Agreguen 10 gotas del extracto y para saber el valor aproximado de pH del producto, comparen la coloración obtenida con la escala que se muestra en la figura 4.16.

¿Qué obtenemos?

De acuerdo con los valores obtenidos, clasifiquen los productos en sustancias ácidas, básicas o neutras.

¿A qué llegamos?

Ordenen las sustancias de menor a mayor acidez y de menor a mayor alcalinidad.



Figura 4.15. Paso 2. Con papel pH.



Figura 4.16. Paso 3. Con extracto de col morada.

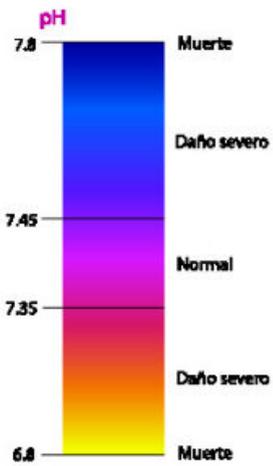


Figura 4.17 Debido a los amortiguadores, el pH de la sangre mantiene un rango muy estrecho.

Las disoluciones amortiguadoras generalmente contienen un ácido débil con una sal de ese ácido débil, o bien, una base débil con una sal de esa base débil. Su función es impedir que ocurran variaciones muy grandes de pH en el medio, aunque sean agregadas pequeñas cantidades de bases o ácidos fuertes. Nuestro organismo cuenta de manera natural con este sistema de disoluciones amortiguadoras (figura 4.17).

Un buen jardinero sabe que el control del pH del suelo es muy importante para el crecimiento de las plantas. El color de algunas flores, como las hortensias y las dalias, varía dependiendo del pH del suelo (figura 4.18): son azules en suelos ácidos y rosas en suelos básicos.



Figura 4.18 Si el pH es <5 las hortensias son azules. b) Si el pH está entre 5 y 7 son liláceas. c) Si el pH es >7 son rosas.

Neutralización: reacción entre ácidos y bases

Los vegetales verdes deben su color a un pigmento llamado clorofila; durante su cocimiento se libera un ácido contenido en sus células, el cual descompone esta sustancia provocando la desaparición de su característico color verde y la aparición de un color pardo producido por otro grupo de pigmentos llamados carotenos, los cuales casi no se modifican por cambios de temperatura o de acidez. Para conservar el color verde de los vegetales, una antigua tradición culinaria recomienda poner un poco de bicarbonato de sodio en el agua o utilizar ollas de cobre para su cocimiento. La explicación científica de este consejo tiene su fundamento en las reacciones de neutralización.

Glosario

Carotenos. Grupo de pigmentos amarillos, rojos y naranjas que están presentes en casi todos los seres vivos.

Vamos a experimentar

Para entender qué es una reacción de neutralización, en equipos de cuatro integrantes, realicen la siguiente actividad.

Necesitan

- 10 mL de ácido clorhídrico al 10% masa/masa
10 mL de hidróxido de sodio al 10% masa/masa
Extracto de col morada
2 vasos de precipitados de 50 mL
1 termómetro
1 probeta de 10 mL
1 agitador
1 gotero

¿Cómo lo hacemos?

Lleven a cabo esta actividad con la supervisión de su profesor.

- 1. Coloquen en un vaso de precipitados 10 mL de ácido clorhídrico y en otro 10 mL de hidróxido de sodio.
2. Agreguen a cada vaso 30 gotas del extracto de col morada, observen el color que adquieren y anótenlo.
3. Midan la temperatura de cada disolución (temperatura inicial) (figura 4.19).
4. Viertan el ácido clorhídrico en el hidróxido de sodio, gota a gota y agitando, después de cada adición, hasta que el color de la disolución del hidróxido de sodio cambie a un color verde azulado.
5. Midan la temperatura (final) y regístrenla en la tabla de resultados.



Figura 4.19. Paso 3.

¿Qué obtenemos?

- 1. Registren sus observaciones en la tabla siguiente.

Table with 4 columns: Producto, Color con el indicador, Temperatura inicial, Temperatura final. Rows include Ácido clorhídrico, Hidróxido de sodio, and Productos de la reacción.

- 2. De acuerdo con el color obtenido, ¿cuál es el ácido y cuál la base?
3. ¿Qué ocurrió al agregar el ácido clorhídrico en el hidróxido de sodio?
4. Desde el punto de vista termoquímico, ¿qué tipo de reacciones son las reacciones ácido-base?
5. Escriban la ecuación química de la reacción que observaron.

¿A qué llegamos?

Con base en los resultados, expliquen que es una reacción de neutralización y anótenlo en su cuaderno.

El fenómeno que observaste es la reacción entre un ácido (ácido clorhídrico) y una base (hidróxido de sodio). Cuando estas dos sustancias reaccionan entre sí, una anula el efecto de la otra, lo cual se comprueba por el cambio de color del indicador. A estas reacciones se les denomina reacciones de neutralización y durante este proceso, generalmente, se forma una sal y agua.

## Cuidado de la salud

La saliva está constituida por enzimas, proteínas y carbonatos que protegen el esmalte de los dientes. El carbonato tiene la propiedad de neutralizar los ácidos producidos por las bacterias en la cavidad bucal, que atacan el esmalte. Debido a esto, la saliva ayuda a la autolimpieza de los dientes, facilitando la eliminación de los ácidos presentes en la boca.

Ácido

+

Base

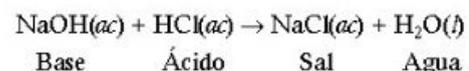
→

Sal

+

Agua

Por tanto, la ecuación química de la reacción de neutralización entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio es:



Al agregar bicarbonato de sodio al agua de cocción de los vegetales verdes, éste reacciona con el ácido responsable de la descomposición de la clorofila y lo neutraliza; en consecuencia, hace que conserven su color. En el caso de las ollas de cobre la reacción es entre este ácido y el hidróxido de cobre  $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$  que se forma.

## Avances del proyecto

## Ahora tú explora, experimenta y actúa

Es el momento de iniciar la investigación para el proyecto de este bloque.

- Reúnete con tus compañeros de equipo y elijan, de los temas que vienen a continuación, el que les gustaría para realizar el proyecto.
  - Tema A.** ¿Cómo evitar la corrosión?
  - Tema B.** ¿Cuál es el impacto de los combustibles y posibles alternativas de solución?
- Una vez que hayan elegido el tema, escriban en un párrafo por qué les gustaría investigarlo.
- Redacten un primer esbozo de su investigación. Consideren los siguientes puntos.

## Proyecto A.

Lean el texto.

"Uno de los problemas de la corrosión es la carbonatación de las estructuras metálicas en las atmósferas urbanas. ¿Qué significa esto? El dióxido de carbono es un gas ácido y el concreto un medio alcalino. Cuando el dióxido de carbono se va difundiendo a través de la estructura de concreto, cuyo pH normal es de 12 a 13, provoca una disminución en el pH del concreto, el cual baja hasta 9. Si este frente de carbonatación se sigue difundiendo y penetra la estructura de concreto hasta llegar junto a la varilla de acero, causará problemas de corrosión muy graves, dado que la varilla de acero que estaba protegida cuando el concreto tenía un pH de 12, queda sin protección al estar en contacto con un medio que tiene pH de 9".

- ¿Qué repercusiones acarrea este problema?
- ¿Qué otros casos de corrosión conocen y cuáles son sus consecuencias?
- Busquen el significado de corrosión y los problemas que ocasiona.

## Proyecto B

- Pregunten a familiares o vecinos cuántos litros de gasolina consumen en un día. Considerando que para quemar 1 L de gasolina (0.74 kg) se requieren 3.5 kg de oxígeno.
  - ¿Cuántos kilogramos de oxígeno se tomaron del medio ambiente?
  - Si un litro de gasolina produce 2.3 kg de dióxido de carbono, ¿cuánto dióxido de carbono se formará?
  - De acuerdo con lo que estudiaron en su curso de Ciencias I, ¿qué efectos acarrea la emisión de dióxido de carbono en la atmósfera?
- Investiguen qué es un combustible y qué gases se producen al quemarlos.
- ¿Cuál es el impacto de los combustibles en el ambiente (lluvia ácida: causas y efectos)?
- Diseñen o investiguen un experimento que simule la formación de la lluvia ácida y sus efectos.

Hagan un informe de esta investigación y entréguelo al docente. Recuerden anotar la fuente de información. Guarden sus avances en un archivo de procesador de texto con el nombre *proyectoB4\_número de equipo*.

## Para aprender más

## ¿Qué leer en la Biblioteca de Aula?

- José Luis Córdova Frunz, "Ácidos y bases", en *La Química y la Cocina*, 3a. ed., México, SEP-Fondo de Cultura Económica, 2003 (La Ciencia para Todos), pp. 68-76.

## ¿Qué ver?

- Jack Arnold y John Boslough, *El protón en Química* [video], Estados Unidos de América, The Annenberg/CPB Project, 1988 (El mundo de la química, 8).
- "La neutralización", en *Aplicaciones de las reacciones ácido-base*, disponible en [http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4858/html/11\\_la\\_neutralizacion.html](http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4858/html/11_la_neutralizacion.html) (consulta: 20 de junio de 2016).
- Ionización de ácidos y bases, hidrólisis, disponible en <http://www.ehu.es/biomoleculas/ph/toni.htm> (Consulta: 20 de enero de 2017).
- "Escala de pH", disponible en [https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale_es.html) (consulta: 20 de enero de 2017).

## Lo que aprendimos de...

## Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria

- Con el propósito de que revises lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno los ejercicios siguientes.
- Organiza tus ideas. Elabora un mapa conceptual del tema usando los siguientes términos: *ácido, ácido débil, ácido fuerte, base, base débil, base fuerte, indicador, modelo de Arrhenius de ácidos y bases, neutralización, pH, sal*.
  - ¿Con qué tipo de sustancias se relacionan el sabor amargo, la sensación resbalosa al tacto y el cambio de tornasol rosa a azul?
  - Algunos antiácidos contienen bicarbonato de sodio que al disolverse produce un burbujeo. ¿Qué tipo de compuesto tendrán además del bicarbonato para que haya efervescencia?
  - Explica el modelo de ácidos y bases propuesto por Arrhenius.
  - Los ácidos carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) y fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) dan el sabor fuerte a las bebidas gaseosas. Escribe la ecuación de disociación de dichos compuestos.
  - El ingrediente activo de la leche de magnesio es el hidróxido de magnesio  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ . Escribe la ecuación de disociación de esta base.
  - ¿Para qué sirven los indicadores?
  - Un estudiante hace el análisis de dos muestras de agua: el agua de lluvia da un color naranja con el indicador anaranjado de metilo, rosa con el extracto de col morada y rojo con el papel tornasol azul; mientras que el agua de lago torna amarillo el indicador anaranjado de metilo, verde el extracto de col morada y azul el papel tornasol rosa. ¿Cuál de las dos muestras es ácida y cuál básica? Explica tu respuesta.
  - Un ácido altamente ionizado en disolución acuosa, ¿es un ácido fuerte o débil? Explica tu respuesta.
  - Se determinó el pH de varias sustancias: sangre, 7.4; leche de magnesio, 10; jugo de limón, 2.4; destapacaños, 14; polvo para hornear, 8.4; vinagre 2.4; leche, 6.4, y jugo de tomate, 4.
    - Clasifícalas en ácidos y bases.
    - Suponiendo que las concentraciones sean iguales, ¿cuál es el ácido más fuerte, el ácido más débil, la base más débil y la base más fuerte?
  - ¿Por qué al enjuagar las manos con jugo de limón se quita la sensación resbaladiza que deja a veces el jabón después de haber lavado trastes?
  - Si quisieras preparar sal de cocina (cloruro de sodio: NaCl) mediante una reacción ácido-base, ¿cómo lo harías? Escribe la ecuación química.

# 2

## ¿Por qué evitar el consumo frecuente de los “alimentos ácidos”?

¿Por qué evitar el consumo frecuente de los “alimentos ácidos”?

### 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.

La acidez es muy frecuente, ya que 10% de la población experimenta este padecimiento por lo menos una vez a la semana. Aunque rara vez ponga en peligro la vida, la acidez frecuente o severa limita las actividades cotidianas, la productividad y desencadena complicaciones médicas mayores.

### Y tú, ¿qué sabes?

Observa la siguiente imagen y contesta lo que se te pide.

1. ¿A qué problema de salud hace referencia?
2. ¿Cuáles son los síntomas?
3. ¿Qué tipo de alimentos lo provocan?
4. ¿Qué le recomendarías a este hombre para aliviar su malestar estomacal?
5. ¿Qué entiendes por antiácido?
6. Explica con tus palabras cómo actúa un antiácido en ambos casos.



Ahora te invitamos a usar tus conocimientos de ácidos y bases para identificar cuál es la tendencia (ácida o básica) en nuestra dieta, los riesgos que ocasiona el consumo frecuente de alimentos ácidos, la naturaleza química de las sustancias utilizadas para su tratamiento, así como valorar la importancia de una dieta correcta en la prevención de la acidez estomacal.

### Relevancia Social

**Educación para la salud.** Hacer cambios en los hábitos alimenticios ayuda a prevenir la acidez gástrica y otros síntomas de la enfermedad por reflujo gastroesofágico.

### Toma de decisiones relacionada con: importancia de una dieta correcta

Probablemente, en alguna ocasión, has experimentado la sensación de quemazón o ardor en la boca del estómago o en el esófago, conocida como *acidez estomacal* o *aguras*. Entre los factores que contribuyen a este padecimiento están los hábitos alimenticios, como comer a deshoras, ingesta de comidas muy condimentadas y el consumo frecuente de alimentos ácidos.

### Vamos a experimentar

Para identificar la acidez de algunos alimentos que consumen, en equipos de cuatro integrantes, realicen la siguiente actividad.

#### Necesitan

- Muestras de los alimentos que consumen
- Vasos de plástico pequeños
- Extracto de col morada
- Gotero

#### ¿Cómo lo hacemos?

1. Hagan una lista de los alimentos que consumen, incluyendo los de escaso valor nutricional. Seleccionen 20 de ellos.
2. Coloquen en los vasos una pequeña muestra de cada alimento. Disuelvan en un poco de agua las muestras sólidas.
3. Agreguen unas 30 gotas del extracto de col morada en cada uno de los vasos y agiten (figura 4.20).
4. Anoten el color y los valores aproximados de pH.



Figura 4.20. Paso 3.

#### ¿Qué obtenemos?

Registren sus resultados en una tabla como ésta.

Alimento	Color con el extracto	pH	¿Ácido o base?

#### ¿A qué llegamos?

Con base en sus resultados, indiquen qué tipo de sustancias son la mayoría de los alimentos que consumen.

En nuestra dieta hay gran cantidad de alimentos de carácter ácido (pH menor a 7), por ejemplo: frijoles 5.7-6.2, café 5, limones 2.2-2.4, refresco de cola 2.5, mangos 3.9-4.6, jamón 5.9-6.1. Sin embargo, hay otros alimentos como la naranja, cuyo pH va de 3.1 a 4.1, que después de la digestión deja minerales que neutralizan los iones hidrógeno, disminuyendo la acidez del cuerpo, motivo por el cual no se clasifica como alimento ácido, sino como alcalino. Debido a esto los alimentos se clasifican como ácidos o alcalinos de acuerdo con el efecto que tienen en el organismo humano después de la digestión y no de acuerdo con el pH que tienen en sí mismos (tabla 4.5).

Tabla 4.5 Clasificación de los alimentos por su efecto ácido o básico en el organismo

Alimentos alcalinizantes	Grupos de alimentos	Alimentos acidificantes
Sandía, manzana, nectarina, coco fresco, naranja, piña y pasas.	Frutas	Ciruela pasa, jugos procesados de frutas, arándano y ciruela.
Brócoli, zanahoria, tomate, col, coliflor, diente, berenjena y hongos.	Verduras	Espinaca cocida y chicharo.
Papa con cáscara, amaranto, mijo, arroz salvaje, quinoa y lentejas.	Cereales y tubérculos	Maíz, avena, centeno, papa (sin cáscara), arroz blanco, arroz integral, fideos, macarrones y espagueti.
Huevo y pechuga de pollo.	Alimentos de origen animal	Mariscos, pescado, carne de res, cerdo, pavo, pollo y carnero.
Queso cottage, queso y leche de soya.	Lácteos	Quesos de vaca (la mayoría), de cabra y procesados.
Vinagre de manzana, jugo fresco de frutas, jugo de vegetales, agua mineral y agua de limón, té de jengibre, verde y de hierbas.	Bebidas	Cerveza, bebidas alcohólicas, alcoholes fuertes, vino, café y bebidas gaseosas.
Aceites de canola, lino y oliva.	Aceites y grasas	Cacahuete, mantequilla, nueces y almendras.



Figura 4.21 El ácido clorhídrico, componente del jugo gástrico, da al estómago una acidez adecuada para la acción de las enzimas digestivas.

De acuerdo con los resultados de tu actividad experimental y la información que te proporciona la tabla 4.5, habrás notado que nuestra dieta es extremadamente ácida, y que los alimentos de formación alcalina (vegetales y frutas) son consumidos en bajas cantidades.

Esto no significa que debemos eliminar los alimentos ácidos, ya que requerimos de ambos para lograr el equilibrio en el organismo. Simplemente debemos consumirlos con prudencia, pues muchas funciones del cuerpo solamente ocurren en ciertos niveles de acidez o de alcalinidad.

Por ejemplo, nuestro estómago necesita un pH comprendido entre 3.5 y 4 para realizar adecuadamente sus funciones (figura 4.21).

Cuando hay un exceso de ácido, la membrana que cubre las paredes internas de este órgano se destruye y el ácido clorhídrico (constituyente principal del jugo gástrico) ataca sus paredes provocando las molestias de la acidez estomacal.

El organismo es capaz de reconstituir esta mucosa; sin embargo, si la acidez es frecuente o severa, la lesión es permanente y si no se trata puede formarse una úlcera.

En el caso del esófago, la acidez se debe a que el esfínter del esófago, llamado cardias, no se cierra bien o se abre más de lo debido, lo que provoca que el ácido que se encuentra en el estómago pase al esófago produciendo irritación (figura 4.22).

Esto se conoce con el nombre de reflujo gastroesofágico y los síntomas son ardor, agruras, tos e irritación de la garganta.

Por tanto, el tratamiento de la acidez estomacal y el reflujo debe consistir en eliminar todos los factores que contribuyen a la formación de las lesiones en las paredes del aparato digestivo, desde corregir hábitos alimenticios y de higiene hasta el consumo de ciertos medicamentos, como los antiácidos.

También se recomienda llevar a cabo una dieta adecuada, con mayor porcentaje de alimentos alcalinos, comer cada cuatro horas en porciones pequeñas; evitar el consumo de grasas, condimentos, refrescos, café, bebidas alcohólicas y el cigarro, ya que éstos tienden a disminuir el pH estomacal (figura 4.23).

Tomar suficiente agua contribuye al suministro y exportación de productos y sustancias y, por tanto, a regular el pH. Respecto a los antiácidos, éstos son medicamentos cuya finalidad es aliviar las molestias originadas por el exceso de ácido en el estómago.

Pero, ¿cuál es la naturaleza química de estos productos?, ¿por qué consiguen disminuir el exceso de ácido clorhídrico presente en el jugo gástrico?

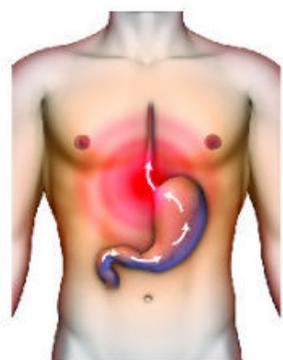


Figura 4.22 El jugo gástrico provoca inflamación en el esófago cuando sube desde el estómago.



Figura 4.23 Son necesarios siete vasos con agua para contrarrestar la acidez de una taza de café.

## Vamos a experimentar

Para identificar las propiedades de las sustancias que neutralizan la acidez estomacal, en equipos de cuatro integrantes, lleven a cabo la siguiente actividad.

### Necesitan

- 5 antiácidos diferentes
- 25 mL de vinagre blanco
- Extracto de col morada
- 10 vasos pequeños de plástico
- 1 palillo de dientes
- 1 gotero

### ¿Cómo lo hacemos?

1. Numeren los vasos del 1 al 5 y pongan 5 mL de vinagre. Agreguen 30 gotas de extracto de col morada en cada uno, agiten y observen el color. Con base en la escala de pH de la col morada, que se encuentra en la página 206 (figura 4.16), anoten el valor aproximado de pH.
2. Revisen la etiqueta de cada antiácido y, con la ayuda de su profesor, escriban cuál es el principio activo de estos medicamentos.
3. Numeren otros cinco vasos, también del 1 al 5, y coloquen el antiácido: una tableta si es sólido o una cucharada si es líquido.
4. Agreguen 30 gotas de extracto de col morada en cada vaso, anoten el color y el valor aproximado de pH en la tabla de resultados.
5. Viertan el antiácido 1, en el vaso 1 del vinagre y observen lo que ocurre (figura 4.24). Cuando haya terminado la reacción, anoten el color y el valor aproximado de pH. Elaboren otra tabla con los resultados.
6. Repitan el paso anterior con los demás antiácidos.



Figura 4.24. Paso 5.

### ¿Qué obtenemos?

1. Tabla de resultados:

Características del antiácido				
Vaso	Nombre del antiácido	Principio activo	Color con el extracto	pH
1				
2				
3				
4				
5				

2. ¿Qué tipo de sustancias son los antiácidos?
3. ¿Cuál era el valor de pH del vinagre antes de reaccionar con el antiácido?
4. ¿Qué ocurrió con el valor del pH al agregar el medicamento?
5. ¿Qué sucedió con los antiácidos que contienen bicarbonato de sodio?
6. ¿Qué tipo de reacción se produce entre el vinagre y el antiácido?
7. Seleccionen uno de los antiácidos y escriban la ecuación química del proceso que observaron.

### ¿A qué llegamos?

Con base en sus observaciones y lo que aprendieron de ácidos y bases en la lección anterior, indiquen qué tipo de sustancias forman parte de los antiácidos existentes en el mercado y expliquen cómo actúan en el organismo. Compartan sus conclusiones con los otros equipos.

### Ciencia y tecnología

Los antiácidos que contienen sales de aluminio, magnesio o calcio tienen una acción más lenta y prolongada, mientras que los que contienen hidróxido de magnesio y bicarbonato tienen una acción potente y rápida, pero transitoria.

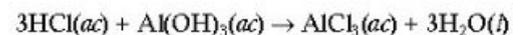
### Relevancia Social

**Educación del consumidor.** De ahí la importancia de leer la etiqueta de información de los antiácidos existentes en el mercado.

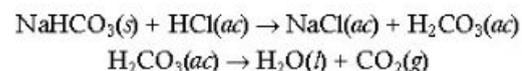
Seguramente te diste cuenta que los antiácidos tienen carácter básico. Es por esto que los antiácidos proporcionan un rápido y efectivo alivio contra las molestias originadas por un exceso de ácido en el estómago, ya que al reaccionar con el ácido clorhídrico del jugo gástrico, forman sal y agua, según una reacción de neutralización, reduciendo la acidez.



También te habrás percatado de que los hidróxidos de magnesio y de aluminio, así como el bicarbonato de sodio, forman con frecuencia parte de los antiácidos existentes en el mercado. Así que, por ejemplo, la suspensión acuosa de hidróxido de aluminio reacciona con el ácido clorhídrico formando cloruro de aluminio y agua.



El bicarbonato de sodio forma cloruro de sodio y ácido carbónico, el cual se descompone en dióxido de carbono y agua.



Estos medicamentos están diseñados para usarse ocasionalmente, debido a que el efecto es de poca duración y no previenen la acidez, sino que solamente la disminuyen. Por tal motivo, no son útiles cuando se trata de una acidez frecuente o severa.

En conclusión, para prevenir la acidez debemos evitar la ingesta excesiva de alimentos ácidos, tomar suficiente agua y consumir alimentos que la contengan. Los antiácidos son auxiliares muy valiosos para el tratamiento de la acidez estomacal, pero están diseñados para usarse ocasionalmente. Si el problema persiste hay que acudir al médico.

Recuerda que tienes derecho a consumir alimentos de buena calidad, pero también eres responsable de tus hábitos y del cuidado de tu salud.

