



Saberes clave SANTILLANA

MATERIAL DE DISTRIBUCIÓN GRATUITA · PROHIBIDA SU VENTA.

# QUÍMICA

## COMBUSTIBLES, ALIMENTACIÓN Y PROCESOS INDUSTRIALES

Alejandro S. Bosack

Ana María Deprati

Alejandro Ferrari

Alejandro J. Balbiano

Maria Cristina Iglesias

ES 5.<sup>º</sup> año



Ministerio de Educación y Deportes  
Presidencia de la Nación

# QUÍMICA

COMBUSTIBLES, ALIMENTACIÓN  
Y PROCESOS INDUSTRIALES

*Saberes clave* SANTILLANA

La realización artística y gráfica de este libro ha sido realizada por el siguiente equipo:

Jefa de arte: Claudia Fano.

Diagramación: Daniel Balado.

Tapa: María Mercedes Mayans.

Corrección: Karina Garofalo.

Ilustración: Manuel Lois.

Documentación fotográfica: Leticia Gómez Castro, Teresa Pascual y Nicolas Verdura.

Fotografía: Archivo Santillana, Pepe Delloro/Archivo Télam, Paula Bonacorsi, Archivo Corel, HighRes Press Stock, Malena Blanco, Alejandro Balbiano, GARCÍA-PELAYO, S.L Servicios fotográficos, Dra. Mercedes Durfort Coll, Daniel Jurjo, Daniel Beltr/Greenpeace, PHOTODISC -SERIDEC PHOTOIMAGENES CD, S.L., Agencia Estudio San Simón/Alejandro Pietro Díez y TRECE POR DIECIOCHO IP digital estudio 2.

Preimpresión: Marcelo Fernández, Gustavo Ramírez y Maximiliano Rodríguez.

Gerencia de producción: Gregorio Branca.

Agradecemos el tiempo y la dedicación a todas las personas que, desinteresadamente, accedieron a ser entrevistadas para este libro:  
Ing. María Cristina López, Dr. Esteban Carmuega y Juan Carlos Pallarols.

Este libro no puede ser reproducido total ni parcialmente en ninguna forma, ni por ningún medio o procedimiento, sea reprográfico, fotocopia, microfilmación, mimeógrafo o cualquier otro sistema mecánico, fotoquímico, electrónico, informático, magnético, electroóptico, etcétera. Cualquier reproducción sin permiso de la editorial viola derechos reservados, es ilegal y constituye un delito.

© 2011, EDICIONES SANTILLANA S.A.  
Av. L. N. Alem 720 (C1001AAP),  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

ISBN: 978-950-46-2324-3

Queda hecho el depósito que dispone la Ley 11.723.

Impreso en Argentina. *Printed in Argentina.*

Primera edición: enero de 2011.

Quinta reimpresión: abril de 2017.

Este libro se terminó de imprimir en el mes de abril de 2017, en Gráfica Offset S. R. L.,  
Santa Elena 328, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

Química : combustibles, alimentación y procesos industriales / Alejandro S. Bosak ... [et al.]. - 1a ed. 5a reimpr. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Santillana, 2017.  
224 p. ; 28 x 22 cm. - (Saberes clave)

ISBN 978-950-46-2324-3

1. Química. 2. Educación Secundaria. 3. Libro de Texto. I. Bosak, Alejandro S. ODD 540.7

# QUÍMICA

COMBUSTIBLES, ALIMENTACIÓN  
Y PROCESOS INDUSTRIALES

Saberes clave **SANTILLANA**

**QUÍMICA. COMBUSTIBLES, ALIMENTACIÓN Y PROCESOS INDUSTRIALES** es una obra colectiva, creada y diseñada en el Departamento Editorial de Ediciones Santillana S.A., bajo la dirección de Graciela Pérez de Lois por el siguiente equipo:

Alejandro S. Bosack

Ana María Deprati

Alejandro Ferrari

Alejandro J. Balbiano

María Cristina Iglesias

Editores: Ana María Deprati, Alejandro Ferrari y Mariana B. Jaul

Jefa de edición: Edith Morales

Gerencia de gestión editorial: Mónica Pavicich

# Índice

<b>La esencia de la ciencia .....</b>	<b>8</b>
La ciencia como actividad humana .....	10
La ciencia	
Desarrollo histórico de la química.....	11
La alquimia, el arte de la transformación	
Iatroquímica, el arte de curar	
La química moderna.....	12
Áreas de estudio	
La química de la materia viva	
Química orgánica, concepto moderno	
El avance de la ciencia .....	14
En busca de lo más pequeño e indivisible	
Ciencia dinámica: del flogisto al oxígeno.....	15
Metodología de la ciencia .....	16
Los procedimientos de la ciencia .....	16
<b>Actividades finales .....</b>	<b>17</b>

## Sección I Química y combustibles 18

<b>1 El petróleo y los hidrocarburos.....</b>	<b>20</b>
El petróleo como recurso .....	21
Usos del petróleo	
Petróleo y demandas de energía.....	22
Requerimientos energéticos actuales	
Reservas de combustibles fósiles .....	23
El petróleo en la República Argentina	
Destilación de petróleo.....	24
Las fracciones de la destilación primaria	
Destilación secundaria a craqueo	
El carbono y los hidrocarburos	
Nomenclatura de hidrocarburos.....	26
Hidrocarburos ramificados .....	27
La polaridad de los enlaces y las moléculas .....	28
Propiedades físicas de los hidrocarburos .....	29
Propiedades del benceno	
Hidrocarburos y ambiente .....	30
Las energías alternativas .....	31
<b>Ciencia en tus manos. Modelos moleculares .....</b>	<b>32</b>
<b>LEO, LUEGO ENTIENDO. El secreto de las momias. El misterioso triángulo de las Bermudas .....</b>	<b>34</b>
<b>Actividades finales .....</b>	<b>36</b>

<b>2 Reactividad de los hidrocarburos y estequiometría .....</b>	<b>38</b>
Tipos de reacciones químicas .....	39
Las combustiones .....	40
Reacciones endotérmicas y exotérmicas	
Reacciones químicas de los hidrocarburos .....	41
Reacciones de sustitución	
Reacciones de sustitución en hidrocarburos aromáticos	
Reacciones de adición en alquenos y alquinos	
Química del petróleo.....	44
Combustibles y ambiente.....	45
Combustibles alternativos	
Reacciones estequiométricas.....	46
Cálculos con masas	
Cálculos con volumen	
Reactivos limitante y reactivo en exceso	
Rendimiento de una reacción	
<b>Ciencia en tus manos. Hipótesis y variables .....</b>	<b>48</b>
<b>LEO, LUEGO ENTIENDO. El fuego de los mortales. El curioso elemento llamado "flogisto" .....</b>	<b>50</b>
<b>Actividades finales .....</b>	<b>52</b>



### **3 Los compuestos orgánicos oxigenados y nitrogenados ..... 54**

Funciones orgánicas oxigenadas .....	55
Alcoholes y éteres	
Alcoholes y éteres: propiedades y obtención .....	56
Aldehídos y cetonas .....	57
Ácidos carboxílicos y ésteres.....	58
Nomenclatura de funciones oxigenadas.....	59
Reactividad de funciones oxigenadas .....	60
Reacciones de adición y eliminación	
Reacciones de esterificación, hidrólisis	
y saponificación	
Reacciones de óxido-reducción	
Funciones nitrogenadas: aminas y amidas.....	62
Nitrocompuestos y nitrilos	
<b>Ciencia en tus manos.</b> El diseño experimental .....	64
<b>LEO, LUEGO ENTIENDO.</b> <i>El valioso olor de un perfume. De Pedro el Grande a Dmitri Mendeleiev</i> .....	66
<b>Actividades finales</b> .....	68
<b>La posta.</b> Del yacimiento a nuestros hogares.	
Entrevista a la ingeniera María Cristina López.....	70



## **Sección II Química y alimentación 74**

### **4 Los hidratos de carbono ..... 76**

Las biomoléculas.....	77
La estructura de los hidratos de carbono .....	78
Clasificación de los hidratos de carbono	
Los monosacáridos y su clasificación .....	79
La estereoisomería óptica y la configuración de los monosacáridos .....	80
Propiedades de los estereoisómeros ópticos	
La conformación y la forma cíclica de los monosacáridos .....	81
Representación de las estructuras cíclicas	
Propiedades químicas y derivados de los monosacáridos .....	83
Los disacáridos y el enlace glucosídico.....	84
¿Cómo se nombran los disacáridos?	
Los polisacáridos.....	85
El almidón	
El glucógeno	
Poliscáridos estructurales .....	86
Polisacáridos mixtos, glucolípidos y glucoproteínas .....	86

<b>Ciencia en tus manos.</b> Trabajo en el laboratorio: elaboración de un informe .....	87
---	----

# Índice

## 6 Los aminoácidos y las proteínas... 108

Los aminoácidos: característica y propiedades.....	109
La clasificación de los aminoácidos.....	110
El enlace peptídico y los péptidos.....	111
Características de las proteínas.....	112
Clasificación de las proteínas.....	112
Estructura tridimensional de las proteínas .....	113
Proteínas fibrosas y globulares .....	114
Funciones de las proteínas .....	115

    Funciones “locales” de las proteínas

    Funciones “a distancia” de las proteínas

Las enzimas: una introducción .....	117
-------------------------------------	-----

    Clasificación de las enzimas

<b>Ciencia en tus manos:</b> Medición y registro de datos en un experimento.....	118
---	-----

**LEO, LUEGO ENTIENDO.** Locos por los priones.

Una proteína para el recuerdo .....	120
-------------------------------------	-----

<b>Actividades finales</b> .....	122
----------------------------------	-----

## 7 El metabolismo celular ..... 124

Procesos metabólicos .....	125
----------------------------	-----

    Tipos de reacciones metabólicas

Procesos anabólicos.....	126
--------------------------	-----

Procesos catabólicos .....	127
----------------------------	-----

    Procesos catabólicos en ausencia de oxígeno

La fotosíntesis .....	128
-----------------------	-----

    Etapa clara o fotodependiente

    Etapa oscura o bioquímica

    Balance final de la fotosíntesis

La respiración celular .....	130
------------------------------	-----

    La glucólisis

    Decarboxilación oxidativa y ciclo de Krebs

    Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa

    El modelo quimiosmótico

La fermentación .....	132
-----------------------	-----

Otras formas de obtención de energía: la quimiosíntesis ..	133
--	-----

    Clasificación de los organismos quimiosintéticos

Metabolismo de los hidratos de carbono.....	134
---	-----

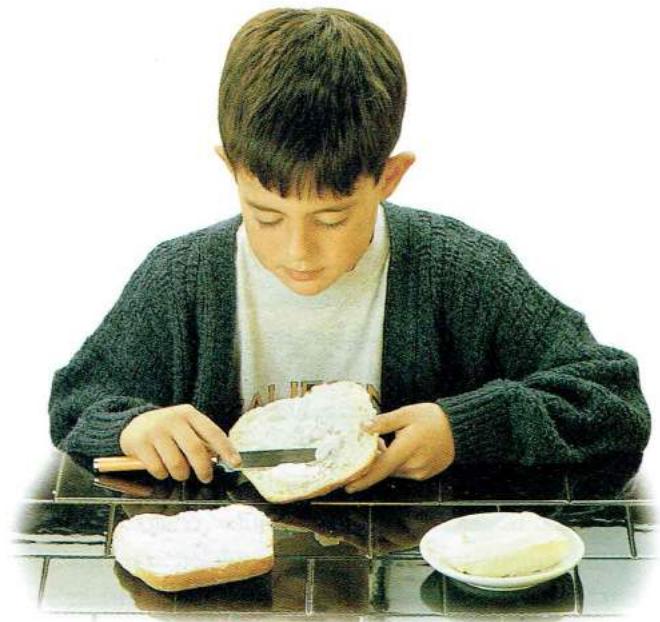
Metabolismo de los lípidos.....	135
---------------------------------	-----

Metabolismo de los aminoácidos .....	136
--------------------------------------	-----

<b>Ciencia en tus manos:</b> Elaboración de hipótesis a partir de una evidencia experimental.....	137
--	-----

<b>LEO, LUEGO ENTIENDO.</b> El descubrimiento de la fenilcetonuria. Fotosíntesis humana.....	138
---	-----

<b>Actividades finales</b> .....	140
----------------------------------	-----



## 8 Los alimentos y la energía..... 142

La energía y los seres vivos .....	143
------------------------------------	-----

    Transformaciones energéticas

Metabolismo basal y actividad física.....	144
---	-----

    Metabolismo basal

    Metabolismo y ejercicio

La digestión de los alimentos.....	145
------------------------------------	-----

    Acción dinámica específica

Los micronutrientes: vitaminas y minerales.....	146
---	-----

    Las vitaminas

    Los minerales

    Los oligoelementos

Los antioxidantes .....	149
-------------------------	-----

Requerimientos nutricionales durante la vida .....	150
--	-----

Requerimientos energéticos .....	151
----------------------------------	-----

    Cálculo del aporte calórico

Alimentos enriquecidos.....	152
-----------------------------	-----

    Aditivos alimentarios

<b>Ciencia en tus manos:</b> Detección de colorantes en alimentos: análisis de resultados.....	153
---	-----

<b>LEO, LUEGO ENTIENDO.</b> Los antioxidantes de la uva y del vino y su papel en el campo de la salud. Vanadio:	154
--	-----

¿tóxico o beneficioso? .....	154
------------------------------	-----

<b>Actividades finales</b> .....	156
----------------------------------	-----

<b>La posta.</b> Obesidad y desnutrición: problemas
---

que van de la mano. Entrevista al
-----------------------------------

Dr. Esteban Carmuega .....	158
----------------------------	-----

**Sección III** **Química en procesos industriales** **162**

**9 El equilibrio químico..... 164**

La molaridad, una forma de expresar la concentración..... 165

Cálculos molares

Los gases también concentran..... 166

Ecuación de los gases y cálculos de concentraciones

El equilibrio químico..... 167

Condición de equilibrio químico

Constantes de equilibrio..... 168

Evolución hacia el equilibrio..... 169

Representaciones submicroscópicas

Principio de Le Châtelier ..... 170

Cambios en las concentraciones

Equilibrio y cambios en la presión..... 171

Equilibrio y cambios en el volumen

Temperatura, equilibrio y constantes..... 172

Equilibrio en función de la temperatura

El proceso Bosch de producción de hidrógeno ..... 173

Condiciones de las reacciones industriales

Síntesis de amoníaco de Haber ..... 174

Condiciones para la síntesis de amoníaco

La producción industrial de ácido nítrico..... 175

**Ciencia en tus manos.** Las representaciones gráficas..... 176

**LEO, LUEGO ENTIENDO.** Los fuegos artificiales, explosivos peligrosos. Julio Verne, escritor y visionario ..... 178

Actividades finales..... 180

**10 Los metales y la metalurgia ..... 182**

Los minerales, un recurso natural..... 183

Depósitos naturales de minerales

La metalurgia, una actividad humana..... 184

Contaminación ambiental y minería..... 185

Metalurgia del hierro..... 186

El acero..... 187

Propiedades del acero

Aluminio y cobre..... 188

Los metales y la óxido-reducción .....

Las pilas electroquímicas..... 190

Procesos redox en la industria metalúrgica..... 191

La corrosión, un proceso redox

Cálculos de pureza y rendimiento .....

Cálculos estequiométricos en la industria metalúrgica. 193

**Ciencia en tus manos.** Resolución de problemas.... 194

**LEO, LUEGO ENTIENDO.** ¿Los metales tienen memoria?

Mineros atrapados en un derrumbe .....

**Actividades finales..... 198**

**La posta.** La magia de los metales. Entrevista

al maestro orfebre Juan Carlos Pallarols .....

200

**Casos reales.**

**Una sección que da que hablar ..... 204**

**Ciencia Club.**

**Una sección de película..... 212**

**Glosario..... 220**



# La esencia de la ciencia

## Lo que se viene

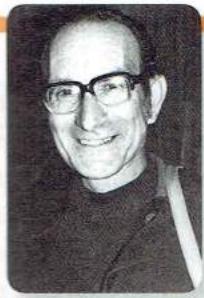
En este capítulo introductorio...

- Analizarás el desarrollo histórico de la química.
- Identificarás la dinámica de la ciencia.
- Interpretarás los procedimientos que llevan a cabo los científicos en sus investigaciones.

Tales de Mileto (639-547 a. C.) propuso el agua como elemento básico del cual se componían todos los seres vivos. Empédocles (500-430 a. C.) formuló la idea de que debía haber más de un elemento (tierra, aire, fuego y agua) y que el cambio sería posible por la reordenación de los elementos que constituían las cosas. Aristóteles (384-322 a. C.), además de agregar el éter para el firmamento, retomó la idea de Empédocles, que se constituyó en el pensamiento europeo sobre la constitución elemental de la materia por miles de años. Aristóteles fue considerado una autoridad indiscutible. Según Paracelso (1493-1541), el organismo humano estaba formado por los *tria prima*: azufre, mercurio y cloruro de sodio.

Hoy hablamos de la combustión y todos sabemos a qué nos referimos. Sin embargo, fue uno de los grandes enigmas desde los tiempos antiguos. Hacia finales del siglo XVIII, Antoine Lavoisier (1743-1794) –considerado el “padre” de la química moderna– ofreció una explicación válida para su naturaleza química. La química se convierte en una ciencia entre los siglos XVII y XVIII. El químico sueco Jöns Jacobs von Berzelius (1779-1848) dividió la química en dos y supuso que las sustancias orgánicas no podían formarse a partir de sustancias inorgánicas en el laboratorio. Solo podían formarse en los tejidos vivos, porque requerían la presencia de una “fuerza vital”.





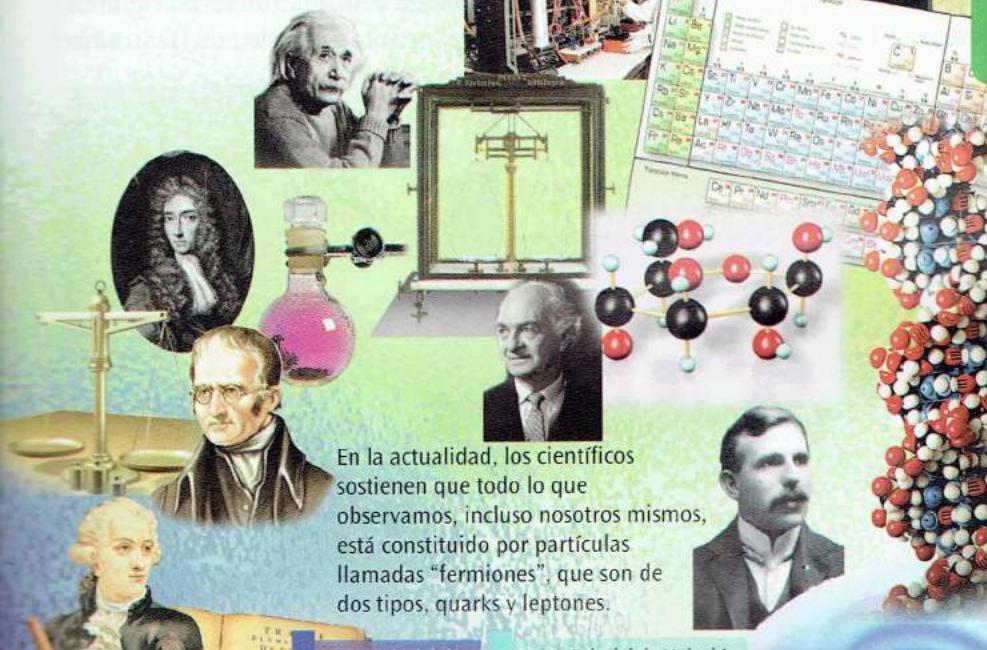
César Milstein.

*La ciencia tiene la fascinación de la aventura porque, por encima de todo, es una exploración a lo desconocido.*

## Una historia fascinante

César Milstein nació en la ciudad de Bahía Blanca el 8 de octubre de 1927. Realizó sus estudios de licenciatura y doctorado en Ciencias Químicas en la Universidad de Buenos Aires. En 1961 y tras haber obtenido su posdoctorado en la Universidad de Cambridge, Gran Bretaña, regresó a la Argentina y fue nombrado jefe del Departamento de Biología Molecular del Instituto Malbrán. En 1963, Milstein decidió abandonar el país y reanudó su trabajo en Cambridge, aunque cambió su área de investigación. Tiempo después sería galardonado con el Premio Nobel de Medicina por su trabajo sobre anticuerpos monoclonales. Queda bien claro que para Milstein la ciencia es aventurarse a lo desconocido, tal como dijo en su frase.

Entre 1890 y 1910 se sucedieron años fructíferos para la química orgánica y su relación con la medicina: se introdujeron analgésicos sintéticos, soporíferos y anestésicos locales, como la aspirina. Desde 1925, la explotación del petróleo como materia prima condujo a la amplia producción de numerosos compuestos químicos sintéticos, como las fibras textiles.



En la actualidad, los científicos sostienen que todo lo que observamos, incluso nosotros mismos, está constituido por partículas llamadas "fermiones", que son de dos tipos, quarks y leptones.

**1808** John Dalton publicó su obra, en la que expuso su teoría atómica y la imposibilidad de transformar un elemento en otro, como pensaban los alquimistas. Berzelius sugirió que cada elemento tuviese un símbolo.

**1828** Friedrich Wöhler pudo convertir, a voluntad, una sustancia inorgánica (cianato amónico) en una sustancia orgánica (urea).

**1858** Friedrich Kekulé propuso que los átomos de carbono pueden enlazarse unos con otros por medio de uno o más de sus cuatro enlaces de valencia, para formar largas cadenas, lineales o ramificadas.

### LO QUE SABÉS

- ¿Te parece que el contexto sociohistórico influye en la producción de conocimiento científico? ¿Por qué?
- Algunas veces ocurre que en un momento histórico cierto conocimiento científico resulta poco útil o insuficiente. ¿Por qué puede ser?
- Después de leer la historia de Milstein, ¿qué significado le darías a su frase? ¿A qué se refiere con "por encima de todo"?
- Investigá qué otros Premios Nobel tiene nuestro país, en qué consistió el trabajo de quienes los ganaron, en qué contexto trabajaron, etcétera.

**1811** Amedeo Avogadro postuló que en los gases, igual número de partículas ocupan volúmenes iguales.

**1869** John Wesley Hyatt fabricó el primer plástico: el celuloide.

**1919** Ernst Rutherford llevó a cabo la primera reacción nuclear: era posible transformar un elemento en otro.

**2003** Se describe la totalidad del genoma humano.

**1923** Theodor Svedberg inventó un instrumento llamado ultracentrifuga, que permite estimar tamaños moleculares.

## La ciencia como actividad humana

Pedro ayudaba a su mamá a preparar la cena. Ella se acercó a la heladera, sacó una bolsa con verduras, le pidió que las cortara y las pusiera a hervir. Cuando Pedro encontró la coliflor, no podía soportar el olor desagradable. ¡Y a medida que pasaba el tiempo y se cocinaba, era peor! Por suerte, ese día estaba muy ventoso, así que decidieron abrir la ventana y todo terminó.