### Avances del proyecto

#### Ahora tú explora, experimenta y actúa

Reúnete con tus compañeros de equipo y continúen investigando acerca del tema que seleccionaron para su proyecto.

#### Proyecto A

1. Revisen el estado de las estructuras y materiales metálicos del plantel: ventanas, escaleras, bancos y puentes, por ejemplo.
2. Elaboren una tabla para organizar la información que recabaron: estructuras y materiales revisados, número de materiales y estructuras en mal estado, última fecha de mantenimiento, entre otros.
3. Con base en esta información, analicen qué repercusiones socioeconómicas acarrearía este problema.

#### Proyecto B

1. Impacto de los combustibles en el ambiente (calentamiento global: causas y consecuencias).
2. Ejemplos de consecuencias del cambio climático en su localidad.

Elaboren un informe y anéxelo al archivo nombre del *proyectoB4\_número de equipo*.

### Para aprender más

- ¿Cuál es el pH de los alimentos?, España, disponible en <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp65.htm> (Consulta: 20 de junio de 2016).
- División de Alimentos y Medicinas del Departamento de Agricultura de Carolina del Norte, *pH y los alimentos*, Estados Unidos de América, disponible en <http://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/PHylosAlimentos.pdf.pdf> (Consulta: 20 de junio de 2016).
- Ma. Jesús Martín Díaz Jesús y Jorge Manrique Tres Cantos, "Algunas curiosidades sobre los antiácidos", en *El rincón de la ciencia*, España, núm. 23, 2003, disponible en <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Curiosid/Rc-61.html> (Consulta: 20 de junio de 2016).
- *Tabla de pH de los alimentos*, 2011, disponible en <http://goo.gl/KKSxww> (Consulta: 20 de junio de 2016).

### Lo que aprendimos de...

#### ¿Por qué evitar el consumo frecuente de los "alimentos ácidos"?

Con el propósito de que revises lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno los ejercicios siguientes.

1. Organiza tus ideas. Elabora un mapa conceptual del tema usando los términos: *acidez estomacal, alimentos ácidos, alimentos alcalinos, antiácidos, agua*.
2. ¿Qué problemas puede ocasionar el consumo frecuente de alimentos ácidos?
3. Explica con tus palabras qué es un antiácido.
4. Algunos antiácidos contienen bicarbonato de sodio, que al disolverse produce un burbujeo. ¿Qué tipo de compuesto tendrán, además del bicarbonato, para que se dé la efervescencia?
5. El ingrediente activo de la leche de magnesia es el hidróxido de magnesio  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ , el cual neutraliza al ácido clorhídrico (HCl) del jugo gástrico de inmediato. Escribe la ecuación que representa este proceso.
6. Los componentes principales de un antiácido comercial son el carbonato de calcio  $(\text{CaCO}_3)$  y carbonato de magnesio  $(\text{MgCO}_3)$ . Escribe la ecuación que representa la neutralización de la acidez estomacal.
7. Anota tres maneras de controlar los efectos del consumo frecuente de alimentos ácidos.
8. ¿Qué tipo de alimentos es necesario incorporar a nuestra dieta? Menciona algunos ejemplos.
9. Para bajar de peso, a un amigo le recomendaron una dieta en la que comiera libremente carne, **fiambres**, queso, pollo y huevo; además le prohibieron comer pan, legumbres, frutas, pastas y arroz.
  - a) De acuerdo con lo que aprendiste en el tema *¿Qué me conviene comer?* del bloque anterior, ¿es una dieta correcta? Justifica tu respuesta.
  - b) Con base en la información que te proporciona la tabla 4.5, página 211, ¿qué tipo de dieta es?
  - c) ¿Qué efectos secundarios le ocasionará, si sigue este tipo de dieta con frecuencia?
  - d) ¿Qué recomendaciones le harías?

### Glosario

**Fiambres.** Grupo de alimentos cárnicos procesados: jamón, salchichas, pastel de carne, chorizo, tocino, longaniza, entre otros.

# 3

## Importancia de las reacciones de óxido y de reducción

### Aprendizajes esperados:

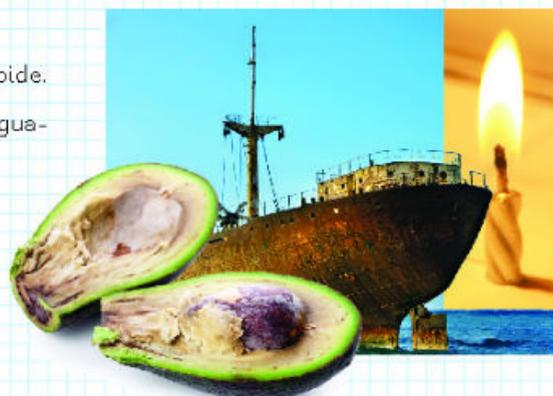
- Identifica el cambio químico en algunos ejemplos de reacciones de óxido-reducción en actividades experimentales y en su entorno.
- Relaciona el número de oxidación de algunos elementos con su ubicación en la tabla periódica.
- Analiza los procesos de transferencia de electrones en algunas reacciones sencillas de óxido-reducción en la vida diaria y en la industria

En la vida cotidiana ocurren un sinnúmero de reacciones: las frutas se oscurecen al partirlas, los clavos se enmohecen, las luciérnagas brillan, la ropa se blanquea, las fotografías se revelan al sumergirlas en ciertas soluciones, la descarga y carga de las baterías recargables. Todas ellas son reacciones de oxidación y reducción.

### Y tú, ¿qué sabes?

Observa las imágenes y contesta lo que se te pide.

1. ¿Cuál es la causa de que se oscurezcan los aguacates?
2. ¿Qué provoca la corrosión del barco?
3. ¿Cómo se puede evitar la corrosión?
4. ¿Qué se necesita para que una vela se queme?
5. ¿Qué tienen en común estos fenómenos?

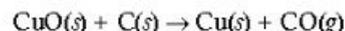


Para responder a estas y otras preguntas, realizaremos varias actividades con las cuales, primero, establecerás la relación entre el número de oxidación de algunos elementos y su posición en la tabla periódica, para identificar, después, las características de las reacciones de oxidación y explicar con mayor profundidad por qué el barco se corroe, los aguacates se oscurecen y la vela se quema, así como otras reacciones redox que ocurren en tu entorno y en la industria.

### Número de oxidación

Desde los fenómenos naturales, como la fotosíntesis y la respiración, hasta la obtención industrial de los metales, las reacciones de oxidación y reducción representan una función importante en tu vida diaria.

Las primeras reacciones de oxidación y reducción que se estudiaron fueron aquellas en las que se formaban óxidos. En ellas se decía que el elemento que *gana* oxígeno se oxida y el que lo *pierde* se reduce, a saber:



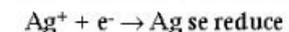
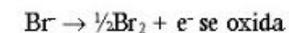
El carbono se oxida porque gana oxígeno.

El cobre se reduce porque pierde oxígeno.



Figura 4.25 La luz que emiten las luciérnagas proviene de la oxidación de la molécula de luciferina.

Sin embargo, al estudiar otros procesos se observó que las reacciones de oxidación y reducción pueden ocurrir aun sin presencia de oxígeno; por ejemplo, en la reacción que produce la luz al chocar contra los granos de bromuro de plata que tienen las películas para fotografía en blanco y negro: los iones bromuro liberan un electrón que es captado por los iones plata transformándolos en átomos de plata.



Debido a esto, los procesos que involucran transferencia de electrones de un átomo o ión hacia otro (figura 4.25) reciben el nombre de *reacciones de oxidación y reducción*, o *redox*. Para facilitar el análisis de este tipo de reacciones, los químicos acostumbran atribuir *números de oxidación* a los átomos participantes.

### Vamos a reflexionar

Para entender qué es el número de oxidación, en pares, analicen la formación del óxido de calcio (figura 4.26) y contesten las preguntas.

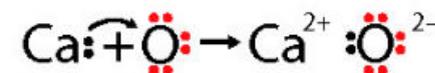


Figura 4.26. Óxido de calcio.

1. ¿Qué elemento cede electrones?, ¿qué carga eléctrica adquiere?
2. ¿Qué elemento acepta electrones?, ¿qué carga eléctrica adquiere?
3. Localicen estos elementos en la tabla periódica e indiquen qué relación existe entre el número de grupo y los electrones ganados o cedidos.
4. De acuerdo con la tendencia periódica de los elementos, ¿cuál elemento es el más electronegativo y cuál es el menos electronegativo?

### Conclusiones

Considerando que los números de oxidación del calcio y del oxígeno son 2+ y 2-, respectivamente, expliquen qué es el número de oxidación.

Como estudiaste en los temas “Estructura de los materiales” del bloque II y “La tercera revolución de la química”, del bloque III, en los compuestos iónicos la carga eléctrica del ión corresponde al número de electrones ganados o cedidos cuando los átomos se enlazan.

Así, el calcio, que se localiza en el grupo IIA, tiende a ceder dos electrones por ser el menos electronegativo y adquiere una carga eléctrica positiva (2+), mientras que el oxígeno ubicado en el grupo VIA tiende a aceptar dos electrones por ser el más electronegativo y en consecuencia adquiere una carga eléctrica negativa (2-). Por otro lado, en un compuesto iónico el *número de oxidación* corresponde a la propia carga del ión; sin embargo, al escribirlo, el signo se coloca antes del número (+2 para el calcio y -2 para el oxígeno) para distinguirlo de una carga electrónica real, en cuyo caso la carga precede al número (2+ y 2-), ya que como veremos enseguida en las sustancias moleculares no hay transferencia de electrones.

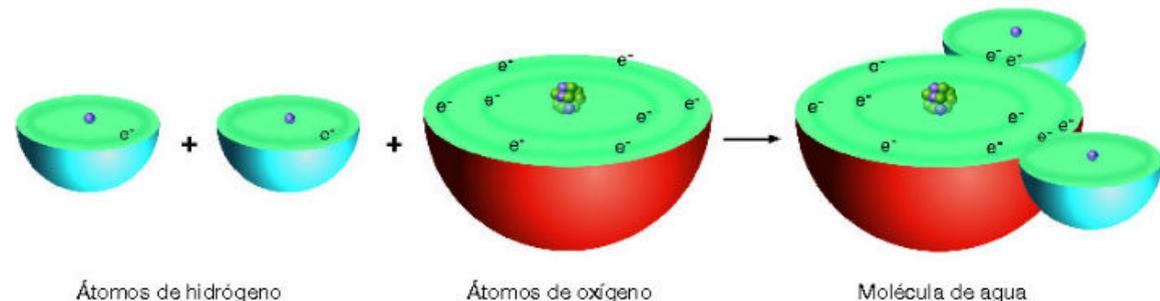


Figura 4.27 La reacción entre el hidrógeno y el oxígeno para producir agua es un ejemplo de enlace covalente.

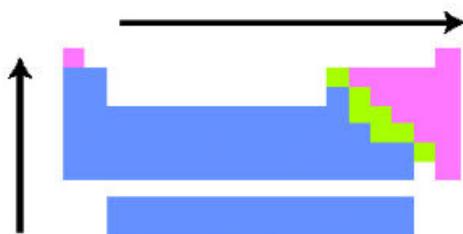


Figura 4.28 La electronegatividad es una propiedad periódica.

Algunas reacciones implican sustancias moleculares o iones poliatómicos, en los cuales los átomos están enlazados de manera covalente (figura 4.27).

Este proceso no implica la transferencia de electrones, por lo que al estudiar las reacciones redox de compuestos que comparten electrones se adoptó el siguiente criterio: el átomo más electronegativo se trata como si hubiera ganado electrones y se le asigna una carga eléctrica negativa y, al menos electronegativo, como si los hubiera perdido, y se le asigna una carga eléctrica positiva.

¿Cómo saber cuál átomo atrae con más fuerza a los electrones? Recordarás que la electronegatividad varía en forma periódica; por tanto, puedes predecir qué átomo es más electronegativo fijándote en la posición de los elementos en la tabla periódica. En general, la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha a través de cada periodo y disminuye de arriba hacia abajo en cada grupo (figura 4.28). Por ejemplo, si ubicas al oxígeno y al hidrógeno en la tabla periódica, te darás cuenta que el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno, entonces el número de oxidación del oxígeno es -2 y el del hidrógeno +1.

Para facilitar la determinación del número de oxidación, se siguen algunas reglas prácticas.

- Al **oxígeno**, en sus compuestos se le asigna un número de oxidación -2, excepto en los peróxidos, en cuyo caso se le asigna -1.
- Al **hidrógeno**, en sus compuestos se le asigna un número de oxidación +1, excepto en los hidruros, donde se le asigna -1.
- A los **elementos de los grupos 1, 2 y 3** se les asigna un número de oxidación de +1, +2, +3, respectivamente.
- A los **elementos del grupo 17**, es decir, los halógenos se les asigna un número de oxidación -1 en los compuestos binarios.
- En los **iones poliatómicos**, la suma de los números de oxidación es igual a la carga del ion.
- En las **sustancias neutras**, la suma algebraica de los números de oxidación debe ser igual a cero.

Muchos elementos, de los no especificados en las reglas, tienen diferentes números de oxidación en distintos compuestos (figura 4.29), por lo que es necesario calcularlo.

Ejemplo: ¿cuál es el número de oxidación del fósforo en el ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)?

Primero, colocas el número de oxidación de los elementos conocidos.



Después, determinas el número total de cargas que aporta cada átomo. Esto lo calculas multiplicando el número de átomos por su carga.

$$\begin{aligned} \text{Hidrógeno: } & 3(+1) = +3 \\ \text{Oxígeno: } & 4(-2) = -8 \end{aligned}$$

La suma algebraica de los números de oxidación debe ser cero, es decir, si hay -8 debe haber +8 y el hidrógeno sólo aporta +3. Por lo que el fósforo tendrá que aportar +5.

$$\begin{aligned} 3(+1) + 1(+5) + 4(-2) &= 0 \\ +1 +5 -2 & \\ \text{H}_3\text{PO}_4 \end{aligned}$$

Respuesta: el número de oxidación del fósforo en el ácido fosfórico es +5.

**Glosario**  
**Ión poliatómico.** Aquél formado por dos o más átomos con carga eléctrica.



Figura 4.29 Las disoluciones de las sales de cromo presentan diferentes coloraciones, dependiendo del número de oxidación del metal: las de Cr<sup>2+</sup> son azules, las de Cr<sup>3+</sup> verdes y las del Cr<sup>6+</sup> anaranjadas.

### Vamos a calcular

Para aplicar las reglas propuestas para asignar el número de oxidación, realicen el siguiente ejercicio en parejas.

1. Encierren en un círculo las especies químicas a las cuales se les asigna un número de oxidación igual a cero.
2. Asignen el número de oxidación a cada uno de los átomos de los siguientes compuestos.

Cu	H <sub>2</sub> S	CaCl <sub>2</sub>	Li <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>	Br <sub>2</sub>	Zn
O <sup>2-</sup>	NiCl <sub>2</sub>	Cu <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>	LiOH	I <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	S <sub>8</sub>

### Conclusiones

Cotejen sus resultados con los del resto del grupo. Luego seleccionen cualquiera de los ejercicios anteriores y expliquen paso a paso cómo lo resolvieron; muestren su explicación a sus compañeros para enriquecer su trabajo.

### Características y representaciones de las reacciones redox

Como ya se indicó al inicio de esta lección, muchas de las reacciones redox que ocurren a tu alrededor son producidas por el oxígeno, debido a que es una sustancia muy activa. Un ejemplo lo constituye la corrosión de objetos metálicos que ocasiona graves problemas, como roturas de los tubos de escape de los automóviles, explosiones por fugas de gas en los gaseoductos, derrames en las tuberías de agua, derrumbes de puentes, entre otros (figura 4.30).



Figura 4.30 La corrosión modifica la estructura de los metales y provoca pérdidas de billones de dólares en el mundo.

### Vamos a experimentar

Para identificar qué es la corrosión y cómo evitar sus efectos, en equipos de cuatro integrantes, hagan la siguiente actividad.

**Necesitan**

- 9 clavos de hierro sin galvanizar
- 3 clavos de hierro galvanizado
- 10 mL de aceite comestible
- Barniz de uñas
- 12 frascos de vidrio pequeños
- Agua
- Sal
- 1 cuchara soper

**¿Cómo lo hacemos?**

1. Numeren los frascos del 1 al 12.
2. Dejen vacíos los frascos del 1 al 4, llenen con agua los frascos del 5 al 8, y pongan agua y tres cucharadas soperas de sal en los frascos del 9 al 12.
3. Recubran tres clavos sin galvanizar con aceite comestible y pinten otros tres con barniz de uñas.
4. Coloquen los clavos en cada frasco como se muestra a continuación.

Frascos solos		Frascos con agua		Frascos con agua y sal	
Frasco	Tipo de clavo	Frasco	Tipo de clavo	Frasco	Tipo de clavo
1	Clavo de hierro sin galvanizar.	5	Clavo de hierro sin galvanizar.	9	Clavo de hierro sin galvanizar.
2	Clavo de hierro sin galvanizar recubierto de aceite.	6	Clavo de hierro sin galvanizar recubierto de aceite.	10	Clavo de hierro sin galvanizar recubierto de aceite.
3	Clavo de hierro sin galvanizar pintado con barniz.	7	Clavo de hierro sin galvanizar pintado con barniz.	11	Clavo de hierro sin galvanizar pintado con barniz.
4	Clavo de hierro galvanizado.	8	Clavo de hierro galvanizado.	12	Clavo de hierro galvanizado.

5. Coloquen los frascos en un sitio donde no los muevan y observen lo que ocurre durante una semana (figura 4.31).

**¿Qué obtenemos?**

1. Registra tus observaciones en una tabla como ésta.

Frascos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
1							



Figura 4.31. Paso 5.

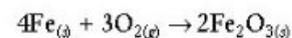
2. ¿Cuál es la evidencia de la corrosión del clavo?
3. ¿Qué tipo de clavo sufrió más rápido un cambio?
4. ¿En qué medio fue más rápida la corrosión?
5. ¿Cuál es la función del barniz, el aceite y el cinc (clavo galvanizado) en este experimento?
6. Escriban la ecuación química de la reacción que observaron y determinen los números de oxidación de cada átomo.
7. ¿Hay cambios en los números de oxidación de los átomos participantes?, ¿a qué creen que se deba?

**¿A qué llegamos?**

Comparen sus resultados con los de otros equipos y redacten una explicación acerca de la corrosión de los metales. Si alguno de los clavos no sufrió la corrosión, expliquen a qué creen que se deba y qué métodos se emplean para evitarla.

Con excepción del oro y del platino, todos los metales sufren el proceso de corrosión, en mayor o menor grado. En algunos casos la corrosión no es muy intensa debido a que los metales forman una dura cubierta protectora de óxido, como en el caso del aluminio, el cinc, el plomo y el cobre; en otros casos, como en el hierro, la capa de óxido es frágil y se descama con facilidad, por lo que no es una buena capa protectora del mismo.

Cuando los iones cloruro de la sal, el dióxido de carbono atmosférico u otros agentes rompen esta capa de óxido, el metal queda expuesto al aire y reacciona con el oxígeno formando óxidos (figura 4.32). En el caso del hierro el producto formado es un sólido quebradizo, de color café rojizo, constituido por óxido de hierro (III) (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e hidróxido de hierro (III) [Fe(OH)<sub>3</sub>] conocido comúnmente como herrumbre. Este tipo de fenómeno recibe el nombre de *corrosión*. La reacción global de este proceso es:



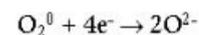
Si analizas la ecuación y comparas los números de oxidación, te darás cuenta de que hubo una transferencia de electrones. Cada uno de los cuatro átomos de hierro cede tres electrones para convertirse en Fe<sup>3+</sup> y cada átomo de las tres moléculas de oxígeno acepta dos electrones para convertirse en O<sup>2-</sup>.



Cuando un átomo cede electrones y otro los acepta, se lleva a cabo una *reacción de oxidación y reducción*, respectivamente. La especie química que cede o pierde electrones se *oxida* y su número de oxidación aumenta:

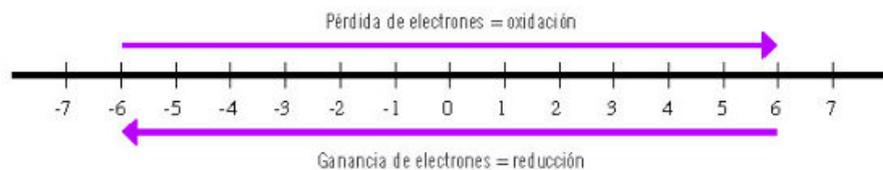


La que recibe o gana electrones se *reduce*; en consecuencia, su número de oxidación disminuye:



Decimos entonces que el hierro se oxidó mientras que el oxígeno fue reducido; por tanto, la *corrosión* de los metales es una *reacción redox*. Una forma eficiente de protegerlos contra este fenómeno consiste en cubrir la superficie de los mismos con materiales como pintura, grasa u otros metales de modo que impidan el contacto entre el metal y el oxígeno del aire, como lo pudiste observar en la actividad experimental que realizaste.

El esquema que se muestra en la figura 4.33 te será útil para determinar qué elemento se oxida y cuál se reduce.



Otra *reacción redox* muy importante es la *combustión*. La parafina, la madera, la gasolina, el alcohol, el gas butano, y muchas otras sustancias pueden quemarse en una atmósfera de aire, debido al oxígeno que contiene.



Figura 4.32 La capa de óxido que se forma en los metales espontáneamente sirve de protección al mismo, pero si se rompe, el metal se corroe con rapidez.

### Relevancia Social

**Educación para la salud y del consumidor.** Para consumir alimentos enlatados sanos y saludables, es recomendable revisar el estado de las latas al momento de hacer las compras.

### Cuidado de la salud

Las latas utilizadas para envasar alimentos están recubiertas con una capa de estaño para evitar que el hierro se corra; además, cuentan con una capa de polímeros especiales para que el ácido de los alimentos no ataque el estaño. Debido a esto, no es recomendable comprar latas golpeadas, pues la capa protectora de estaño o del polímero puede estar rota. En estas circunstancias, el hierro se oxida rápidamente y el alimento puede estar contaminado.

Figura 4.33 En este esquema el átomo que se desplaza hacia la derecha cede electrones y se oxida; a su vez, el que se aleja hacia la izquierda capta electrones y se reduce.

Estas sustancias se llaman *combustibles* y al quemarse desprenden una gran cantidad de energía (tabla 4.6), que es aprovechada por el ser humano para realizar tanto actividades cotidianas como industriales.

Tabla 4.6 Calor de combustión de algunos combustibles	
Combustible	Calor de combustión (kcal/g)
Carbono	7.84
Etanol	8.01
Octano	11.43
Propano	12.00
Butano	12.40
Metano	13.30
Hidrógeno	34.21

## Vamos a experimentar

Para explicar qué es la combustión, en equipos de cuatro integrantes, hagan la siguiente actividad.

### Necesitan

- 1 vela de parafina
- Plato hondo
- 1 cuchara metálica
- 1 vaso de vidrio
- 1 frasco de vidrio
- Agua

### ¿Cómo lo hacemos?

1. Enciendan la vela y dejen caer unas cinco gotas de cera derretida en el centro del plato. Peguen la vela en la cera derretida antes de que ésta solidifique. Obsérvenla durante unos segundos y anoten lo que sucede.
2. Pongan una cuchara metálica a 2 o 3 cm por encima de la flama de la vela (figura 4.34). Después de un minuto retírenla y registren sus observaciones.
3. Apaguen la vela y acerquen un vaso de vidrio en posición invertida para que entren los vapores (figura 4.35). Anoten lo que ocurre.
4. Vuelvan a encender la vela y agreguen agua en el plato hasta unos 3 cm de altura. Cúbrala completamente con el frasco (figura 4.36) y anoten sus observaciones.