Esta situación cotidiana no tuvo mayor trascendencia para Pedro y su mamá. Ahora bien, ¿qué sucedería si esta misma situación le hubiera sucedido a un personaje de "mirada" curiosa? Seguramente, el olor desagradable habría llamado su atención y habría desencadenado un sinfín de interrogantes. Por ejemplo, ¿qué pasará si coloco la coliflor a cocinar cuando el agua ya está hirviendo? ¿Habrá tanto olor si pongo alguna otra sustancia en el agua, como vinagre o bicarbonato? ¿Por qué? ¿Y si en lugar de cortarla la cocino entera?

Como ves, un simple hecho de la vida diaria abre la puerta para iniciar un camino de indagaciones en busca de respuestas y explicaciones. De esto se trata la ciencia. Veamos...

### La ciencia

La ciencia trata de un **conjunto de conocimientos** que busca conocer y explicar el mundo que nos rodea. Como todas las actividades que se realizan, la ciencia es una **actividad humana**. ¿Por qué? En ella participan hombres y mujeres que se relacionan con el mundo e intervienen sobre él. Se hacen preguntas y buscan respuestas, y esto significa que los resultados son impredecibles, inciertos, y siempre llevan a nuevas preguntas.

Esto hace que sea **provisional y perfectible**, o sea que lo que se considera hoy como válido, quizás en el futuro no lo sea. Ahora bien, el hecho de que en determinados momentos la forma de observar y explicar la naturaleza sea de una manera y luego cambie, no significa que no sea fiable. Simplemente es cambiante (figura 1).



Fig. 1. Para ser científicos necesitamos mirar los fenómenos a través de unos "antojos" especiales. La ciencia es un proceso de producción y construcción de conocimientos que presenta determinadas características.

# Desarrollo histórico de la química

EL DETALLE

Cuando miramos hacia atrás para ver qué se pensaba sobre la química en otros momentos históricos, no es fácil encontrar muchas respuestas. Como anticipamos en la apertura del capítulo, la química se convierte en una ciencia entre los siglos XVII y XVIII. Si viajáramos hacia atrás en el tiempo nos encontraríamos con alquimistas, farmacéuticos, iatroquímicos, magos... ¿Lo hacemos?

## La alquimia, el arte de la transformación

No se sabe con seguridad cuándo comenzó la alquimia. Se conoce que las prácticas alquimistas ya se implementaban en el primer milenio antes de Cristo en diferentes lugares de Oriente y Occidente. Sin embargo, fue durante los primeros siglos de la era cristiana cuando se desarrolló plenamente. La alquimia se basaba en la **transmutación** y su fundamento teórico era el principio de Aristóteles de que todas las cosas estaban formadas por cuatro elementos primarios, fuego, aire, tierra y agua, que surgían por la combinación de las cuatro cualidades: calor, frío, sequedad, humedad. La transmutación, entonces, se explicaba por una transformación de estas cualidades (figura 2).

Aunque puedan resultarte bastante "raros" los alquimistas, pensá que en aquella época no se tenían los conocimientos científicos que se poseen ahora y era muy fácil caer en explicaciones mágicas para entender el mundo natural. Sin embargo, muchos de ellos propiciaron, a partir de sus aportes, un empujón importante a la química tal como la conocemos en la actualidad. La búsqueda de los alquimistas y las preguntas que ellos se formulaban dieron lugar a muchas investigaciones que permitieron, con el tiempo, construir muchas explicaciones de interés en el ámbito científico. Aunque algunos fueron considerados unos charlatanes, la mayoría han sido considerados investigadores. Además, muchos científicos de renombre, como Isaac Newton, eran alquimistas.

## Iatroquímica, el arte de curar

En el siglo XVI, el médico, astrólogo y alquimista Paracelso (1493-1541) fue uno de los primeros que se opusieron a las ideas imperantes del momento. Según cuenta la historia de la ciencia, una noche de 1525, junto a sus estudiantes, quemó en la hoguera los libros de Galeno (**► EL DETALLE**).

Para Paracelso, el objetivo de la alquimia no debe ser el descubrimiento de técnicas de transmutación, sino la preparación de medicamentos que curasen las enfermedades. Así, la nueva medicina debe basarse en:

- la **filosofía**: conocimiento de la naturaleza invisible de las cosas;
- la **astrología**: influencia de los astros sobre la salud;
- la **alquimia**: preparación de medicinas capaces de restaurar el desequilibrio;
- la **ética**: virtud y honestidad del médico.

Dado que la alquimia estaba relacionada estrechamente con la medicina, se daba lugar a una disciplina nueva: la iatroquímica o química médica.

### ¿Quién fue Claudio Galeno?

Durante los siglos en que Roma dominó los pueblos del Mediterráneo, la producción científica se vio interrumpida. Solo se divulgaban los contenidos de los antiguos pensadores griegos y unos poco eruditos realizaban estudios. Como las disecciones humanas estaban prohibidas, Galeno (130-200 d. C.) trabajó con animales. Postuló, por ejemplo, que la sangre se fabricaba en el hígado, iba al corazón y de allí se dirigía a las venas y las arterias. Al igual que Aristóteles, Galeno fue una autoridad científica indiscutible.



Fig. 2. Para los alquimistas, el plomo y el oro estaban hechos del mismo tipo de materia, pero su forma era diferente. Entonces, se podía despojar al plomo de sus cualidades e imponerle las cualidades del oro, realizando así la transmutación del plomo en oro.

### ACTIVIDADES

5. Entre lo que leíste aquí y lo que sabés de la química, ¿qué punto en común encontrás entre ambas concepciones? Intercambiá ideas con un compañero.

## La química moderna

La llamada **revolución científica del Renacimiento** fue un largo proceso creativo que supuso una transformación en tres aspectos esenciales: la **imagen del Universo**, la **concepción de la ciencia** y la **metodología científica**. En este contexto, el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) publicó su libro *El químico escéptico*, en el que rechazaba la alquimia y afirmaba que la materia no está constituida, como lo dice la tradición química, por los cuatro elementos aristotélicos o de los *tria prima* de Paracelso. Para Boyle, la materia está constituida por **elementos** que pueden unirse entre sí y dar lugar a todos los cuerpos. Además, delata el abuso de los términos empleados por la alquimia: evidentemente, deja entrever que se hace necesario e inminente un **lenguaje específico**.

Hubo que esperar cien años, aproximadamente cuando se celebró en la Academia de Ciencias parisina una junta pública en la que Antoine Lavoisier (1743-1794) presentaba su *Tratado elemental de química*. En él se introducía la nueva **nomenclatura química** y así nacía la química como disciplina científica, todavía de escasos conocimientos, pero con el rigor y la metodología de la ciencia moderna. Los métodos cuidadosos de Lavoisier habían conseguido que se obtuvieran recetas precisas de cómo formar una infinidad de compuestos.

La semejanza de las propiedades físicas y químicas de ciertos elementos sugirió a los científicos del siglo XIX la posibilidad de ordenarlos o agruparlos de acuerdo con determinados criterios. El primero en hacerlo fue el químico sueco Jacob von Berzelius (1779-1848), quien los ordenó alfabéticamente e incluyó el dato de su peso atómico. Sin embargo, esta agrupación no atrajo el interés de los científicos de la época. En 1869, el químico ruso Dimitri Mendeleiev (1834-1907) clasificó todos los elementos conocidos en su época en orden creciente de pesos atómicos, estableciendo una relación entre ellos y sus propiedades.

### Áreas de estudio

El avance de la ciencia y la tecnología hizo que, al igual que ocurre con otras ciencias, el campo de estudio de la química fuera cada vez más amplio. Por ello, es posible distinguir **ramas**, que se especializan en sus intereses y alcances. Además, existen **subdisciplinas** que, por ser demasiado específicas o multidisciplinares, se estudian individualmente (figura 3).

- **Química industrial:** es la rama de la química que aplica los conocimientos químicos a la producción de materiales y productos con el mínimo impacto ambiental.
- **Química orgánica:** es la ciencia que estudia las estructuras, reacciones y síntesis de los compuestos del carbono.
- **Química analítica:** es la parte de la química que tiene como finalidad el estudio de la composición química de un material o muestra mediante diferentes métodos.
- **Bioquímica:** es la rama de la química que estudia la estructura y la función de los componentes de los seres vivos (proteínas, hidratos de carbono o glúcidos, lípidos, vitaminas, así como las reacciones químicas que en ellos ocurre, como la fermentación, la respiración celular, la fotosíntesis, etc.).
- **Petroquímica inorgánica:** es una subdisciplina de la química. Se relaciona con la industria del petróleo y el gas natural, materias primas para la obtención de una gran variedad de productos.
- **Geoquímica:** es la ciencia, con base en la química y la geología, que estudia la composición y la dinámica de los elementos y los minerales presentes en el planeta Tierra.
- **Geoquímica inorgánica:** se encarga del estudio de la formación, composición, estructura y reacciones de los elementos y compuestos inorgánicos.



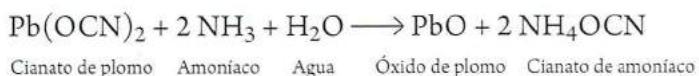
Fig. 3. Químico industrial investigando en un laboratorio.

## La química de la materia viva

Desde que Boyle publicó su libro, poco a poco fue desarrollándose y refinándose el concepto de “elemento” como una sustancia que no podía descomponerse en otras. Como dijimos, también fue un momento de pleno desarrollo de técnicas y procedimientos fiables que permitían analizar los diversos compuestos químicos. Los científicos observaron que algunos de ellos estaban formados por una gran variedad de elementos. Otros, presentes en las plantas y los animales, estaban formados por carbono e hidrógeno y, en menor proporción, oxígeno, nitrógeno y azufre (**► EL DETALLE**). En este contexto, separaron la química en dos partes entre las cuales no se consideraba ningún punto en común: mientras que las **sustancias inorgánicas** podían ser obtenidas por síntesis en el laboratorio, las **orgánicas** solo podían ser sintetizadas en los organismos con la intervención de la llamada fuerza vital que actuaba sobre los tejidos vivos (figura 4).

## Química orgánica, concepto moderno

En 1828, el químico alemán Friedrich Wöhler (1800-1882) se encontraba investigando sales de ácido cianídico ( $\text{HOCN}$ ). Su objetivo era obtener el compuesto cianato amónico a partir de la sal cianato de plomo (todos ellos inorgánicos):



Para su sorpresa, obtuvo un sólido que no presentaba las propiedades esperadas. Wöhler había obtenido urea, un compuesto orgánico que hasta ese momento solo podía obtenerse cuando se lo aislaba de la orina humana. ¿Te das cuenta del impacto de este hallazgo?

Por un lado, sus resultados se oponían a la hipótesis de la fuerza vital, que lentamente fue perdiendo adeptos y tuvo que ser abandonada, aunque no fue una tarea sencilla. Sigue que el cianato utilizado en su experiencia provenía de cuernos y cascos de animales. Un vitalista podría argumentar que la fuerza vital de los cuernos se había transferido al cianato y, por lo tanto, era responsable de la formación de urea (figura 5). Sin embargo, investigaciones posteriores en las que no se usaba ningún compuesto de origen animal o vegetal puso en evidencia que no existía tal fuerza vital.

Por otro lado, el trabajo de Wöhler dejó entrever que era posible sintetizar compuestos orgánicos a partir de los inorgánicos. Entonces, las disciplinas no estaban tan alejadas como se creía. La química orgánica dejaría de ser solo la **química de la materia viva** para ser la **química de los compuestos de carbono**.

La síntesis química permitió obtener un sinnúmero de sustancias. En la actualidad, el campo de estudio de la química orgánica es enorme. Resulta fundamental para comprender la vida y sus procesos, y también estudia todos aquellos materiales que el ser humano fabrica y usa en su vida cotidiana: fibras sintéticas, combustibles, fármacos y medicamentos, entre otros.

EL DETALLE

### ¿Qué compuestos tienen nitrógeno?

En la época del químico alemán Gerardus Mulder (1802-1880) se sabía que todas las albúminas (sustancias presentes, por ejemplo, en la clara de huevo) presentaban un alto contenido de nitrógeno. Él descubrió que en ellas existía una “materia prima” que constituiría la base de la materia viva y se sintetizaría en las plantas, para luego pasar a los siguientes niveles tróficos y en donde se añadirían los átomos de azufre específicos para cada tipo de albúmina. Entonces, propuso cambiar el nombre de “albúminas” por el de “proteínas”, palabra que proviene del griego y significa “primario”. Si bien los experimentos llevados a cabo por Mulder fueron puestos en consideración por sus colegas, el nombre propuesto se ha conservado. A partir del siglo xx, y con nuevos hallazgos, se revelaría el papel central de estas sustancias químicas en los secretos químicos de la vida y en la actualidad son consideradas macromoléculas.



Fig. 4. El químico sueco Torbern Olof Bergman (A) (1735-1784) fue el primero que diferenció los compuestos orgánicos de los inorgánicos. El químico sueco Jacob von Berzelius (B) fue quien usó por primera vez el término “química orgánica”.



Fig. 5. El 90% de la urea que se produce actualmente es utilizada como fertilizante por su alto contenido de nitrógeno.

## El avance de la ciencia

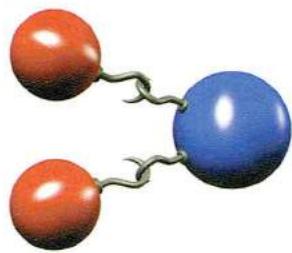


Fig. 6. Representación de los átomos según Demócrito.

Cuando escuchamos hablar sobre la ciencia, también se dice que avanza... ¿Y qué significa esto? A veces estamos tentados a pensar que el avance de la ciencia es tan solo la adición de datos nuevos. Sin embargo, no se trata de un **proceso lineal**, ya que los conocimientos se **reconstruyen** permanentemente. Existen momentos de estancamiento, de retrocesos y grandes controversias. Construir nuevas ideas sobre un mismo fenómeno, al contrario de lo que solemos pensar, consiste en **percibir de manera diferente** nuevas relaciones entre datos que ya existen. A su vez, la obtención de nuevos datos abre caminos insospechados y permite construir nuevos conocimientos.

### En busca de lo más pequeño e indivisible

Supongamos que hay un grupo de niños y a cada uno de ellos se le da un juego idéntico de “pequeños ladrillos de colores” para que arme lo que se le ocurra. Con un mismo juego de ladrillos es posible construir cosas muy diferentes. La diversidad de formas y colores de los ladrillos da una idea de la variedad de maneras de combinarlos para lograr figuras diferentes. Aunque parezca extraño, el universo que nos rodea está conformado de un modo análogo. ¿Y cuáles son estos ladrillos en la naturaleza?

Como te contamos hace un rato, Aristóteles pensaba que todas las sustancias estaban formadas por cuatro elementos que se combinan en distintas proporciones. Según Paracelso, se trataba de los *tria prima*. Por su parte, la idea de Leucipo (siglo v a. C.) era que la materia estaba formada por pequeños corpúsculos imposibles de dividir a los que llamó **átomos**. Su discípulo Demócrito (460 a. C.-370 a. C.) afirmaba que los átomos podían tener diferentes tipos de “ganchos” que les permitían unirse entre sí. Los átomos, entonces, se unirían con otros átomos semejantes debido a que sus ganchos son compatibles (figura 6).

El hecho de que la materia no fuera continua, sino que estuviera compuesta por átomos fue lo que se llamó, siglos más tarde, **teoría atómica**.

La idea de buscar lo más pequeño e indivisible de la materia perduró en el tiempo, pero el conocimiento cambió mucho (figura 7). Con el desarrollo de la electricidad, en el siglo XIX, se vio que era imposible admitir que los átomos fuesen las partículas primordiales de la materia. El científico británico Joseph John Thomson (1856-1940) postuló, a principios del siglo XX, que los átomos debían contener partículas cargadas. Así surgió la idea de **electrones** con carga negativa incrustados en una masa positiva.

Años más tarde, el químico neocelandés Ernst Rutherford (1871-1937) descubría la presencia de partículas de carga positiva en el núcleo, llamadas protones. Fue en 1932 cuando James Chadwick descubrió otra partícula en el núcleo a la que llamó **neutrón**, por no poseer carga. En la actualidad decimos que todo lo que observamos, incluso nosotros mismos, está constituido por partículas llamadas **fermiones**, que se clasifican en quarks y leptones, y por los bosones. Los nuevos conocimientos también resultan útiles para plantear otros modelos.

Modelo de Thomson



Modelo de Rutherford

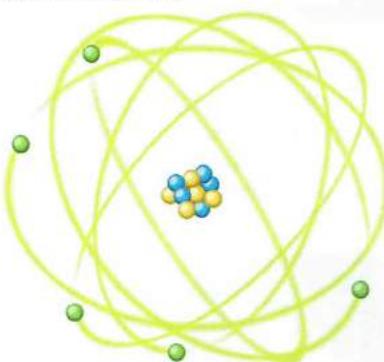


Fig. 7. ¿Siempre nos imaginamos el átomo de la misma forma? El modelo atómico no siempre fue el mismo.

# Ciencia dinámica: del flogisto al oxígeno

En ciencia las ideas cambian. Por ejemplo, ¿por qué se queman algunos materiales y otros no? ¿Por qué ascienden las llamas? Preguntas de este tipo han llamado la atención de los seres humanos desde que, por primera vez, contemplaron el fuego.

En 1731, el médico Georg Ernest Stahl (1659-1734) postuló que todas las sustancias que podían arder contenían **flogisto**, que, al quemarse, era expulsado al aire. Otras sustancias, en cambio, carecían de flogisto o estaban **desflogisticadas**. Según Stahl, los metales estaban formados por cal y flogisto. La formación de calcinado se explicaba como un desprendimiento de flogisto, el cual se liberaba del metal y dejaba la cal al descubierto (figura 8).

Se pensaba que aquellas sustancias que dejaban menos residuos estaban más llenas de flogisto. Bajo esta hipótesis, la extracción de metales se interpretaba como la adición del flogisto.

La propuesta de Stahl ganó popularidad a lo largo del siglo XVIII y era ampliamente aceptada por la comunidad científica. Sin embargo, había algo que no podía explicar: ¿cómo es posible que determinados compuestos, como los metales, al perder flogisto aumentaran su peso? (► **EL DETALLE**).

Una serie de experimentos realizados por varios científicos condujeron a Lavoisier a postular que tanto la combustión como la calcinación y la respiración de los seres vivos exigen consumos de oxígeno.

Tené en cuenta que en aquel momento todavía se creía que el aire era un elemento. Finalmente se llegó, lentamente, a una nueva manera de ver y pensar los fenómenos químicos. Entre otras cuestiones, Lavoisier demostró que la calcinación u oxidación de un metal no era el resultado de la pérdida del misterioso flogisto, sino la ganancia de oxígeno, una parte del aire (figura 9).

Ahora bien, ¿acaso todo esto puede verse? ¿Cómo sabemos que las cosas son de una u otra manera?

Como dijimos, una de las características fundamentales de la ciencia es ser **teórica**. Es decir, frente a un conjunto de fenómenos, los científicos usan la imaginación, la creatividad e inventan posibles explicaciones.

Un **modelo de explicación** no solo permite comprender lo que ya se sabe, sino predecir nuevas observaciones.

Al leer este capítulo, seguramente notaste que las explicaciones **cambian** a medida que pasa el tiempo. No son mejores ni peores, son diferentes. Algunas veces, los modelos son modificados por otros totalmente nuevos. Es importante tener presente que las ideas no se abandonan simplemente porque no encajen con algunos resultados experimentales.

Los científicos descartan explicaciones y modelos cuando pueden optar por otras que parecen más convincentes y más útiles. Por ello decimos que la ciencia es dinámica: las preguntas son las mismas, solo que cambian las respuestas que se dan a ellas.

Tampoco resulta fácil abandonar una idea que funciona bien para explicar determinados fenómenos. Para que una idea sea aprobada debe ser debatida y puesta a prueba por otros. Esto no se hace de un día para el otro, sino que puede llevar unos cuántos años de investigaciones.

## EL DETALLE

### ¿Peso negativo?

Que luego de la calcinación los metales tuvieran más peso que al comenzar la reacción contradecía la hipótesis propuesta por Stahl. Sin embargo, este hecho no fue suficiente para ser abandonada. Sigue que en un primer intento y antes de descartarla, los científicos tratan de ajustar las observaciones a sus hipótesis. En este caso, se argumentó que el flogisto podría tener "peso negativo". Aunque no convenció del todo, sirvió para sostener la hipótesis del flogisto durante un tiempo más.



Fig. 8. Esquema que representa las afirmaciones de Stahl.



Fig. 9. Calcinación u oxidación de un metal.



Fig. 10. La ciencia posee un carácter de exploración constante. La formulación de preguntas y problemas es uno de los motores principales de la indagación científica. Muchos conceptos y explicaciones cobran sentido cuando se conoce a qué preguntas responden o qué problemas intentan resolver.

## Metodología de la ciencia

Ya sabés muchas características de la ciencia, pero ¿de qué manera se “hace ciencia”? Es común pensar que el conocimiento se construye mediante la implementación de un conjunto de pasos fijos a través de los cuales se conoce la realidad. De hecho, así lo hicieron los científicos de la revolución científica del Renacimiento. Pero en la actualidad las cosas son un poco diferentes. Del mismo modo que los conocimientos cambian con el tiempo, la forma de “hacer ciencia” también varía. Hoy se admite que una investigación pueda comenzar a partir de una reflexión con otras personas, a partir de una observación o de una lectura de un trabajo científico, entre otros disparadores. A partir de ellos se genera una pregunta (**problema**) y una posible respuesta o **hipótesis** y se planifica un curso de acción. Una vez definido esto, la investigación “abre un camino”; cada científico elabora su propio estilo de búsqueda y utiliza las estrategias más convenientes para la investigación que está realizando. Además, en su intento por conocer la realidad, los científicos, inevitablemente, ponen algo de subjetividad y la interpretan de manera parcial e incompleta.

A lo largo de este libro profundizarás en cada uno de los procedimientos y los “pondrás en juego” en todo momento (figura 10).

### ACTIVIDADES

6. ¿Cuáles de las siguientes preguntas o situaciones te parece que abren el camino a la investigación y cuáles no lo hacen? Justifícá.
- Cuando una botella de vidrio llena de líquido permanece un tiempo en el congelador, la botella se rompe. ¿Es el frío el causante de la rotura del vidrio?
  - ¿Es una sustancia química la causante del olor de la coliflor?
  - ¿Qué órganos participan del proceso de nutrición?
  - ¿Cuál es el jabón en polvo que mejor saca las manchas?