### ¿Qué obtenemos?

1. ¿Qué le ocurre a la sustancia de la vela cuando enciendes el pabilo?
2. ¿Qué se observa en la concavidad que se forma en la vela?
3. ¿Qué sustancia apareció en la superficie de la cuchara y en las paredes del vaso?
4. ¿Qué le sucedió a la vela al cubrirla con el frasco?
5. ¿Qué pasa con el nivel del agua dentro del frasco?
6. Expliquen los hechos observados en el paso 4.
7. Considerando la respuesta anterior y tomando en cuenta que uno de los componentes de la parafina es el pentadecano ( $C_{15}H_{32}$ ), escriban la ecuación química que representa el fenómeno que observaron.
8. Si el número de oxidación del carbono cambió de -2 a +4 y del oxígeno de 0 a -2, ¿qué elemento se oxida y cuál se reduce?

### ¿A qué llegamos?

De acuerdo con las respuestas anteriores, expliquen qué es la combustión y qué se requiere para que ocurra.



Figura 4.34. Paso 2.



Figura 4.35. Paso 3.



Figura 4.36. Paso 4.

## Ciencia y tecnología

Algunas velas están hechas de grasas de animales y otras con una mezcla de parafina, estearina y petróleo. En el centro tienen un pabilo hecho de algodón.

Seguramente has visto muchas veces arder una vela pero, ¿te has preguntado cómo arde desde el punto de vista químico? A mediados del siglo XIX, Faraday hizo tantas observaciones de una vela al quemarse (alrededor de 50), que escribió un libro acerca de qué es lo que se quema en una vela y qué lo produce, hasta que en 1859 dio un ciclo de conferencias centradas en este tema.

Al igual que Faraday, probablemente encontraste que, al encender la vela, la parafina o el material del que está hecha se funde y parte de ella se evapora; posteriormente, el material fundido asciende por capilaridad a través del pabilo y se quema en la flama de la vela, desprendiendo gases, luz y calor. Es este proceso el que recibe el nombre de *combustión*. Además, te habrás dado cuenta que al cubrir la vela encendida con el frasco, ésta se apaga, ¿qué significa esto? Que es necesaria la presencia del oxígeno para que la vela se queme.

Asimismo, ¿por qué sube el nivel del agua? Durante la reacción es consumido un gas (el oxígeno) que forma parte del aire; al mismo tiempo se forma otro, el dióxido de carbono. El volumen de dióxido de carbono producido es menor en comparación con el oxígeno consumido, o sea, el volumen del gas final en el interior del frasco es menor que el inicial. Debido a esto, la presión en el interior disminuye y el agua sube hasta que la presión interior y exterior son iguales.

¿Qué sustancias se producen durante su combustión? Las velas están hechas principalmente de parafina, una mezcla de **hidrocarburos**, como el pentadecano ( $C_{15}H_{32}$ ). Cuando la vela se quema va disminuyendo su tamaño. ¿A qué se debe? El sólido de color negro que observaste en la cuchara (carbono) y las gotitas de agua en las paredes del vaso pueden darte la respuesta, pues indican que la parafina, al quemarse, se transforma en carbono y agua, lo cual representamos de la siguiente manera:



Si la combustión es completa se produce dióxido de carbono y agua:



En esta reacción el número de oxidación del oxígeno disminuye de 0 a -2 y se reduce, mientras que el carbón aumenta su número de oxidación de -2 a 0 (si la combustión es incompleta) o de -2 a +4 (en la combustión completa) por lo que se oxida. Por tanto, decimos que una combustión es una reacción de oxidación y reducción en la que un combustible se quema en presencia de oxígeno liberando gases como el dióxido de carbono y agua, y energía, la mayoría de las veces en forma de luz y calor. Si hay suficiente oxígeno, la flama es azulada y luminosa y, por tanto, la cantidad de calor liberado es máximo. Sin embargo, cuando la combustión es pobre la flama es anaranjada y se producen humos que manchan debido a la presencia del hollín (carbono) (figura 4.37).

### Agentes oxidantes y agentes reductores

Si haces un recorrido en tu hogar, seguramente encontrarás diversos productos como limpiadores de pisos, desinfectantes de inodoros o de heridas. Su empleo radica en su fuerza oxidante, lo cual les da la característica de ser buenos bactericidas. También, probablemente, alguno de tus abuelos esté tomando un producto antioxidante o reductor llamado  $\alpha$ -tocoferol o vitamina E. ¿Lo conoces? ¿Sabes por qué lo toma? Desde la juventud los oxidantes que se producen en nuestro organismo empiezan a provocar envejecimiento de los tejidos. De allí que los nutriólogos recomiendan consumir alimentos como pescados y aceite de hígado de bacalao, que contienen vitamina E (figura 4.38, página siguiente).

## Glosario

**Hidrocarburo.** Compuesto orgánico formado por carbono e hidrógeno.



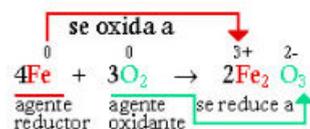
Figura 4.37 Flama producida por una combustión: a) incompleta (pobre en oxígeno), b) completa (rica en oxígeno).



Figura 4.38 Estos alimentos son fuente de vitaminas A, C y E, que aportan antioxidantes a nuestro organismo.

Pero, ¿por qué algunos productos actúan como agentes oxidantes y otros como reductores? Volviendo a nuestro ejemplo, de la reacción entre el hierro y el oxígeno atmosférico, observaremos que el hierro metálico se oxida al ión  $Fe^{3+}$  al cederle electrones al oxígeno, al cual reduce; de esta manera, el hierro actúa como *agente reductor*.

Al mismo tiempo, cada átomo de oxígeno reduce al ión  $O^{2-}$  al aceptar los electrones del hierro, al cual oxida, y en consecuencia el oxígeno actúa como *agente oxidante*. Como ves, la atmósfera tiene carácter oxidante.



**Vamos a experimentar**

Para identificar el carácter oxidante o reductor de sustancias de uso cotidiano, en equipos de cuatro integrantes, realicen la siguiente actividad.

**Necesitan**

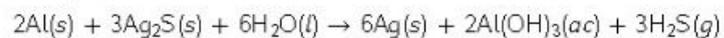
- 1 objeto de plata oxidado
- 1 cacerola honda
- Papel aluminio
- Bicarbonato de sodio
- Agua
- Estufa

**¿Cómo lo hacemos?**

1. Cubran el fondo de una cacerola honda con pedazos de papel aluminio arrugado.
2. Coloquen el objeto de plata que van a limpiar sobre el papel aluminio y agreguen el bicarbonato de sodio.
3. Añadan agua hasta cubrir el objeto de plata (figura 4.39).
4. Coloquen el recipiente en la estufa y calienten hasta que observen que el objeto se haya limpiado.

**¿Qué obtenemos?**

1. ¿Qué le sucedió al objeto de plata?
2. La ecuación química que representa la eliminación del empañamiento del objeto de plata es:



- a) Calculen los números de oxidación de cada uno de los átomos.
- b) ¿Qué elemento se oxida y cuál se reduce?
- c) Desde el punto de vista químico, ¿cómo actúa el aluminio?
- d) ¿Qué tipo de agente es la plata?

**¿A qué llegamos?**

Compartan sus resultados con los otros equipos e indiquen qué tipo de sustancias tendrán los limpiadores de plata existentes en el mercado.

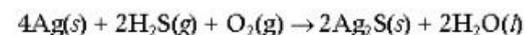


Figura 4.39. Paso 3.

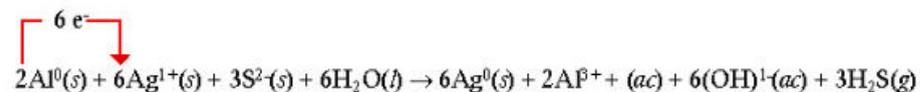


Figura 4.40 Los objetos de plata se limpian mediante reacciones redox.

Cuando la plata se expone a los compuestos de azufre del aire, ocurre un lento proceso de oxidación parecido a la formación de herrumbre en los objetos de hierro, pero a diferencia de lo anterior, la cubierta oscura que se forma en la superficie de los objetos de plata se debe a la reacción entre este metal y el ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) del aire. En dicho proceso, por cada átomo de plata se pierde un electrón, convirtiéndose en iones  $Ag^+$ , que generan el sulfuro de plata ( $Ag_2S$ ), al cual se atribuye su empañamiento.



De la misma manera, otra reacción redox inversa a la primera elimina la cubierta oscura que se forma en los objetos de plata. La ecuación iónica de este proceso es:



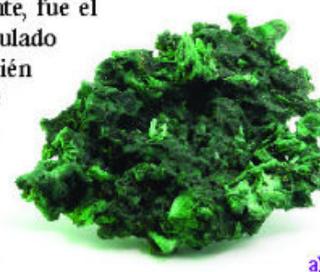
Durante esta reacción, los dos átomos de aluminio ceden un total de seis electrones, uno para cada uno de los seis iones plata ( $Ag^+$ ), por lo que éstos se reducen a átomos de plata ( $Ag$ ) metálica dejando brillante el objeto (figura 4.40).

En otras palabras, el aluminio se oxida, actuando así como agente reductor. Los limpiadores comerciales que retiran el sulfuro de plata contienen otras sustancias, pero su fundamento es el mismo.

**Otras aplicaciones de las reacciones redox**

**Obtención de metales**

El cobre es un elemento muy importante, fue el primer metal en ser descubierto y manipulado por el ser humano (5000 a.n.e.) y también por la gran cantidad de aplicaciones que tiene: sartenes y ollas de cocina, monedas, cableado eléctrico, tuberías de agua. Su símbolo,  $Cu$ , proviene del nombre que los romanos le dieron a la isla de Chipre, *Cuprum* en latín, donde encontraron grandes cantidades de este metal.



a)



b)

Aunque el cobre se encuentra libre en la naturaleza, cerca del 80% está en forma de calcopirita ( $CuFeS_2$ ), un mineral dorado formado por sulfuros de cobre y hierro (figura 4.41). Los principales productores a nivel mundial son: Estados Unidos de América, Zaire, Canadá, Chile y Rusia. En México, los yacimientos de cobre están en los estados de Durango, Zacatecas y Sonora.

Figura 4.41 Minerales del cobre:  
a) malaquita [ $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ] y b) calcopirita ( $FeCuS_2$ ).

Para preparar el cobre metálico, en la industria se llevan a cabo una serie de reacciones de oxidación y reducción.

La **tostación** convierte a los sulfuros en óxidos.



Posteriormente, el cobre del óxido metálico se *reduce* a cobre metálico calentando los óxidos con una mezcla de dióxido de silicio, aire y piedra caliza.

**Glosario**

**Tostación.** En metalurgia, operación consistente en calentar los minerales en una corriente de aire para eliminar las partes volátiles y oxidar la parte sólida.

**Vamos a experimentar**

Para obtener cobre mediante una reacción de redox, en equipos, realicen la siguiente actividad.

**Necesitan**

- 1 vidrio de reloj
- 1 tubo de ensayo
- 1 vaso de precipitados de 250 mL
- 1 pinzas para tubo de ensayo
- 1 mechero
- 1 g de óxido de cobre (II)
- 2 g de carbono en polvo
- 100 mL de agua

**¿Cómo lo hacemos?**

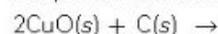
1. En un vidrio de reloj mezclen 1 g de óxido de cobre (II) y 2 g de carbono.
2. Coloquen la mezcla en un tubo de ensayo, sujételo con unas pinzas y calienten unos minutos a fuego bajo (*figura 4.42*).
3. Después abran más la llave del gas y continúen calentando hasta que aparezca un resplandor, apaguen el mechero y dejen enfriar.
4. Viertan 100 mL de agua en un vaso de precipitados, vacíenle el contenido del tubo y agiten.
5. Coloquen el vaso de precipitados en el chorro de agua hasta que se haya lavado el carbón que no reaccionó.
6. Anoten las características del producto que se formó.



Figura 4.42. Paso 2.

**¿Qué obtenemos?**

1. ¿Qué color tiene el producto formado?
2. ¿Cómo se llama la sustancia?
3. Completen la ecuación de la reacción que efectuaron.

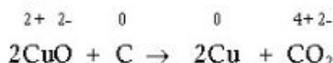


- a) Calculen los números de oxidación de cada elemento.
- b) ¿Qué elemento gana electrones y cuál los acepta?

**¿A qué llegamos?**

Con base en sus respuestas, expliquen por qué la obtención del cobre es una reacción de redox.

Si analizan la ecuación de la reacción que efectuaron y comparan los números de oxidación, se darán cuenta de que hubo una transferencia de electrones.



El carbono cede electrones y se oxida:  $\text{C}^0 \rightarrow \text{C}^{+4} + 4e^-$   
 El cobre acepta electrones y se reduce:  $2\text{Cu}^{2+} + 4e^- \rightarrow 2\text{Cu}^0$

Por tanto, la reducción es una forma de obtener metales a partir de minerales.

**TIC****Pilas**

Para comprender el principio del funcionamiento de las pilas, busca en la videoteca de tu escuela:  
 Roald Hoffmann, *El electrón activo* (video), Estados Unidos de América, The Annenberg/CPB Project, 1988 (Col. El mundo de la química, 8).

**Vamos a experimentar**

Para observar el funcionamiento de una pila e identificar sus componentes, en equipos realicen la siguiente actividad.

**Necesitan**

- 1 voltímetro
- 100 mL de jugo de naranja
- 1 par de cables con pinzas de caimán
- 1 placa de cinc de  $2 \times 10$  cm
- 1 vaso de precipitados de 150 mL
- 1 placa de cobre de  $2 \times 10$  cm

**¿Cómo lo hacemos?**

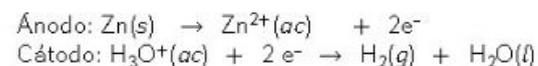
1. Viertan 100 mL de jugo de naranja en un vaso de precipitados.
2. Sujeten la placa de cinc (ánodo) con una de las pinzas del cable de caimán y conéctenla al polo negativo del voltímetro con la pinza del otro extremo del cable.
3. Hagan lo mismo con la placa de cobre (cátodo), pero conecten ésta al polo positivo del voltímetro.
4. Introduzcan las dos placas en el jugo sin que se toquen. Observen lo que ocurre en cada electrodo (*figura 4.43*).
5. Lean el voltaje y anótenlo.



Figura 4.43. Paso 4.

**¿Qué obtenemos?**

1. ¿Cuál fue el voltaje?
2. Las reacciones llevadas a cabo en la superficie de los electrodos son:



3. Con base en estas ecuaciones contesten lo que se pide.
  - a) ¿Qué observaron en la placa de cobre?
  - b) Según estas reacciones, ¿de qué sustancia se trata?
  - c) ¿Qué electrodo proporciona los electrones y qué signo tiene?
  - d) ¿Qué electrodo recibe los electrones y qué signo tiene?
  - e) ¿En qué electrodo se lleva a cabo la oxidación y en cuál la reducción?
  - f) Escribe la ecuación de la pila.

**¿A qué llegamos?**

Dibujen su pila, anoten el nombre de los componentes y expliquen su funcionamiento.

Para que se genere la corriente eléctrica, en una pila deben existir:

1. Los *electrodos*, que son dos placas de metal o de grafito que quedan en contacto con el circuito externo. El electrodo que proporciona electrones al circuito externo se llama *ánodo* y tiene un signo negativo; en él se lleva a cabo la oxidación. El electrodo que recibe electrones del circuito externo se llama *cátodo* y lleva un signo positivo; aquí se realiza la reducción.
2. Una *diferencia de potencial eléctrico* entre los dos electrodos, generada por la reacción de oxidación y reducción.
3. Un *conductor* que conecte a los dos electrodos.
4. Un *electrolito* donde se sumergen los electrodos.

Por ejemplo, la pila de Leclanché (1866) estaba constituida por una serie de componentes encerrados en un envoltorio rígido que permitía su fácil manipulación. El polo negativo (ánodo) era una lámina de cinc, que proporcionaba electrones a una barra de grafito instalada en el centro de la pila, la cual funcionaba como polo positivo (cátodo).

**Recuerda que... →**

La diferencia de potencial indica el trabajo que se debe realizar para mover una carga desde un punto hasta otro.

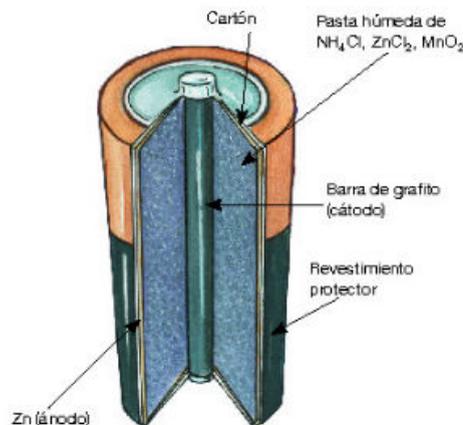


Figura 4.44 Componentes de una pila seca

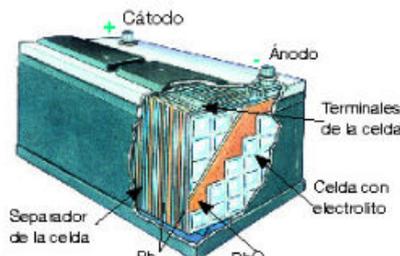


Figura 4.45 Componentes de una batería

En el caso de la pila ácida, la barra de grafito está cubierta por una pasta húmeda (electrolito) de cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), cloruro de cinc ( $\text{ZnCl}_2$ ), dióxido de manganeso ( $\text{MnO}_2$ ) y carbón en polvo (figura 4.44). En la pila seca alcalina, el cloruro de amonio se sustituyó por hidróxido de potasio (KOH).

Y, ¿por qué una pila deja de funcionar? La generación de electricidad de una pila depende de la diferencia de potencial en los electrodos. Conforme pasa el tiempo la diferencia de potencial disminuye hasta llegar prácticamente a cero. En ese momento la pila deja de funcionar. Para recargarlas es necesario que las reacciones de los electrodos ocurran a la inversa. No todas las pilas se pueden recargar. Las pilas secas se conocen como primarias y no son recargables. Las pilas recargables reciben comúnmente el nombre de batería o acumulador (figura 4.45).

Las pilas suelen ocuparse además para proteger a los metales de la corrosión. Por ejemplo, en la corrosión del hierro, sucede lo siguiente:



Por tanto, se debe revertir el proceso de formación de los iones de hierro ( $\text{Fe}^{3+}$ ), es decir, los iones deben recibir electrones para transformarse en hierro metálico nuevamente. Tales electrones pueden ser proporcionados por otro metal que se oxide más fácilmente que el hierro, como el cinc. Cuando el metal se recubre de cinc, esta asociación de metales constituye una pila, en la que el hierro funciona como cátodo y el cinc como ánodo. De esta manera el cinc es oxidado en lugar del hierro, el cual queda protegido según la siguiente reacción:



A lo anterior se le llama *protección catódica*. El aluminio y el cinc se oxidan superficialmente. La fina capa de óxido es tan insoluble en agua que sirve para proteger al metal contra una posterior oxidación. Es por esta propiedad que algunas láminas destinadas a techar casas posean una capa protectora de cinc (figura 4.46). De igual forma, el aluminio en polvo se ocupa para hacer pintura de aluminio que protege las superficies metálicas de barros y canceles de hierro.

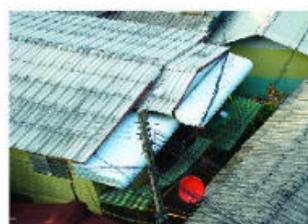


Figura 4.46 Techos de acero galvanizado. El recubrimiento incrementa la resistencia a la corrosión y proporciona mejor apariencia.

### Electrólisis

Ya vimos que se obtiene energía eléctrica a partir de una reacción de oxidación y reducción; también puede ocurrir lo contrario, es decir, la corriente eléctrica se utiliza para producir reacciones redox. Este proceso recibe el nombre de *electrólisis*.

### Vamos a reflexionar

Para comprender qué es la electrólisis (figura 4.47), analicen el esquema que muestra lo que ocurre al cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) fundido cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de esta sustancia. Al terminar, respondan las preguntas.

1. ¿Qué le sucede al cloruro de sodio?
2. De los iones que se forman, ¿cuál es el catión y cuál es el anión?
3. ¿A qué electrodo migran los cationes?, ¿qué carga presenta este electrodo?

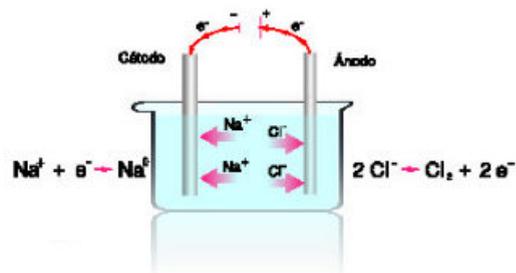


Figura 4.47. Electrólisis.

4. ¿A qué electrodo se mueven los aniones?, ¿qué carga posee este electrodo?
5. Desde el punto de vista de las reacciones redox, ¿qué sucede al ión sodio ( $\text{Na}^+$ ) y qué al ión cloruro ( $\text{Cl}^-$ )?
6. ¿En qué electrodo se lleva a cabo la oxidación y en cuál la reducción?
7. ¿En qué dirección se mueven los electrones?

### Conclusiones

Con base en sus respuestas, expliquen en qué consiste la electrólisis y describan el dispositivo en el que se lleva a cabo.

### Química e Historia

Imagina la reacción de Luigi Galvani (1780) cuando al descubrir que la pata de una rana muerta se contraía al tocarla con una lámina de cinc, la que a su vez, tocaba una lámina de hierro que estaba en contacto con el cuerpo de la rana. Galvani creyó que la electricidad provenía del músculo de la rana, por lo que concluyó que existía una "electricidad animal". Años más tarde, Volta demostró que la electricidad no provenía del músculo de la rana sino de los metales. Debido a esto se construyó la pila que lleva su nombre. Cuando Volta inventó la pila, anunció que podrían descomponerse sustancias con esa corriente eléctrica. Seis semanas después N. Nicholson y A. Carlisle lograron descomponer el agua. Así nació la electrólisis.

El recipiente donde se lleva a cabo la electrólisis se llama *cuba* o *celda electrolítica*, que generalmente es de vidrio, en el que se pone una disolución salina, ácida o básica, para después introducir dos placas de metal o de grafito (*electrodos*) que van conectados a una fuente de energía eléctrica (*pila*) mediante dos alambres conductores.

Cuando la corriente eléctrica pasa a través de una sal fundida como el cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), la sustancia se descompone. Los cationes sodio ( $\text{Na}^+$ ) migran hacia el electrodo negativo, pues cargas de signos contrarios se atraen. El cátodo tiene ese nombre porque el electrodo atrae a los cationes. Al llegar al cátodo, los cationes reciben electrones y se reducen según la siguiente reacción:  $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}^0$

El otro electrodo, cargado positivamente, atrae a los aniones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), por eso se llama *ánodo*. Cuando los aniones llegan al ánodo depositan electrones y oxidan los átomos de cloro ( $\text{Cl}$ ). Después, los átomos se unen y forman la molécula de cloro:  $2\text{Cl} \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ .

Como verás, las reacciones de oxidación y reducción ocurren en los electrodos cuando los iones hacen contacto con ellos. *En el cátodo se lleva a cabo la reducción y en el ánodo la oxidación.*

Concluimos entonces que en la *electrólisis* el paso de la corriente eléctrica genera una reacción de oxidación y reducción, lo que resulta es la descomposición de la sustancia.

Las aplicaciones industriales de la electrólisis son diversas, que van desde la obtención de metales como aluminio, litio, sodio, potasio y magnesio, hasta algunos compuestos como hidróxido de sodio, ácido clorhídrico y cloruro de sodio.

También se emplea en la protección de superficies metálicas contra la corrosión, para alargar su vida útil y mejorar su apariencia. Este proceso recibe el nombre de *electrodeposición* o *galvanoplastia*, y consiste en depositar un metal en un objeto mediante la electrólisis de sus sales. El metal depositado recubre al objeto que actúa como cátodo o electrodo negativo. Según el metal que se utilice es el nombre que recibe el proceso: galvanizado, plateado, níquelado o cromado (figura 4.48).



Figura 4.48 Para fabricar los gabinetes de las computadoras se utiliza aluminio recubierto con cadmio mediante una electrodeposición. Esto los hace más livianos y duraderos.

### Avances del proyecto

#### Ahora tú explora, experimenta y actúa

Es el momento de retomar el proyecto que seleccionaron. Reúnete con tus compañeros de equipo e investiguen acerca de los métodos de control de la corrosión (proyecto A) y combustibles alternativos (Proyecto B). Elaboren un informe y anéxenlo al archivo nombre del proyectoB4\_seguido del número de equipo.

Para aprender más

¿Qué leer?

- Elia Arjonilla y Andoni Garritz, "El dominio del fuego", en *¿Cómo ves?*, México, núm. 14, 2000, pp. 30-33.
- José Luis Córdova Frunz, "El horno", en *La Química y la Cocina*, 3a. ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2003 (La Ciencia para Todos, 93), pp. 51-54.
- Javier Ávila y Joan Genescá Llongueras, "I. La corrosión en la vida diaria", "II. ¿Por qué existe la corrosión?", en *Más allá de la herrumbre*, 3a. ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2002 (La Ciencia para Todos, 9), pp. 9-41.
- Joan Genescá Llongueras, *Más allá de la herrumbre III. Corrosión y medio ambiente*, 3a. ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2002 (La Ciencia para Todos, 121).

¿Qué ver?

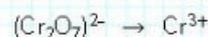
- Electroquímica, disponible en <http://salvadorhurtado.wikispaces.com/file/view/electroq.swf> (Consulta: 20 de enero de 2017).

Lo que aprendimos de...

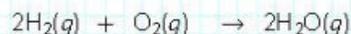
Importancia de las reacciones de óxido y de reducción

Con el propósito de que revises lo que aprendiste en este tema, resuelve en tu cuaderno los ejercicios siguientes.

1. Organiza tus ideas. Elabora un mapa conceptual del tema usando los siguientes términos: *agente oxidante, agente reductor, número de oxidación, oxidación, reacciones redox, reducción.*
2. Menciona algunos ejemplos de reacciones de oxidación y reducción que ocurren en tu entorno.
3. Un estudiante agrega en un tubo de ensayo un poco de óxido de mercurio (HgO) y lo calienta. Después de un tiempo, observa que se forma un líquido de color gris metálico, que identifica rápidamente como mercurio (Hg), y un gas. Posteriormente introduce en el tubo un palillo de madera en punto de ignición. Este se enciende.
  - a) ¿De qué está constituido el gas que obtuvo? Explica tu respuesta.
  - b) ¿Cómo se llama la reacción que se llevó a cabo en el palillo de madera?
4. En las pruebas para detectar el aliento alcohólico se utiliza una reacción que consiste en hacer reaccionar el alcohol con una disolución anaranjada de dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) para producir iones cromo (III) (Cr<sup>3+</sup>) de color verde. La semirreacción para el cromo es:



- a) Calcula el número de oxidación del cromo en el ion cromato [(Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sup>2-</sup>].
  - b) En esta reacción, ¿el cromato actúa como oxidante o como reductor? Justifica tu respuesta.
5. El jugo de limón contiene vitamina C, la cual reacciona muy rápido con el oxígeno. Para evitar que las frutas se oscurezcan, se agrega jugo de limón. Por tanto, la vitamina C, ¿es un agente oxidante o un agente reductor? Explica tu respuesta.
  6. Los científicos creen que la combustión del hidrógeno será una de las fuentes principales fuentes de energía en el siglo XXI.



- a) Determina los números de oxidación de cada átomo.
- b) ¿Qué elemento se oxida en este proceso?
- c) ¿Qué elemento se reduce?

# Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa

## Integración y aplicación



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.

### A. ¿Cómo evitar la corrosión?

Seguramente en tu escuela se llevan a cabo periódicamente simulacros en caso de sismos. Esta práctica se ha realizado a partir del terremoto de 1985, en la Ciudad de México, durante el cual varios edificios se colapsaron, algunos en la zona de Tlatilco.

Al estudiar muestras de estos edificios, un equipo de investigadores de la UNAM encontró que en muchas de las estructuras vencidas las varillas de acero y el refuerzo de concreto ya no existían debido a que se habían corroído quitándoles resistencia (figura 4.49).

El concreto es un material con gran cantidad de poros, por lo que el oxígeno y el agua pueden difundirse hasta el acero provocando corrosión, generando que el grosor de la varilla disminuya y pierda adherencia con el concreto. Además, el óxido de hierro es cuatro veces más voluminoso que el acero sin corroer, lo que provoca agrietamiento y pérdida del concreto que lo circunda. El proceso continúa hasta que la herrumbre aparece en la superficie del concreto, con lo que la estructura pierde seguridad y funcionalidad (figura 4.50).

Sin embargo, los problemas de corrosión no sólo se presentan en la construcción, sino también en otros sectores económicos: empresas químicas, petroleras, en la industria naval, ferroviaria, automovilística y transporte, entre otras. Tales problemas generan pérdidas económicas que ascienden a miles de millones de dólares—entre 3 y 4% del PIB de algunos países—. En Estados Unidos de América, por ejemplo, las pérdidas por corrosión son de alrededor de 276 mil millones de dólares al año, de los cuales, 121.41 mil millones de dólares se invierten en la investigación y aplicación de métodos para prevenir la corrosión (tabla 4.7).



Figura 4.49 Los edificios que tienen sus estructuras metálicas comidas son menos resistentes a los efectos de catástrofes como los terremotos.



Figura 4.50 La presencia de herrumbre en una estructura es evidencia de que la corrosión de la varilla de acero está muy avanzada y que la seguridad de la estructura, como es el caso de este muelle, es casi nula.

Relevancia Social

Educación financiera. La creación de barreras de protección de las estructuras metálicas de la escuela, no solo alarga su vida útil, sino también genera beneficios económicos al ahorrar en la compra de nuevos materiales.

Tabla 4.7 Costos de los métodos de control de la corrosión y servicios. Table with 2 columns: Materiales y servicios, Costo (miles de millones de dólares/año). Rows include Protección de superficies, Aleaciones, Inhibidores, Polímeros, etc.

Fuente: National Association of Corrosion Engineers (NACE), "Corrosion control methods", en CorrosionCost, disponible en http://www.corrosioncost.com/ (Consulta: 20 de enero de 2017).



Figura 4.51 Jay Pritzker Pavilion (Millennium Park de Chicago). Este escenario para conciertos al aire libre está hecho de acero galvanizado, el cual mantiene la integridad, funcionalidad y estética de la construcción.

Por otro lado, 20% del hierro producido en el mundo se utiliza para reconstruir las estructuras corroídas; debido a esto los científicos investigan nuevas técnicas para evitar la corrosión.

Como ves, la corrosión implica tres ámbitos: económico, conservación de recursos y seguridad humana. Por ello, es muy importante llevar a cabo la revisión del estado de corrosión de las estructuras de puentes, edificios, muelles, entre otros, de una manera constante, así como darles el mantenimiento adecuado para alargar su vida útil, abatir los costos de recuperación, reducir el agotamiento de los recursos naturales y, sobre todo, salvaguardar la vida de los seres humanos.

La manera eficiente de proteger el hierro contra la corrosión es formar una barrera entre el metal y el oxígeno atmosférico, ya sea mediante una capa de pintura, barniz, laca, resinas, grasa, cera o aceite que sirven de protección temporal; un recubrimiento con esmaltes vitrificados resistentes a la intemperie, al calor y a los ácidos; o un recubrimiento metálico, entre otros. El recubrimiento metálico más ampliamente utilizado para la protección contra la corrosión es el galvanizado, por inmersión de la pieza de acero en un baño de cinc fundido o por electrodeposición (figura 4.51).

En conjunto con los otros equipos, decidan cómo colaborar en esta lucha contra la corrosión.

Proyecto: integración y cierre

- 1. De acuerdo con la información que recabaron en las lecciones anteriores y con ayuda del docente, seleccionen el método más adecuado para solucionar el problema de cada tipo de material: ventanas, escaleras, barandales, entre otros.
2. Elijan aquellos que sean más accesibles de acuerdo con sus posibilidades.
3. Elaboren una lista de los materiales y sustancias que necesitan y un diagrama de los pasos a seguir. No se olviden de fijar tiempos y asignar responsables para cada actividad.
4. Lleven a cabo la propuesta y tomen fotografías del proceso.
5. Redacten un informe en el que incluyan:
a) Introducción
b) Planteamiento del problema

- c) Estructura u objeto que seleccionaron
d) Fotografías de las condiciones antes y después de su recuperación
e) Nombre del método que emplearon
f) Fundamento del método
g) Procedimiento
h) Estudio comparativo del costo de recuperación contra el costo de reemplazo
i) Conclusiones

- 6. Organicen una mesa redonda para dar a conocer los resultados de su propuesta y para promover un mejor conocimiento de la corrosión y los métodos para su control, así como crear conciencia de la necesidad urgente de actuar en este asunto.
7. Hagan una evaluación de su proyecto.

B. ¿Cuál es el impacto de los combustibles y posibles alternativas de solución?

Ambiente

La temperatura de la Tierra sería de -18 °C, de no existir los gases de efecto invernadero.

Tener electricidad, agua caliente, calefacción, refrigeración, ventilación, transporte, son algunos de los satisfactores con los que contamos actualmente, debido a la energía proporcionada principalmente por los combustibles fósiles como el carbón, gas natural y petróleo; el resultado de su consumo es la liberación a la atmósfera de dióxido de carbono (CO2) y óxido nitroso (N2O), componentes que ya se encontraban de forma natural en la atmósfera y que, junto con otros gases, ayudan a regular la temperatura media del planeta (alrededor de 15 °C).

Ahora bien, recordarás de tu curso de Ciencias I que cuando la radiación solar llega a la Tierra, cerca de 30% es reflejada y enviada nuevamente al espacio; 45% es absorbida por la superficie terrestre y transformada en calor, y 25% retorna a la atmósfera en forma de rayos infrarrojos, que son absorbidos por algunos gases atmosféricos y reemitidos a la Tierra. De esta manera, el calor se retiene originando el proceso de calentamiento de la atmósfera que incluye la absorción de la radiación solar por el vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases y que recibe el nombre de efecto invernadero (figura 4.52).

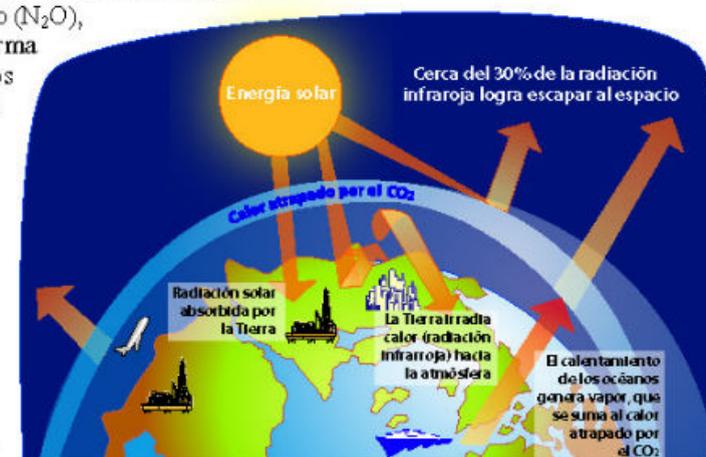


Figura 4.52 Esquema del efecto invernadero. Los gases que intervienen en él son principalmente el dióxido de carbono, óxido nitroso, vapor de agua, metano, clorofluorocarbonos e hidroclorofluorocarbonos.

No obstante, en los últimos cien años la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera pasó de 280 a 360 partes por millón o ppm, incrementando el efecto invernadero y provocando un calentamiento global del planeta: la temperatura media del aire en la superficie aumentó en 0.74 °C en el planeta. Las consecuencias del impacto ambiental ya son perceptibles: disminución de los glaciares y aumento del nivel del mar por el deshielo de los casquetes polares y desaparición de ecosistemas; mayor incidencia de huracanes con efectos devastadores, grandes inundaciones, periodos de sequía más largos, modificaciones en las migraciones de aves con graves consecuencias para la biodiversidad, entre otros (figura 4.53, página siguiente).

Además del dióxido de carbono, la quema de combustibles fósiles produce óxidos de azufre y de nitrógeno que al reaccionar con el agua de la lluvia generan un aumento en su

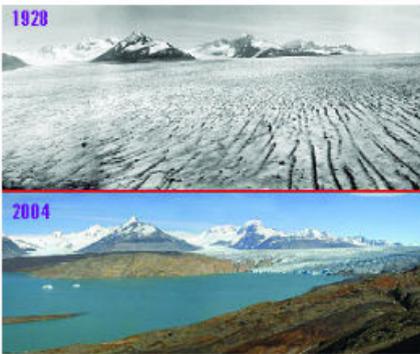


Figura 4.53 El glaciar Upsala de Argentina, fue el más grande de América del Sur, pero ahora está desapareciendo a un ritmo de 200 metros por año.

acidez. El agua de lluvia siempre es ligeramente ácida ( $\text{pH}=5.6$ ), lo cual tiene grandes beneficios. Por ejemplo, ¿sabías que Venus es mucho más caliente que la Tierra? La razón es que Venus no tiene agua para captar parte del dióxido de carbono atmosférico, a diferencia de la Tierra, cuyos enormes océanos disuelven parte de este gas de efecto invernadero.

Entonces, ¿por qué en las últimas décadas la lluvia ácida se ha convertido en tema de discusión entre los científicos, economistas y políticos de todo el mundo? Nuevamente los cambios en la composición atmosférica son la causa del problema. El incremento en la concentración de estos óxidos en la atmósfera ha generado que el  $\text{pH}$  de la lluvia sea 10 a 100 veces menor que el  $\text{pH}$  normal (de 5.6 a 4.5 o hasta 3.5), provocando un aumento en su acidez. Esto ha generado lento crecimiento de los vegetales, desaparición de bosques, muerte de peces, corrosión de monumentos y estatuas, entre otros problemas.

Como podrás darte cuenta, el problema no está en el efecto invernadero o en el hecho de que la lluvia sea ácida, pues estos fenómenos se dan de manera natural en el ambiente. Durante millones de años los óxidos de carbono, nitrógeno y azufre se han reciclado a través de los **ciclos biogeoquímicos**. Lo que es un grave problema es la alteración de los equilibrios existentes: la velocidad a la que la naturaleza recicla estos compuestos es más lento que la velocidad con la que la humanidad produce los gases de efecto invernadero y de los que generan la lluvia ácida.

Por ello, es imperativa la búsqueda y uso de fuentes de energía alternativas que sustituyan a los combustibles fósiles, que sean renovables y lo suficientemente limpias como para no afectar las condiciones terrestres y atmosféricas. Así que, por el momento debemos comenzar a utilizar la energía que nos proporcionan los combustibles fósiles de una mejor manera; es decir, maximizándola.

## Glosario

### Ciclos biogeoquímicos.

Intercambio cíclico de sustancias químicas entre los elementos que forman los organismos biológicos y el ambiente, mediante una serie de reacciones químicas.

### Relevancia Social

**Educación ambiental para la sustentabilidad.** ¿Hasta qué punto los hábitos de consumo individual de los combustibles fósiles tienen influencia sobre el medio ambiente?

### Salvemos nuestro mundo

Parte de las emisiones de gases de efecto de invernadero está relacionada con nuestras actividades cotidianas. ¿Sabías que un foco de 100 W consume en 10 horas,  $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$  de electricidad y que para generar esta cantidad de energía se requiere quemar un tercio de litro de petróleo? ¿Está implica emitir cerca de 330 g de dióxido de carbono a la atmósfera. Así que apaga la luz cuando no la necesitas y sustituye los focos incandescentes por focos ahorradores.

## Proyecto: integración y cierre

Con la información que recabaron, organicen una semana de la ciencia donde el tema central sea los combustibles fósiles, su impacto ambiental y las posibilidades de intervención que tenemos.

1. Reúnanse con los otros equipos y conversen sobre la posibilidad de realizar una *Semana de la ciencia* en conjunto con sus compañeros de Ciencias I y II, pues en los programas de estudio de estas asignaturas están vinculados con esta problemática. Por ejemplo:
  - En Ciencias I, en el tema *Biodiversidad como resultado de la evolución: relación ambiente, cambio y adaptación* del bloque III, se hace un análisis de las causas y consecuencias del incremento del efecto invernadero, el calentamiento global, así como sus posibles soluciones.
  - En Ciencias II en el bloque IV se abordan los beneficios y riesgos en la naturaleza y en la sociedad relacionados con la obtención y aprovechamiento de la energía.
2. Propongan un nombre para la semana de la ciencia y definan las actividades que van a realizar: conferencias, periódico mural, presentación de películas, experimentos, entre otros.
3. Propongan las actividades y manos a la obra.
4. Hagan una evaluación de su proyecto.

## Una mirada hacia el futuro

# Aprendiendo la corrosión y ganando

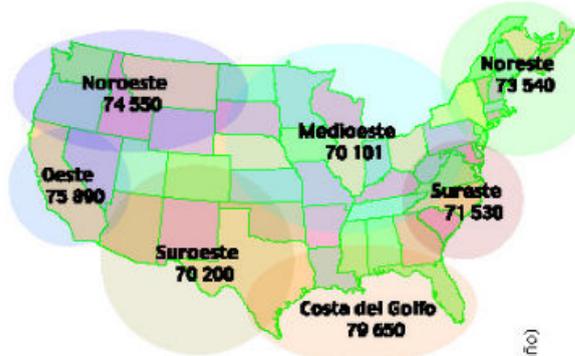
La corrosión de los metales es uno de los efectos más graves de la contaminación atmosférica. Esto es de gran importancia, si consideramos el uso tan amplio que los metales tienen en nuestra vida.

Las pérdidas económicas por corrosión de los metales son cuantiosas. Tan sólo en Estados Unidos de América las pérdidas son del 4% del PIB, que es el doble del presupuesto invertido en educación (2%).

Por otro lado, de todos es conocido el progresivo deterioro del medio ambiente, por lo que es necesario tener un mayor conocimiento de los mecanismos de corrosión atmosférica para hacer una selección óptima de los materiales y recubrimientos a emplear en las distintas atmósferas (rural, urbana, marina o industrial).

Los profesionistas encargados de estudiar y dar solución a los problemas de corrosión son los ingenieros químico-metalúrgicos, especializados en corrosión. En Estados Unidos de América esta profesión es una de las mejor remuneradas (mapa 4.1).

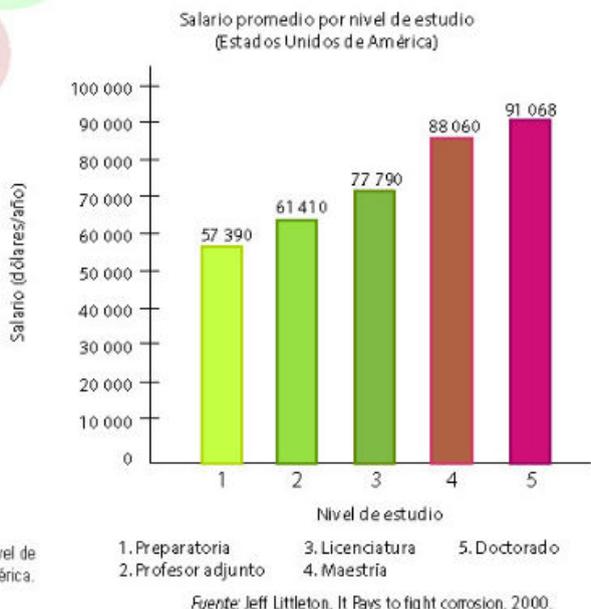
Al observar la gráfica de salario promedio por nivel de estudios (gráfica 4.1), te darás cuenta de que entre mejor nivel de educación se tenga, existe la posibilidad de obtener mejores ingresos. Además de tener la satisfacción de que tus conocimientos teóricos son aplicados para solucionar problemas de la sociedad.



Fuente: Jeff Littleton, It Pays to fight corrosion, 2000.

Mapa 4.1. Salarios de los ingenieros especializados en corrosión, por zona geográfica en Estados Unidos de América, en dólares al año.

Gráfica 4.1. Salario promedio por nivel de estudio en Estados Unidos de América.



## Vamos a investigar

Para conocer qué hace un ingeniero en corrosión, realiza una investigación siguiendo la misma dinámica de los bloques anteriores y preséntala en clase.

## Lucha contra la corrosión



Joan Genescá Longueras, Ingeniero químico y doctor en ingeniería química.  
Lugar de trabajo: PUNTA-UNAM, PIIT Monterrey, Apodaca, Nuevo León

Hola Joan. Sabemos que fuiste profesor de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona, en España. A grandes rasgos, ¿cuál ha sido tu labor en nuestro país? Llegué a México en 1980, como profesor invitado por la Facultad de Química de la UNAM. Desde entonces me quedé aquí para dedicarme a la corrosión y la electroquímica.

En el Laboratorio de Corrosión trabajamos básicamente en tres líneas importantes: la corrosión atmosférica o sea el efecto de la atmósfera en los metales, la corrosión en la industria del petróleo y la corrosión de estructuras de concreto armado.

Actualmente soy Coordinador Académico del Polo Universitario de Tecnología Avanzada (PUNTA) de la UNAM, dentro del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), en Apodaca, Nuevo León (4.54).



Figura 4.54. Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), sede del PUNTA (UNAM).

¿Nos podrías comentar algún logro de tus proyectos de investigación?

En México ya se está utilizando la protección catódica, sobre todo, de estructuras de concreto armado, como el Puente de la Unidad, de Ciudad del Carmen, Campeche. Era la única alternativa que había para preservarlo. En este sentido, lo que era un proyecto ya es una realidad. Todo lo que se había desarrollado en el laboratorio, ya tiene una aplicación comercial.

¿Nos describes el proceso que siguieron?

La manera ideal para luchar contra la corrosión de estructuras de concreto es proteger la armadura metálica catódicamente; es decir, formar una pila entre la armadura y un metal. En este caso se utilizó cinc, que se aplicó en la parte externa del concreto mediante una pistola que funde al cinc y lo esparce como si

fuera una película por la estructura de concreto. El cinc actúa como ánodo, la armadura como cátodo y el concreto como electrolito. De esta manera, la armadura metálica no se puede corroer mientras haya cinc, pues éste se oxida más fácil que el acero. Además, no es tóxico para los organismos marinos. Esto alarga de 20 a 40 años la vida útil de la estructura, con una ventaja: esta técnica puede utilizarse en estructuras dañadas ya existentes.

¿Qué tan grandes son las pérdidas por corrosión?

Son enormes; por ejemplo, en Estados Unidos se hizo un estudio para saber cuánto estaba costando al departamento de defensa los problemas de corrosión. La cifra fue de 30 billones de dólares. El problema es tan grave que en agosto del 2012 se inauguró en la Universidad de Akron, Ohio, una carrera orientada a formar ingenieros específicamente preparados para luchar contra este problema: la ingeniería de corrosión.

Individualmente, ¿qué es lo que podemos hacer para luchar contra la corrosión?

Ser como inspectores, es decir, identificar dónde existen problemas de corrosión e inmediatamente informar a las autoridades para que tomen las medidas pertinentes. Muchas catástrofes pueden evitarse si la gente aprende a detectar la corrosión.

¿Qué evidencias nos indican la presencia de la corrosión?

Algunas señales de que hay corrosión son la aparición de manchas de color pardo rojizo en el concreto o el metal, cuando un pilote de concreto está agrietado y por esta grieta fluye un líquido pardo rojizo o si la varilla queda descubierta (figura 4.55).



Figura 4.55. Evidencias de corrosión.

Por último, ¿qué les dirías a nuestros jóvenes?

El estudio, la disciplina y el esfuerzo cotidiano son valores básicos para desempeñarse en la vida. Cuando uno estudia impacta a su alrededor, a sus amigos, a la sociedad; no desprecien el estudio. La aventura más emocionante que podrán tener es la ciencia. Hemos avanzado mucho en el conocimiento, pero lo que queda por descubrir es apasionante y cada vez hay más desafíos.

## Evaluación del Bloque IV

Lee con atención el siguiente texto y utiliza la información para contestar las preguntas.

### Reacciones ácido-base y redox en la vida cotidiana

Hay alimentos que favorecen la acidez y otros que aportan bases. Nuestra dieta es rica en alimentos acidificantes; por tal motivo solemos padecer de exceso de acidez en el organismo, que repercute en una gran diversidad de problemas como la acidez estomacal. Una manera de prevenir este problema es con una dieta en la que predominen los alimentos de formación alcalina, como las frutas y verduras. Por ejemplo, el rango de pH del limón es 2.2-2.4, sin embargo, en el organismo, los iones  $H^+$  del ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) (figura 4.56) que contiene son eliminados durante la respiración disminuyendo la acidez del cuerpo, por esto el limón se clasifica como alimento alcalino.