### Los procedimientos de la ciencia

Las **hipótesis** son intentos de respuesta a las preguntas o los problemas planteados. Son las que orientan el tipo de investigación que se llevará adelante. También tienen la característica de ser provisorias, dado que es necesario ponerlas a prueba para que queden confirmadas o bien sean rechazadas. En este último caso, hay que revisar la investigación y volver a intentarlo.

La **observación** y la **experimentación** son procedimientos centrales en la construcción del conocimiento científico. El primero supone la utilización de los sentidos y es importante seleccionar lo relevante teniendo en cuenta el problema que se investiga. Un experimento consiste en modificar las variables que afectan al fenómeno de estudio y analizar los cambios que se suceden.

Los procedimientos de **recolección** y **organización de datos** facilitan los procesos de análisis e interpretación de la información. Existen diferentes modos de recolección: a través de termómetros, balanzas, cámaras de fotos, etc. Existen diversos modos de organizar: cuadros de simple entrada, de doble entrada; gráficas matemáticas (barras, representaciones lineales); gráficos como esquemas y dibujos.

La **interpretación de la información** atraviesa todo el proceso de producción de conocimientos, tanto cuando se observa como cuando se elaboran conclusiones. Supone establecer relaciones entre diversos aspectos de la información obtenida.

La **comunicación** es una actividad central para la construcción del conocimiento científico. Posibilita el intercambio de ideas entre diferentes grupos de científicos y permite que se articulen opiniones y enfoques de diferentes personas. Involucra el manejo y la comprensión de un vocabulario específico de las ciencias, a través del cual se intercambian y se construyen significados.

# Actividades finales

7. Reúnanse en pequeños grupos. Lean con atención los siguientes relatos y luego resuelvan las consignas:

## "Ser una mujer" – Cecilia Payne-Gaposchkin



*"Una mujer conoce la frustración de pertenecer a un grupo minoritario. Podemos no ser realmente una minoría, pero ciertamente estamos en inferioridad de condiciones. Tempranas experiencias me habían enseñado que mi hermano era valorado por encima de mí. Su educación dictaba los movimientos de mi familia. Si yo quería ir a Cambridge, debía apañármelas por mí misma. Pronto aprendí la lección de que un hombre podía escoger una profesión, mientras que una mujer debía aprender a mantenerse por sí sola. Presumiblemente, esto debía ser así hasta que encontrara un marido [...]. Las cosas no mejoraron cuando fui a Cambridge. Se segregaba a las mujeres en clases. Incluso se las emparejaba en el laboratorio, tratándolas como estudiantes de segunda clase [...]. La actitud hacia las mujeres que oprimió mi infancia y juventud era típica de la Inglaterra de la época. Cincuenta años no han cambiado mucho la situación [...]".*

- a) ¿Cuál es el papel de la mujer en la ciencia en la actualidad? ¿Les parece que siempre fue igual? Investiguen.
- b) ¿Qué tienen en común y en qué se diferencian ambos relatos? Comenten.
- c) Investiguen la biografía de ambas científicas y de otras mujeres importantes de la ciencia.



## "Primavera silenciosa" – Rachel Carson



*"Por primera vez en la historia del mundo, todo ser humano está ahora en contacto con productos químicos peligrosos, desde el momento de su concepción hasta su muerte. En menos de dos décadas de su uso, los pesticidas sintéticos han sido distribuidos tan intensamente por el mundo inanimado al igual que por el animado que está presente en prácticamente todas partes. Han penetrado y se han instalado en cuerpos de peces, pájaros, reptiles y animales domésticos y salvajes [...]. Esta industria es hija de la segunda guerra mundial. En el curso del desarrollo de agentes de guerra química, se encontró que algunos de los productos químicos creados en el laboratorio eran letales para los insectos. El descubrimiento no vino al azar: se utilizaban ampliamente insectos para comprobar los productos químicos como agentes de muerte para el hombre [...]. Un 'quién es quién' de pesticidas es, por consiguiente, algo que nos interesa a todos. Si vamos a vivir tan íntimamente con estos productos químicos, mejor será que conozcamos algo acerca de su naturaleza y poder".*

Fuente: Sánchez Ron, José Manuel. Como al León por sus garras. Antología personal de momentos estelares de la Ciencia. Madrid, Editorial Debate, 1999.

- d) Carson escribió e investigó sobre los pesticidas hace más de cuarenta años. Si fuese hoy, ¿sobre qué tema piensan que escribiría? Comenten.
- e) ¿A qué público apunta Carson? ¿A las empresas químicas, a las agencias del Estado o al ciudadano común?



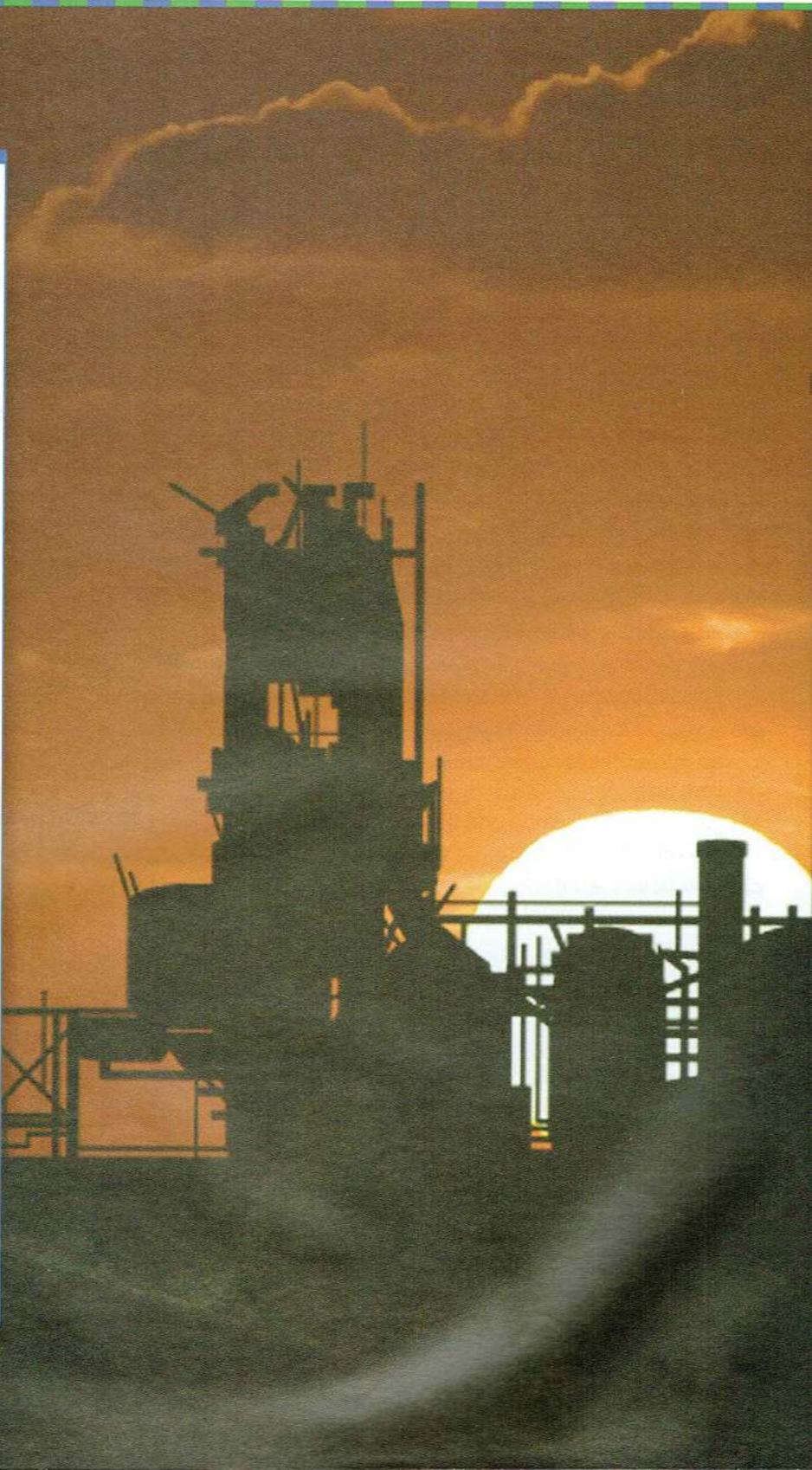
# I

# Química y combustibles

## Lo que se viene

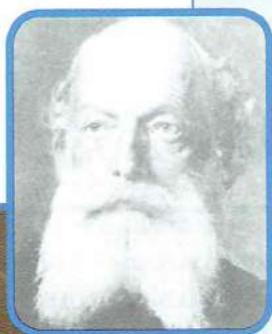
En esta sección...

- Estudiarás los procesos industriales vinculados a la destilación del petróleo y las características de las diferentes fracciones (capítulo 1).
- Aprenderás a utilizar el lenguaje simbólico propio de la química al escribir las fórmulas de los hidrocarburos y sus derivados y las ecuaciones utilizadas para representar los diversos procesos químicos (capítulos 1, 2 y 3).
- Interpretarás las propiedades físicas y químicas de las fracciones de destilación de petróleo en función de su estructura molecular y de las fuerzas intermoleculares (capítulos 1 y 2).
- Aplicarás los conceptos de ecuación de gas ideal, pureza, reactivo limitante y rendimiento en los cálculos estequiométricos (capítulo 2).
- Estudiarás la gran variedad de compuestos oxigenados y nitrogenados, y algunas de sus aplicaciones industriales (capítulo 3).



## Un sueño revelador

August Kekulé.



Numerosas posturas científicas sostienen que el descubrimiento posee una lógica, es decir que es un procedimiento que sigue pasos ordenados. Sin embargo, existen hechos que ponen en cuestión este enfoque. Es el caso de Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896), más conocido como August Kekulé.

Este hombre fue un respetado y prominente químico alemán del siglo xix. Su trabajo más conocido se refiere a la estructura del benceno, un compuesto presente en el petróleo. Si bien su fórmula molecular se conocía desde hacía tiempo, su estructura estaba aún tratando de ser determinada. En 1865, Kekulé publicó un artículo en el que sugería que la estructura del benceno contiene un anillo de átomos de carbono con enlaces simples y dobles alternados. Según Kekulé, él pudo describir esta estructura porque soñó con una serpiente que se mordía la cola, lo que lo llevó a plantearse la posibilidad de que la molécula del benceno tuviera forma de anillo.

El conocimiento de la estructura del benceno y de todos los compuestos aromáticos resultó tan importante para la química que en 1890 la Sociedad Química Alemana organizó una elaborada ceremonia en honor de Kekulé para celebrar el 25.<sup>º</sup> aniversario de su primer artículo sobre el benceno. En ella, Kekulé habló sobre la creación de su teoría. Dijo: "Señores, aprendamos a soñar, después quizás encontraremos la verdad [...] pero guardémonos de publicar nuestros sueños antes de que hayan sido puestos a prueba por el entendimiento vigilante".

### Lo que sabés

1. ¿Qué es el petróleo? Nombrá algunas de sus aplicaciones.
2. El gas que se utiliza en tu hogar es una mezcla de hidrocarburos. ¿Sabés qué tipo de compuestos son? ¿De dónde proviene?
3. Cuando un combustible arde, se dice que se produce una combustión. ¿Qué es necesario para que se produzca la combustión?
4. ¿Por qué crees que es importante conocer la estructura de un compuesto?

# 1

# El petróleo y los hidrocarburos



Abraham  
Gesner.



Alumbrado con querosén en el barrio de Mataderos en 1918.

*El progreso de los descubrimientos en este caso, como en otros, ha sido lento y gradual. Se ha llevado a cabo gracias a los esfuerzos, no de una mente, sino de muchas, y por ello se hace difícil descubrir quién merece el mayor crédito.*

Abraham Gesner

A mediados del siglo XIX, la demanda de un combustible que reemplazara al aceite de ballena, utilizado hasta ese momento en el alumbrado, impulsó al médico y geólogo canadiense **ABRAHAM GESNER** (1797-1864) a buscar un producto que fuera de calidad.

¿Por qué fue necesario reemplazarlo? El aceite de ballena escaseaba, ya que la caza indiscriminada casi las había llevado a la extinción, y su precio había aumentado en el mercado.

Muchos años antes que Gesner, un escocés, el padre de Lord Thomas Cochrane (1775-1860), había intentado destilar alquitrán de hulla para producir aceite de lámpara, pero fracasó en el emprendimiento y perdió toda su fortuna. Entonces Thomas, ya en su vejez, compró unas tierras en el "Lago de Brea" en Trinidad y Tobago con el afán de seguir los pasos de su padre y recuperar lo perdido por él.

Es en este lugar en donde Abraham y Thomas se conocen y es el momento en que Gesner se entusiasma y destila un poco de brea. Obtiene un aceite apropiado para la iluminación, al que llamó "queroseno", del griego keros (cera) y elain (aceite).

En marzo de 1853, en Nueva York, fundan juntos una compañía para producir, además de querosén para la iluminación, varios tipos de materiales impermeabilizantes, asfalto para caminos, grasa de ferrocarril, entre otros. Lo cierto es que encontrar nuevas fuentes de combustible fue un poderoso estímulo para el desarrollo de la industria del petróleo en el siglo XIX.

Por su descubrimiento, Gesner es considerado el fundador de la industria petrolera moderna, sin embargo, queda demostrado que su descubrimiento no fue un mérito personal.

## ACTIVIDADES

1. ¿Por qué creés que Abraham Gesner dice en su frase "se hace difícil descubrir quién merece el mayor crédito"?
2. ¿De dónde proviene la palabra "queroseno"? ¿Se emplea este combustible en la actualidad?
3. ¿Por qué fue necesario reemplazar el aceite de ballena en las lámparas de iluminación?
4. Según lo que acabás de leer, ¿podés explicar por qué encontrar nuevos combustibles se convirtió en un estímulo para el desarrollo de la industria petrolera?

# El petróleo como recurso

El petróleo es un **combustible fósil** que se formó durante un largo proceso iniciado hace millones de años. En ese lapso, los restos de animales y plantas se almacenaron en las cuencas de sedimentación, en ambientes caracterizados por la lenta degradación y el escaso nivel de oxígeno. Al depositarse nuevos sedimentos, se dieron condiciones de elevadas temperaturas y presiones, capaces de convertir los restos de animales y plantas en petróleo.

El petróleo es un **recurso natural no renovable**, es decir que no se regenerará en un corto plazo. Se trata de un líquido oleoso bituminoso compuesto por la mezcla de diferentes sustancias llamadas **hidrocarburos**.

Como su nombre lo indica, los hidrocarburos tienen en su composición carbono e hidrógeno.

Volviendo al petróleo, también llamado **petróleo crudo**, podemos decir que se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre formando los yacimientos petrolíferos. Allí, y por lo general, el petróleo está acompañado de capas de **gas natural**. En la entrevista de esta sección se amplía este tema.

En la actualidad, y desde hace unos cuantos años, el petróleo y el gas natural constituyen la principal fuente de energía primaria (energía disponible en la naturaleza antes de ser transformada en otro tipo de energía) que utilizamos los seres humanos. Por ejemplo, los combustibles, como la nafta y el diésel, son las fuentes de energía de la mayoría de los transportes, la industria y se emplean para producir electricidad en las plantas termoeléctricas.

Además, el petróleo está asociado a una gran cantidad de actividades humanas, desde la explotación de yacimientos (figura 1-1) hasta la transformación en compuestos como los plásticos.

## Usos del petróleo

El petróleo, conocido desde la Antigüedad, aparecía en forma natural en grietas rocosas de la superficie terrestre de algunas regiones como Egipto, Babilonia y México. Se lo empleaba en la construcción de templos, viviendas y embarcaciones, en la momificación, en medicina y como combustible.

Pero nadie se le había ocurrido que, mediante una perforación del terreno, se podía obtener mayor cantidad de petróleo, hasta que un técnico ferroviario, llamado Edwin Lautentine Drake (1819-1890), lo intentó. Perforó el terreno hasta unos veinte metros de profundidad, y el 28 de agosto de 1859 observó, asombrado, cómo de allí brotaba petróleo. Drake construyó así el primer **pozo de petróleo**.

Desde su descubrimiento, la posibilidad de explotarlo masivamente y procesarlo industrialmente produjo un cambio revolucionario en la industria y la obtención de energía.

Hoy, en las refinerías, el petróleo crudo sufre una serie de procedimientos; estos permiten obtener mezclas de determinados hidrocarburos que se destinan a diversos usos: como combustible para la producción de energía, el transporte y la calefacción. Solo el 7% del petróleo extraído se emplea en la industria petroquímica.



Fig. 1-1. Bomba de extracción vertical de petróleo. Consiste en un tubo vertical dentro del cual se mueve un pistón cuyo extremo superior está unido a las varillas de bombeo en el exterior. El 80% de los pozos de extracción en la República Argentina utilizan este medio.

### ACTIVIDADES

5. ¿Cuáles de las siguientes frases son falsas? Esribillas correctamente en la carpeta.
  - a) El petróleo es un recurso renovable.
  - b) El petróleo es una mezcla de hidrocarburos.
  - c) Los hidrocarburos son sustancias formadas por carbono y nitrógeno.
  - d) El petróleo es utilizado desde la Antigüedad.
6. ¿Qué usos se le da al petróleo? ¿Cuáles son las actividades que requieren la mayor cantidad del petróleo extraído?

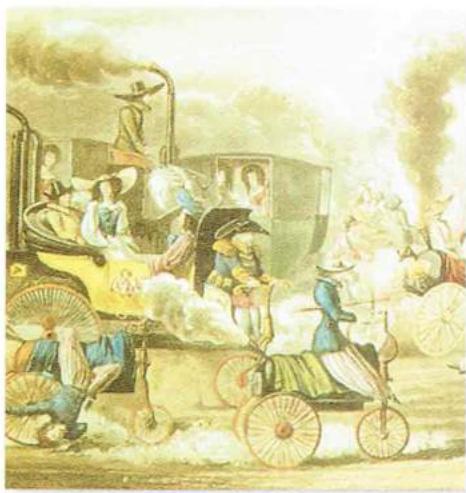


Fig. 1-2. Detalle de una litografía de Henry Halken. En ella pueden verse los cambios en los transportes urbanos en la ciudad de Londres en 1831.



Fig. 1-3. El funcionamiento de grandes conglomerados urbanos, como la ciudad de Buenos Aires, requiere el suministro constante de energía.

#### ACTIVIDADES

7. Justificá las siguientes frases.
- Para el ser humano, la utilización de la energía implicó un cambio radical en su estilo de vida.
  - Al aumentar la población, el requerimiento de energía fue mayor.
  - La energía es fundamental en el estilo de vida del siglo xxi.
  - El petróleo y el carbón son fuentes de energía primaria.

## Petróleo y demandas de energía

Para el ser humano, la utilización de la energía implicó un cambio radical en su estilo de vida. Con el dominio del fuego, pudo cocinar los alimentos, abrigarse, iluminarse durante la noche y transformar los materiales.

A medida que las poblaciones se hacían más numerosas, la demanda de energía aumentaba, por lo que fue necesario buscar nuevas fuentes.

Hasta el siglo xvi, los combustibles para producir luz y calor eran la madera, los residuos agrícolas y el estiércol animal e incluso carbón mineral proveniente de estratos superficiales en la corteza terrestre.

Pero ¿por qué cada vez se necesitaba más energía? Al aumentar la población, fue necesario fabricar mayor cantidad de materiales, por ejemplo, la drillería para construir viviendas, producir telas a gran escala o fabricar mayor cantidad de metales, y todo esto requería más energía.

La revolución industrial, la invención de la máquina de vapor (figura 1-2) y la producción de acero hicieron que el carbón mineral, principal combustible de la época, se transformara en la fuente de energía del siglo xix.

¿Y qué ocurrió con el carbón al terminar el siglo xix? La invención del motor eléctrico abrió el camino para el consumo masivo de la energía. En esa época, la demanda de energía sobrepassó lo que podía satisfacerse y la producción de carbón no cubría las necesidades energéticas industriales. Por esta razón, los seres humanos se vieron impulsados a buscar otros combustibles y el petróleo pasó a ser la “estrella” del momento.

## Requerimientos energéticos actuales

Para analizar el aumento de la demanda de energía se puede partir de las estadísticas de la producción mundial de petróleo y carbón, fuentes de energía primaria, y la utilización de energía eléctrica o energía secundaria. Los combustibles han sido quemados en los últimos siglos y se ha empleado su energía química para producir electricidad, calefaccionar viviendas, hacer funcionar máquinas o transformar materiales.

La producción de electricidad creció hasta alcanzar los 15.000 TWh (teravatios hora) en el año 2000 y el consumo de petróleo y sus derivados llegó a las 3.500 MTEP (millones de toneladas de petróleo). Por otra parte, la población mundial creció de 1.600 millones de habitantes en 1900 a 6.866 millones en 2010. En síntesis, el xx y el xxi son los siglos en los que la energía se volvió esencial e insustituible en la vida de las personas (figura 1-3).

Dos organismos reconocidos mundialmente, la Agencia Internacional de Energía y el Departamento de Energía de los Estados Unidos, coinciden en el análisis y la elaboración de pronósticos energéticos mundiales a largo plazo. Ellos prevén que:

- el mundo incrementará el consumo de energía más del 50% en 2030, es decir que llegará casi a 18.000 MTEP;
- el petróleo y el carbón continuarán aportando el 80% de la energía hasta 2030.

## Reservas de combustibles fósiles

¿Qué es una reserva de combustible fósil? Una **reserva** consiste en el volumen estimado de petróleo crudo y gas natural o carbón considerado comercialmente explorable. La estimación de las reservas está basada en la información obtenida de interpretaciones geológicas y en datos de ingeniería.

Los combustibles fósiles siguen siendo las fuentes dominantes de energía en todo el mundo. Las minas de carbón activas están en unos cincuenta países y las mayores reservas de carbón, que superan las de petróleo, están en América del Norte y en Europa oriental (figura 1-4).

Por otra parte, numerosos países cuentan con pozos de petróleo, como la Argentina, Venezuela, Brasil o Chile, sin embargo, tres zonas son las que concentran la producción mundial de petróleo: Medio Oriente, la antigua Unión Soviética y los Estados Unidos.

El 65,3% del crudo del mundo procede de Medio Oriente; el 6,1%, de los Estados Unidos; el 6,2%, de la antigua Unión Soviética. En Centroamérica y Sudamérica la producción de petróleo alcanza el 9,1 por ciento.

Pero ¿de cuánto combustible fósil disponemos? Al ritmo actual de consumo mundial de las reservas, es posible decir que disponemos de alrededor de cuarenta años para el petróleo, sesenta años para el gas natural y doscientos para el carbón. Sin embargo, estas estimaciones no incluyen el hallazgo de nuevos yacimientos.