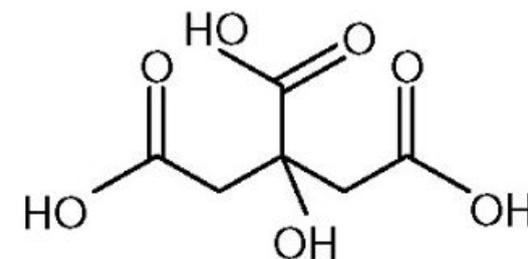


Figura 4.56. Fórmula semidesarrollada del ácido cítrico.

Además de la dieta, los antiácidos como el gel de hidróxido de aluminio [ $Al(OH)_3$ ] e hidróxido de magnesio [ $Mg(OH)_2$ ] son auxiliares muy valiosos para el tratamiento de la acidez estomacal, pues actúan con el ácido clorhídrico (HCl) del jugo gástrico, en una reacción de neutralización para dar una sal neutra, como se observa en la siguiente ecuación.



Por otro lado, para conservar el color verde de los vegetales, una antigua tradición culinaria recomienda utilizar ollas de cobre para su cocimiento. ¿Por qué? Cuando el cobre se expone a la humedad, sobre su superficie se producen las siguientes reacciones:



Finalmente se forma hidróxido de cobre (II) monohidratado [ $Cu(OH)_2 \cdot H_2O$ ], el cual reacciona con el ácido que liberan los vegetales durante su cocimiento y es el responsable de la descomposición de la clorofila. De modo que el ácido se neutraliza y el vegetal conserva su color. Sin embargo, cocinar en ollas de cobre tiene una desventaja: además del hidróxido de cobre, en la superficie de este metal tiende a crearse una capa de color verde azulado llamada cardenillo ( $Cu(CH_2COO)_2$ , acetato de cobre) que es tóxica, por la reacción entre el cobre y la acidez propia de los alimentos:



## Reactivos

- R1** De acuerdo con el pH, ¿qué tipo de alimento es el jugo de limón?  
 a) Básico.  
 b) Neutro.  
 c) Ácido.  
 d) Oxidante.
- R2** La ecuación 1 representa una reacción de \_\_\_\_\_ y la sal que se produce es el \_\_\_\_\_.  
 a) descomposición,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .  
 b) oxidación,  $\text{HCl}$ .  
 c) reducción,  $\text{H}_2\text{O}$ .  
 d) neutralización,  $\text{AlCl}_3$ .
- R3** Según el modelo de Arrhenius, el ácido cítrico en disolución acuosa...  
 a) dona iones  $\text{H}^+$   
 b) acepta iones  $\text{H}^+$   
 c) dona iones  $\text{OH}^-$   
 d) acepta iones  $\text{OH}^-$
- R4** ¿Cómo será el pH del gel de hidróxido de aluminio e hidróxido de magnesio?  
 a) Igual a 7.      b) Menor a 7.      c) Mayor de 7.
- R5** Anota al menos tres problemas que ocasiona el consumo frecuente de alimentos ácidos y cómo prevenirlos o corregirlos. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- R6** De las reacciones que se mencionan en el texto, ¿cuáles ecuaciones representan reacciones redox?  
 a) 1 y 2      b) 2 y 3      c) 3 y 4      d) 1 y 3
- R7** Si el oxígeno se ubica en el grupo 16 (o VIA), ¿qué número de oxidación se le asigna cuando se combina con otros átomos?  
 a) 0      b) -2      c) +2      d) -6
- R8** Considerando las ecuaciones 2 y 3, ¿cuál de las siguientes opciones describe lo que ocurre cuando el cobre se expone a la humedad?  
 a) El cobre cede electrones al oxígeno y se oxida.  
 b) El oxígeno acepta electrones del cobre y se reduce.  
 c) El número de oxidación del hidrógeno no cambia.  
 d) Todas las anteriores.

A continuación se indican los aprendizajes esperados que aplicaste para resolver cada reactivo. De acuerdo con tus respuestas, identifica cuál o cuáles de éstos debes fortalecer.

Reactivo	Tema	Aprendizaje esperado
R1	Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y la industria	Identifica ácidos y bases en materiales de uso cotidiano
R2		Identifica la formación de nuevas sustancias, en reacciones ácido-base sencillas
R3	¿Por qué evitar el consumo frecuente de "alimentos ácidos"?	Explica las propiedades de los ácidos y las bases de acuerdo con el modelo de Arrhenius
R4		Identifica la acidez de algunos alimentos o de aquellos que la provocan
R5		Identifica las propiedades de las sustancias que neutralizan la acidez estomacal
R6	Importancia de las reacciones de óxido y de reducción	Analiza los riesgos a la salud por el consumo frecuente de alimentos ácidos con el fin de tomar decisiones para una dieta correcta incluyendo el consumo de agua simple potable
R7		Identifica el cambio químico en algunos ejemplos de reacciones de óxido-reducción en actividades experimentales y en su entorno
R8		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



#### 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.

#### Aprendizajes esperados

- Plantea preguntas, realiza predicciones y formula hipótesis con el fin de obtener evidencias empíricas para argumentar sus conclusiones, con base en los contenidos estudiados en el curso.
- Diseña y elabora objetos técnicos, experimentos o modelos con creatividad, con el fin de que describa, explique y prediga algunos procesos químicos relacionados con la transformación de materiales y obtención de productos químicos.
- Comunica los resultados de su proyecto mediante diversos medios o con ayuda de las tecnologías de la información y la comunicación, con el fin de que la comunidad escolar y familiar reflexione y tome decisiones relacionadas con el consumo responsable o el desarrollo sustentable.
- Evalúa procesos y productos considerando efectividad, durabilidad y beneficio social, tomando en cuenta la relación del costo con el impacto ambiental.

El desarrollo y avance en la industria cosmética permite que cada vez más se ofrezcan productos para cubrir necesidades específicas.

“La ciencia, y la química en particular, son esencialmente democratizadoras, en tanto que hacen accesibles para una mayor cantidad de gente los artículos de primera necesidad y las comodidades que en otra época eran solamente para una élite de privilegiados.”

*Roald Hoffmann*

# Bloque V

## Química y tecnología

## Introducción

# ¡Casi llegamos al final de nuestro encuentro!

Al tomar decisiones debemos informarnos, pues al aprender lo suficiente acerca de la química sabremos qué hacer en diversas situaciones de nuestra vida cotidiana; por ejemplo, con los desechos sólidos, cómo manejarlos, qué nos conviene comer, qué fuentes de energía alternativa podemos usar, o bien, para oponernos ante cualquier acción que atente contra la vida y contra nuestro ambiente.

En otras palabras, el conocimiento nos hace capaces de juzgar cualquier situación y tomar decisiones más acertadas, como lo atestigua el *discurso fúnebre*, pronunciado por Pericles, a los ciudadanos de la antigua Atenas (figura 5.1).

Nuestra ciudad, Atenas, es norma para toda Grecia. No sólo somos motivo de admiración para nuestros contemporáneos, sino que lo seremos también para los que han de venir después. No necesitamos ni a un Homero que nos haga el elogio, ni de ningún poeta que nos deleite momentáneamente con sus versos. Por todos los mares y por todas las tierras se ha abierto camino nuestro coraje, dejando aquí y allá, imperecederos recuerdos.

Y esto porque también nos diferenciamos de los demás en que podemos ser muy osados y, al mismo tiempo, examinar cuidadosamente las acciones que estamos por emprender; en este aspecto, en cambio, para los otros la audacia es producto de su ignorancia, y la reflexión los vuelve temerosos.

Somos los únicos que, movidos, no por un cálculo de conveniencia, sino por nuestra fe en la libertad, no vacilamos en prestar nuestra ayuda a cualquiera. Individualmente, un mismo hombre de los nuestros se basta para enfrentar las más diversas situaciones, y lo hace con gracia y con la mayor destreza. Mas que en los armamentos y estratagemas, confiamos en la fortaleza del alma. Y que estas palabras no son un ocasional alarde retórico, sino la verdad de los hechos, lo demuestra el poderío mismo que nuestra ciudad ha alcanzado gracias a estas cualidades.

La razón por la que me he referido con tanto detalle a asuntos concernientes a la ciudad, no ha sido otra que para hacerlos ver que no estamos luchando por algo equivalente a aquello por lo que luchan quienes en modo alguno gozan de bienes semejantes a los nuestros y, asimismo, para darle un claro fundamento al elogio de los muertos en cuyo honor hablo en esta ocasión.

"Oración fúnebre de Pericles", en *Cámara*, núm. 6, 2011, México, pp. 74-76, disponible en [http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/revicam/camara6\\_oct11.pdf](http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/revicam/camara6_oct11.pdf) (Consulta: 25 de junio de 2025).



Figura 5.1 Representación del discurso fúnebre de Pericles, pronunciado el año 431 a.n.e. en el Cementerio del Cerámico, en Atenas, como parte del funeral público para los caídos de la guerra del Peloponeso.

Por lo anterior, en esta sección del libro te invitamos a desarrollar un proyecto donde, junto con tus compañeros, integres y apliques lo aprendido, con la intención de que recopilés y analices información sobre hechos científicos y tecnológicos orientados a tomar decisiones, individuales y grupales, sobre problemas sociales actuales, en tu vida diaria y en tu comunidad.

## Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa

### Integración y aplicación



Algunos de los temas propuestos para llevar a cabo su proyecto son:

- Obtención de un material elástico.
- Aportaciones de México a la química.
- Beneficios y riesgos de fertilizantes y plaguicidas.
- Elaboración de cosméticos.
- Propiedades de los materiales utilizados por las culturas mesoamericanas.
- Papel de la química en las artes.
- Importancia e impacto de los derivados del petróleo.

Formen equipos de trabajo y seleccionen el tema de su interés, ya sea que elijan alguna de las ideas propuestas o trabajen en otra que sea de su interés o de relevancia para su comunidad. Recuerden que en el proyecto deberá quedar claro lo siguiente:

- Planeación.
- Planteamiento de las preguntas e hipótesis.
- Investigación realizada sobre los aspectos más relevantes.
- Desarrollo del proyecto.
- Comunicación de los resultados.
- Evaluación del proyecto.

Con el propósito de contar con suficientes elementos que les permitan tanto a ustedes como al docente reflexionar sobre los esfuerzos, progresos y logros alcanzados en la realización del proyecto, se creará un *portafolio de evidencias*. Si bien no existe un modelo para la organización de dicho instrumento, los parámetros generales para elaborarlo son:

- Carátula.
- Índice del contenido, es decir, las secciones que conformarán su portafolio.
- Objetivos.
- Evidencias de su aprendizaje; es decir, los documentos de trabajo (cuadros sinópticos, mapas mentales, resúmenes, ensayos, reportes de la actividad experimental, etcétera) o los prototipos, productos químicos u objetos que hayan elaborado. Al momento de integrar cada evidencia al portafolio añadirán una nota que describa qué es, por qué se agregó y de qué evidencia forma parte.
- Fuentes de información utilizadas al llevar a cabo las actividades.
- Reflexión y análisis crítico sobre su propio proceso de aprendizaje en cada evidencia integrada en el portafolio.
- Las evaluaciones por parte de sus compañeros y su profesor a lo largo de todo el proyecto.

Diseñen el portafolio con la asesoría del docente y, ¡manos a la obra!



Figura 5.2 La goma de mascar se fabrica a partir de un polímero llamado acetato de polivinilo.

### A. ¿Cómo se sintetiza un material elástico?

Hoy en día los plásticos han invadido nuestra sociedad debido a sus características particulares: ligeros, resistentes, prácticos y con una gran capacidad para imitar a los materiales naturales. Actualmente se conocen decenas de tipos de plásticos de extraordinaria aplicación funcional y otros más están siendo investigados. La mayoría de los plásticos se obtienen de derivados del petróleo y forman parte de un grupo de sustancias denominadas *polímeros* (figura 5.2).

Pero, ¿qué es un polímero? Su nombre ya nos da una pista: *poli* = varios, *meros* = partes. Observa la figura 5.3: al unir todas las moléculas en una sola secuencia se obtiene una molécula gigante, que los químicos llaman *polímero*. La molécula pequeña que origina el polímero lleva el nombre de *monómero* (*mono* = uno o una, *mero* = parte). Estas moléculas tienen dobles o triples enlaces que se rompen cuando las moléculas se unen entre sí, lo cual genera la reacción de *polimerización*.

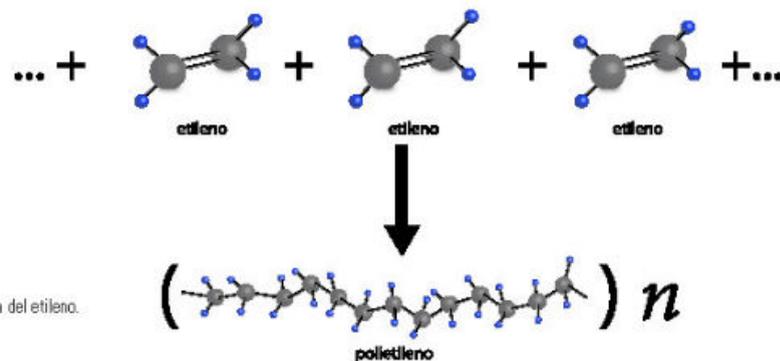


Figura 5.3 Reacción de polimerización del etileno.



Figura 5.4 Las redes de pesca se fabrican con polipropileno.



Figura 5.5 El nailon fue descubierto en 1935 por el estadounidense Wallace Hume Carothers. Este polímero sustituye a la seda natural.

En la naturaleza existe gran cantidad de polímeros, desde la celulosa de una bolsa de papel, la queratina del cabello o el almidón de una papa, hasta diferentes derivados de una síntesis química, como el nailon de las prendas de vestir, el polivinilo de una tarjeta de crédito, el policarbonato de los cristales de los faros de un coche, la porcelana y las fibras ópticas.

Las cadenas gigantes se forman por la repetición sucesiva de un mismo monómero, tal es el caso del polietileno de las bolsas de plástico, el polipropileno de los estuches de las redes de pesca (figura 5.4), o el polivinilo de las tarjetas de crédito; o bien por la reacción entre diferentes monómeros, como el nailon de las medias (figura 5.5) o el polietilentereftalato de las botellas de refresco.

La síntesis de los polímeros ha servido para salvar especies en vías de extinción, como los elefantes y las tortugas; conservar materiales naturales, como la madera, el cuero, el algodón y los metales, y abaratar los costos. No obstante, la materia prima para fabricar gran parte de los polímeros es el petróleo, un recurso natural no renovable; su uso también representa algunos problemas, pues las propiedades de los polímeros, como su durabilidad, poca reactividad y diversidad, propicia que sea difícil desecharlos y reciclarlos.

En este contexto, es importante que reflexionemos y valoremos el alcance de la utilización de los polímeros, así como el impacto relacionado con su uso, para ser consumidores más responsables.

## Proyecto

### Desafío:

Fabricar un objeto a partir de materiales poliméricos reciclados, como un juguete, una máscara, un artículo de escritorio o algún otro.

### Primer acercamiento

- Indaguen la cantidad de materiales poliméricos sintéticos empleados en la vida diaria.
- Recolecten distintos objetos plásticos de uso cotidiano.
- Busquen el código de identificación que viene impreso en los objetos. Éste es un número rodeado por tres flechas (figura 5.6). Ubiquen en la tabla 5.1 a qué polímero se refiere e investiguen su estructura molecular.
- Elaboren una tabla para vaciar la información que recabaron y contesten las siguientes preguntas.
  - ¿Qué productos se fabrican con los polímeros?
  - ¿Cuál es el polímero más utilizado?
  - ¿Cuáles contaminan más?
- Integren el documento al portafolio.

### Conociendo a los polímeros

- Estudien las propiedades y aplicaciones de los polímeros.
- De los objetos recolectados, seleccionen uno de cada polímero y diseñen un experimento que les permita investigar algunas de sus propiedades: densidad, elasticidad, resistencia a la tensión, ruptura e impacto o en qué sustancia se disuelven.
- Con los resultados obtenidos, hagan una tabla como la siguiente, para comparar las propiedades de los polímeros.

Propiedades	1 PET	2 PEAD	3 PVC	4 PEBD	5 PP	6 PS	0 Otros



Figura 5.6 Símbolo de identificación de polímeros.

- Con base en estos datos, elaboren una hipótesis para explicar los diferentes usos que tienen.
- Contrasten sus hipótesis con lo reportado en las fuentes de información.
- Elaboren un resumen sobre los nuevos conocimientos que adquirieron acerca de los polímeros.
- Busquen en libros, internet, revistas de divulgación y periódicos otros aspectos relacionados con los polímeros.
  - Entre equipos, sorteen los siguientes temas.
    - Historia de su descubrimiento.
    - Ventajas e inconvenientes de su uso.
    - Avance en la industria.
    - Reciclado.
  - Preparen una exposición de aproximadamente 10 minutos para presentar los resultados de su investigación frente al grupo.

Tabla 5.1 Código de identificación de polímeros

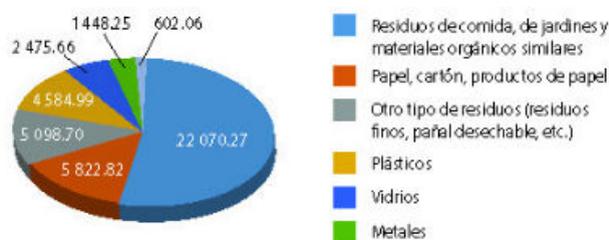
Clave	Nombre
1 PET	Polietileno-tereftalato
2 PEAD	Polietileno de alta densidad
3 PVC	Polivinilo
4 PEBD	Polietileno de baja densidad
5 PP	Polipropileno
6 PS	Poliestireno
0 Otros	Otros

- Reúnanse con los demás equipos. Nombren un moderador y un secretario. Cada equipo dispondrá de 10 minutos para presentar su investigación. El secretario tomará notas.
- Elaboren un mapa conceptual entre todo el grupo a partir de sus notas.
- Integren al portafolio los documentos que consideren importantes.

### Reducir, reutilizar y reciclar

Lee el siguiente texto y haz lo que se indica.

Composición de los RSU por tipo de residuos, 2012  
(Miles de toneladas)



Fuente: Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. Sedesol. México. 2012.

Gráfica 5.1 Generación de residuos en México durante 2012, separados según su tipo.

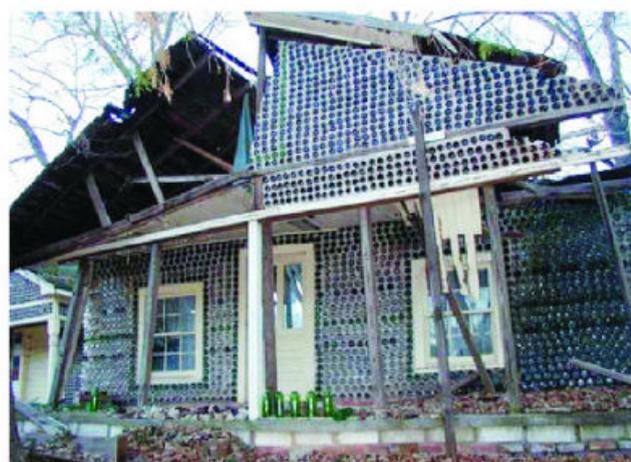


Figura 5.7 Casa hecha con botellas de plástico en Serbia, 2007.

- Anoten las palabras cuyo significado no conozcan y búsquenlas en el diccionario.
- Resuman las ideas principales del texto.
- ¿Por qué la producción mundial de polímeros continúa siendo tan abundante a pesar de los serios problemas ecológicos que generan?
- Si en sus manos estuviera decidir usar bolsa de plástico o bolsa de papel, ¿qué harían? Hagan una lista de las ventajas y desventajas de su decisión.
- Diseñen el objeto que van a fabricar a partir de la reutilización de plásticos y fibras empleadas en su vida cotidiana. De acuerdo con el uso que le vayan a dar y la edad

de las personas a las que va dirigido, determinen qué propiedades deben presentar estos materiales y selecciónenlos.

- Hagan una lista de las herramientas que necesitarán para fabricarlo.
- Integren los documentos que consideren al portafolio.

### Llevar a cabo la propuesta

Tomen fotografías durante todo el proceso y escriban un reporte en el que se especifiquen las características generales de cada polímero utilizado en su invento; incluyan los modelos sobre su estructura química y un esquema que explique las partes y funcionamiento del objeto. Mencionen los beneficios ecológicos que acarreará su uso e integren el documento al portafolio.

### Comunicar los resultados

Reúnanse con los otros equipos y organicen una *feria de las ciencias* para difundir a su comunidad escolar los proyectos realizados en este bloque.

### Evaluación

Esta etapa del proyecto nos indica cuánto hemos logrado, tanto en la búsqueda como en el aprendizaje. Junto a su docente, analicen los trabajos realizados y presentados en cada sección del portafolio para verificar el avance y conocimiento que tuvieron acerca de los polímeros. De esta manera les quedará claro en dónde hay dudas y qué necesitan mejorar en su desempeño. Las siguientes fuentes de información serán muy útiles.

### Libros:

- María Laura Cornish Alvarez, *El ABC de los plásticos*, México, UIA, 1997.
- Georgina Rosales Rivera y Luz Margarita Guzmán Arellano, "Los polímeros sintéticos en el siglo XX", en *Estampas de la Ciencia II*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999 (La Ciencia para Todos, 174), pp. 116-147.

### Revista ¿Cómo ves?:

- Agustín López Murguía, "No pegues tu chicle", en *¿Cómo ves?*, México, núm. 81, 2005, pp. 10-14.
- Roselia Medina Tinoco, "Plásticos biodegradables", en *¿Cómo ves?*, México, núm. 79, 2005, pp. 22-25.
- Ana María Sosa, "Los plásticos: materiales a la medida", en *¿Cómo ves?*, México, núm. 43, 2002, pp. 22-25.
- Marcelino Montiel Herrera, "La química click. De basura a material inteligente", en *¿Cómo ves?*, núm. 207, 2016, pp. 30-33.

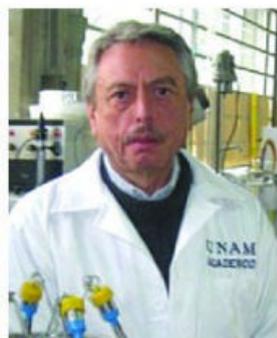
### Sitios de internet:

- Universidad del Sur de Mississippi. Macrogalería. *El maravilloso cibermundo de los polímeros*, Estados Unidos de América, 1996, disponible en <http://www.pslc.ws/spanish/index.htm> (Consulta: 25 de junio de 2016).

### TIC

Para aprender más acerca de la síntesis de los polímeros y sus aplicaciones, busca en la videoteca de tu escuela: Roald Hoffmann, *La era de los polímeros* (video), Estados Unidos de América, The Annenberg/CBP Project, 1983 (Col. El mundo de la química, 11).

## La química en acción



Joaquín Palacios Alquicira. Ingeniero químico con maestría en Físicoquímica y doctorado en Química Físicoquímica. Trabaja en el laboratorio de Físicoquímica Macromolecular de la Facultad de Química de la UNAM.

## Polímeros

## ¿Por qué son importantes los polímeros?

Porque se usan desde cosas tan sencillas como los empaques, hasta de mayor importancia en la medicina, la ciencia del espacio y los transportes.

## ¿Cuál es el polímero que más se utiliza?

El polietileno; se utiliza para fabricar desde las bolsas del supermercado hasta el recubrimiento de cables.

## ¿Cómo se decide que un polímero sirve para envasar un alimento?

Un envase para alimentos debe tener una gran estabilidad química, es decir, no debe reaccionar con el alimento; también su permeabilidad; en otras palabras, no debe dejar entrar el oxígeno del aire ni dejar salir el dióxido de carbono.

## ¿Qué factores degradan a un polímero?

Básicamente la temperatura, algunos reactivos como ácidos y bases fuertes, la acción mecánica, las radiaciones ultravioleta del Sol y el oxígeno.

## Se dice que los polímeros se van acumulando y van deteriorando el ambiente; ¿consideras que esto es una desventaja?

No es una desventaja, sino un mal uso de los materiales, por eso se trabaja mucho en los reciclados. Los países con tecnologías avanzadas reciclan los materiales, de modo que los problemas de acumulación y contaminación son muy pocos.

## ¿En qué consisten las técnicas de reciclamiento?

Para reciclar los polímeros hay cuatro técnicas. El *reciclado primario*, que consiste en reutilizar los polímeros dentro del mismo proceso en que se ha producido, por ejemplo, los envases retornables de bebidas gaseosas. En el *reciclado secundario* se mezclan con otros polímeros para mejorar sus propiedades. El PET mezclado con el asfalto hace que éste se integre mejor al suelo y que no se disperse ni se desparrame. En el *reciclado*

*terciario* los polímeros se degradan para obtener nuevamente los monómeros o reactivos de partida y con ellos fabricar otros materiales. Por ejemplo, con el PVC reciclado se fabrican suelas para zapatos. Finalmente, en el *reciclado cuaternario* se incineran los polímeros para recuperar la energía que acumulan y utilizarla como una fuente alterna de energía. En algunos países de Europa y Asia es muy utilizado este proceso.

## ¿Has realizado investigaciones sobre alguna de estas técnicas?

Sí, actualmente investigamos la compatibilidad de mezclas de poliámidos que, como el nailon, presentan muy buenas propiedades y se consideran plásticos de ingeniería, pero tienen baja resistencia al impacto.

## ¿En qué otros proyectos estás trabajando?

Actualmente trabajamos en la síntesis de polímeros utilizando microondas como medio de activación para las reacciones de polimerización para lograr altos rendimientos y mayores velocidades de reacción.

También se trabaja en la síntesis de membranas poliméricas para la separación de gases, que se ha convertido en un problema de mucha relevancia. Por ejemplo, en la industria petrolera, la separación de hidrocarburos gaseosos de baja masa molar como el metano, etano, propano y butano de gases, como el dióxido de carbono y el nitrógeno, es muy importante, pues estos últimos producen graves problemas de corrosión en los ductos.

## ¿Qué satisfacciones has tenido del trabajo?

Contribuir al desarrollo de la ciencia de los polímeros en México, abrir nuevos campos de investigación y, sobre todo, haber formado a más de 70 profesionales en el área de los polímeros.

## ¿Qué te gustaría decir a los estudiantes?

La escuela es fundamental: los forma para la vida, ya que les da herramientas para que tengan la capacidad de solucionar problemas.

## B. ¿Qué aportaciones a la química se han generado en México?

Como muchos otros países, México ha visto nacer o formarse a grandes químicos que han aportado conocimientos, investigaciones y descubrimientos a esta ciencia. Entre las aportaciones que nuestro país ha dado al mundo en este campo destacan, en primer lugar, el descubrimiento del elemento 23 (Vanadio) realizado por Andrés Manuel Del Río en 1801 (*figura 5.8*); en segundo lugar, la síntesis de la noretisterona, compuesto activo base del primer anticonceptivo oral sintético, mejor conocido como *píldora anticonceptiva*, el 15 de octubre de 1951 por Luis Ernesto Miramontes Cárdenas (*figura 5.9*) y, en tercer lugar, las investigaciones de José Mario Molina Pasquel y Henríquez acerca de los efectos dañinos de los gases clorofluorocarbonados (CFC) sobre la capa de ozono, a finales del siglo XX, motivo por el que le fue otorgado el premio Nobel de Química en 1995 (*figura 5.10*).

Algunas aportaciones llevadas a cabo actualmente son las investigaciones de Francisco Bolívar Zapata, cuyo trabajo es pionero en el mundo en el área de la biología molecular y biotecnología; las investigaciones de Eusebio Juaristi, líder mundial del estudio del efecto anómérico, así como el descubrimiento de la composición química del pigmento azul maya, a cargo de Constantino Reyes-Valerio.

Cabe destacar que esta nutrida investigación científica viene desde siglos atrás. Los códices, crónicas y obras artísticas revelan el alto grado de evolución alcanzado por las culturas mesoamericanas en los campos de la minería, metalurgia, herbolaria y conservación de alimentos. Por ejemplo, el documento *Relación de Michoacán*, el *Códice Nuttall* y la colección de objetos encontrados en la tumba 7 de Monte Albán (*figura 5.11*), revelan que los dos grandes grupos metalurgistas de la época prehispánica fueron los tarascos (Michoacán, Colima y partes de Jalisco, Guerrero, Querétaro y Guanajuato) y los mixtecos (Oaxaca, Puebla y Tlaxcala), de quienes sobresalen sus trabajos en cobre y oro, respectivamente.

Durante la Colonia, la minería y la metalurgia cobraron gran importancia como actividades económicas; además, en esta época se dieron dos hechos importantes en el desarrollo científico de esta actividad; el primero en 1555, cuando se creó la primera industria minera en Pachuca, debido a un nuevo proceso de recuperación de la plata por amalgamación con mercurio, inventado por Bartolomé de Medina. El segundo se dio a finales del siglo XVIII, cuando los monarcas españoles implantaron en sus dominios una serie de reformas de orden social, económico, político y científico-tecnológico; en consecuencia, se mandaron expediciones científicas y fundaron instituciones académicas, donde se enseñara y aplicara la *nueva ciencia*: el Real Jardín Botánico en 1788 y el Real Seminario de Minería en 1792. A este último perteneció Andrés Manuel Del Río como profesor.

La población mexicana es heredera de una rica tradición científica que bien vale la pena conocer para darle su justo lugar.



Figura 5.8 Andrés Manuel Del Río.



Figura 5.9 Luis Miramontes.



Figura 5.10 Mario Molina.



Figura 5.11 Pectoral de oro con la imagen de Mictlantecutli. Tumba 7 (Monte Albán, Oaxaca).

## Proyecto

## Desafío:

Hagan una historietita que describa la historia de la química en nuestro país, así como las aportaciones más importantes hechas por científicos mexicanos en este campo.

## Elementos a investigar

- Aportaciones a la química de las culturas mesoamericanas en diferentes ámbitos de la vida (conservación de alimentos, metalurgia, pigmentos y colorantes, fármacos).
- Aspectos relevantes de la vida personal, social y profesional de Bartolomé de Medina, Fausto de Elhuyar, Andrés Manuel Del Río, Leopoldo Río de la Loza y Vicente Ortigosa, Luis Ernesto Miramontes Cárdenas y Mario Molina.
- Contribuciones más importantes de estos científicos y el impacto de su trabajo.
- Contexto económico, político, cultural, social y científico de sus contribuciones.

Las siguientes fuentes de información serán muy útiles.

## Libros:

- Andoni Garritz Ruiz (Comp.), *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, México, UNAM, 1991.
- Andoni Garritz Ruiz y José Antonio Chamizo, *Del tequesquite al ADN. Algunas facetas de la química en México*, 2a. ed., México, Fondo de Cultura Económica, 1997 (La Ciencia para Todos, 72).

Revista *¿Cómo ves?*:

- Consuelo Cuevas Cardona, "Nuestro pasado científico", en *¿Cómo ves?*, México, núm. 18, 2000, pp. 26-28.
- Lilia Vidal Miramontes "Un inventor mexicano que revolucionó al mundo", en *¿Cómo ves?*, México, núm. 67, 2004, pp. 16-19.

Revista *Educación química* (Facultad de Química, UNAM):

- Felipe León Olivares, "Syntex, una historia mexicana y su divulgación en el bachillerato", en *Educación Química*, vol. 12, núm. 3, 2001, pp. 175-178.
- Felipe León Olivares, "Luis E. Miramontes Cárdenas y la investigación aplicada de los compuestos 19-noresteroides", en *Educación Química*, vol. 14, núm. 1, 2003, pp. 47-51.
- Felipe León Olivares, "Pioneros de la investigación científica del Instituto de Química de la UNAM", en *Educación Química*, vol. 17, núm. 3, 2006, pp. 335-342.

## Internet:

- Clara López Guzmán (Coord.), Mario Molina, UNAM, s.f., disponible en <http://www.nobel.unam.mx/molina/index.html> (Consulta: 25 de junio de 2016).

## La química en acción

## Forjadores de la química en México



Luis Ernesto Miramontes Cárdenas (1925-2004).

Entrevista concedida por el doctor Octavio Miramontes Vidal, investigador titular del Instituto de Física de la UNAM, hijo de Luis Ernesto Miramontes Cárdenas.

## ¿Qué personas o hechos despertaron en Luis Miramontes su pasión por el conocimiento científico?

Mi padre tuvo tres grandes influencias. Cuenta en su biografía que la más grande motivación para que se hiciera un científico fue su tía María Dolores Cárdenas Aréchiga, quien luchó al lado de Pancho Villa con el cargo de mayor en el ejército de la División del Norte. Cuando terminó la guerra, Dolores Cárdenas se incorporó como profesora rural en tiempos de Lázaro Cárdenas. Ella se hizo cargo de la educación de Luis Miramontes y le implantó la idea de la superación personal por medio del conocimiento.

La segunda influencia fue el ingeniero Francisco Mengibar, quien le ayudó a conseguir una beca y lo alentó a continuar sus estudios en la Ciudad de México. Terminada la secundaria en Nayarit, Miramontes se trasladó a la capital para estudiar en la Escuela Nacional Preparatoria Núm. 1 de la UNAM, luego cursó la carrera de Ingeniería Química en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas—hoy Facultad de Química—de la misma casa de estudios para, posteriormente, incorporarse al Instituto de Química, recién inaugurado en 1941.

Otra gran influencia fue la lectura del libro *Cazadores de microbios*, donde se narran todas las experiencias y peripecias de los creadores de vacunas. Contaba que cuando lo leyó dijo: "yo quiero ser uno de ellos".

## ¿Cómo llegó a Syntex y qué investigaciones llevó a cabo en esta compañía?

Hacia 1949, Syntex, una empresa mexicana recién formada en 1944, se había convertido en una empresa líder en la producción de hormonas esteroides, por lo que las personas que la dirigían pensaron que la mejor manera de fortalecer la investigación y generar nuevos procesos científico-tecnológicos era reclutar a los jóvenes talentos que había en México.

"Presenciar y constatar la influencia determinante que ha tenido el descubrimiento del primer antiovitatorio activo por vía oral, para romper las viejas barreras ideológicas y transformar valores humanos en el ámbito mundial, constituye, tal vez, la mayor satisfacción y honor que he recibido en mi carrera como investigador."

Así, se dirigieron al Instituto de Química de la UNAM y contrataron a un grupo de investigadores y jóvenes estudiantes de doctorado, entre los que se encontraba mi padre, Luis Miramontes.

En 1951, Luis Miramontes investigaba la síntesis de los compuestos 19-noresteroides; así, el 15 de octubre consiguió sintetizarla 19-nor-17- $\alpha$ -etioniltestosterona conocida comercialmente como noretisterona o noretindrona (figura 5.12) que hasta el día de hoy es uno de los ingredientes activos de los anticonceptivos orales que toman millones de mujeres en casi todo el mundo. El registro de la patente se hizo el 22 de noviembre de 1951, que finalmente fue concedida el 1 de mayo de 1956.

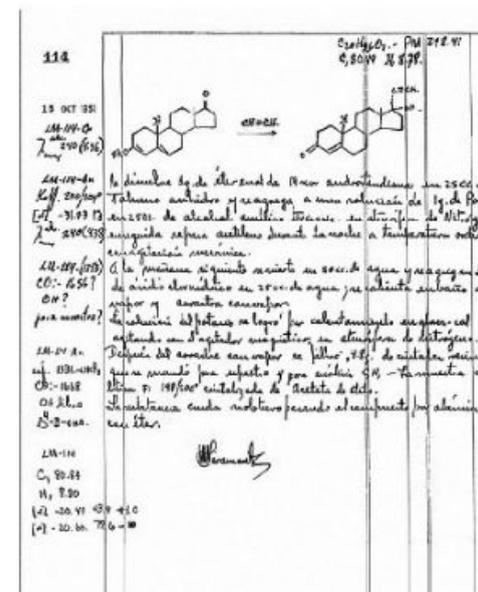


Figura 5.12 Bitácora de Luis E. Miramontes en los Laboratorios Syntex, que muestra con su letra, los pasos finales en la síntesis de la noretisterona. Fotografía cortesía de la Familia Miramontes-Vidal y del Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.

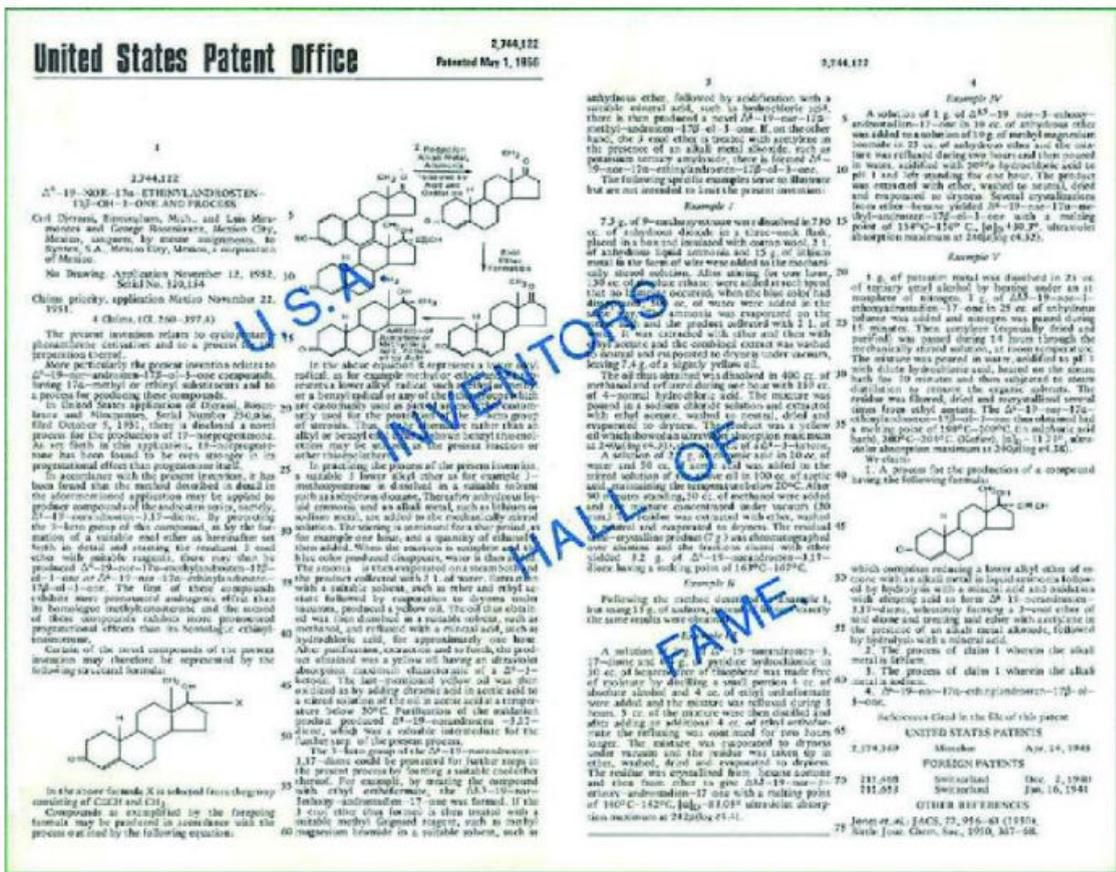
**¿Cuál es el impacto social de esta invención?**  
El impacto social de la píldora anticonceptiva es enorme. Primero, frenó de manera importante el exceso de población y le dio al planeta varias décadas de respiro. Segundo, hizo posible la emancipación de la mujer. Mi padre comentaba que cuando él estudió química, en la década de 1940, tuvo una sola compañera estudiante. A partir de los años 60, las mujeres adquirieron la posibilidad de estudiar, escribir libros, ser directoras de empresas, profesoras universitarias, es decir, tener un trabajo y una vida no predestinada a ser exclusivamente reproductora y procreadora de hijos. Esto repercutió en todos los ámbitos de la sociedad. Sin embargo, a pesar de la trascendencia de su obra y de ser el investigador mexicano que más patentes registradas tiene en toda la historia del país —cerca de 40—, Luis Miramontes no tiene aún el reconocimiento suficiente entre la sociedad mexicana.

**¿Cuáles son los reconocimientos que recibió en el mundo?**  
En 1978, en Estados Unidos de América, la patente de la noretisterona fue elegida como una de las más importantes y se le colocó en el Salón de la Fama de los Inventores de Estados

Unidos (figura 5.13), al mismo nivel de inventores que Pasteur o Edison. En 2004, la Asociación Internacional de Ingenieros llamada (*Engineering and Technology Board*, ETB), con sede en Inglaterra, eligió la píldora anticonceptiva como la cuarta invención más trascendente de toda la humanidad. En 2011, Miramontes fue elegido por la IChemE (Institution of Chemical Engineers del Reino Unido) como uno de los más influyentes ingenieros químicos de toda la historia.

**¿Cómo era Luis Miramontes?**  
Siempre estuvo en contacto con los jóvenes, y prácticamente hasta el día de su jubilación dividió su vida entre la docencia, la industria farmacéutica y la investigación. Era un hombre honesto, creativo, comprometido con su país y con la ciencia, con una serie de valores éticos muy importantes.

**¿Qué mensaje cree que Luis Miramontes les daría a los jóvenes?**  
Les diría que sean personas dedicadas, estudiosas, honestas y comprometidas en cómo hacer ciencia, sobre todo en química, que es muy aplicada para resolver problemas de su país.



**Figura 5.13** La noretisterona está registrada por la patente USA 2744 122 y forma parte del Salón de la Fama de Inventores de Estados Unidos de América. Fotografía cortesía de la familia Miramontes-Vidal y del Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México.

### C. ¿Cuáles son los beneficios y riesgos del uso de fertilizantes y plaguicidas?

La agricultura moderna ha dado sustento a una población mundial que aumenta a un ritmo acelerado. Esto ha sido posible, en parte, gracias a una creciente utilización de fertilizantes industriales con el propósito de incrementar el rendimiento de los cultivos y una amplia variedad de productos fitoquímicos (herbicidas, fungicidas, pesticidas) para controlar las plagas. Sin embargo, este hecho ha traído graves consecuencias medioambientales, como la contaminación de los cuerpos de agua contiguos a espacios agrícolas y la desaparición de recursos bióticos silvestres, entre otros. Esto es una realidad, pero también lo es que los fertilizantes sintéticos y los plaguicidas son dos de los factores que han contribuido a resolver parcialmente la demanda alimentaria de más de 500 millones de niños en riesgo de desnutrición.



**Figura 5.14** Las catarinas o mariquitas (*Chilomenis lunata*), que se alimentan de insectos, son criadas masivamente en biolaboratorios para después distribuir las en los campos agrícolas afectados por plagas que ellas pueden combatir.

Por lo anterior, la agricultura enfrenta un gran reto: conseguir que los modos de producción aplicados estén regidos por un criterio ecológico; es decir, obtener una producción mayor y un control de plagas menos agresivo al ambiente.

Una alternativa es la implementación de métodos de producción y de control químico de plagas con medios naturales, como la incorporación de materiales orgánicos al suelo (estiércol, rastrojo de cosechas, hojarasca) para aumentar su fertilidad y la incorporación de depredadores naturales, o el uso de extractos de plantas para controlar las plagas (figura 5.14).

### Proyecto

**Desafío:**  
Elaborar un fertilizante y un plaguicida orgánico que utilicen los agricultores de la comunidad donde viven, de alguna comunidad cercana, o en las áreas verdes de su escuela.

**Elementos a investigar**  
Para conocer qué tipo de fertilizante y plaguicida requiere la comunidad de estudio averigüen:

- a) ¿Por qué son necesarios los fertilizantes y plaguicidas?  
¿Cuáles son los requerimientos nutrimentales del suelo en la comunidad?  
¿Qué fertilizantes se utilizan para tal fin?  
¿Cuál es su composición química?  
¿Cómo y con qué frecuencia se aplican?  
¿Qué impacto ambiental y en la salud implica el uso de estos productos químicos?  
¿Cuál es el costo económico?
- b) ¿Qué tipo de plagas son las más comunes en zona?  
¿Qué plaguicidas se utilizan para atacarlas?  
¿Cuál es su composición química?  
¿Cómo y con qué frecuencia se aplican?  
¿Qué impacto ambiental y en la salud implica el uso de estos productos fitoquímicos?  
¿Cuál es el costo económico?

Una vez identificadas las necesidades investiguen:

- a) ¿Qué diferencias hay entre fertilizantes y plaguicidas sintéticos y orgánicos?  
¿Cuáles son las ventajas y desventajas entre la agricultura intensiva y la biológica?  
¿Qué características debe tener el fertilizante que van a preparar?  
¿Cómo preparar un fertilizante orgánico?  
¿Cómo se prepara una dosis?  
¿Cómo y con qué frecuencia se debe aplicar?  
¿Qué ventajas y desventajas presentará el fertilizante orgánico que prepararán respecto al que utilizan los agricultores?
- b) ¿Qué plantas, árboles y animales pueden utilizarse como plaguicidas orgánicos?  
¿Cómo se prepara una dosis?  
¿Cómo y con qué frecuencia se debe aplicar?  
¿Cuáles son los beneficios y riesgos?  
¿Qué ventajas y desventajas presentará el plaguicida orgánico que prepararán respecto al que utilizan los agricultores?

Las siguientes fuentes de información serán muy útiles:

#### Libro:

- Jean-Paul Charvet, "La alimentación y la agricultura en el mundo", "Transformaciones del consumo y la producción", "Producir más y mejor", en *La alimentación, ¿qué comemos?*, México, Larousse, 2004 (El mundo contemporáneo), pp. 8-27, 28-51, 68-85.

#### Revista ¿Cómo ves?:

- Gertrudis Uruchurtu, "¿Orgánico es lo mejor?", en *¿Cómo ves?*, México, número 74, 2005, pp. 22-25.

#### Internet:

- EUFIC, Documentos básicos: *Agricultura*, junio de 2006, disponible en <http://www.eufic.org/article/es/page/BARCHIVE/expid/basics-agricultura/> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- FAO-IFA, *Los fertilizantes y su uso: Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*, disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico, *Elaboración de plaguicidas orgánicos*, disponible en <http://www.slideshare.net/ocelotlunam/plaguicidas-organicos-17263180> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Laboratorio de Análisis de Pesticidas del Bajío, *Recetas de abonos y plaguicidas naturales*, disponible en <https://reaxionatural.files.wordpress.com/2011/08/abonos-y-plaguicidas.pdf> (Consultado: 20 de enero de 2017).
- Luis Echarri Prim, *Ciencias de la Tierra y del medio ambiente*, España, Editorial Teide, 1998, disponible en <http://www.tecmun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/indice.html> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Elisa I. Félix Berrueto, *Tendencias actuales de los fertilizantes y perspectivas para 2016*, disponible en <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/237/ca237-40.pdf> (Consulta: 25 de junio de 2016).

## La química en acción

### Otras vías de producción agrícola



Francisco Cruz Gómez. Ingeniero químico. Trabaja en el Colegio de Bachilleres y la Unidad de producción de cultivos orgánicos en Santa Cecilia, Xochimilco.

#### Además de dar clases, ¿a qué otra actividad te dedicas?

Al cultivo de productos orgánicos. Junto con mi familia, estamos produciendo jitomate, lechuga, brócoli, maíz, calabaza, chilacayote y frijol orgánicos.

#### ¿Qué es un producto orgánico?

Son productos que se obtienen mediante métodos de crianza y cultivos naturales, sin añadir hormonas, fertilizantes y plaguicidas sintéticos que dejen residuos de más de quince días.

#### ¿Cómo obtienen el fertilizante?

Utilizamos composta orgánica, es decir, abono obtenido de la descomposición de los residuos orgánicos (desperdicios de comida). Para su fabricación, los residuos de los alimentos los mezclamos con huesos, aserrín, hojas, carbón en polvo, agua, piloncillo y levadura. La mezcla se intercala con capas de tierra. Este abono se utiliza antes de iniciar la siembra, durante la siembra y para la cosecha. Se preparan disoluciones de la misma composta, las cuales se aplican en la hoja y flor para tener una mejor producción.