### El petróleo en la República Argentina

El petróleo es un combustible vital para la economía de los países. La República Argentina posee en su territorio reservas de petróleo bastante considerables. La explotación petrolífera en gran escala comenzó en 1907, en Comodoro Rivadavia, para extenderse luego a otras zonas del país. En la actualidad existen diecinueve cuencas sedimentarias, de las cuales cinco producen petróleo y otras probablemente lo produzcan. Las cinco cuencas y sus reservas de petróleo comprobadas son: Noroeste, Cuyana, Neuquina, Golfo de San Jorge y Austral o de Magallanes (figura 1-5).

La producción de petróleo y gas en la República Argentina en julio de 2010 fue de 20.964.960,66 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos) y 27.529.144,69 MMm<sup>3</sup> (miles de millones de metros cúbicos), respectivamente.

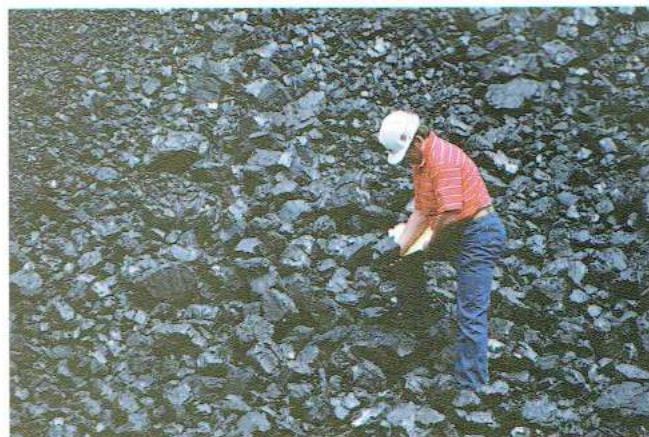


Fig. 1-4. El carbón suministra el 25% de la energía primaria consumida en el mundo, solo por detrás del petróleo. Se lo emplea en la industria siderúrgica, en la generación de energía eléctrica y en la producción de amoníaco y metanol.

Producción de petróleo y gas en la República Argentina		
Cuenca	Petróleo (Mm <sup>3</sup> )	Gas (MMm <sup>3</sup> )
Austral	11.338.589,81	6.072.051,81
Cuyana	1.098.540,79	33.461,82
Golfo de San Jorge	9.481.775,42	3.061.441,63
Neuquina	8.818.888,86	15.094.157,15
Noroeste	427.168,78	3.268.032,28
Totales	20.964.960,66	27.529.144,69

Fuente: Secretaría de Energía, julio de 2010.

Fig. 1-5. Producción de petróleo y gas por cuenca sedimentaria.

### ACTIVIDADES

8. Conseguí un mapa de la República Argentina. Investiga la ubicación de las cinco cuencas sedimentarias y marcalas en el mapa.
9. ¿Qué beneficios reporta al país la producción de la mayor cantidad posible de petróleo?
10. Investigá qué riesgos puede ocasionar el traslado de grandes cantidades de petróleo a través de oleoductos.

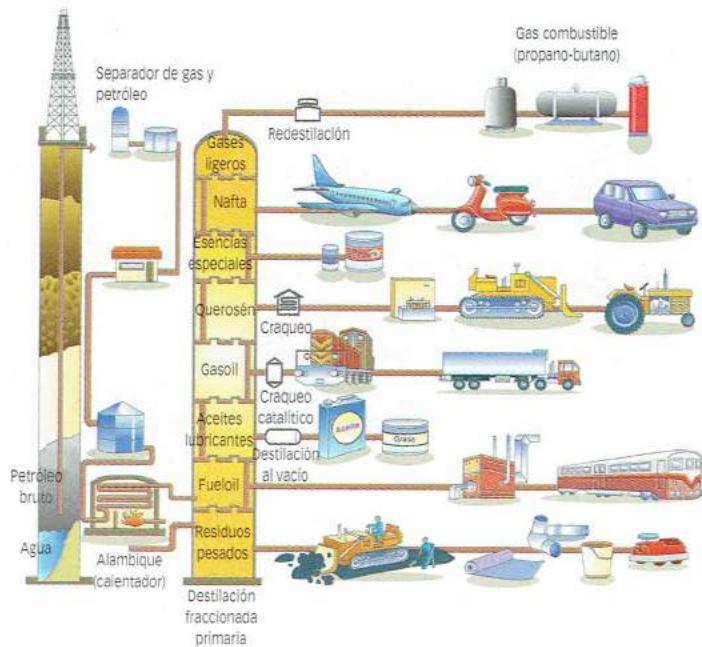


Fig. 1-6. Torre de fraccionamiento y productos de la destilación de petróleo.

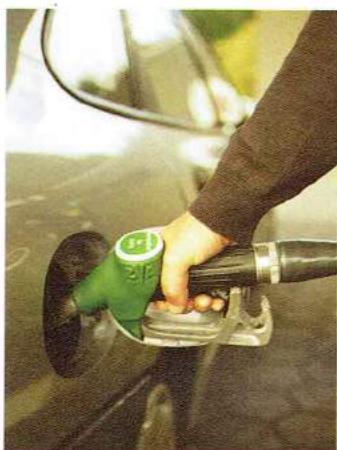


Fig. 1-7. Existe una gran variedad de naftas, que son utilizadas como combustible en automóviles, aviones, barcos y ferrocarriles.

### ACTIVIDADES

11. ¿Qué es el petróleo? ¿Cuál es su composición? ¿Qué importancia tiene para el ser humano?
12. ¿Qué actividad se desarrolla en una destilería de petróleo?
13. ¿Por qué es necesario destilar el petróleo? Enumera los tipos de destilación.
14. Hacé una lista de los productos de la destilación primaria y de la destilación conservativa del petróleo.

## Destilación de petróleo

Las refinerías de petróleo se ubican cerca de los yacimientos de petróleo crudo o de ciudades de alto consumo de petróleo. Como ya te comentamos, el petróleo crudo es una mezcla de hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos, que pueden separarse por medio de la **destilación**. Además, puede contener pequeñas cantidades de azufre, nitrógeno y oxígeno. La composición y las propiedades del petróleo dependen de su origen.

La primera destilación, conocida como **destilación primaria** o **topping**, se realiza a presión atmosférica una vez separada la fracción gaseosa que el petróleo pueda contener. Se calienta el crudo en hornos, y los vapores ascienden por la **columna o torre de fraccionamiento** (figura 1-6), y se separan a diferentes temperaturas las siguientes fracciones líquidas: naftas hasta 175 °C; querosén desde 175 °C hasta 275 °C; gasoil de 275 °C a 300 °C y fueloil, o petróleo crudo residual, que queda en la parte inferior de la torre.

El fueloil puede ser destilado nuevamente a menor presión que la atmosférica mediante la **destilación conservativa**, llamada así porque la estructura de los hidrocarburos se conserva, y se obtienen aceites lubricantes, vaselina, asfalto y coque de petróleo.

### Las fracciones de la destilación primaria

Las fracciones resultantes de la destilación primaria reciben nombres genéricos que se refieren a una mezcla de hidrocarburos, cuyas propiedades características están bien definidas. Sin embargo, la proporción de hidrocarburos en la mezcla depende de la calidad del crudo destilado.

En lo alto de la torre emergen hidrocarburos gaseosos: metano, etano y, en mayor proporción, propano y butano. Estos compuestos son hidrocarburos simples de uno, dos, tres y cuatro átomos de carbono, y sus puntos de ebullición están entre -160 °C y 0 °C.

Las fracciones líquidas son: la **nafta** (figura 1-7), una mezcla de hidrocarburos de 5 a 11 átomos de carbono; el **querosén** con hidrocarburos de 12 a 15 átomos de carbono y el **gasoil** con hidrocarburos de 15 a 25 átomos de carbono.

En la base de la torre queda un residuo líquido viscoso y negro llamado **fueloil**, cuyos hidrocarburos poseen más de 25 átomos de carbono. El último residuo es el **asfalto**, una mezcla de hidrocarburos sólidos.

## Destilación secundaria a craqueo

Algunas fracciones producto de la destilación primaria se someten a la **destilación secundaria o craqueo**. Durante este proceso se produce la ruptura de las largas cadenas carbonadas de hidrocarburos, para obtener otros de cadenas más pequeñas. El **craqueo térmico** permite que las moléculas, sometidas a altas presiones y temperaturas ( $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), se rompan. En cambio, el **craqueo catalítico** ocurre por la acción de catalizadores adecuados a temperaturas más bajas ( $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Aunque los mejores catalizadores utilizados en el craqueo catalítico son costosos –porque se emplean metales como el platino, el paladio, el rodio y el iridio–, este método se prefiere al craqueo térmico, ya que resulta menos contaminante, se obtienen productos más específicos y requiere menor gasto de energía. Las reacciones ocurren en las superficies de los metales, de allí que se estudien con métodos muy precisos las irregularidades que aquellas puedan presentar, para optimizar al máximo el proceso catalítico. El craqueo catalítico permite obtener muchos de los hidrocarburos empleados en la industria petroquímica y naftas útiles para los motores actuales.

## El carbono y los hidrocarburos

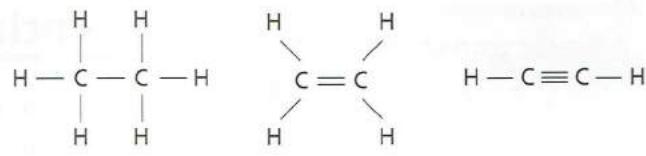
Los hidrocarburos no solo se encuentran en el petróleo, sino que pueden ser sintetizados de manera artificial en una gran proporción y su abundancia es fenomenal. Pero ¿por qué el carbono presenta una química tan abundante? ¿Por qué existen tantos compuestos del carbono?

En esencia, las respuestas son dos:

- ▶ Por un lado, los átomos de carbono son capaces de unirse entre sí y formar cadenas estables (► **EL DETALLE**).
- ▶ Por otra parte, tienen la posibilidad de formar enlaces múltiples no solo con otros átomos de carbono, sino también con átomos de oxígeno, azufre o nitrógeno.

Esto es así porque el átomo de carbono, cuya configuración electrónica es  $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ , en teoría dispone solo de dos orbitales semiocupados en su nivel más externo; sin embargo, mediante la promoción de un electrón  $2s$  a un orbital  $2p$  vacío adquiere la capacidad de formar cuatro enlaces covalentes con otros átomos y completar así su octeto.

Las uniones que se establecen entre átomos de carbono son relativamente fuertes y, por otra parte, el tamaño pequeño de los átomos de carbono permite el acercamiento y la formación de enlaces múltiples (dobles o triples).



Enlaces simples

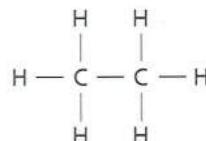
Un enlace doble

Un enlace triple

Todas las posibilidades de enlace explican no solo el elevado número de compuestos orgánicos diferentes conocidos, sino también su gran variedad estructural. Esto implica que, en la mayoría de los casos, no resulte suficiente representarlos con su **fórmula molecular**: es preciso recurrir a otras formas de representarlos, como las **fórmulas estructurales** y los **modelos moleculares**. Por ejemplo, para el etano:



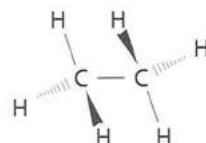
Fórmula molecular



Fórmula desarrollada plana o bidimensional



Fórmula semidesarrollada o condensada. Es la más práctica por su simplicidad.



Fórmula desarrollada tridimensional. Permite observar los ángulos de unión y la disposición espacial de la molécula.

EL DETALLE

### ¿Cómo se clasifican los carbonos?

Cuando un átomo de carbono está unido a un solo átomo de carbono se trata de un **carbono primario**; si está unido a dos átomos de carbono, es un carbono **secundario**; si está unido a tres, el carbono es **terciario**, y si está unido a cuatro, es **cuaternario**.

### ACTIVIDADES

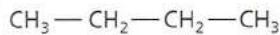
15. ¿Por qué es necesario efectuar el craqueo de algunas fracciones del destilado del petróleo?
16. ¿Qué clases de craqueo conocés? ¿Qué características tiene cada uno de ellos?
17. Investigá con tus compañeros qué refinerías existen en nuestro país y cuál es la más cercana a su escuela. ¿Qué actividades se desarrollan allí? ¿A qué empresas pertenecen?



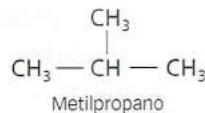
## Hidrocarburos ramificados

En los hidrocarburos ramificados, cada una de las ramificaciones procede de la pérdida de un átomo de hidrógeno del hidrocarburo correspondiente y se denomina **radical (-R)**. Por ejemplo, la pérdida de un átomo de hidrógeno del metano origina el radical alquílico llamado metilo  $\text{-CH}_3$ , cuyo nombre resulta de reemplazar el sufijo **-ano** por **-ilo**.

Si en un hidrocarburo lineal se reemplaza un hidrógeno por cualquier radical alquílico, se origina un hidrocarburo de cadena ramificada (figura 1-10). Por ejemplo:



Butano

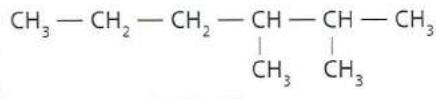


Metilpropano

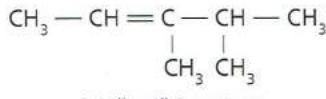
¿Tienen algo en común estos dos compuestos? Estos dos hidrocarburos tienen igual fórmula molecular,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , pero distinta estructura; se denominan **isómeros estructurales de cadena**.

Para nombrar los hidrocarburos ramificados, se elige la cadena principal si hay dobles o triples enlaces, la cadena principal es la que los contiene. La cadena principal es la sucesión más larga de carbonos. Todo lo que quede por fuera de la cadena principal son ramificaciones.

- Se enumera la cadena principal. Si los enlaces son simples, se comienza por el extremo más próximo a una ramificación. Si hay dobles o triples enlaces, se hace por el extremo más próximo a ellos.
- Se nombran en primer lugar las ramificaciones y se las ordena alfabéticamente. Se las nombra como si fueran radicales sin la “o” final: **-metil**, **-etyl**, etcétera.
- Si existe más de una ramificación del mismo tipo, se añade un prefijo: **di-**, **tri-**, **tetra-**, etc. para indicar la cantidad, por ejemplo, **dimetil** (indica dos ramificaciones de un carbono).
- Delante del nombre de cada ramificación y separado por un guion se escriben números que indican la ubicación de cada una en la cadena.
- En el caso de alquenos y alquinos, delante del nombre de la cadena principal, y también separado por un guion, se coloca un número que indica la ubicación del doble o triple enlace. Por ejemplo:



2,3-dimetilhexano



3,4-dimetil-2-penteno

Los hidrocarburos aromáticos son compuestos derivados del benceno. Para la denominación se tiene en cuenta el nombre del radical unido al anillo bencénico y este se antepone a la palabra “benceno”. Si existe más de un radical, su posición se indica mediante números o mediante los prefijos **otro- (o)**, **meta- (m)** y **para- (p)**, según estén contiguos, alternados u opuestos (figura 1-11).



Fig. 1-10. El metilbutano, un alcano ramificado, ha comenzado a utilizarse en los sistemas de refrigeración, en sustitución de los clorofluorcarbonados, que deterioran la capa de ozono.

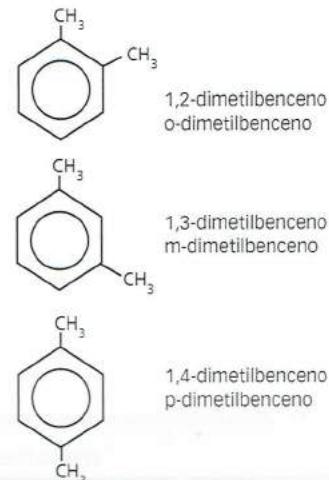


Fig. 1-11. Derivados del benceno disustituidos.

### ACTIVIDADES

18. Escribí en la carpeta la fórmula semidesarrollada de los siguientes compuestos.

- a) Dimetilpropano.
- b) 2,2-dimetilpentano.
- c) p-dietilbenceno.

19. Indicá cuál de los siguientes compuestos está nombrado incorrectamente y volvé a nombrarlo:

- a) 3-propilhexano.
- b) 2-hexino.
- c) 4-hepteno.
- d) 2-etilbutano.

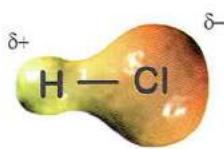


Fig. 1-12. Molécula polar.

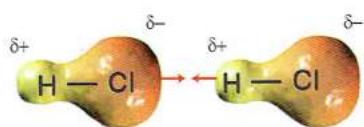


Fig. 1-13. Fuerzas dipolo-dipolo entre moléculas polares.

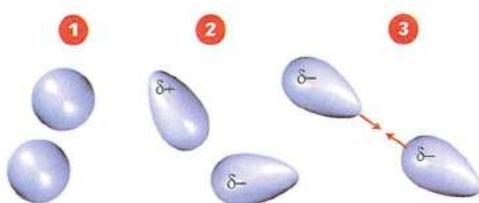
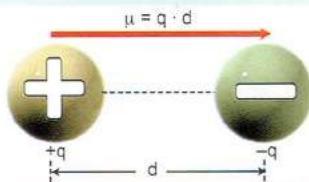


Fig. 1-14. En esta ilustración se representa, mediante una secuencia, la formación de polos transitorios en moléculas apolares.

#### EL DETALLE

#### ¿Qué es el momento dipolar?

Un dipolo eléctrico es un sistema formado por dos cargas iguales de signos opuestos y separadas por una distancia fija. Se caracteriza por una magnitud vectorial denominada momento dipolar, cuyo valor es:  $\mu = q \cdot d$



Puede ocurrir que una molécula con varios enlaces covalentes polares sea apolar si los dipolos correspondientes a dichos enlaces contrarrestan sus efectos.

## La polaridad de los enlaces y las moléculas

¿Por qué existen los sólidos, los líquidos y los gases? ¿Por qué la nafta se disuelve en tetracloruro de carbono y el azúcar en agua?

Si bien en un líquido las moléculas tienen una disposición más desordenada que en un cristal y pueden moverse con libertad, en los dos casos son atraídas entre sí por fuerzas de naturaleza electrostática. Aunque estas interacciones resultan más débiles que en los enlaces químicos, tienen la fuerza suficiente como para que se haga necesario entregar energía para vencerlas y pasar las sustancias al estado gaseoso.

Por otra parte, son también fuerzas de atracción entre solvente y soluto las que mantienen el soluto en solución.

La intensidad de estas fuerzas de cohesión entre moléculas, llamadas **fuerzas intermoleculares** o **fuerzas de Van der Waals**, determina los puntos de fusión y ebullición de las sustancias, así como la solubilidad en distintos solventes.

Hay tres tipos principales de fuerzas intermoleculares: las fuerzas o interacciones dipolo-dipolo; las fuerzas de London o interacciones de dípolos transitorios y las uniones puente de hidrógeno.

En las moléculas polares (figura 1-12), los electrones compartidos de la unión covalente están más cerca del núcleo del átomo que más los atraiga (el más electronegativo). Se forma entonces un dipolo y la diferencia en la densidad de la carga que existe sobre uno y otro átomo se denomina **momento bipolar** (**► EL DETALLE**).

Las moléculas polares cercanas se acomodan, de manera que el extremo negativo del dipolo de una se acerca lo más posible al extremo positivo del dipolo de otra. Así se produce una atracción electrostática entre los extremos de dípolos opuestos, que se denomina **interacción dipolo-dipolo** (figura 1-13), y tanto más intensa cuanto mayor sea el momento dipolar de la molécula.

Las fuerzas de London o **interacciones de dípolos transitorios** son características de las moléculas apolares, como el hidrógeno, el metano y el oxígeno. El movimiento de los electrones en las moléculas no polares provoca la aparición de **dipolos fluctuantes** o **transitorios**, que cambian de manera constante en sentido y magnitud. Estos dípolos actúan sobre las moléculas cercanas e inducen la formación de otros dípolos. Las fuerzas de London se producen cuando interactúan los extremos de los dípolos inducidos. La intensidad de estas fuerzas es comparable o ligeramente menor que la de las interacciones dipolo-dipolo (figura 1-14).

¿Por qué el hielo es menos denso que el agua? El enlace puente de hidrógeno, considerado por algunos científicos como un tipo especial de interacción dipolo-dipolo, se forma cuando un átomo de hidrógeno, unido a un elemento sumamente electronegativo por un enlace covalente, interacciona con un par electrónico no compartido de otro átomo de alta electronegatividad; se establecen así “puentes” entre moléculas.

Las moléculas de agua forman **puentes de hidrógeno** entre ellas o con otras moléculas que contengan elementos sumamente electronegativos, con pares de electrones libres.

# Propiedades físicas de los hidrocarburos

El gas natural, la nafta y el asfalto están formados por una mezcla de hidrocarburos. Sin embargo, el gas es gaseoso, la nafta es líquida y el asfalto es sólido. ¿Qué es lo que determina el estado de agregación en el que se encuentran los hidrocarburos a temperatura ambiente? La respuesta es sencilla: el número de átomos de carbono que los forman y, en consecuencia, las fuerzas de atracción o repulsión presentes entre las moléculas.

La electronegatividad del carbono y el hidrógeno son muy similares entre sí, por lo que las moléculas de hidrocarburos son consideradas apolares. Por esto, la interacción dominante entre sus moléculas es la fuerza de London.

Debido a que las fuerzas de interacción aumentan con el número de electrones en la molécula, el punto de fusión y el de ebullición aumentan con la masa molecular.

Los alkanos de cadena abierta forman una **serie homóloga** (**► EL DETALLE**) con propiedades semejantes. Los más livianos, metano, etano, propano y butano, son gaseosos en condiciones normales de presión y temperatura. Desde el pentano hasta el hexadecano (de diecisés átomos de carbono) son líquidos y los de mayor número de átomos son sólidos.

Además, los alkanos de cadena ramificada tienen puntos de fusión y de ebullición más bajos que los alkanos lineales. Esta diferencia se debe a que en el isómero de cadena aparece mayor cantidad de fuerzas de London y las moléculas pueden aproximarse entre sí con mayor facilidad que en un isómero ramificado.

Debido a que el agua es una sustancia polar y los hidrocarburos, apolares, estos son insolubles en agua, pero se disuelven en disolventes orgánicos apolares: éter, benceno, sulfuro de carbono.

Su densidad es menor que la del agua ( $\delta = 1 \text{ g/ml}$ ), por lo que flotan en ella.

El eteno es un **alqueno** sintetizado por diversas plantas, en especial en la membrana celular de las células de los frutos, acelerando su maduración (figura 1-15). Al igual que el propeno y el buteno, el eteno es un gas a temperatura ambiente. El resto de los alquenos que conforman la serie homóloga son líquidos (hasta dieciocho átomos de carbono) o sólidos (más de dieciocho átomos de carbono). Es decir que, al igual que los alkanos, en estos compuestos los puntos de ebullición y fusión

aumentan con el número de átomos de carbono de las moléculas. Los alquenos son insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos no polares.

Con respecto a los **alquinos**, los tres primeros de la serie son gases; aquellos que tienen entre cuatro y catorce átomos de carbono son líquidos, y los demás, sólidos.

## Propiedades del benceno

El benceno ( $C_6H_6$ ) es un líquido cuyo punto de ebullición es  $80^\circ\text{C}$ ; es insoluble en agua, tiene olor desagradable y es tóxico. En la industria química, es materia prima de muchas sustancias.



Fig. 1-15. El etileno es la principal sustancia que acelera la maduración de frutas y hortalizas y puede ocasionar la maduración prematura de algunos productos y arruinar otros.

EL DETALLE

### ¿Qué es una serie homóloga?

Una serie homóloga es un conjunto de compuestos que poseen un mismo grupo funcional y difieren en el número de átomos de carbono. Sus propiedades varían a lo largo de la serie, por ejemplo, para los alkanos, los puntos de ebullición son:

Serie homóloga	Puntos de ebullición °C
Metano	-161
Etano	-88,6
Propano	-42,1
Butano	-0,55
Pentano	36,1
Hexano	68,7
Heptano	98,5

### ACTIVIDADES

20. Graficá el número de carbonos en función de los puntos de ebullición para la serie homóloga de alkanos tenido en cuenta la información de esta página.



Fig. 1-16. Limpieza de tierras contaminadas con petróleo en la costa marina.

EL DETALLE

### ¿Qué impacto ambiental producen las mareas negras?

Cualquier acción que realice el ser humano y que afecte en forma positiva o negativa la calidad de vida de las personas y el equilibrio de los ambientes es conocida con el nombre de **impacto ambiental**. Los grandes derrames de petróleo en el mar producen un impacto ambiental fenomenal.

El petróleo derramado forma una película que flota sobre el agua e impide el paso de la luz. De esta manera, el fitoplancton, que es la base de la cadena alimentaria en los ambientes acuáticos, no puede realizar la fotosíntesis.

¿Qué sucede en estos casos? Se producen graves consecuencias para el ambiente marino. Los peces, las focas, todos son afectados, con lo que se interrumpen las cadenas alimentarias.

Por otra parte, las aves, como los pingüinos, son cubiertos por petróleo, que les destruye el aislamiento térmico natural y también afecta su capacidad para flotar.

Se estima que los ecosistemas expuestos a derrames de petróleo crudo tardan tres años en recuperarse, y si el derrame es de petróleo refinado, requiere hasta diez años para su recuperación.

## Hidrocarburos y ambiente

Si bien es cierto que la explotación de combustibles fósiles ha permitido en gran parte el desarrollo de la vida actual, también ha acarreado grandes problemas ambientales, algunos de ellos de difícil resolución. Para empezar, es necesario considerar que el 78% de la energía mundial se obtiene a partir de la combustión de estas mezclas de hidrocarburos, que tienen además pequeñas cantidades de compuestos de nitrógeno y de azufre. Los gases emitidos durante el proceso de combustión son varios (monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre), contaminan la atmósfera y contribuyen al calentamiento global.

Por otra parte, la instalación de una base de extracción o de una destilería puede ocasionar cambios ambientales que deben ser evaluados antes de la ejecución de la obra. En estas plantas industriales existen, por lo general, tanques de almacenamiento de los combustibles o de sus productos y otras instalaciones que requieren extremas medidas de seguridad.

Además, es importante definir cómo serán trasladados hacia otros lugares los productos obtenidos. En este punto, existen varias alternativas: la construcción de oleoductos o gasoductos, el transporte en camiones o en barcos. En general, la construcción de ductos subterráneos se prefiere al transporte en vehículos, ya que disminuye las posibilidades de accidentes (aunque no son nulas).

Finalmente, es importante el control de la distribución domiciliaria en el caso del gas natural y del abastecimiento a estaciones de servicio, industrias petroquímicas y otras industrias.

En todas estas etapas se requiere la presencia de un grupo de especialistas ambientales que incluya un químico, capaz de evaluar el riesgo que cada una de estas actividades acarrea. El trabajo de estos científicos consiste en establecer cuál es el riesgo aceptable del emprendimiento. Muchas veces, esta determinación se efectúa por comparación con otras situaciones de riesgo similares.

Pero la tarea no termina allí: los químicos ambientales encuentran soluciones a los accidentes que puedan ocurrir. Su tarea es muy valorada cuando se producen, por ejemplo, derrames de petróleo, conocidos comúnmente como **mareas negras**, que alteran de manera sustancial los ecosistemas acuáticos y provocan un **impacto ambiental** fenomenal (► **EL DETALLE**). El tratamiento de estos derrames no resulta sencillo (figura 1-16). Años atrás, las manchas de petróleo se rociaban con **sustancias dispersantes**. Sin embargo, los propios dispersantes y las emulsiones que se formaban con el petróleo eran más tóxicas que el petróleo. En la actualidad, los dispersantes se utilizan solo en caso de que el peligro alcance la playa. De lo contrario, el petróleo se contiene con barreras flotantes y se recupera con diversos mecanismos, o bien se deja para que se degrade de manera natural.

Recientemente se han aplicado tratamientos con bacterias capaces de descomponer el petróleo a sustancias menos contaminantes, con óptimos resultados.

# Las energías alternativas

Como ya dijimos, la explotación y el transporte del petróleo acarrean riesgos de derrame con sus conocidas consecuencias. Además, la quema de estos combustibles contamina la atmósfera y contribuye al efecto invernadero. ¿Cuál será la solución a esta problemática? Se estudian diferentes opciones para reemplazar los combustibles fósiles por otras fuentes de energía renovables, no contaminantes y capaces de promover un desarrollo sustentable.

En la actualidad, la energía solar, la geotérmica, la eólica, a las que se agrega la energía de la biomasa o energía que proviene de los seres vivos (**► EL DETALLE**), constituyen fuentes de **energía alternativas**.

La **energía solar** puede ser aprovechada mediante **paneles solares** que transforman la energía radiante del sol en energía eléctrica o térmica. El Sol nos entrega una cantidad de energía muy superior a la que realmente se consume en todo el mundo. Esta energía se distribuye sobre la superficie del planeta, pero no se puede aprovechar directamente. Por eso se han ideado distintas tecnologías capaces de captar y transformar la radiación solar en sus formas lumínica y calórica, para generar energía eléctrica y alimentar sistemas de calefacción.

La **energía eólica** es la que se obtiene de las corrientes de aire en la atmósfera (viento) que se aprovechan para mover los aerogeneradores que producen electricidad (figura 1-17). Los primeros que aprovecharon la energía del viento fueron los pueblos que habitaban la región de Persia, en el actual Irán, durante el siglo VII. Lo hacían por medio de unas máquinas muy elementales, los molinos, que no resultaban muy eficaces. Aun así, los molinos siguieron perfeccionándose y rápidamente se expandieron por todo el Oriente y el Occidente. Hasta el siglo XIX, los molinos de viento sirvieron para extraer agua para el riego, para moler granos o triturar semillas y producir aceite. Hoy, muchas de estas máquinas siguen usándose, por ejemplo, en Holanda, para bombear el agua de las tierras que están por debajo del nivel del mar. ¿Qué sucedió en el siglo XX? El avance tecnológico permitió la creación de nuevas máquinas, los **aerogeneradores**, para aprovechar la fuerza del viento basándose en los principios de los antiguos molinos.

La **energía geotérmica** que se produce en el interior de la Tierra puede almacenarse dentro de la corteza terrestre en forma de yacimientos o buscar una salida hacia la superficie. Si este escape se da en forma de gases con altas temperaturas, se denomina **fumarola o sulfarata**; si, en cambio, lo que sale es agua hirviendo, recibe el nombre de géiser y se trata de una **fuente termal**.

Las formas de aprovechamiento de la energía geotérmica dependen de la temperatura y la presión a las cuales se encuentra esa energía. Por ejemplo, en la Central Geotérmica de Copahue, provincia del Neuquén, instalada en 1988 para la producción de energía eléctrica, se ha sumado un novedoso sistema de calefacción de las calles de la villa. Gracias a que circula vapor de agua a 120 °C por debajo del pavimento, la temperatura de la superficie de las calles se mantiene alrededor de los 10 °C. Las calles del pueblo, entonces, son climatizadas gracias al vapor que proviene de tres pozos geotérmicos.



Fig. 1-17. Parque eólico en la provincia del Neuquén. Los modernos molinos de viento –aerogeneradores– son utilizados para la producción de energía eléctrica.

EL DETALLE

## ¿A qué se considera biomasa?

Tradicionalmente, el ser humano ha explotado los bosques para obtener energía a partir de la madera y del carbón vegetal. Pero ¿cómo se puede lograr que un bosque siga produciendo árboles en forma indefinida? Si la tala de árboles responde a una planificación forestal, es decir que la explotación del recurso se realiza para cubrir solo las necesidades económicas y se lo preserva para que no desaparezca, el recurso podrá considerarse renovable.

Si, en cambio, la tala es indiscriminada, el recurso pasa a ser no renovable y se agotará para siempre, con numerosos perjuicios para el medio ambiente. Un claro ejemplo de este último caso es la deforestación masiva de las selvas tropicales del planeta.

Ahora bien, la madera y el carbón vegetal no son la única fuente energética proveniente de la materia viva o biomasa. Veamos otros ejemplos.

A partir de la fermentación del estiércol de los animales o de la descomposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) se genera biogás. Este proceso se realiza en ausencia de oxígeno en un dispositivo denominado biodigestor.

# Ciencia en tus manos

## Modelos moleculares

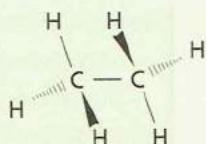
¿Cómo podemos explicar la estructura de una molécula? ¿Y la relación entre sus propiedades y la estructura? Para explicar y dar respuesta a estas preguntas, los científicos utilizan **modelos**. Un modelo intenta describir una realidad mediante el uso de una comparación con otro fenómeno conocido que recuerda, de alguna manera, el fenómeno que se pretende describir.

Los modelos, además, permiten entender sistemas que en la realidad se encuentran a escalas que no pueden ser manejadas con facilidad. Por ejemplo, en astronomía se diseñan modelos que muestran a menor escala la dinámica de los astros.

En el otro extremo, los modelos atómicos y moleculares permiten describir la arquitectura de los átomos y de las moléculas, cuyas escalas reales son infinitamente pequeñas. Los modelos, en este caso, son verdaderas maquetas de los átomos y de las moléculas.

Estos modelos tienen especial importancia entre los compuestos del carbono, en los que la disposición espacial de los átomos puede modificar las características y las propiedades de la especie química en cuestión. Como caso concreto, pueden mencionarse los **estereoisómeros**, que son compuestos que a pesar de tener la misma fórmula molecular y la misma estructura difieren en la disposición espacial de sus átomos.

Cuando se quiere representar un compuesto orgánico en el plano, surgen algunas complicaciones. Pueden emplearse fórmulas tridimensionales, en las que las uniones entre átomos se representan con distintos tipos de líneas, según las siguientes referencias:



Tipo de línea	Significado
Llena	Enlace en un mismo plano
Punteada	Enlace por debajo del plano
Negrita triangular	Enlace por encima del plano

Otras dos formas de representación muy comunes son los **modelos de bolas y varillas** y los **modelos de casquetes** que pueden realizarse con materiales concretos en el espacio y luego dibujarse en el plano.

Si bien los modelos de casquetes brindan una idea más cabal de la realidad, cuando se estudian longitudes de enlace y geometría de las moléculas se recurre a los modelos de bolas y varillas.

¿Cómo construir modelos de bolas y varillas? Primero es necesario construir los “átomos”; para ello se emplea masilla de fraguado rápido de dos componentes (tipo Poxilina), que podrán adquirir en ferreterías o casas de productos para artesanías. Para fabricar los “enlaces” pueden emplear escrabadientes redondos comunes de dos puntas. También necesitarán pinturas sintéticas de acabado brillante (pueden utilizar aerosoles). Es necesario ponerse de acuerdo en cuanto a los colores y los tamaños de los átomos, ya que es conveniente que el tamaño guarde relación con la realidad; o sea, que sean más grandes aquellas bolitas que representen átomos de mayor masa atómica. Conviene confeccionar una tabla de los átomos por construir, en la que asignarán colores y tamaños para los distintos tipos; por ejemplo:

Átomo	Color	Diámetro
Carbono	Rojo	3 cm
Hidrógeno	Azul	1 cm
Nitrógeno	Blanco	3 cm
Oxígeno	Verde	3 cm

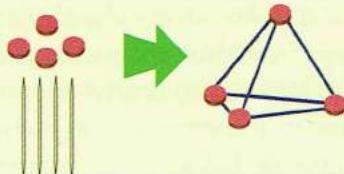
Quizás alguna vez hayan trabajado con “átomos” de plastilina, pero ahora lo harán con un material rígido, por lo que conviene que antes de comenzar a manipularlo establezcan qué orificios se harán sobre la masilla antes de que esta frágue, ya que una vez endurecida no pueden modificarse. Los orificios los harán con un escrabadiente o un clavo afilado, procurando retirarlo antes de que termine de fragar el material.

Por este motivo, es necesario que antes de mezclar los componentes de la masilla tengan en cuenta

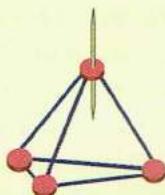
que cada uno de los orbitales del carbono forman entre ellos ángulos de  $109^{\circ} 28'$  y están dirigidos hacia los cuatro vértices de un tetraedro regular. Entonces, para lograr que los orificios queden perfectamente alineados, una buena idea es construir un tetraedro regular con una goma de borrar y escarbadienes.

#### Secuencia para el armado:

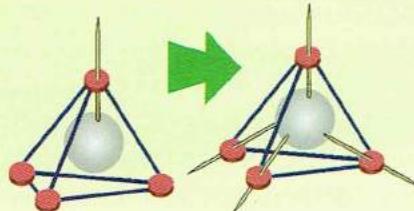
1. Con seis escarbadienes y cuatro pedacitos de goma de borrar armá un tetraedro.



2. Perforá cada pedacito de goma con un escarbadienes o un clavo, en dirección al centro del tetraedro.



3. Colocá la bolita de masilla recién hecha en el centro del tetraedro y perforala con los escarbadienes que se dirigen hacia ella.



4. Retirá los escarbadienes antes de que fragüe la masilla, y retirá la bolita.

5. Dejá endurecer y luego pintá del color adecuado.



6. Repetí el procedimiento para otros átomos. Consultá con tu profesor o profesora qué ángulos deben tener los orificios en cada caso.

#### ACTIVIDADES

21. Construí el modelo del hexano normal y de sus isómeros posibles. Luego completá la siguiente tabla.

Nomenclatura	Tipos de carbono (cantidad)			
Nombre según IUPAC	Carbonos primarios	Carbonos secundarios	Carbonos terciarios	Carbonos cuaternarios

22. Construí otro modelo de butano y uno de metilpropano. Utilizá también los modelos que armaste en la actividad anterior, colocá los compuestos lineales uno al lado del otro, lo más cerca posible, y hacé lo mismo con los dos compuestos ramificados.

a) ¿En qué caso existe mayor acercamiento?

b) ¿En cuál de los dos compuestos hay mayor cantidad de fuerzas de London? ¿Cuál de ellos tendrá mayor punto de ebullición?

23. ¿Qué utilidad tiene la representación de moléculas mediante modelos de varillas?

24. ¿Qué conclusiones podés sacar acerca de las estructuras y las propiedades físicas de los alcanos?

# El secreto de las momias

"¡Levántate, enderézate Osiris. Mira, soy yo, tu hijo Horus en persona que he venido para devolverte la vida, para reunir tus huesos y juntar tus miembros. Soy Horus, el creador de tu padre, tu hijo vengador, cuya mirada te devolverá la vida. Horus te abre la boca. ¡Te da ojos para ver, orejas para oír, pies para caminar y manos para obrar!". De la ceremonia de la "Apertura de la boca y los ojos", incluida como parte del ritual de la momificación.

Es probable que al decir "momia", vos y muchos de tus compañeros evoquen imágenes en la mente, rápidamente viajen a Egipto, al desierto y las pirámides, se representen una maldición, un sentimiento de misterio, y algún escalofrío recorra sus cuerpos. Quizás otros piensen en alguna película que hayan visto, en la que un ser regresa de la muerte y medio envuelto en vendas lucha con algún héroe o persigue a alguna joven.

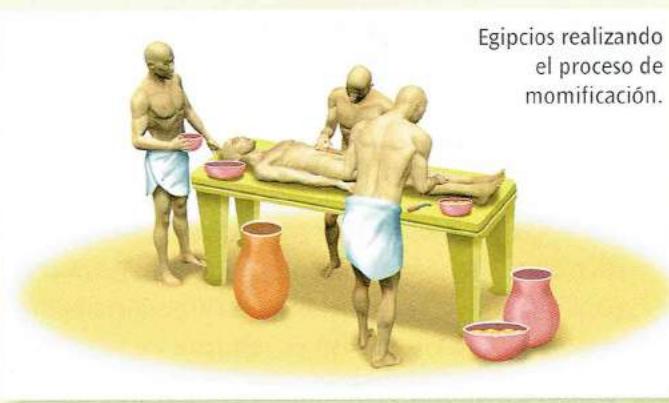
A decir verdad, esto sucede porque estamos tan mediatisados por la televisión y el cine que nos hemos acostumbrado a efectuar dicha relación sin pensar siquiera que el arte y la ciencia de conservación de cadáveres no solo es exclusiva del antiguo Egipto, sino que, además, se practicaba con anterioridad en otras regiones del planeta.

Pero ¿por qué momificaban a los muertos? Vastos son los datos acerca de rituales funerarios o de ideas y creencias acerca del más allá. Todas las culturas, de una u otra manera, han buscado respuestas acerca de la muerte. Algunos pueblos, como el egipcio antiguo, creían que el ser humano estaba formado por varios elementos; otros creían en el cuerpo y el alma; algunos esperaban que el alma fuera eterna y otros, que reencarnara. Muchas y variadas son las creencias acerca de este tema, pero de lo que no cabe duda es de que la momificación fue practicada en todos los continentes y, al parecer, con el objeto de conservar el cuerpo físico para que fuera utilizado en el futuro por el alma.

Los egipcios poseían técnicas precisas y su habilidad para embalsamar quedó demostrada después del hallazgo, en perfecto estado de conservación, de numerosas momias.

Pero eso no fue todo. Los embalsamadores contaron, además, con condiciones climáticas y un tipo de suelo extremadamente favorables que, sin lugar a dudas, contribuyeron de manera decisiva a la consecución de tales resultados.

La palabra 'momia' deriva del árabe *mumiya*, que significa 'betún', aunque curiosamente también en persa *mumia* significa 'asfalto'.



Egipcios realizando el proceso de momificación.

En la obra *De materia medica*, el médico y naturalista griego Pedanio Dioscórides (40-90 d. C.) afirmaba que la sustancia llamada momia se encontraba en la región de Apollonia -Apollonia de Palestina- donde era arrastrada por los ríos. Este dato fue corroborado por el célebre médico árabe Ibn El-Beitar, quien además la equiparaba al betún de Judea, sustancia localizada en algunos ríos que se endurecía al contacto con agua formando masas compactas en las orillas.

Dicho 'betún de Judea' o asfalto que procedía del lago Adfaltites (antiguo nombre del mar Muerto) era muy buscado y valorado por los antiguos egipcios. Se trata de una sustancia resinoso que procede del petróleo; de color pardo negruzco y su aspecto de masa compacta y quebradiza desaparece al ser calentada, ablandándose y desprendiendo un intenso olor a brea o alquitrán. El betún o *mumia* era utilizado ampliamente por los egipcios en los procesos de embalsamamiento de sus difuntos, por lo que el nombre de *mumia* terminó por aplicarse también a todos los cuerpos que habían permanecido incorruptos aunque no hubiera mediado ninguna intencionalidad o técnica artificial en ese resultado.

Fuente: Sentinella, David E. *El enigma de las momias*. Madrid: Nowtilus, 2006.

## ACTIVIDADES

**25.** Despues de haber leído este relato, respondé: ¿cómo se relaciona la momificación con el betún?

**26.** Esta es una definición de "betún":

Producto sólido, o líquido viscoso, formado esencialmente por hidrocarburos, poco volátil y que se ablanda gradualmente al calentarse, de color negro. Se obtiene como producto de la destilación y el refinado de petróleo.

¿En qué parte de la columna de destilación de petróleo se obtendrá betún? Revisá los contenidos del capítulo y elaborá una respuesta.

# El misterioso Triángulo de las Bermudas

El Triángulo de las Bermudas siempre ha sido una zona misteriosa, en la que han desaparecido barcos con todos sus pasajeros y su tripulación, formaciones de aviones con sus pilotos, aeronaves comerciales y embarcaciones turísticas. Estos fenómenos tan curiosos no dejan de sorprender y muchos han sido los intentos por explicarlos, aunque pocos verosimiles y convincentes.

Se encuentra en una zona del océano Atlántico, más o menos triangular, de 3.900.000 km<sup>2</sup> comprendida entre las Bermudas, Puerto Rico; Melbourne, Florida y el meridiano 40, donde en los últimos treinta años han desaparecido embarcaciones, aviones y personas sin dejar rastro.

Numerosas leyendas se han tejido en torno a este fenómeno. Se atribuye la responsabilidad a seres extraterrestres e incluso otros proponen la existencia de un portal a otra dimensión. Algunos científicos opinan que en ese lugar hay grandes campos de energía proveniente de la Tierra y por eso las comunicaciones se cortan.

Una teoría, de las más curiosas, sostiene que en el Triángulo de las Bermudas se encontraría la antigua Atlántida, una ciudad muy avanzada que supuestamente existió 5.000 años antes de Cristo y que desapareció misteriosamente. Esta civilización, desde lo profundo del mar, estaría propiciando las desapariciones.

No podemos negar que este fenómeno es extraño, ya que desde la mitad del siglo XX han desaparecido cincuenta barcos y veinte aviones, y algunos de ellos se han hecho muy conocidos, como la desaparición del vuelo 19 en 1945.

Lo cierto es que las especulaciones elaboradas hasta el momento han sido descartadas. Un modelo matemático elaborado por el científico Joseph Monaghan y la estudiante David May, de la Universidad de Monash, Melbourne, Australia, ha confirmado que las burbujas de hidrato de metano del fondo del mar son la causa más probable de los misteriosos hundimientos de barcos en el Triángulo de las Bermudas, así como en el Mar del Norte o el Mar de Japón, otras zonas donde este fenómeno se repite.

El hidrato de metano está formado por minúsculas cajas de hielo, con moléculas de metano gaseoso atrapadas dentro y a grandes presiones en las profundidades marinas.