#### ¿Qué cuidados debes de tener en la fabricación de la composta?

Todos los días se tiene que remover para que tenga una buena ventilación, ya que las temperaturas que se alcanzan durante la fermentación son de alrededor de 70 °C.

Otro factor que hay que controlar es la humedad. Cuando la tomas en el puño y la comprimes no debe escurrir agua.

#### ¿Por qué le agregan piloncillo, agua y levadura?

Las bacterias y los organismos del suelo se encargan de la descomposición de la materia orgánica; sin embargo, el proceso es muy lento, de tres a cuatro meses. Si le agregas levadura, tarda quince días, pues la levadura es una forma inactiva de un hongo unicelular que cuando se vuelve a hidratarse se activa. Si además le proporcionas azúcar (piloncillo)—que es su alimento—comienza a reproducirse. De esta manera se potencia la acción de los microorganismos y el proceso se acelera.

#### ¿Para qué le agregan huesos, hojas y arcilla?

Para incrementar los nutrientes. Por ejemplo, el hueso enriquece la composta con fósforo.

#### ¿Cómo controlan las plagas?

Utilizamos infusiones de chile, ajo y cebolla. Por ejemplo, las palomas y mariposas se controlan con esta infusión. No se eliminan totalmente, pues sirven para polinizar y como controladores de otras plagas. También se llega a utilizar el azufre.

#### ¿Qué ventajas tienen los productos orgánicos sobre los alimentos convencionales?

En la producción de los alimentos convencionales, el excedente del fertilizante sintético se va a los mantos freáticos y contamina el agua. Por otro lado, al aplicar un solo tipo de nutriente, se va erosionando el suelo.

En cambio, en los productos orgánicos no se tiene este tipo de problemas, pues conservas el suelo y, en las grandes urbes como la Ciudad de México, mantienes a raya la mancha urbana, ya que al cultivar esos terrenos no se permite que se utilicen para construcción. No tienen efectos nocivos para salud, ya que ni en la cáscara ni en el interior del fruto hay residuos de pesticidas o plaguicidas.

En el caso de los alimentos convencionales, habitualmente, para obtener una cierta producción, los frutos se hacen madurar en cámaras cerradas con óxido de etileno. Esto provoca que los azúcares no se desdoblen de manera adecuada y, por lo tanto, tengan un sabor insípido.

En contraste, en los alimentos orgánicos otra ventaja que presenta es el sabor. Como son productos que maduran en la planta en un proceso muy cercano a la cosecha y la venta, esto hace que tengan un ciclo de maduración normal, por lo que se pueden percibir los olores y sabores naturales. La gente que consume nuestros productos ha comentado que con dos jitomates es suficiente para darle color y sabor a la sopa.

Además, no es necesario desinfectarlos; para su consumo es suficiente una lavada, pues para regar los cultivos utilizamos agua tratada o recolectada. En nuestra unidad de producción tenemos una cisterna de trescientos mil litros que capta agua de lluvia. Por tanto, no tenemos el problema de microorganismos patógenos dentro de los cultivos.

#### ¿Qué desventajas le encuentras?

El precio. Actualmente son muy caros y por lo tanto no están al alcance de la mayoría de la población. Otra es que la producción se hace a escala pequeña o mediana.

#### ¿Qué te gustaría decirles a los jóvenes?

En la medida en que lean y se informen, aprenderán a consumir alimentos más sanos y nutritivos. También los invito a crear sus propios huertos o granjas, para consumo y/o para venta. Estas unidades de producción son una manera ecológica de producir; tal vez parezcan medidas aisladas, pero ya sumadas tienen un cierto impacto en el medio ambiente.



Figura 5.15 Algunos de los productos que elabora Rocío.

### Glosario

**Cosmético.** Preparación destinada a ser aplicada en el cuerpo o en alguna de sus partes, con el fin de limpiarlo, embellecerlo, hacerlo más atractivo o modificar su apariencia.

### D. ¿De qué están hechos los cosméticos y cómo se elaboran?

María del Rocío Jiménez, además de dar clases, tiene un pequeño negocio donde elabora 33 productos entre limpiadores de piso, suavizantes de telas, extractos medicinales y cosméticos (cremas, champús, lociones, desodorantes, entre otros productos) (figura 5.15).

Ella ubica en su juventud su inclinación por las ciencias, que más tarde la llevó a estudiar la carrera de Ingeniería Bioquímica: “Desde joven me preparaba mis mascarillas y aceites para la piel”. Nos cuenta que comenzó examinando las etiquetas de los productos y comprando los que le gustaban. Después se propuso una meta: mejorar la formulación, bajar el costo y utilizar los recursos que estaban a su alcance.

Rocío nos recibe en su casa y comparte con nosotros sus afanes y logros obtenidos con su trabajo.

El champú es uno de los productos que más fabrica, al respecto nos comenta: “La formulación de un champú líquido es esencialmente una mezcla de jabón, agentes espumantes, conservadores, sales y agua como disolvente (tabla 5.2). El perfume y el color se le agregan solamente para dar olor y buena presentación”.

Tabla 5.2 Formulación de un champú

Ingredientes	Proporción	Función
Lauril sulfato de amonio	20%	Detergente, humectante y espumante
Lauril sulfato de sodio	10%	Detergente, humectante y espumante
Cocoamida	2%	Agente espumante, emoliente y brillo
Metil parabeno	0.5%	Conservador
Agua	65.5%	Disolvente
Esencia	2%	Perfume
Color	al gusto	Color

Prosigue con su relato: “Si no se cuenta con el lauril sulfato de sodio, el jabón puede prepararse con aceites vegetales —coco, ricino, linaza, oliva— e hidróxido de potasio. También es conveniente hacer notar que, aunque el disolvente de un champú es predominantemente agua, pueden utilizarse disolventes no acuosos como la glicerina y el etilenglicol, en una concentración no mayor de 5% en masa, para disolver ingredientes que no son solubles en agua”.

Para mejorar la calidad del champú incluye en las formulaciones otros componentes y aditivos, a lo cual nos dice: “A la formulación básica se le pueden agregar proteínas para nutrir el cabello. Por ejemplo, acostumbro añadir derivados del trigo, del arroz o colágeno. También empleo extractos de flores o hierbas. El de manzanilla sirve para aclarar el cabello y limpiar bien el cuero cabelludo, además es antiséptico; el de romero le da frescura y generalmente es para cabellos oscuros”.

Al preguntarle qué factores controla durante el proceso de producción, responde: “El pH de mis champús es de 5.5 a 6. Si necesito disminuir el pH utilizo ácido cítrico, y para aumentarlo, dimetilamina. Por otro lado, el champú no debe ser tan delgado como el

agua ni tan espeso como la miel, por tanto, para regular la viscosidad utilizo una disolución de cloruro de sodio”.

Cuenta que cuando fabrica un producto lo hace para un uso específico; sin embargo, en ocasiones le encuentra otros usos. Enseguida nos da un ejemplo: “Hace tiempo que elaboro un abrillantador de plásticos a base de una mezcla de silicones con glicerina, que sirve, principalmente, para limpiar las llantas, tableros y laterales de los automóviles. En una ocasión, por accidente limpiaron el piso de mi casa con este producto, el resultado: un piso muy brillante, como si lo hubieran encerado. Desde entonces lo estamos utilizando para limpiar el piso de la casa. Otro uso que le encontramos es para el aseo de los zapatos: con pasar una estopa humedecida con este limpiador es más que suficiente para que los zapatos queden brillosos y limpios”.

Al término de nuestra conversación le pedimos un mensaje para los jóvenes: “Que estudien lo que realmente les interesa. Si eligen un oficio o una carrera universitaria y la ejercen con gusto y profesionalismo les irá bien en la vida. Así que dense la oportunidad de descubrir qué es lo que los hace más felices y trabajen para conseguirlo”.

¿Qué les parece si ahora ustedes elaboran un cosmético sano, original y diferente a los que se encuentran en el mercado? Sin duda, éste será un proyecto interesante y divertido.

### Proyecto

#### Desafío:

Diseñar y elaborar cosméticos de gran calidad y bajo costo a partir de productos químicos sintéticos o naturales que estén a su alcance y que puedan competir con aquellos vendidos por las grandes empresas líderes en el mercado.

### Elementos a investigar

#### 1. Estudio inicial:

- ¿Qué cosméticos son los más utilizados en su casa o en su comunidad?
- ¿Cuál es su precio?
- ¿De qué sustancias están constituidos y cuál es su función?
- ¿Qué cosméticos son necesarios o deseados por la gente?
- De los cosméticos que demanda la mayoría de la población, ¿cuál podría tener éxito en el mercado actual? En caso de que opten por un cosmético natural, ¿qué plantas y productos naturales pueden ser utilizados para elaborarlo y de qué tipo sería?

#### 2. Con respecto al cosmético:

- ¿Qué función desempeñan los ingredientes en la formulación del producto a elaborar?
- ¿Cómo actúa el producto en el cuerpo (suaviza el cabello, nutre la piel, exfolia, remueve, protege de los rayos UV-A y UV-B, refresca, revitaliza, reafirma, tonifica, etcétera)?
- ¿Quiénes lo podían comprar?
- ¿Cómo sería la presentación del producto al consumidor (envase, tamaño, etiquetado y publicidad)?
- ¿Cuál sería el costo de producción en comparación con productos de marca?

### Ciencia y tecnología

El karité protege la piel contra las agresiones exteriores como los rayos del sol; por este motivo es ideal para la elaboración de cremas de protección solar ecológica.

Las siguientes fuentes de información serán muy útiles.

#### Libro:

- Gardner D. Hiscox y Albert A. Hopkins, *El recetario industrial*, 2a. ed., México, Gustavo Gili, 1994.

#### Revistas:

- Héctor Riveros Rosas y Adriana Julián Sánchez, "Vitaminas en los cosméticos", en *¿Cómo ves?*, México, número 40, 2002, pp. 10-14.
- *Revista del consumidor*. Sección "Tecnología Doméstica Profeco", disponible en <http://revistadelconsumidor.gob.mx/?tag=tecnologia-domestica-profeco> (Consulta: 25 de junio de 2016).

#### Internet:

- Canipec, *Marco legal del sector cosmético*, México, disponible en [http://www.canipec.org.mx/woo/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28&Itemid=28](http://www.canipec.org.mx/woo/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=28) (Consulta: 25 de junio de 2016).

#### Revisar:

- Listado de sustancias prohibidas y restringidas para productos cosméticos: ACUERDO por el que se determinan las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza (*Diario Oficial*, versión viernes 21 de mayo de 2010).
- Normas oficiales mexicanas del sector cosmético. Norma Oficial Mexicana 141. Etiquetado para productos de perfumería y belleza preenvasados.
- Ejemplos de etiquetado.
- Erosky Consumer, *Ocho productos de belleza ecológicos y caseros*, disponible en [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2011/09/05/202963.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2011/09/05/202963.php) (Consulta: 25 de junio de 2016).
- MedlinePlus. *Cosméticos*, disponible en <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/cosmetics.html> (Consulta: 25 de junio de 2016).

## E. ¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas mesoamericanas?

Las culturas prehispánicas utilizaron diversos recursos naturales, como la tierra y el carrizo, y desarrollaron técnicas para elaborar materiales de construcción, tanto para sus viviendas como para sus centros ceremoniales, que tuvieran la propiedad de adaptarse a las condiciones del medio geográfico. Un ejemplo es el adobe, constituido básicamente de una mezcla de arena, arcilla, agua y otros aditivos como paja y heno seco, además de ser un buen aislante térmico y acústico. Sitios como La Venta, San Lorenzo Tenochtitlan y Tres Zapotes en la costa del Golfo, la Joya en Veracruz, Cholula en Puebla, ubicados en la región de Mesoamérica, Paquimé en Chihuahua, perteneciente a la región de Oasisamérica (*mapa 5.1*) son algunos ejemplos de la arquitectura a base de tierra.

En Paquimé (hoy Casas Grandes, Chihuahua), la población ocupaba unidades habitacionales construidas en varios niveles con muros de tierra apisonada o adobe, columnas de madera, techos de vigas y terrados que a lo lejos parecen laberintos (*figura 5.16*). El adobe permitía mantener una temperatura estable al interior de las habitaciones durante el día y en cualquier época del año, ya fuese en el calor extremo del verano o en los intensos fríos invernales. Los muros no se levantaban con tabiques, sino colando el adobe por medio de cimbras. Una característica especial de estas construcciones son los accesos en forma de T entre habitaciones, que servían para limitar la circulación del aire frío en invierno (*figura 5.17*).

El adobe aún sigue vigente en gran parte del territorio mexicano debido a su facilidad constructiva, bajo costo y el aislamiento térmico que provee al interior de los espacios.

Como éste, hay otros materiales que nuestros antepasados utilizaron en diversas áreas—construcción, cerámica, pintura, entre otros— y que sería muy interesante investigar.



Mapa 5.1 Regiones culturales del México prehispánico.

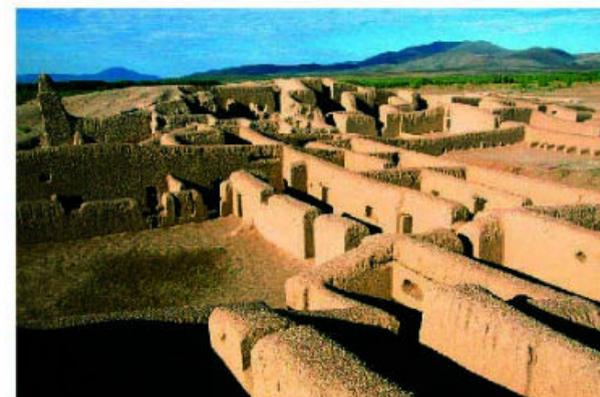


Figura 5.16 Vista de Paquimé, Chihuahua.



Figura 5.17 Puertas en forma de T, utilizadas para protegerse de las corrientes de aire.

## Proyecto

### Desafío:

Diseñar, elaborar y distribuir un folleto de divulgación acerca de los materiales que utilizaban la cultura prehispánica que haya habitado en la región donde ustedes viven.

### Elementos a investigar

- ¿En qué región cultural está ubicada la zona donde ustedes viven?
- ¿Qué cultura se desarrolló en ese lugar (mapa 5.2)?
- ¿Qué materiales constructivos, cerámicos, utilizaban?
- ¿Cuáles eran sus propiedades físicas y químicas?
- ¿Están vigentes actualmente?
- ¿Qué ventajas y desventajas presentan en relación con los empleados actualmente?

Las siguientes fuentes de información serán de gran utilidad.

### Libros:

- Luis Alberto Barba Pingarrón y José Luis Córdova Frunz, *Materiales y energía en la arquitectura de Teotihuacán*, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM, 2010.
- Luis Alberto Barba Pingarrón e Isabel Villaseñor (eds.), *La cal: historia, propiedades y usos*, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM, 2013.

### Revista:

- Artes de México y del Mundo, *Cerámica de Mata Ortiz*, México, Artes de México, núm. 45, 1995.

### Internet:

- Instituto Nacional de Antropología e Historia, disponible en <http://www.inah.gob.mx/> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Juan Antonio Siller, Nieves Sánchez Gómez, Emilio Moreno Chazarini y Luis Guardado Sánchez, *Materiales y sistemas constructivos empleados por las culturas del Golfo de México*, disponible en <http://www.equiponaya.com.ar/articulos/arqueo02.htm> (Consulta: 25 de junio de 2016).



**Mapa 5.2** Culturas que se establecieron en México durante la época prehispánica en las regiones de Mesoamérica, Aridoamérica y Oasisamérica.

## La química en acción

### Química y arqueología



Luis Alberto Barba Pingarrón. Ingeniero químico, con maestría en Geología y doctorado en Antropología. Trabaja en el laboratorio de Prospección Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM.

¡Hola!, Luis. ¿En qué consiste tu trabajo?

Hola. Consiste, principalmente, en el estudio de sitios arqueológicos mediante técnicas de prospección geofísica y química para indagar, desde la superficie, dónde se localizan, sin necesidad de hacer excavaciones. De esta manera sabemos a qué profundidad están las estructuras que forman el sitio arqueológico, qué características presentan y cuáles son sus dimensiones, todo antes de una excavación, de modo que, al ejecutar la excavación ésta sea más eficiente y menos destructiva, se abatan costos y tiempos y, además, se recupere el máximo de información arqueológica. Cabe aclarar que estas técnicas las utilizamos no sólo para localizar los sitios y sus estructuras, sino para entender las actividades realizadas por las personas que los habitaron y que dejaron sus residuos químicos en los pisos, cerámica, restos óseos, entre otros.

¿Nos das un ejemplo de la aplicación de las técnicas de prospección en arqueología?

A finales del 2012 fuimos invitados a realizar una prospección preliminar en sitios arqueológicos alrededor de Arica, al norte de Chile, famoso por sus momias Chinchorro, consideradas entre las más antiguas del mundo (7000-13500 años a.n.e.) y cuyos tratamientos funerarios compiten con las momias egipcias.

Con el objetivo de detectar dónde se localizan las enterramientos e investigar cuáles son las condiciones más adecuadas para hacer las excavaciones, nos trasladamos con nuestros equipos geofísicos (radar de penetración, magnetómetro) y técnicas geoquímicas a esa región.

Conseguimos trabajar en varios lugares y en todos ellos encontramos evidencias de elementos enterrados; en algunos sitios, estas cosas parecen ser entierros de ofrendas, probablemente de camélidos (llamas, alpacas, vicuñas); en otros lugares detectamos una gran cantidad de bultos funerarios con personas enterrados en cuclillas y envueltos en muchas mantas.

Estamos trabajando en el procesamiento de datos y la elaboración del informe. Una vez terminado, podremos publicar y comenzaremos a hacer las excavaciones de verificación y la recuperación de estos posibles entierros.

Sabemos que otra área de investigación en la que has incursionado es la tecnología prehispánica, ¿qué nos comentas al respecto?

De los materiales de construcción, uno de los que más me ha atraído estudiar es la cal. Este material requiere de un proceso técnico de transformación que implica someter la roca caliza a unos 800 °C, por un buen lapso de tiempo, para transformar los carbonatos en óxidos de calcio (*cal viva*) y, posteriormente agregarle agua produciendo la *cal apagada*, es decir, hidróxido de calcio. Éste es el material útil para la arquitectura, porque es una pasta que se aplica y forma recubrimientos para paredes, pisos, techos; además puede moldearse para hacer esculturas, bajorrelieves, etcétera.

Esta tecnología tiene un origen maya. Existen evidencias de que en el norte de Belice y de Guatemala se desarrolló la tecnología de transformar la roca caliza en pasta de cal, hacia el año 13500 a.n.e., después se dispersa en toda la península de Yucatán y alrededor del año 200 llegó a los teotihuacanos. Ellos fueron los primeros en usar la cal recubriendo todas las estructuras arquitectónicas de la ciudad de Teotihuacán.

¿Por qué se dice que la cal no sólo permitió el desarrollo de la arquitectura, sino que también creó las condiciones para la urbanización?

Cuando se concentran las poblaciones en condiciones que no son muy salubres, se generan con mucha facilidad enfermedades y epidemias, como ocurrió en la Edad Media en Europa, donde empezaron a crecer las ciudades sin las condiciones de salubridad adecuadas.

En Teotihuacán, con una población de más de 100 mil habitantes, no ocurrió eso, en parte, gracias a que contaban con sistemas de drenaje muy bien establecidos, pero también tenían pisos y paredes con cal.

Este material es muy limpio e impide la presencia de insectos y parásitos que se entierran en el piso de tierra.

Lo mismo ocurrió con los mayas; el hecho de tener pisos y muros de cal les facilitó enfrentar las condiciones adversas en la selva y tener condiciones más favorables para la ocupación y la aglomeración urbana, que es característica de las ciudades.

#### ¿Cómo consiguieron los mesoamericanos darle propiedades hidráulicas a la cal?

La producción de cales hidráulicas es otro desarrollo tecnológico que resultó de gran beneficio para los constructores de la época prehispánica, pues les facilitó construir los depósitos de agua, acueductos y todas las estructuras que requieran estar en contacto con el agua durante mucho tiempo, como calzadas, muelles, diques, puentes.

Descubrieron que mezclando la cal con compuestos de silíce que en la mayoría de los casos proviene de materiales volcánicos, como cenizas y escorias, se obtenía una cal que podía fraguar en sitios húmedos y debajo del agua.



**Figura 5.18** Mural que representa a un gobernante maya junto con su familia realizando un autosacrificio, dando gracias a los dioses por la victoria conseguida. Este mural forma parte de la representación de la ceremonia de victoria con los dirigentes, músicos, danzantes y prisioneros de guerra, plasmado sobre un aplanado de cal-arena (Cuarto 3 del Templo de los Murales de Bonampak, Chiapas).

#### ¿Qué otros usos se le dio a la cal?

En la pintura, el hecho de disponer de una superficie tersa y blanca favoreció el desarrollo de la pintura mural, tanto con los mayas como los teotihuacanos y otras culturas que encontraron en estas superficies las condiciones para desplegar sus colores de manera permanente (*figura 5.18*).

Otra de las grandes aportaciones de la cal, es el hecho de que hubieran logrado aprovechar toda la energía que un cereal, como el maíz, puede proporcionar gracias a la técnica del nixtamalizado. Este también es un gran invento maya y facilitó el desarrollo de la cultura mesoamericana.

#### ¿Qué te gustaría decirle a los estudiantes?

Conocer el pasado nos ayuda a no cometer los mismos errores. Hay que tomar ejemplos de inspiración de los desarrollos tecnológicos que hicieron los mayas y que en su momento fueron de vanguardia y de los mejores en el continente. Esos ejemplos nos hacen ver que sí es posible, en estas latitudes y en estas condiciones, desarrollar cosas propias, originales y novedosas.

## F. ¿Cuál es el uso de la química en diferentes expresiones artísticas?

El arte es resultado del ingenio humano y donde la química desempeña un papel importante, pues gracias a ella el ser humano materializa su inspiración: libros, pinturas, esculturas, fotografías, entre otros. Para crear su obra el artista utiliza gran diversidad de productos químicos; piensa, por ejemplo, en la talavera poblana, una de las artes tradicionales en alfarería de nuestro país (*figura 5.19*). Las materias primas utilizadas en su producción son: barro negro y barro blanco en igual proporción, para la elaboración de la pieza; el barniz blanco con el que se recubre está compuesto de caliza, arenilla, plomo y estaño, y para decorarlas emplean una gama de colores preparados a partir de pigmentos minerales —el amarillo del antimonio, el violeta del manganeso, el verde del cobre, el naranja del hierro y el azul del cobalto, entre otros— (*figura 5.20*).

Pero la química no sólo desempeña un papel importante en las artes al proporcionar las herramientas para su creación, sino también en las reacciones químicas que se llevan a cabo en el transcurso del proceso artístico. Así, por ejemplo, en la fabricación de las cerámicas vidriadas participan dos óxidos de plomo: el minio ( $Pb_3O_4$ ) y el litargirio ( $PbO$ ). El primero se ocupa con más frecuencia por su mayor contenido de oxígeno y previene la tendencia a la reducción a plomo metálico durante el calentamiento. Inicia su descomposición alrededor de los  $538\text{ °C}$ , según la siguiente ecuación:



Y, finalmente funde a los  $830\text{ °C}$ .

Además, mediante la química analítica, se averigua si una obra es auténtica o si cumple con las normas establecidas. La cerámica de talavera, por ejemplo, es sometida a diferentes pruebas; una de ellas con la finalidad de determinar si el vidriado no contiene una cantidad de plomo mayor a 2.5 ppm o cadmio en más de 0.25 ppm, sobre todo en piezas destinadas a servir alimentos.

Por otro lado, un monumento, un libro, una escultura, una pintura o cualquier obra de arte sufre con el paso del tiempo daños causados por la luz solar, la humedad, la contaminación, el envejecimiento de los propios pigmentos que forman la pintura o las malas condiciones de conservación; de ahí que resulte fundamental para un restaurador de arte tener conocimientos en química. Saber en qué época fue creada la obra, las técnicas y materiales utilizados, las restauraciones que haya tenido, el grado de destrucción, le permitirán al restaurador tomar las decisiones más adecuadas sobre los métodos y tratamientos para su restauración y conservación, como lo veremos en la entrevista de la página 265.



**Figura 5.19** La talavera ha sido empleada en la producción de piezas ornamentales, fabricación de locas y azulejos para la decoración de fachadas de casas e iglesias.