Puede ocurrir que el metano sea desalojado y forme grandes burbujas de gas en expansión, que explotan hacia arriba. Cuando estas burbujas alcanzan la superficie del



Vista aérea del Triángulo de las Bermudas.

agua y se elevan en el aire, continúa su expansión hacia arriba y hacia el exterior.

El hidrato de metano es abundante en la placa continental al sudoeste de los Estados Unidos, y se ha señalado el mecanismo de expansión como el responsable de las desapariciones misteriosas que allí han sucedido.

Cualquier nave que sea alcanzada por estas grandes burbujas de metano difícilmente logre mantener la flotabilidad y se hunde hasta el fondo de océano. Por otra parte, si las burbujas son suficientemente grandes, también pueden alcanzar aeronaves y provocar la pérdida de los motores, con lo cual caen en picada hacia el fondo del océano.

**Fuente:** Latino Australia Education.  
<http://www.latinoaustralia.com>  
[consultado en septiembre de 2010].

## ACTIVIDADES

27. ¿Qué relación podés establecer entre la formación de metano en el fondo oceánico y el "gas de los pantanos"?
28. ¿Por qué el metano del fondo oceánico es llamado hidrato de metano?
29. Desde el punto de vista de las propiedades de los alcanos, ¿por qué el metano puede escapar del fondo oceánico?

# Actividades finales

**30.** Considerá los usos del petróleo y los subproductos que de él se obtienen. Pensá y contestá: ¿qué pasaría si de pronto el petróleo se extinguiera? ¿Es posible reemplazarlo? ¿Podría sobrevivir nuestra civilización sin este combustible?

**31.** Leé la siguiente situación y luego respondé.

*En junio de 2010, una falla en un cable de alta tensión dejó sin energía eléctrica a los vecinos de los barrios de Caballito, Flores, Parque Chacabuco y Almagro en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.*

*La falla provocó un corte de energía que afectó el funcionamiento de más de trescientos semáforos en la Ciudad. "Estamos sin luz desde la mañana", expresaron los vecinos. "Hay chicos, discapacitados y ancianos que no pueden bajar las escaleras. Además, ya no tenemos agua porque no funcionan las bombas", dijo una encargada de edificio.*

- ¿Qué otras consecuencias para los vecinos puede acarrear el corte prolongado de energía eléctrica?
- Existen otros modos de reemplazar la energía suministrada por la planta distribuidora? Explicá cuáles podrían ser.
- Escribí un relato imaginario acerca de las consecuencias que tendría sobre la población un corte prolongado de energía eléctrica en una gran ciudad de la provincia de Buenos Aires.

**32.** Escribí oraciones que incluyan los siguientes términos con los conceptos correspondientes.

Carbón – Petróleo – Gas natural – Petróleo crudo  
Recurso no renovable – Combustibles fósiles  
Hidrocarburos – Reservas – Contaminación  
Mareas negras

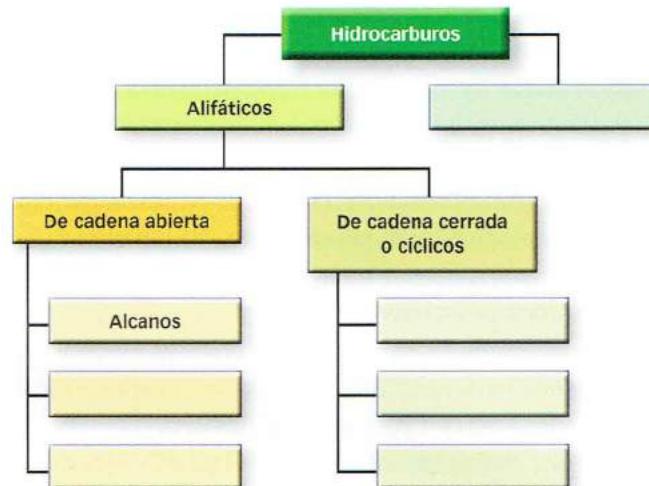
**33.** Contestá el siguiente cuestionario:

- ¿Cuáles son las características del átomo de carbono?
- ¿Qué tipos de enlaces puede establecer el carbono?
- ¿Qué tipos de hidrocarburos conocés? ¿Cuál es la fórmula general de cada grupo?
- ¿Qué radical puede formar el etano? Escribí su fórmula y su estructura.
- ¿Por qué el benceno se representa como un hexágono con un círculo en su interior?

**34.** Leé la información de la página 24 y organizá en un cuadro como el siguiente los puntos de ebullición de las fracciones de destilación de petróleo y la cantidad de átomos de carbono que posee cada una.

Fracciones	Cantidad de carbonos	Puntos de ebullición (°C)
Gases		
Naftas		
Querosén		
Gasoil		

**35.** Completá el siguiente cuadro de clasificación de hidrocarburos.



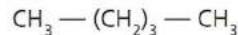
**36.** Escribí y nombrá las fórmulas de los posibles isómeros de los hidrocarburos de fórmula molecular  $C_5H_{10}$  y  $C_4H_6$ .

**37.** Uní con flechas el nombre y la fórmula semidesarrollada, según corresponda.

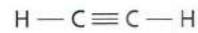
Pentano



2-penteno



Metilbenceno

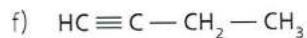
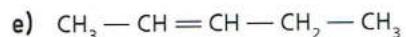
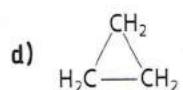
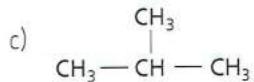
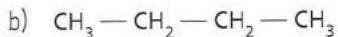
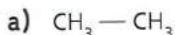


Etino



Nombre	Fórmula molecular	Fórmula semidesarrollada
2-penteno		
Ciclopentano		
2-metilpentano		
2-metil-2-hexeno		
3-metil-1-pentino		
1,3-dipropilbenceno		
3-hexeno		
Ciclobuteno		

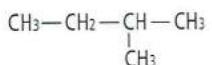
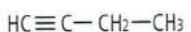
39. Nombrá los siguientes hidrocarburos:



40. Resolvé:

a) Nombrá los siguientes compuestos y clasificalos.

b) ¿En cuál o cuáles es posible hablar de isomería geométrica? En estos casos, esquemátizá los isómeros cis y trans.



41. Ordená los siguientes alkanos en forma creciente de puntos de ebullición.

- a) ¿Cuál de ellos tiene mayor punto de ebullición? Justificá tus respuestas.
- b) Teniendo en cuenta las fuerzas de atracción entre moléculas, ¿por qué el butano tiene mayor punto de ebullición que el metilpropano si son isómeros?
- Metano.
  - Octano.
  - Pentano.
  - Propano.
  - Metilbutano.
  - Etano.

42. ¿Qué compuesto tiene el punto de ebullición más alto? Justificá tu respuesta.

- a) Pentano o metilbutano.
- b) Pentano o butano.

#### Libro

Kaindel, Martín (editor). *El ABeCé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina*. Buenos Aires, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2009.

Este libro brinda información útil acerca del petróleo en el mundo y en la Argentina. Es una versión digital gratuita que se puede bajar por Internet en la siguiente dirección: <http://www.iapg.org.ar/sectores/publicaciones/productos/libros/8.htm> [consultado en septiembre de 2010]

#### Internet

<http://www.iapg.org.ar/> [consultado en septiembre de 2010]

Diversos artículos de divulgación e información técnica.

<http://energia3.mecon.gov.ar/home/> [consultado en septiembre de 2010]

Contenidos didácticos sobre recursos energéticos entre los que se incluyen los hidrocarburos. Información sobre energías renovables y mucho más. Datos estadísticos y cuencas productoras en la República Argentina.

#### Biblioteca

Biblioteca del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. Maipú 639. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. E-mail: informa@iapg.org.ar

# 2

## Reactividad de los hidrocarburos y estequiométría



Friedrich Wöhler.



La urea es una sustancia blanca y cristalina, soluble en agua, que se funde a 132,7 °C.

*La investigación dio el inesperado resultado de que se produce urea por la combinación de ácido cianico y amoniaco, lo que constituye un hecho notable en cuanto proporciona un ejemplo de producción artificial de una sustancia orgánica –de las llamadas animales– a partir de materiales inorgánicos.*

Friedrich Wöhler

A PRINCIPIOS DEL SIGLO XIX, LOS CIENTÍFICOS COMENZARON A USAR EL TÉRMINO “QUÍMICA ORGÁNICA” PARA REFERIRSE A LAS SUSTANCIAS PRESENTES EN LOS SERES VIVOS. ESTAS SUSTANCIAS DIFERÍAN CONSIDERABLEMENTE DE LAS INORGÁNICAS (LAS QUE FORMAN LOS OBJETOS SIN VIDA), YA QUE NO PODÍAN SER REPRODUCIDAS EN LOS LABORATORIOS. NINGÚN CIENTÍFICO LOGRABA SINTETIZARLAS, AUNQUE SUS COMPOSICIONES ERAN CONOCIDAS EN MUCHOS CASOS. SURGIERON ASÍ LOS POSTULADOS DEL VITALISMO, TEORÍA QUE AFIRMABA QUE LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS SOLO PODÍAN SER GENERADAS POR LOS SERES VIVOS EN PRESENCIA DE UNA “FUERZA VITAL”. UNO DE LOS MÁS FERVIENTES DEFENSORES DE ESTA TEORÍA FUE EL FAMOSO QUÍMICO SUECO JÖNS J. BERZELIUS (1779-1848).

PARADÓJICAMENTE, FUE UN DISCÍPULO DE BERZELIUS, EL QUÍMICO ALEMÁN **FRIEDRICH WÖHLER** (1800-1882), QUIEN DERRIBÓ LA TEORÍA VITALISTA. WÖHLER ERA UN JOVEN ENTUSIASISTA QUE NO ESTABA CONVENCIDO DE LA EXISTENCIA DE LA “FUERZA VITAL”. EN 1828, EN BERLÍN, LOGRÓ SINTETIZAR EN EL LABORATORIO UN PRODUCTO ELABORADO POR ORGANISMOS VIVOS, LA UREA. ESTA SUSTANCIA ESTÁ PRESENTE EN LA ORINA Y TAMBIÉN SE ENCUENTRA EN ALGUNAS ESPECIES VEGETALES. CON ESTA SÍNTESIS, WÖHLER DERRUMBÓ LOS PRINCIPALES ARGUMENTOS DE LOS VITALISTAS, Y EN PARTICULAR LOS DE SU PROFESOR, QUE EN UN PRINCIPIO SE NEGÓ A ADMITIR EL HECHO CIENTÍFICO.

ESTE DESCUBRIMIENTO DIO GRAN IMPULSO AL AVANCE DE LA QUÍMICA; A PARTIR DE ENTÓNCEZ, COMENZÓ A SINTETIZARSE UNA GRAN CANTIDAD DE SUSTANCIAS ORGÁNICAS MÁS COMPLEJAS. LA QUÍMICA ORGÁNICA PASÓ A SER LA QUÍMICA DE LOS COMPUESTOS DEL CARBONO, Y NO LA QUÍMICA DE LAS MOLECULAS PRESENTES EXCLUSIVAMENTE EN LOS SERES VIVOS.

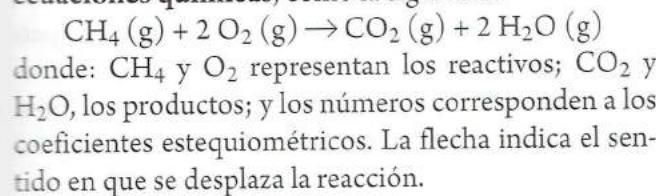
### ACTIVIDADES

- Ubicaste a principios del siglo xix y pensá una breve justificación para la teoría vitalista.
- Conocés otros ejemplos en el campo de la química, de la física o de la biología en los que se haya tratado de explicar con teorías “mágicas” lo que no se podía comprobar científicamente?
- ¿Qué posturas antagónicas representaban Berzelius y Wöhler?
- ¿Qué cambios produjo en la química la experiencia de Wöhler?
- En la actualidad, numerosas sustancias se obtienen por síntesis orgánica en el laboratorio. Mencioná algunos ejemplos y su aplicación.

# Tipos de reacciones químicas

Antes de empezar a hablar de los compuestos del carbono que se obtienen a partir de los hidrocarburos, te invitamos a hacer un recorrido por las reacciones químicas que has aprendido hasta ahora. Para ello, recordá que una reacción química es un fenómeno a partir del cual una o más sustancias, llamadas **reactivos**, se transforman en otra u otras, llamadas **productos**.

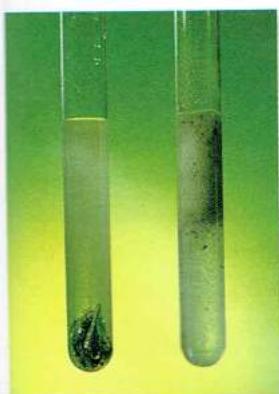
Las reacciones químicas se representan mediante **ecuaciones químicas**, como la siguiente:



Las ecuaciones pueden completarse indicando entre paréntesis el estado de agregación de los reactivos y los productos (**► EL DETALLE**). Por otra parte, toda reacción química está asociada a un intercambio de energía, como verás en el desarrollo de este capítulo.

Existe una gran variedad de reacciones químicas, que habrás estudiado otros años. Pueden ser de neutralización, de corrosión, de combustión, etc., pero ahora estudiaremos las **reacciones de óxido-reducción**. ¿Por qué las llamamos así y no reacción de **oxidación** y reacción de **reducción**? Porque ambas reacciones se dan en forma conjunta; si se produce una oxidación, necesariamente tiene que producirse una reducción.

En un principio se decía que una sustancia se oxidaba cuando ganaba átomos de oxígeno, tal como ocurre cuando el cobre se combina con el oxígeno o cuando el metano entra en combustión. El proceso inverso, en el que una sustancia pierde oxígeno, se llama reducción, por ejemplo, el óxido de cobre (II) reacciona con carbono y pierde el oxígeno.

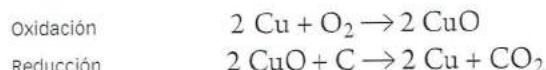


**Fig. 2-1.** Las granallas de zinc reaccionan con el ácido clorhídrico; en esta reacción se desprenden burbujas de hidrógeno.

**EL DETALLE**

## ¿Cómo se lee una ecuación química?

Los símbolos utilizados para indicar el estado de agregación se escriben a la derecha de la fórmula y entre paréntesis, por ejemplo, (s) para sólidos, (l) para líquidos, (g) para un gas y (aq) para una sustancia disuelta en agua. La ecuación se lee: un mol de (CH<sub>4</sub>) gas reacciona con dos moles de (O<sub>2</sub>) gas para dar un mol (CO<sub>2</sub>) gas y dos moles de (H<sub>2</sub>O) gas.



Según esto, entonces, oxidación es todo proceso en el que una especie química gana oxígeno, mientras que una reducción es un proceso en el que una especie química pierde oxígeno.

Muchos compuestos que poseen hidrógeno reaccionan con el oxígeno y producen agua. Se dice que se oxidan cuando pierden hidrógenos y se reducen cuando los ganan; es el caso de muchos compuestos del carbono.

Sin embargo, existen otros casos, como el de las granallas de zinc en ácido clorhídrico (figura 2-1), en los cuales también ocurre una oxidación, aunque sin ganancia de oxígeno ni pérdida de hidrógeno. Por eso fue necesario ampliar el concepto de oxidación.

Cuando se introducen granallas de zinc en una solución de ácido clorhídrico, se observa que las primeras se transforman y se desprende hidrógeno, según la ecuación:

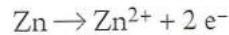


En el proceso, el zinc pierde electrones y el hidrógeno los gana. Entonces, la oxidación es todo proceso en el cual una especie química pierde electrones, y como cada oxidación se acompaña de una reducción, hay otra especie química que gana electrones.

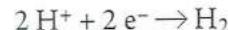
Ambos procesos pueden entenderse como hemireacciones que, sumadas, constituyen una reacción global, denominada genéricamente reacción de óxido-reducción, **reacción redox** o **reacciones de transferencia de electrones**.

Para el caso de las granallas de zinc en ácido, las hemiecuaciones que representan la transformación descrita son:

Hemiecuación de oxidación



Hemiecuación de reducción



## Las combustiones

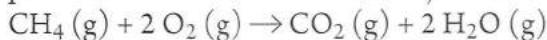
Como estudiaste en el capítulo 1, los hidrocarburos son la principal fuente de energía en la industria, el transporte, las centrales termoeléctricas, etc. ¿De dónde proviene esa energía? ¿Cómo es aprovechada por las personas?

Los hidrocarburos, así como cualquier otra sustancia, poseen energía química, que es aprovechada mediante reacciones químicas, como la **combustión**. La palabra “combustión” se utiliza cuando la oxidación produce un gran desprendimiento de luz y calor (figura 2-2). Además, en toda combustión se producen dióxido de carbono y agua en estado gaseoso.

Durante una reacción química ocurre la ruptura de los enlaces presentes en los reactivos y la formación de nuevos enlaces en los productos. Si se tiene en cuenta que en el primer caso es necesario aportar energía y en el segundo se desprende energía, se puede suponer, de manera aproximada, que la variación de energía, también llamada **entalpía (H)** (**► EL DETALLE**) de una reacción, está relacionada con el balance energético correspondiente a la ruptura y formación de enlaces. Cabe la pregunta: ¿qué es la energía de enlace? Este parámetro se define como la energía necesaria para romper un enlace y cuando el enlace se forma esa energía se libera.

En las reacciones de combustión, la entalpía es llamada **calor de combustión**.

El calor de combustión de una sustancia es la variación de entalpía que se produce cuando un mol de compuesto, como el metano, reacciona con oxígeno para formar los productos indicados en la ecuación ajustada:



$$\Delta H = -887 \text{ kJ/mol}$$

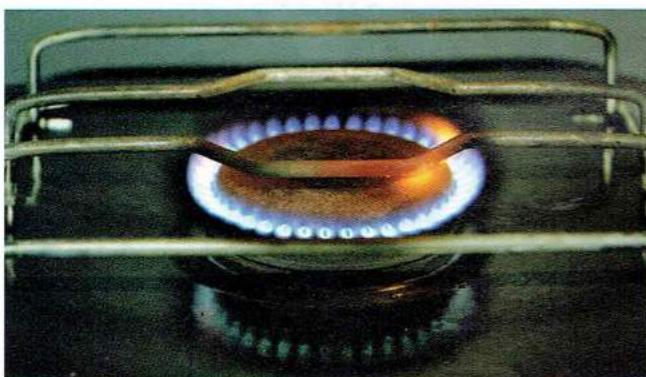
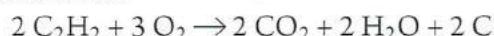


Fig. 2-2. El gas natural, que llega mediante la red domiciliaria a los hogares y las industrias, es una mezcla de metano, etano, propano y butano.

Este es un ejemplo de **combustión completa**, en el que todos los reactivos se transforman en agua y dióxido de carbono. ¿Pero resulta siempre así? Veamos...

El acetileno (etino) es un gas que arde fácilmente con oxígeno atmosférico y manifiesta una llama amarilla y débil, ya que en la reacción se libera poca cantidad de calor. Por otra parte, además de dióxido de carbono y agua se producen partículas sólidas de carbón, comúnmente llamado hollín, el mismo que se genera al quemar una vela.



En este caso, la combustión es **incompleta**, parte del combustible no interviene y se forman nuevos productos, además quedan partículas de carbón como residuo. Esto ocurre porque la proporción de oxígeno es insuficiente.

### Reacciones endotérmicas y exotérmicas

Las reacciones químicas que liberan calor se denominan **exotérmicas**; mientras que las transformaciones que ocurren con absorción de calor del medio se denominan **endotérmicas**. Si se considera la variación de entalpía de una reacción a presión constante como la diferencia entre las entalpías de los productos y las de los reactivos ( $\Delta H = H_{\text{productos}} - H_{\text{reactivos}}$ ), se cumple que:

- en una reacción exotérmica, la entalpía de los productos es menor que la de los reactivos ( $\Delta H < 0$ );
- en una transformación endotérmica, la entalpía de los reactivos es menor que la de los productos ( $\Delta H > 0$ ).

EL DETALLE

#### ¿Qué son la entalpía y la energía de activación?

Cada sustancia que interviene en una reacción tiene una cierta energía interna llamada **entalpía** y se simboliza  $H$ . Cuando ocurre una reacción química, la variación de entalpía ( $\Delta H$ ), es decir,  $H_{\text{productos}} - H_{\text{reactivos}}$  dará cuenta del balance energético de la reacción.

Por lo general, para que se inicie una reacción química es necesario entregar energía al sistema, ya que la energía del sistema debe ser mayor que la que poseen las moléculas reaccionantes. Esta energía entregada bajo la forma de calor, luz, electricidad o por la intervención de catalizadores, etc., forma con los reactivos un complejo activado que inicia la reacción. La energía necesaria para que se forme el complejo activado es llamada **energía de activación**.

# Reacciones químicas de los hidrocarburos

Volvamos a los compuestos del carbono: la parafina comercial se usa para fabricar velas de diferentes formas, tamaños y colores (figura 2-3). Pero ¿qué es exactamente? Su nombre proviene del latín *parūm*, “poco” y *affinis*, “afín”, e indica que tiene poca afinidad con otras sustancias para reaccionar. Por extensión, a todos los hidrocarburos saturados se los denomina “parafinas”. ¿Por qué?

Los **hidrocarburos saturados** son poco reactivos debido a que los enlaces entre carbono-carbono y carbono-hidrógeno son fuertes, y es necesaria una elevada energía de activación para romperlos. Por lo general, las reacciones son lentes y se realizan a elevadas temperaturas y presiones o ante la presencia de catalizadores.

En contraste con los alkanos, los **hidrocarburos no saturados** –alquenos y alquinos– son más reactivos debido a la existencia de enlaces múltiples  $C=C$  y  $C\equiv C$ . La acumulación de densidad electrónica que se produce en los enlaces múltiples favorece el ataque de diferentes reactivos.

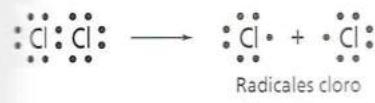
Las reacciones químicas que con mayor frecuencia experimentan los hidrocarburos son, además de la combustión, la sustitución y la adición.

## Reacciones de sustitución

En las **reacciones de sustitución**, uno o más átomos de hidrógeno son sustituidos por otro átomo o bien por otros grupos de átomos. El mecanismo de reacción depende de la naturaleza del hidrocarburo.

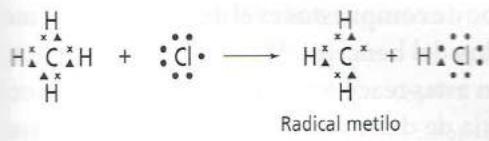
El análisis de una **reacción de halogenación** permitirá entender este concepto. Los alkanos reaccionan con los halógenos en condiciones adecuadas para dar halogenuros de alquilo. Por ejemplo, el metano en presencia de luz ultravioleta o temperaturas superiores a los 300 °C reacciona con cloro para dar clorometano ( $CH_3Cl$ ). Luego, la reacción continúa hasta reemplazar todos los átomos de hidrógeno por cloro. Así se obtienen diclorometano ( $CH_2Cl_2$ ), triclorometano ( $CHCl_3$ ) y tetraclorometano, también llamado tetracloruro de carbono ( $CCl_4$ ).

La reacción transcurre a través de un mecanismo de reacción en cadena en la que participan radicales libres como intermediarios. Las tres etapas de la reacción son: iniciación, propagación y terminación.



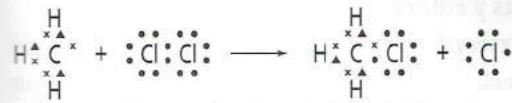
Radicales cloro

**Iniciación:** se produce la ruptura homolítica del cloro, por acción de la luz. El par de electrones del enlace se reparte entre los átomos y se forman dos radicales iguales.



Radical metilo

**Propagación:** el radical cloro ataca una molécula de metano, arranca un hidrógeno, que forma cloruro de hidrógeno, y un radical metilo.



**Terminación:** el radical metilo, muy reactivo, choca con otra molécula de cloro y forma clorometano y un radical cloro.

El nuevo átomo de cloro inicia el ciclo de propagación. La reacción finaliza cuando se agotan los reactivos o cuando los radicales libres se unen entre sí.

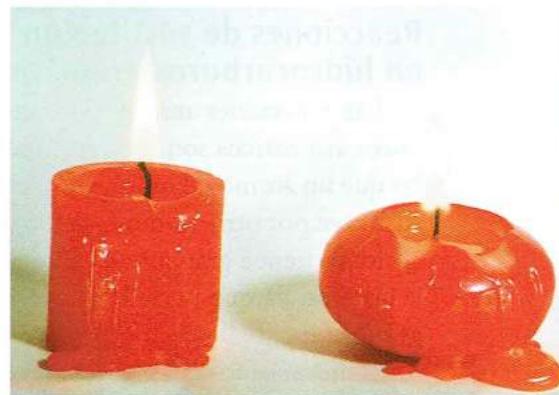
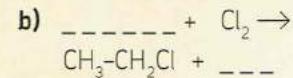
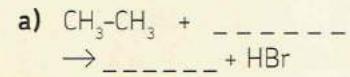


Fig. 2-3. Las velas son fabricadas con una mezcla de parafinas o alcanos sólidos y de color blanco; los diferentes colores se obtienen con el agregado de colorantes.

### ACTIVIDADES

6. Copiá en tu carpeta y completa las siguientes ecuaciones de sustitución.



7. Ordená los siguientes hidrocarburos de menor a mayor capacidad de reacción: pentano – propino – eteno.

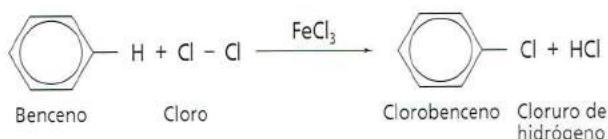
## Reacciones de sustitución en hidrocarburos aromáticos

Las reacciones más importantes de los hidrocarburos aromáticos son las reacciones de sustitución, en las que un átomo de hidrógeno del anillo aromático se sustituye por otro átomo o grupo de átomos. Estas reacciones tienen gran interés desde el punto de vista de la síntesis, ya que permiten la introducción de varios grupos funcionales.

El mecanismo de las reacciones de sustitución implica el ataque electrofílico sobre el anillo bencénico, por lo que la reacción se denomina **sustitución electrofílica**. Pero ¿qué es un reactivo electrofílico? ¿Cómo se forma?

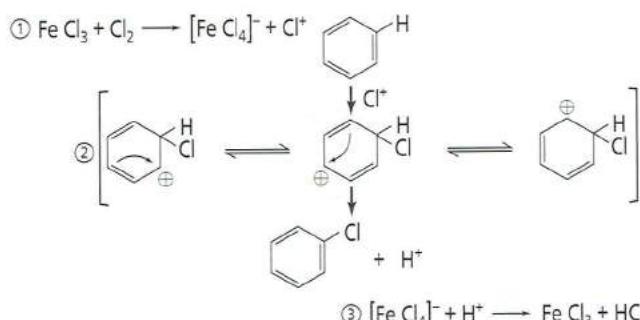
**Los reactivos electrofílicos** son especies químicas deficitarias de electrones y pueden ser cationes –como el protón ( $H^+$ ), un halógeno ( $X^+$ ), un radical ( $R^+$ ), un grupo nitro ( $NO_2^+$ )– o una especie química que tiene átomos con orbitales vacíos, como el cloruro de aluminio ( $AlCl_3$ ), el cloruro férrico ( $FeCl_3$ ), el trióxido de azufre ( $SO_3$ ) y el fluoruro de boro ( $FB_3$ ), etc. Estos reactivos se forman por ruptura homolítica y atacan posiciones con elevada densidad electrónica.

Un ejemplo representativo de sustitución electrofílica es la halogenación de benceno. El cloro reacciona con el benceno en presencia de un catalizador, el cloruro férrico,  $\text{FeCl}_3$ , para dar clorobenceno:



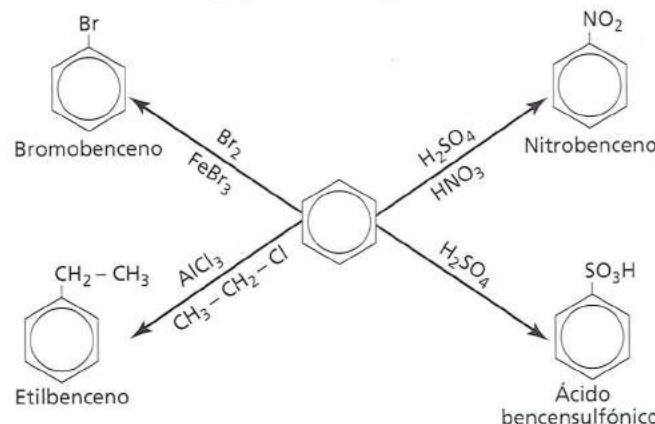
**Fig. 2-4.** Los detergentes se fabrican con derivados sustituidos del benceno.

En presencia del catalizador se produce una ruptura heterolítica en el cloro para formar el reactivo electrofílico ( $\text{Cl}^+$ ), que ataca el anillo bencénico y produce la sustitución. El mecanismo es el siguiente:



En primer lugar, el  $\text{FeCl}_3$  reacciona con el  $\text{Cl}_2$  para formar el reactivo electrofílico  $\text{Cl}^+$ ; este ataca uno de los dobles enlaces del anillo bencénico. La especie catiónica formada se estabiliza por resonancia (1). Luego se produce la eliminación del hidrógeno como protón y se restablece la estructura aromática (2). Por último, el protón reacciona con el  $[\text{FeCl}_4]^-$  para formar  $\text{HCl}$  y regenerar el catalizador,  $\text{FeCl}_3$  (3).

Otras reacciones de sustitución electrofílica son la sulfonación y la nitración, en las que los reactivos electrofílicos son  $\text{SO}_3^+$  y  $\text{NO}_2^+$ , respectivamente.



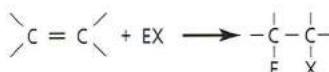
Este grupo de compuestos es el de los derivados **monosustituidos** del benceno. Muchos de los productos obtenidos en estas reacciones son de gran importancia en la industria de detergentes (figura 2-4), explosivos, insecticidas y colorantes.

La reacción de sustitución electrofílica en un derivado monosustituido del benceno da origen a un grupo de compuestos, el de los derivados disustituidos, como estudiaste en el capítulo 1.

## Reacciones de adición en alquenos y alquinos

Cuando una solución de bromo en tetracloruro de carbono (de color naranja-rojizo) se agrega gota a gota sobre un hidrocarburo no saturado, la solución de bromo se decolora rápidamente. El bromo reacciona con relativa facilidad con el alqueno o con el alquino en cuestión. Sin embargo, si se trata de hidrocarburo saturado (un alcano), esta reacción no ocurre. ¿Por qué?

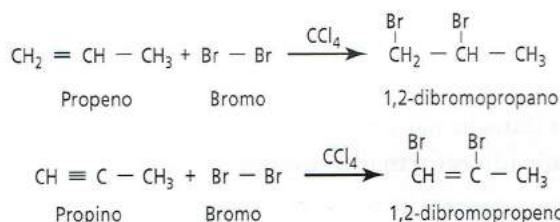
Como sabemos, los alquenos y los alquinos son más reactivos que los alcanos, debido a la acumulación de densidad electrónica asociada a los enlaces múltiples  $C=C$  y  $C\equiv C$ ; al igual que los hidrocarburos aromáticos, son susceptibles al ataque de reactivos electrofílicos. Por ejemplo, en el doble enlace, uno de ellos es mucho más débil, y por ello su rotura es más frecuente y se formarán nuevos enlaces que darán lugar a la **reacción de adición**.



Los hidrocarburos no saturados adicionan con facilidad moléculas de halógenos, hidrácidos, hidrógeno, agua, etcétera.

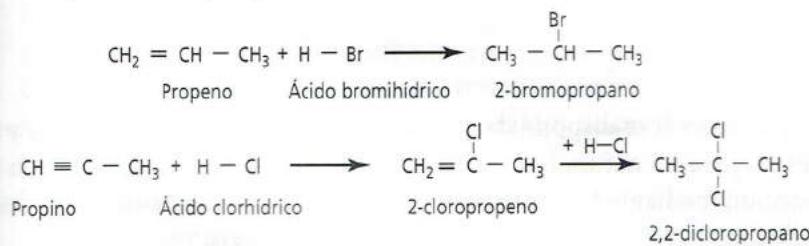
### Halogenación

Los alquenos y los alquinos experimentan reacciones de adición al doble y al triple enlace, respectivamente, de moléculas de halógenos y dan como producto de la reacción halogenuros de alquilo (figura 2-5). En este tipo de reacciones incluimos la adición de bromo, en la que el tetracloruro de carbono actúa como catalizador. Por ejemplo:



### Adición de hidrácidos

Los hidrácidos se adicionan a los alquenos del mismo modo que los halógenos. Por ejemplo:



Sin embargo, como son moléculas asimétricas, pueden dar lugar a dos productos de reacción diferentes, aunque, por lo general, dan solo uno de estos productos, como sugiere la regla de Markovnikov (**EL DETALLE**).



**Fig. 2-5.** Los halogenuros de alquilo tienen variadas aplicaciones, como agentes extintores y disolventes.

### EL DETALLE

#### ¿Qué dice la regla de Markovnikov?

El hidrácido se comporta como un reactivo electrofílico (en realidad, el fragmento electrofílico es el protón). El mecanismo, que es una sustitución electrofílica, transcurre en dos etapas: en el inicio, se rompe el enlace débil (del doble enlace) debido al ataque del fragmento electrofílico del ácido –protón– sobre el carbono de mayor densidad electrónica para dar un intermedio catiónico. Luego, el fragmento restante del reactivo ( $X^-$ ) se une al átomo de carbono cargado positivamente para dar el producto final.

Para generalizar, existe una regla empírica, conocida como **regla de Markovnikov**, que indica que el fragmento electrofílico ( $H^+$ ) se adiciona al carbono del doble enlace de mayor número de hidrógenos, y el anión acompañante lo hará en el carbono de menor número de hidrógenos.

## *¿Para qué sirve el índice de octano?*

*Si un combustible no posee el índice de octano suficiente para su uso en los motores de explosión, se producirá una combustión demasiado rápida de la mezcla y esto dará lugar a una detonación prematura, hará que el pistón del motor sufra un golpe brusco y reduzca su rendimiento, lo que puede provocar, incluso, graves averías. El índice de octano se calcula comparando el poder antidetonante de la nafta con una mezcla patrón compuesta de heptano y 2,2,4-trimetilpentano. A este último se le asigna un poder antidetonante de 100 y al heptano, de 0; podemos afirmar entonces que el hidrocarburo más detonante es el heptano. Por ejemplo, si una nafta posee 90 octanos, significa que su capacidad antidetonante es una mezcla de 90% de 2,2,4-trimetilpentano y 10% de heptano.*



**Fig. 2-6.** Refinería de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) en Luján de Cuyo, provincia de Mendoza.

## ACTIVIDADES

8. ¿Qué diferencia hay entre la alquilación y el craqueo catalítico?
  9. ¿Qué significa que una nafta posea 70 octanos?

## Química del petróleo

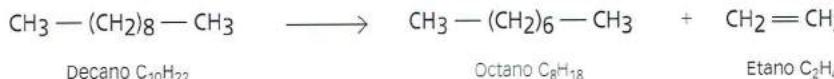
Como estudiaste en el capítulo 1, las fracciones obtenidas de la destilación de petróleo son mezclas de hidrocarburos. Por ejemplo, la nafta es un combustible que, además de alcanos, contiene una proporción de hidrocarburos aromáticos.

Esta fracción de petróleo tiene gran demanda en el mercado ya que es la fuente principal de energía para hacer funcionar los motores de explosión.

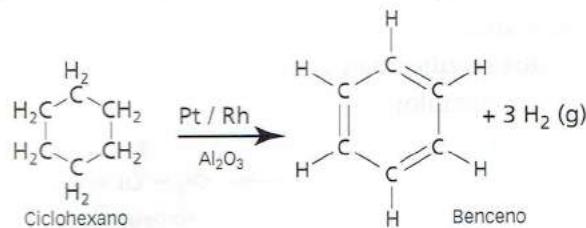
Uno de los requerimientos que este combustible debe reunir, para que su combustión sea más eficiente, es que los hidrocarburos que lo formen sean ligeros, es decir, de cadena corta, pero no muy corta. Eso lo indica el índice de octano (**► EL DETALLE**).

Uno de los problemas que enfrenta la industria del combustible (figura 2-6) es que la demanda de una nafta ligera es superior a las fracciones obtenidas en la destilación primaria. Por esta razón se llevan a cabo reacciones químicas en las fracciones más pesadas y abundantes de la destilación primaria.

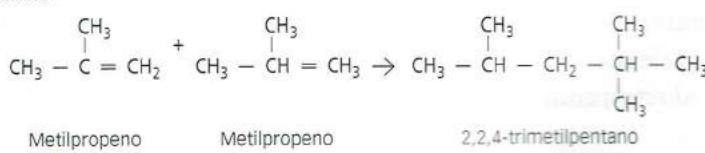
Por ejemplo, el proceso de **craqueo catalítico** permite producir una fracción ligera aprovechando otras fracciones más pesadas. Para ello, las moléculas de alkanos se rompen en dos o más fragmentos, donde uno de ellos es insaturado. Recordá que el craqueo se lleva a cabo a altas temperaturas y en presencia de catalizadores.



Otro de los requerimientos de la nafta es que posea una proporción de hidrocarburos aromáticos, como el benceno, el metilbenceno y el dimetilbenceno. Estos mejoran sustancialmente su comportamiento en los motores de explosión. Un modo de enriquecer la nafta con hidrocarburos aromáticos consiste en transformar los alkanos cíclicos en aromáticos mediante un proceso denominado **reformado catalítico**. Se hace pasar vapor del hidrocarburo sobre un lecho de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), que contiene platino (Pt) y rodio (Rh), con el objetivo de eliminar hidrógeno. Por ejemplo:



¿Qué hacer si se dispone de hidrocarburos de baja masa molecular y se necesita, para las naftas, hidrocarburos de mayor masa? La alquilación es la reacción mediante la cual es posible obtener alcanos mayores de cadena ramificada.



## Combustibles y ambiente

Los principales focos de contaminación que el ser humano aporta a la atmósfera se originan en las chimeneas de las instalaciones de combustión para generación de calor y energía eléctrica, en los caños de escape de los automóviles y otros medios de transporte y en los procesos industriales.

En las últimas décadas, la utilización de combustibles, en particular en los automóviles, ha contribuido a incrementar los problemas de contaminación atmosférica. Los principales contaminantes emitidos por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), hidrocarburos no quemados (HC) y compuestos de plomo.

No todos los vehículos producen los mismos contaminantes ni en las mismas proporciones; esto depende del tipo de motor y del combustible utilizado. Los vehículos que emplean naftas emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y compuestos de plomo. La emisión de este último contaminante se debe a que muchas naftas poseen un aditivo con plomo que se añade al combustible para aumentar su índice de octano.

Los vehículos que utilizan diésel (figura 2-7) emiten principalmente partículas sólidas en forma de hollín, lo que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y sulfuro de hidrógeno, este último procedente del azufre contenido en el combustible.

Todas estas emisiones contribuyen al aumento del efecto invernadero, la formación de lluvia ácida y del esmog fotoquímico.

## Combustibles alternativos

En el Protocolo de Kioto, un acuerdo internacional aprobado en 1997 que tiene vigencia y a partir del cual se han establecido nuevos acuerdos, se propuso que los países desarrollados asumieran el compromiso de tomar medidas para disminuir los efectos del cambio climático producido por las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero. Según este protocolo, entre esas medidas se encuentran la investigación, el desarrollo y el aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía.

Esto ha llevado a algunas propuestas interesantes, por ejemplo, las compañías automotrices han desarrollado tecnologías que mejoran el rendimiento de los vehículos y sus emisiones no son contaminantes. Para ello proponen la utilización de combustibles limpios, como:

- El **etanol** y el **metanol**, dos alcoholos con algunas ventajas, por ejemplo, son líquidos inflamables, incoloros, de escasa toxicidad.
- El **biofuel**, una mezcla compuesta principalmente de petróleo y de hasta un 30% de otros combustibles extraídos de productos vegetales, como el etanol.
- El **gas natural comprimido**, ampliamente utilizado en la República Argentina, disminuye hasta el 70% los gases emitidos. Puede ser utilizado incluso en los vehículos de nafta, previa instalación de un depósito específico para este gas.
- El **hidrógeno** es utilizado para generar electricidad mediante una batería. Esta electricidad es la que hace funcionar el motor del automóvil.



Fig. 2-7. La mayoría de los camiones emplean diésel como combustible.

### ACTIVIDADES

10. Completá las frases con las palabras que faltan:

a) La ..... de los derivados del petróleo contribuye al aumento del efecto invernadero, la lluvia ácida y el esmog fotoquímico.

b) Los principales contaminantes emitidos por los automóviles son el monóxido ..... , los óxidos de ..... , los hidrocarburos no quemados y compuestos de .....

11. Hacé una lista de los combustibles alternativos y averiguá cuál de ellos es ampliamente utilizado en la República Argentina.



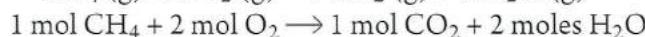
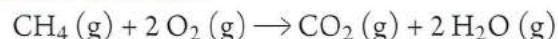
**Fig. 2-8.** La precisión de los instrumentos utilizados por los químicos es fundamental para llevar a cabo los cálculos estequiométricos.

## Reacciones estequiométricas

Ya hablamos de los hidrocarburos y del petróleo. Vimos que los distintos hidrocarburos pueden participar de reacciones de adición y de sustitución y tratamos puntualmente las combustiones y el uso de combustibles. Ahora podemos preguntarnos: ¿qué aspectos cuantitativos pueden tenerse en cuenta al estudiar las reacciones químicas en general y la reactividad de los hidrocarburos en particular? La respuesta viene de la mano de la **estequiometría**, parte de la química que estudia las relaciones cuantitativas entre las sustancias que reaccionan y la cantidad de sustancia que se produce en una reacción química (figura 2-8).

### Cálculos con masas

Una ecuación química brinda información acerca de la relación de masas entre reactivos y productos. Dado que la masa de un mol de moléculas o **masa molar** ( $M$ ) de cualquier sustancia es un número que, expresado en gramos, resulta igual a su masa molecular relativa, podemos establecer la relación entre los moles y las masas en una reacción química, por ejemplo, para la combustión de metano:



Si calculamos las masas relativas y las expresamos en gramos, tenemos:



La proporción de masas resulta:



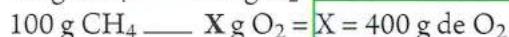
Podemos observar que la suma de las masas de las sustancias que reaccionan (80 g) es igual a la suma de las masas de los productos de la reacción (80 g), de acuerdo con la ley de Lavoisier o ley de conservación de la masa.

Ahora bien, a partir de relaciones estequiométricas, es posible calcular los gramos de un producto a partir de una masa cualquiera de reactivo. Por ejemplo, si disponemos de 100 g de metano y cantidad suficiente de oxígeno, podemos calcular las masas de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  que se producen:

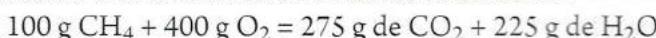
$$\frac{16 \text{ g CH}_4}{100 \text{ g CH}_4} = \frac{44 \text{ g CO}_2}{X \text{ g CO}_2} = \frac{100 \text{ g CH}_4 \cdot 44 \text{ g CO}_2}{16 \text{ g CH}_4}; X = 275 \text{ g de CO}_2$$

$$\frac{16 \text{ g CH}_4}{100 \text{ g CH}_4} = \frac{36 \text{ g H}_2\text{O}}{X \text{ g H}_2\text{O}} = \frac{100 \text{ g CH}_4 \cdot 36 \text{ g CO}_2}{16 \text{ g CH}_4}; X = 225 \text{ g de H}_2\text{O}$$

También podemos calcular la masa de  $\text{O}_2$  que intervino en la reacción:



Ahora veamos si la conservación de masas se mantiene:



Como puede observarse, la masa reaccionante es igual a la masa de producto; se dice entonces que la reacción es estequiométrica. En ocasiones, la información está expresada en moles y los cálculos que se requieren también deben ser expresados en moles, por lo que no es necesario trabajar con masas.

### ACTIVIDADES

12. Se hacen reaccionar tres moles de etano con cantidad suficiente de oxígeno según la siguiente ecuación:



Calculá:

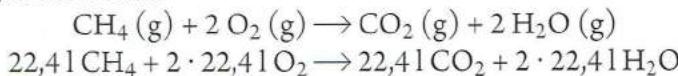
- Masa de oxígeno que reacciona.
- Moles de dióxido de carbono que se obtienen.
- Masa de agua que se produce.