**Figura 5.20** Del cobalto se obtiene el azul de cobalto.

## Proyecto

### Desafío:

Elaborar una obra de arte utilizando materiales y técnicas contemporáneas o tradicionales de la región donde viven.

### Elementos a investigar

- ¿Qué es el arte?
- ¿Cuáles son los criterios a tomar en cuenta para crear una obra de arte?
- ¿Cuál es la relación entre la química y el arte (ejemplo)?
- ¿Cuál es el tema que les gustaría plasmar y en qué forma artística?
- ¿Cuál es la composición química y función de los materiales empleados en la creación de su obra?
- ¿Qué reacciones químicas se llevan a cabo en el transcurso del proceso artístico?

Las siguientes fuentes de información serán de gran utilidad.

### Libros:

- Pablo Escalante Gonzalbo, *El arte prehispánico*, México, Conaculta, 2000.
- Tessy López y Ana Martínez, *El mundo mágico del vidrio*, 3a. ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2003 (La Ciencia para Todos, 137).

### Revistas:

- Lothar Beyer, "La química y el arte", en *Sociedad Química*, Perú, volumen 69, núm. 3, 2003, pp. 163-181, disponible en [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualldata/publicaciones/rsqp/n3\\_2003/a07.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualldata/publicaciones/rsqp/n3_2003/a07.pdf) (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Annick Texier, "Restaurar el hierro fundido", en *Artes de México*, núm. 72, 2004, pp. 66-71.

### Internet:

- "Arte con ciencia", en *Avance y perspectiva*, disponible en <http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/Publicaciones/PID/4126/ev1/0/CategoryID/29/CategoryName/Arte-con-Ciencia> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- "La química renueva a las artes plásticas", en *Boletín UNAM-DGCS-754* disponible en [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2008\\_754.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2008_754.html) (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Rosa Castro, *La química está presente en el mundo de la música y el arte*, 26 de octubre de 2011, disponible en <http://www.aragoninvestiga.org/la-quimica-esta-presente-en-el-mundo-de-la-musica-y-del-arte/> (Consulta: 25 de junio de 2013).

## La química en acción

### La química, elemento clave en la restauración y conservación de obras de arte y piezas históricas



Francisco Javier Rodríguez Gómez, ingeniero químico con maestría en Metalurgia y doctorado en Ciencias de Materiales. Trabaja en el departamento de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Química, UNAM.

#### ¡Hola!, Francisco, ¿qué labor desempeñas en la facultad?

Mi labor fundamental es la educación. Imparto la asignatura de corrosión y protección desde 1994 a la fecha, en licenciatura, y la de corrosión y recubrimientos en la maestría. Aquí es donde tengo la posibilidad de hacer investigación a través de las tesis de mis alumnos. Algunas de esas investigaciones han sido dentro del área de restauración de obras de arte.

#### ¿Nos das un ejemplo?

Junto con la profesora Pilar Tapia, de la Escuela Nacional de Conservación y Restauración, estudiamos el daño por oxidación en exvotos. Un exvoto es un dibujo o pintura sobre hojalata hecho por la gente para dar testimonio del milagro recibido como resultado de sus oraciones. Es un arte *naïf*, ya que no se guardan las proporciones y están escritos de una manera no muy cuidada, pero son una manifestación real de nuestro pueblo, es nuestro arte popular religioso.

Pues resulta que en Guanajuato tenían una gran cantidad de exvotos muy dañados y querían ver la posibilidad de recuperar algunos y los que no, donarlos para investigación. Para eliminar los productos de la corrosión utilizamos una disolución de ácido fítico al 50%, cuya capacidad para limpiar proviene no tanto de su carácter ácido, sino de la facilidad para capturar los iones  $Fe^{3+}$ . La duda era: si el ácido captura el hierro de la corrosión, ¿podrá capturar el hierro del metal y de la pintura? Tuvimos resultados muy alentadores, pero aún queda mucho por investigar.

#### ¿Qué ocurre cuando lo que resta del metal sano es muy poco?

Lo que conviene es estabilizar los productos de corrosión de modo que se conserve lo mejor posible la forma de la pieza para tener idea de cómo pudo haber sido. Por ejemplo, hace algunos años trabajamos en conjunto con restauradores del INEA y del INAH, en el Castillo de San Juan de Ulúa. Nuestro trabajo consistió, en primer lugar, en revisar el estado de corrosión tanto de las piezas que se rescataron del mar a las orillas de esta fortaleza, como las que están afuera; en segundo lugar, proponer alternativas para su restauración.

Muchas de las piezas que se encontraban dentro del mar (cañones y balas) estaban en buenas condiciones, ya que, como sabemos, hay poco oxígeno disuelto en el agua. Sin embargo, las piezas que están afuera—cañones, rejas, cadenas—presentaban un gran deterioro por acción de la brisa marina; al tomarles radiografías se encuentra con que en algunas había muy poco metal sano y prácticamente todo era óxido. También detectamos que en algunos cañones antiguos había grabados.

Aquí había dos soluciones: retirar los óxidos—generalmente, con ácidos—con el inconveniente de que se perdiera parte de la información, o conservarlo de la mejor manera en que estuviera, en cuyo caso se usarían sustancias orgánicas o inorgánicas para estabilizar el óxido, de modo que la corrosión ya no avanzara. De esta manera el metal ya no se recupera, pero el grabado se conserva y se sigue mostrando a las futuras generaciones (*figura 5.21*).

#### ¿Qué le gustaría decir a los estudiantes?

La química y la conservación o restauración de arte y piezas históricas están estrechamente unidos. Traten de aplicar lo que han aprendido de química en la elaboración de una obra de arte.



Figura 5.21 Cañón de San Juan de Ulúa.

## G. ¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos?

Hace un siglo aproximadamente, el ser humano fabricaba objetos a partir de recursos de la naturaleza, como la madera, piedra, metales, arcilla; por ejemplo, las telas para la confección de sus vestidos las obtenía del algodón, seda, lana y lino; los medicamentos se elaboraban a partir de plantas medicinales.



**Figura 5.22** Desde el siglo V a.n.e., Hipócrates recomendaba el té de las hojas o de la corteza del sauce para aliviar el dolor. Actualmente ha sido sustituido por un medicamento llamado *aspirina*, sintetizada a partir de un componente del petróleo llamado benceno ( $C_6H_6$ ).

Actualmente, muchos de los materiales, objetos, vestidos y medicamentos son elaborados por la industria química, cuya principal materia prima es el petróleo (figura 5.22). Esto dio origen, en el siglo XX, a una importante industria: la petroquímica. En México la institución que se dedica a la explotación del petróleo es Petróleos Mexicanos (Pemex), creada el 7 de junio de 1938 en el gobierno de presidente Lázaro Cárdenas (figura 5.23).

La petroquímica, produce materias primas para fabricar medicinas, colorantes, tintes, disolventes, detergentes, caucho sintético, plásticos, fertilizantes, azufre, complementos alimentarios, explosivos y un sinnúmero de otros productos. Por otro lado, como ya estudiaste al inicio de este libro, en pleno siglo XXI, las principales

fuentes de energía siguen siendo los combustibles fósiles, entre los que se encuentra el petróleo; en México, 88% de la energía primaria que se consume proviene de este recurso, tendencia que ha ido en aumento año con año. Sin ignorar además que los conflictos armados del siglo XX y lo que va del XXI están ligados al apropiamiento abierto o encubierto de este recurso, el *oro negro*, como se le llama a veces.

Sin embargo, el petróleo presenta dos inconvenientes: no es renovable y es altamente contaminante al quemarse o derramarse. La única fuente de recursos con la que contamos para sustentar la vida, es nuestro planeta.

Por lo que creemos que bien vale la pena profundices qué hacer para racionalizar el consumo de los derivados del petróleo y cómo poder hacer frente a las necesidades energéticas en constante aumento, de modo que se preserve al máximo este recurso, sin alterar de modo drástico nuestro estilo de vida.



**Figura 5.23** El 18 de marzo de 1938, el presidente Lázaro Cárdenas anunció por radio la expropiación del petróleo mexicano. En esta imagen se aprecia al presidente Cárdenas con trabajadores petroleros el 24 de abril de 1940.

### Proyecto

#### Desafío:

Diseñar una campaña del uso racional de los derivados del petróleo.

### Elementos a investigar

#### 1. Aspectos teóricos.

- Origen y composición química del petróleo.
- Extracción, destilación, *cracking* y transportación del petróleo.
- Lugar que ocupa México como productor de petróleo.
- Cantidad de petróleo (barriles diarios) que se producen y consumen en México.
- Productos de la industria petroquímica y usos.
- Papel que desempeña el petróleo en el desarrollo de México y el mundo.

- Impacto ambiental de la industria del petróleo y el uso de sus derivados.
- Combustibles alternativos al petróleo (hidrógeno y alcohol) y alternativas a los combustibles (celdas fotovoltaicas, aerogeneradores y energía nuclear, entre otros).
- Elaboren una encuesta para conocer la percepción de los habitantes de su región respecto al uso y conservación de este recurso. Consideren esta información para redactar los mensajes que van a utilizar en su campaña con el fin de crear conciencia sobre el uso racional de los derivados del petróleo.

Las siguientes fuentes de información pueden ser de gran utilidad.

#### Libros:

- Susana Chow Pangtay, *Petroquímica y Sociedad*, México, Fondo de Cultura Económica, 1987 (La Ciencia para Todos, 39).
- Petróleos Mexicanos, *El petróleo*, México, Pemex, 1984.
- Juan Tonda, *El oro solar y otras fuentes de energía*, 3a. ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2003 (La Ciencia para Todos, 119).

#### Revista ¿Cómo ves?:

- Pablo Álvarez Watkins, "Un camino para la energía", en *¿Cómo ves?*, núm. 29, 2001, pp. 16-18.
- José de la Herrán, "¿Por qué un auto eléctrico?", en *¿Cómo ves?*, núm. 14, 2000, pp. 8-9.

#### Revistas:

- Academia Mexicana de Ciencias, "Energías alternativas", en *Ciencia*, volumen 61, núm. 2, 2010, disponible en [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com\\_content&id=171&Itemid=100011](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&id=171&Itemid=100011) (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Rosa de Guadalupe González Huerta, Miguel Tufiño Velázquez, Gerardo Contreras Puente y Armando Yunez Cano, "Vivienda solar-hidrógeno para el suministro sustentable de electricidad y agua", en *Revista de energías renovables*, núm. 27, pp. 10-15, 2015, disponible en [http://www.anes.org/cms/contenido/docs/revista/RER\\_012016.pdf](http://www.anes.org/cms/contenido/docs/revista/RER_012016.pdf) (Consulta: 25 de junio de 2016).

#### Internet:

- Inegi, "El petróleo", en *cuéntame*, disponible en <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/petroleo/default.aspx?tema=S> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- *Fuentes para la historia del petróleo en México*, disponible en <http://petroleo.colmex.mx/index.php/inicio> (Consulta: 25 de junio de 2016).
- Erosky Consumer, *Biocombustibles*, disponible en <http://www.consumer.es/biocombustible> (Consulta: 25 de junio de 2016).

# Tabla periódica de los elementos

**Ordenamiento electrónico**

**Estado de agregación (a 25 °C)**

**Clasificación (a 25 °C)**

- Metal
- Metalloide
- No metal
- Desconocido

**Propiedades de Plomo (Pb):**

- Número atómico: 82
- Símbolo: Pb
- Principales estados de oxidación: 2+, 4+
- Nombre: Plomo
- Masa atómica: 207.2

Fuente de los valores de las masas atómicas: IUPAC, 8 de enero de 2016.  
 - Los valores entre corchetes corresponden a isótopos inestables.  
 - Del elemento 99 en adelante, el estado indicado es el estado más probable.

## Clasificación (a 25 °C)

- Metal
- Metalloide
- No metal
- Desconocido

# Bibliografía

## Bibliografía consultada

### Libros de texto

- American Chemical Society, *Química en la Comunidad*, 2a. ed., México, Addison-Wesley Longman, 1998.
- Raymond Chang, *Química*, 10a. ed., México, McGraw-Hill, 2010.
- Gregg Dingrando Laurel, et al., *Química. Materia y Cambio*, Colombia, McGraw-Hill, 2003.
- J. W. Hill y D. K. Kolb, *Química para el nuevo milenio*, México, Prentice Hall, 1999.
- John S. Phillips, Victor S. Strozak y Cheryl Wistrom, *Química. Conceptos y Aplicaciones*, 2a. ed., México, McGraw-Hill, 2007.
- Steven S. Zumdahl, *Fundamentos de la Química*, 2a. ed., México, McGraw-Hill, 2007.
- Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Pérez Lizaur, Ana Bertha, Berenice Palacios González y Ana Laura Castro Becerra, *Sistema mexicano de equivalentes*, 3a. ed., México, Ogalí, 2008.

### Revistas de divulgación científica

- AMC, *Ciencia*, disponible en <http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- UNAM, *¿cómoves?*, disponible en <http://www.comoves.unam.mx/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

### Libros de divulgación científica en línea

- Colección *La ciencia para todos*, México, FCE, disponible en <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/menu.htm> (Consulta: 1 de julio de 2016). También se pueden consultar en versión impresa.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, *Nanociencia y nanotecnología, Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*, Madrid, FECYT, 2009, disponible en <http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf> (Consulta: 1 de julio de 2016).

## Sitios de divulgación científica en línea

- UNAM *Mirada a la Ciencia*, disponible en <http://www.unamiradaalaciencia.unam.mx/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

### Materiales educativos en línea

- *Educaplus*, disponible en <http://www.educaplus.org/index.php?mcid=3> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *El rincón de la ciencia*, disponible en <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/> (Consulta: 1 de junio de 2016).
- *UA Chemistry Education. Educational Projects*, disponible en <https://sites.google.com/site/talanquerchemed/projects> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *WebElements*, disponible en <http://www.webelements.com/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

### Revistas didácticas

- *Educación Química*, disponible en <http://educacionquimica.info/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

### Estadísticas

- Inegi, *Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT) 2013*, disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/enpecyt/2013/default.aspx> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- Sener, *Producción de petróleo crudo por entidad federativa*, disponible en <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecu=PMXB1C02> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- Semarnat, "Capítulo 6. Agua", en *El medio ambiente en México 2013-2014*, disponible en [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen14/00\\_mensajes/06\\_agua.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/00_mensajes/06_agua.html) (Consulta: 1 de julio de 2016).
- Semarnat, "Capítulo 7. Residuos", en *El medio ambiente en México 2013-2014*, disponible en [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen14/00\\_mensajes/07\\_residuos.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/00_mensajes/07_residuos.html) (Consulta: 1 de julio de 2016).

## Bibliografía recomendada para estudiantes y docentes

### Libros de texto

- Andoni Garritz y José Antonio Chamizo, *Tú y la Química*, México, Pearson, 2001.
- G. D. Hiscox y A. A. Hopkin, *El secretario industrial*, 2a. ed., México, Gustavo Gili, 1994.

### Revistas de divulgación científica

Las siguientes revistas se encuentran tanto impresas como en línea y pueden consultarse de forma gratuita:

- *Cinvestav, Avance y Perspectiva*, disponible en <http://avancey perspectiva.cinvestav.mx/> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- UAM, *Contacto S. Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería*, disponible en <http://www.izt.uam.mx/contactos/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

### Sitios de divulgación científica en línea

- *Cienciateca*, disponible en <http://www.cienciateca.com/> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *Foro química y sociedad*, disponible en <http://www.quimicaysociedad.org/> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- Dirección General de Divulgación de la Ciencia UNAM, disponible en <http://www.dgdc.unam.mx/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

### Materiales educativos en línea

- *Biblioteca científica*, disponible en <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD23/contenidos/biblioteca/index.html#coleccion> (Consulta: 1 de julio de 2016). Seleccionar la Colección "La ciencia, una forma de leer el mundo, PAC".
- *Ciencianet*, disponible en <http://www.ciencianet.com> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *Chemistry Online Resource Essentials (CORE)*, disponible en <http://www.dlt.ncssm.edu/core/> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *Demo e-ducativa catedu*, disponible en <http://e-ducativa.catedu.es/44700165/sitio/> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *Jefferson Lab. Science education*, disponible en <http://education.jlab.org/> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *Recursos de Ciencias*, disponible en <http://deciencias.wordpress.com/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

- [https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale_es.html) (Consulta: 20 de enero de 2017).

### Recursos didácticos en línea

- EDUTEKA, *Aprendizaje visual*, disponible en <http://www.eduteka.org/modulos/4> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *fodey.com* disponible en <http://www.fodey.com/generators/newspaper/snippet.asp> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *rubistar*, disponible en <http://rubistar.4teachers.org/index.php?lang=es&skin=es> (Consulta: 1 de julio de 2016).

## Para docentes

### Libros

- Agustín Campos Arenas, *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*, Bogotá, Magisterio, 2005.
- John Gribbin, *Historia de la Ciencia*, 1543-2001, 3a. ed., Barcelona, Crítica, 2006.
- Blanca Elena Jiménez Cisneros, *La contaminación ambiental en México*, México, Limusa, 2001.
- John W. Moore, et al., *El mundo de la química: Conceptos y aplicaciones*, México, Pearson, 2000.
- Antoni Zabala y Laia Arnau, *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*, Barcelona, Graó, 2007.
- Neus Sanmartí, *10 ideas clave. Evaluar para aprender*, Barcelona, Graó, 2007.

### Revistas didácticas

- *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, disponible en <http://alambique.grao.com/revistas/alambique> (Consulta: 1 de julio de 2016).
- *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, disponible en <http://revistes.uab.cat/ensciencias> (Consulta: 1 de julio de 2016). (Requiere suscripción).
- *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, disponible en <http://reec.uvigo.es/> (Consulta: 1 de julio de 2016).

## Créditos iconográficos

p. 14: © 2010 Thinkstock\* p. 16: Shutterstock.com, p. 17: Shutterstock.com, p. 26: (arr. izq.) Shutterstock.com, (ab. izq.) Shutterstock.com, (arr. der.) © Photoresearchers/Latinstock México, p. 27: Shutterstock.com, p. 30: Shutterstock.com, p. 31: (arr.) Shutterstock.com, (ab.) © Bujedo Aguirre/Corbis/Latinstock México, p. 33: (ab.) Shutterstock.com, p. 34: (ab.) © BIP M todos los derechos reservados, p. 36: (arr.) Photoresearchers/Latinstock México, p. 37: Shutterstock.com, p. 38: (arr.) Shutterstock.com, p. 47: (arr.)\*/Emilio Jara, (ab.) p. 50: (ab.) Shutterstock.com, p. 52: (arr.) Shutterstock.com, p. 54: Shutterstock.com, p. 55: Shutterstock.com, p. 56: Shutterstock.com, p. 60: © Notimex/AFP, p. 65: Shutterstock.com, p. 70: (der.) título: Antoine Laurent Lavoisier (1788), autor: David Jacques, ubicación: Museo Metropolitano de Arte, Nueva York, EUA. © Erich Lessing/Album/Album Art/Latinstock, (izq.) Photoresearchers/Latinstock México, p. 73: Archivo gráfico Larousse\*, (ab.) Shutterstock.com, p. 76: Archivo gráfico Larousse\*, p. 79: Cortesía de Silvia Jara Reyes, p. 84: título: Toro embistiendo, autor: Arturo Di Modica, ubicación: Manhattan, Nueva York, EUA (1987) Shutterstock.com, /Sean Pavone Photo, p. 86: Archivo gráfico Larousse\*, p. 87: (arr.) © 2010 Thinkstock\*, (ab.) Shutterstock.com, p. 88: Shutterstock.com, p. 89: (arr.) © 2010 Thinkstock\*, (ab.) Shutterstock.com, p. 92: Shutterstock.com, p. 102: (arr. izq.) título: El pensador, autor: Auguste Rodin © Shutterstock.com, (arr. der. y ab.) Shutterstock.com, p. 103: (arr.) © 2010 Thinkstock\*, (ab.) Archivo gráfico Larousse\*, p. 104: Shutterstock.com, p. 107: Shutterstock.com, p. 110: (arr. izq.) © Science Photo Library/Photo Stock, p. 113: (arr.) © Science Photo Library/Photo Stock, p. 117: (arr.) © Science Photo Library/Photo Stock, p. 118: Shutterstock.com, p. 135: Shutterstock.com, p. 139: (arr. izq.) Cortesía Silvia Jara Reyes, p. 144: Shutterstock.com/Pablo Hidalgo, p. 146: © 2010 Thinkstock\*, p. 147: © 2010 Thinkstock\*, p. 149: (arr.) © Instituto de Geología de la UNAM, p. 150: © 2010 Thinkstock\*, p. 151: © 2010 Thinkstock\*, p. 158: Shutterstock.com, p. 168: Archivo gráfico Larousse\*, p. 169: (arr. der.) © Science Photo Library/Photo Stock, p. 170: (arr. izq.) © Science Photo Library/Photo Stock, p. 174: © 2010 Thinkstock\*, p. 175: (arr.) © 2010 Thinkstock\*, (ab.) Shutterstock.com, p. 176: (arr.) © IBM Almaden Research Center, (ab.) Archivo gráfico Larousse\*, p. 177: (arr.) Archivo gráfico Larousse\*, p. 184: © J.D. Dallet /Photo Stock, p. 185: © 2010 Thinkstock\*, p. 186: Archivo gráfico Larousse\*, p. 188: © título: Las tortilleras (1836), autor: Carl Nebel, formato: 43.6 x 30 cm © Colección Andrés Blaisten, p. 189: (ab.) Shutterstock.com, p. 190: (arr.) Cortesía Silvia Jara Reyes, (ab.) Pedro Tenorio Lezama/Conabio, p. 191: © 2010 Thinkstock\*, p. 194: © 2010 Thinkstock\*, p. 196: © 2010 Thinkstock\*, p. 197: © 2010 Thinkstock\*, p. 201: (arr.) Shutterstock.com, p. 202: © World History Archive/Photo Stock, p. 205: (der.) Shutterstock.com, p. 206: (ab.) © 2010 Thinkstock\*, p. 212: Shutterstock.com, p. 216: Shutterstock.com, p. 217: Shutterstock.com, p. 219: Archivo gráfico Larousse\*, p. 223: (arr.) © 2010 Thinkstock\*, p. 223: (ab.) © 2010 Thinkstock\*, p. 224: Shutterstock.com, p. 225: (arr. der.) Shutterstock.com, (ab.) Shutterstock.com, p. 228: (ab. izq.) Shutterstock.com, p. 229: Archivo gráfico Larousse\*, p. 231: © 2010 Thinkstock\*, p. 232: Shutterstock.com, p. 234: © Greenpeace México, p. 236: (arr. izq.) Cortesía Silvia Jara, (ab. izq.) © Polo Universitario de Tecnología Avanzada/UNAM, (ab. der.) Shutterstock.com, p. 240: Shutterstock.com, p. 242: título: Discurso fúnebre de Pericles, relatado por Tucídides, © Akg-Images/Latinstock, p. 244: (arr.) Shutterstock.com, (ab.) Archivo gráfico Larousse\*, p. 245: (ab.) © AFP/Nebojsa Raus, p. 248: Cortesía Silvia Jara, p. 249: (arr. izq. 1) título: Andrés Manuel del Río (1987), autor: A. Silva, formato: 35 x 45 cm © instituto de Investigaciones Históricas, (arr. izq. 2) © AFP/Notimex/Jorge González, (arr. izq. 3) © AFP/Notimex/Tenpei Kitani/HTH, (ab.) © SuperStock/Photo Stock, p. 251: © Instituto de Física de la UNAM, p. 252: © Instituto de Física de la UNAM, p. 253: © 2010 Thinkstock\*, p. 255: Archivo gráfico Larousse\*, p. 259: (centro) © Gonzalo Azumendi/Photo Stock, p. 259: (ab.) © Latinstock/Danny Lehman/Corbis, p. 261: © Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, p. 262: © Carver Mostardi/Photo Stock, p. 263: (arr.) Archivo gráfico Larousse\*, (ab.) © 2010 Thinkstock\*, p. 265: (arr.) Archivo gráfico Larousse\*, (ab.) © Danita Delimont Stock/Photo Stock, p. 266: (arr.) Shutterstock.com, (ab.) © Latinstock/Corbis

\* Todos los derechos reservados.