## Cálculos con volumen

Según la hipótesis molecular de Avogadro, un mol de cualquier gas en las mismas condiciones de presión y temperatura ocupa el mismo volumen. Si las condiciones de presión y temperatura (CNPT) son las normales ( $P = 1 \text{ atm}$  y  $T = 273 \text{ K}$ ), es posible calcular el volumen que ocupa un mol de cualquier gas aplicando la **ecuación de estado de los gases ideales**, cuya expresión matemática es:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

donde  $P$  es la presión;  $V$ , el volumen;  $n$ , el número de moles;  $R$ , la constante universal de los gases, cuyo valor es  $0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{K} \cdot \text{mol}$ , y  $T$ , la temperatura. De aquí resulta que el volumen que ocupa un mol de cualquier gas en CNPT es de 22,4, también llamado **volumen molar**. Según lo expresado, es posible interpretar la ecuación de combustión de metano de la siguiente forma:



## Reactivos limitante y reactivo en exceso

Un químico se asegura de que las cantidades de sustancias sean suficientes cuando quiere obtener una determinada cantidad de producto (figura 2-9). Por ejemplo, la reacción ajustada de combustión de metano:



indica que se obtiene un mol de  $\text{CO}_2$  y dos moles de  $\text{H}_2\text{O}$ ; cuando reacciona: un mol de  $\text{CH}_4$  y dos moles de  $\text{O}_2$ .

Ahora, si se ponen a reaccionar dos moles de  $\text{CH}_4$  con dos moles de  $\text{O}_2$ , ¿se forman un mol de  $\text{CO}_2$  y dos moles de  $\text{H}_2\text{O}$ ? En un principio, se tienen dos moles de  $\text{CH}_4$  con dos moles de  $\text{O}_2$  y cero moles de  $\text{CO}_2$  y de  $\text{H}_2\text{O}$ .

La reacción tiene lugar de acuerdo con la ecuación ajustada, por lo que se agotará el oxígeno y sobrará un mol de metano que no puede reaccionar. Entonces, se obtienen un mol de  $\text{CO}_2$  y dos moles de  $\text{H}_2\text{O}$ , se agota totalmente el  $\text{O}_2$  y sobra un mol de  $\text{CH}_4$ . El reactivo que se agota, en este caso,  $\text{O}_2$ , limita la reacción, por lo que se llama **reactivo limitante**. Por otra parte, el reactivo que sobra, en nuestro caso,  $\text{CH}_4$ , es llamado **reactivo en exceso**.

Todos los cálculos estequiométricos se realizan con el reactivo limitante.

## Rendimiento de una reacción

En muchas ocasiones, las cantidades de producto obtenido en una reacción química son menores a las esperadas.

En ocasiones, los reactivos utilizados contienen impurezas que no forman parte de la reacción, por ello el **rendimiento real** de la reacción difiere del rendimiento teórico. Llamamos **rendimiento teórico** a las cantidades calculadas a partir de una reacción ajustada y suponiendo que los reactivos poseen 100% de pureza. Entonces, si el rendimiento de una reacción es del 95%, tomando como ejemplo la reacción de la página anterior, podemos calcular la masa real de producto obtenido:

100% de rendimiento \_\_\_\_\_ 225 g de  $\text{H}_2\text{O}$

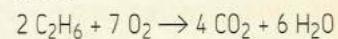
95% de rendimiento \_\_\_\_\_ x = 213,75 g de  $\text{H}_2\text{O}$



Fig. 2-9. Los químicos utilizan, además de la balanza, otros instrumentos para medir la cantidad de reactivo de que disponen en un laboratorio.

### ACTIVIDADES

13. Se queman cuatro moles de etano con siete moles de oxígeno.



Calculá:

- El reactivo limitante.
- El volumen de dióxido de carbono obtenido si la presión a la que se produjo la reacción es de 2 atm y la temperatura, de 20 °C.
- Si la reacción tiene un rendimiento del 85%, ¿cuál es el volumen real de dióxido de carbono que se obtiene?

# Ciencia en tus manos

## Hipótesis y variables

¿Qué es una hipótesis? ¿Cómo se plantea? ¿Qué relación tiene con las variables de control? Una **hipótesis** es una proposición que establece relaciones entre hechos. También puede definirse como una mera relación entre variables.

Las hipótesis son el punto de partida de un investigador, y generalmente están planteadas sobre la base de una teoría o de la observación.

Cuando una hipótesis ha sido bien planteada, puede distinguirse en ella la relación entre dos o más variable, de manera tal que el investigador podrá organizar su investigación.

Las **variables** pueden ser tanto cuantitativas como cualitativas:

- Las **variables cuantitativas** son aquellas que pueden medirse, como la masa, el peso, la temperatura, etcétera.
- Por el contrario, las **variables cualitativas** no pueden medirse, no aparecen en forma numérica, sino como categorías o atributos, por ejemplo, la aparición o la ausencia de un color o un precipitado.

### Variables cuantitativas

El trabajo científico implica identificar los distintos factores o variables que influyen en una experiencia y encontrar relaciones entre ellos. En un experimento es posible encontrar tres tipos de variables:

- **Constante o controlada:** su valor no se modifica durante la experiencia.
- **Independiente:** sus valores son prefijados o establecidos por el investigador.
- **Dependiente:** sus valores cambian libremente a causa de la variable independiente.

Por ejemplo, suponé que se quiere estudiar cómo la temperatura influye en el volumen de dióxido de carbono obtenido en la reacción de combustión del metano si se trabaja a presión constante.

En esta experiencia se utilizarán los mismos reactivos; su masa, su estado de agregación, la presión (1 atm), los moles y tal vez alguna otra propiedad son constantes. La temperatura será la variable in-

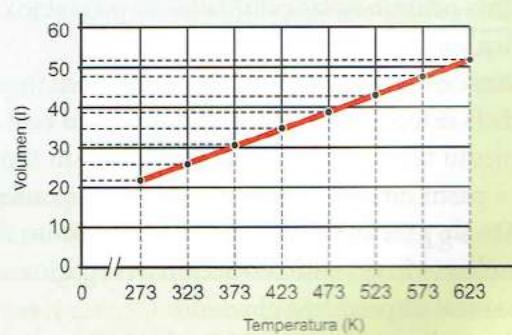
dependiente, controlada por el experimentador, el que establece las temperaturas a las cuales se llevará a cabo la reacción. Por último, el volumen de dióxido de carbono obtenido será la variable dependiente, pues toma un valor de acuerdo con el valor de la variable independiente, es decir, la temperatura.

Una vez definidas las variables, es posible plantear una o varias hipótesis de trabajo para luego diseñar la experiencia de laboratorio. Por ejemplo:

- A presión constante, al aumentar la temperatura, el volumen de dióxido de carbono obtenido disminuye.
- A presión constante, al aumentar la temperatura, el volumen de dióxido de carbono obtenido aumenta.

Diseñada y realizada la experiencia, los datos de la variable independiente y de la dependiente, que corresponden a las mediciones efectuadas, se organizan en una **tabla de datos**. Para tener una primera idea de cómo es la relación entre las variables independiente y dependiente, es útil representar los datos en un gráfico cartesiano, que consta de dos ejes ortogonales: el **eje x** y el **eje y**.

Temperatura K	Volumen (l)
273	22,4
323	26,5
373	30,6
423	34,7
473	38,8
523	42,9
573	47,0
623	51,0



El eje x es horizontal, y en él se representa la variable independiente. El eje y es vertical, y en él se representa la variable dependiente.

Para cada valor de la variable independiente ( $x$ ) corresponde un valor de la variable dependiente ( $y$ ). Este par de valores ( $x, y$ ) se representa como un punto en el plano del gráfico.

Si en la tabla se tienen ocho pares de datos, en el gráfico habrá ocho puntos. Estos podrán quedar distribuidos en línea recta o siguiendo una curva más o menos complicada. Para tener una idea aproximada de esa curva, se pueden unir mediante segmentos de recta los puntos del gráfico. En la mayoría de los casos resulta simple plantear una relación matemática entre ambas variables. En este caso, se verifica que  $y/x$  es un valor constante ( $k$ ), por lo que la ecuación matemática resulta  $y = x \cdot k$  o  $V = T \cdot K$ ; en este caso se dice que la variable dependiente y la independiente están relacionadas por una función de pro-

porcionalidad directa. También es posible afirmar que una de las hipótesis planteadas es verdadera: “a presión constante, al aumentar la temperatura, el volumen de dióxido de carbono obtenido disminuye”, y agregar que la relación es directamente proporcional.

## VARIABLES CUALITATIVAS

Por otra parte, las variables cualitativas generalmente son utilizadas para comparar. Por ejemplo, los químicos saben que al llevar a cabo la reacción de rotación de un hidrocarburo (alcano, alqueno o alquino) con bromo (de color café claro) se torna incolora una vez producida la reacción. Entonces esta reacción permite identificar la presencia de un hidrocarburo en una muestra. Podemos decir, entonces, si se produjo o no se produjo la reacción, si hay o no hay un hidrocarburo en la muestra, etcétera.

### ACTIVIDADES

- 14.** Se llevó a cabo la reacción de combustión de metano en condiciones normales de presión y temperatura (CNPT):



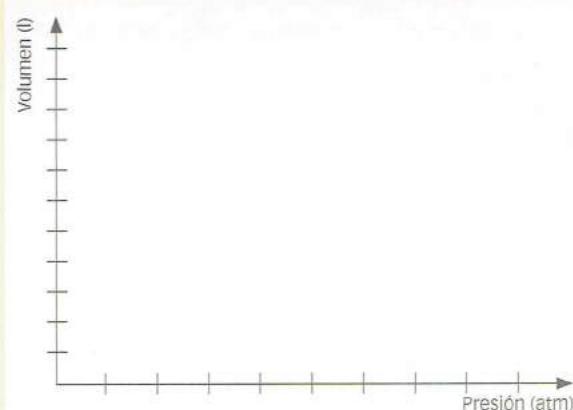
Considerando la temperatura constante, se trabajó a diferentes valores de presión.

- a) ¿Qué tipos de variables se toman en esta experiencia?
- b) ¿Cuál es la variable constante, la independiente o la dependiente?
- c) ¿Qué hipótesis podés plantear?
- d) Completá la siguiente tabla con los valores de volumen de dióxido de carbono obtenido según la presión de trabajo. Para ello, utilizá la ecuación general de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Presión (atm)	Volumen (l)
1	
2	
3	
4	
5	
6	

- e) Graficá los datos en un par de ejes ortogonales.



- f) Establecé la relación matemática entre la variable dependiente y la independiente.  
g) ¿Coinciden tus resultados con los de tus compañeros?  
h) Enunciá la o las hipótesis verdaderas.

## El fuego de los mortales

Antiguas culturas, como la griega, la egipcia, la vikinga, la maya, todas... ¡Sí!, casi todos cuentan con un dios del fuego. El fuego ha fascinado al ser humano desde los tiempos prehistóricos. El culto y el dominio del fuego son tan ancestrales como el ser humano mismo.

Quién no ha encontrado fascinante sentarse por las noches de campamento alrededor de un fogón y quizás contar historias de terror! Las llamas crepitantes, el calor y la media luz crean un clima misterioso que envuelve e hipnotiza. Del mismo modo que el fuego nos despierta un sentimiento de misterio, lo hizo con los antiguos, a tal punto que forma parte de numerosas historias miticas.

Por ejemplo, los griegos cuentan con una extensa colección de relatos y uno de estos relatos es el de Prometeo, quien roba a los dioses el fuego y se lo entrega a los hombres.

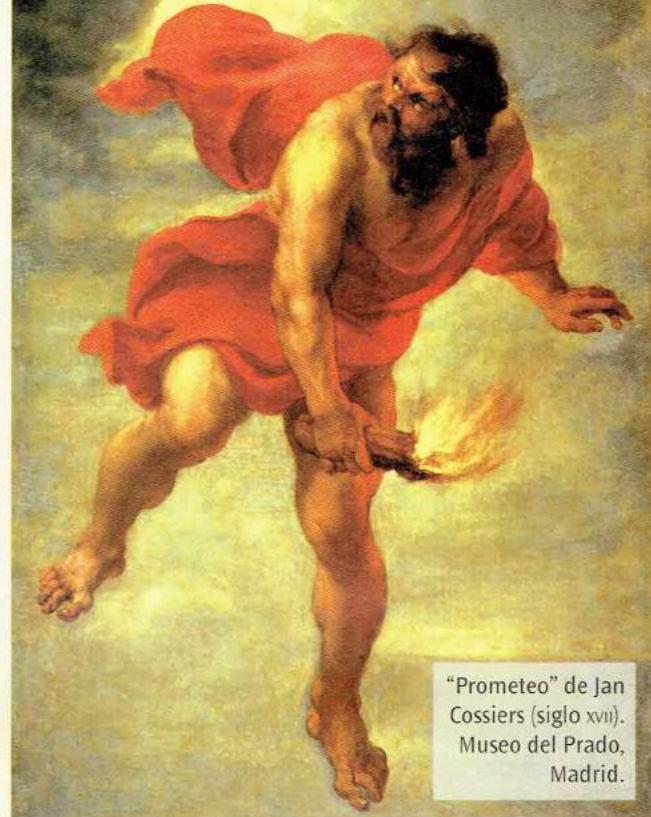
El mito cuenta que Prometeo era el bienhechor de la humanidad y que en una oportunidad engañó a Zeus con la intención de beneficiar a los hombres. Zeus era el más grande de los dioses que reinaban en el cielo, el Olimpo, la región donde moraban todos los dioses.

En un sacrificio solemne, Prometeo había matado un buey al que dividió en dos partes: en un lado puso la carne recubriendola con el vientre del animal; en otra puso los huesos cubriendolos con grasa blanca, luego dio a elegir a Zeus su parte, el resto quedaría para los humanos. Zeus eligió la grasa blanca, y al descubrir que solo tenía huesos, sintió un profundo enojo con Prometeo y los mortales, que habían sido favorecidos con este engaño. Para castigarlos, decidió no volver a enviarles el fuego.

Nuevamente Prometeo acudió en auxilio, robó semillas de fuego en la rueda del Sol y se las llevó a la Tierra. Otra versión cuenta que Prometeo robó el fuego de la fragua de Hefesto (dios griego del fuego).

Se dice de Hefesto que era feo, que su madre lo despreció y que fue criado por las diosas marinas. Lo cierto es que Hefesto poseía un gran poder, los secretos del fuego y los metales y existen numerosos relatos en torno a él, por ejemplo, que combatió contra Troya con la llama y fabricó las armas de Aquiles.

Retomando el relato, Zeus castigó a los mortales y a su bienhechor por esa hazaña. A los primeros les envió a Pandora, quien introduciría males en la humanidad, como plagas, dolor, pobreza, crimen, etc. En cuanto a Prometeo, ordenó a Hefesto que lo encadenara a una roca en el Cáucaso. Luego



"Prometeo" de Jan Cossiers (siglo xvii). Museo del Prado, Madrid.

Zeus envió un monstruo mítico con forma de águila al que le ordenó que le devorara el hígado, el cual se regeneraba constantemente, y prometió que jamás lo desataría de la roca.

No obstante, cuando Heracles, un héroe y semidiós, pasó por la región del Cáucaso, atravesó el águila con una flecha y liberó a Prometeo de su castigo eterno. En esta oportunidad, a Zeus no le importó que Prometeo evitara el castigo, ya que Heracles era su hijo y con esta proeza aumentaba su gloria.

Entonces... la historia no termina aquí, es mucho más larga y se entrelaza con otros personajes miticos, pero lo cierto es que el fuego, ya sea otorgado por los dioses o producido por el ser humano, fue el motor que impulsó el desarrollo de muchas civilizaciones. Incluso en la actualidad es difícil imaginar la vida cotidiana sin la presencia del fuego.

**Fuente:** Grimal, Pierre. *Diccionario de mitología griega y romana*. Barcelona. Paidós. 1981.

### ACTIVIDADES

15. En el texto se nombra la palabra "fuego". Según lo que estudiaste en este capítulo, ¿a qué tipo de reacción química corresponde? ¿Cuáles son las condiciones para que se produzca?
16. ¿Por qué creés que los seres humanos le han dado la entidad de dios al fuego?
17. ¿De qué manera queda representado en este relato mitológico "el fuego" como motor del desarrollo humano?

# El curioso elemento llamado “flogisto”

Los químicos de los siglos XVII y XVIII estaban preocupados por explicar los procesos de combustión. A partir de la invención de la máquina de vapor, encontrar nuevas aplicaciones al fuego fue motivo para desarrollar toda una teoría acerca de la combustión. Hoy nos parece sencillo interpretar las combustiones, pero no fue así en esa época. Ellos se preguntaban: ¿cuál es la naturaleza del fuego? ¿por qué algunos materiales se queman y otros no? El pensamiento científico en ese momento estaba imbuido de los principios griegos y en relación con las combustiones estos sostendían que todo lo que pudiera arder contenía dentro de sí el elemento fuego, que se liberaba bajo condiciones apropiadas. Por supuesto, esta creencia influyó a Georg Ernst Stahl (1660-1734), médico del rey de Prusia, quien en 1731 desarrolló la teoría del flogisto (una palabra griega que significa ‘hacer arder’) para explicar los procesos de combustión.

Stahl mantenía que los objetos combustibles eran ricos en flogisto, y los procesos de combustión suponían la perdida del mismo en el aire. Lo que quedaba tras la combustión no tenía flogisto y, por tanto, no podía seguir ardiendo. Así, la madera tenía flogisto, pero las cenizas no. Además, sostenía que el enmohoecimiento de los metales era análogo a la combustión de la madera, y afirmó que los metales contenían flogisto, pero no así cuando estaban enmohoecidos (o calcinados).

Esta idea permitió explicar la transformación de los minerales en metales, el primer descubrimiento químico llevado a cabo por los seres humanos. Por ejemplo, si se quema en presencia de carbón la malaquita (un mineral de cobre) produce cobre metálico.

La explicación que Stahl daba a este proceso consistía en esto: el mineral, pobre en flogisto, se calienta con carbón vegetal, rico en flogisto. El flogisto del carbón pasa al mineral, es decir que el carbón se transforma en cenizas pobres en flogisto, mientras que en el mineral ocurre lo contrario. Stahl consideró que el aire resultaba útil en la combustión solo de un modo indirecto. Servía únicamente como transportador, captando el flogisto según abandonaba la madera o el metal y transfiriéndolo a alguna otra cosa (si es que la había disponible).

Esta teoría tuvo mucha aceptación en la época, sin embargo, no podía explicar por qué había sustancias como la madera o el papel que al quemarse producían cenizas que



Antoine-Laurent Lavoisier en su laboratorio.



Georg Ernst Stahl.

eran menos pesadas que la sustancia original, lo cual era esperable, ya que en la combustión el flogisto abandonaba la sustancia original y otras como los metales que al quemarse producían metal enmohoecido más pesado que el original. ¿Podía el flogisto tener peso negativo de manera tal que la sustancia final pesara más que la original? De ser así, ¿por qué la madera perdía peso al arder y el metal lo ganaba? ¡Había dos tipos de flogisto, uno con peso positivo y otro con peso negativo!

Resultan curiosos estos interrogantes y quizás hasta absurdos, ya que estamos acostumbrados a pensar en términos de mediciones y en que para que se produzca una combustión es necesaria la presencia de oxígeno. Sin embargo, llegar al conocimiento que hoy todos tenemos acerca de las combustiones requirió numerosos experimentos y fue un proceso lento y gradual. Finalmente, el químico Antoine Lavoisier, quien ya sospechaba que la teoría del flogisto no se aplicaba a las combustiones y oxidaciones, demuestra que el oxígeno es fundamental en estos procesos, y sus métodos cuantitativos así lo confirman.

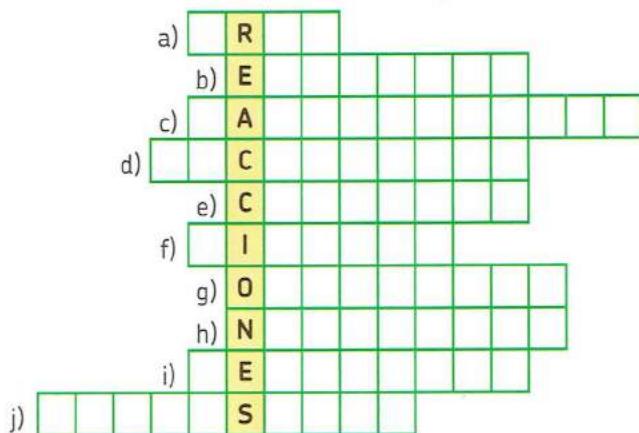
**Fuente:** Asimov, Isaac. *Breve historia de la química*. Madrid, Alianza Editorial, 2001.

## ACTIVIDADES

18. ¿Qué era el flogisto para los químicos del siglo XVIII?
19. ¿Por qué la teoría del flogisto fue descartada?  
¿Qué hecho experimental no podía explicarse con esta teoría?
20. ¿Cómo explicarías una combustión? Hacelo con tus palabras.

# Actividades finales

21. Leé las definiciones y completá el siguiente acróstico.



- Nombre de la sustancia sintetizada en el laboratorio por Friedrich Wöhler.
- Nombre de la energía interna de una molécula.
- Reacción química en la que uno de los reactivos es un halógeno.
- Tipo de combustión que deja residuo de carbono como producto.
- Tipo de combustión en la que los productos de la reacción son el dióxido de carbono y el agua.
- Combustible alternativo que consiste en una mezcla de petróleo y de un 30% de otros combustibles extraídos de productos vegetales, como el etanol.
- Proceso en el que una especie química pierde electrones.
- Reacción química en la que interviene como reactivo el ácido nítrico.
- Proceso en el que una especie química gana electrones.
- Reacción química entre un combustible y oxígeno.

22. Ordená los siguientes compuestos del más reactivo al menos reactivo. Justificá tu respuesta.

- Etano.
- Propeno.
- Propino.

23. Completá en la carpeta las siguientes reacciones químicas. Indicá en cada caso cuáles son las condiciones de reacción y escribí la ecuación química correspondiente.

- Metano + Oxígeno  $\rightarrow$  ..... + Agua
- Etano + Cloro  $\rightarrow$  ..... + .....
- Eteno + .....  $\rightarrow$  Dibromoetano

- Propeno + Agua  $\rightarrow$  .....
- 1-butino + .....  $\rightarrow$  Butano
- ..... + .....  $\rightarrow$  Clorobenceno + .....
- Bromobenceno + .....  $\rightarrow$  o-dibromobenceno + .....
- ..... + Ácido nítrico  $\rightarrow$  m-dinitrobenceno + .....
- Propeno + Ácido bromídrico  $\rightarrow$  .....

24. ¿Qué reactivos y qué condiciones son necesarias para sintetizar:

- 2-cloropropano.
- Butano.
- 2-butanol.
- 1,2 dibromopropano.
- Tolueno (metilbenceno).
- Etilbenceno.

25. Completá el siguiente cuadro con SÍ o NO.

Sustancia	Hidrogenación	Halogenación	Adición de hidrácido	Combustión	Nitración
Alcano					
Alqueno					
Alquino					

26. Copiá y completá en la carpeta las fórmulas semidesarrolladas de las siguientes reacciones:

- Benceno + Bromo  $\xrightarrow{\text{FeBr}_3}$  ..... + Bromuro de hidrógeno
- Benceno + Ácido nítrico  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$  Nitrobenceno + .....
- ..... +  $\xrightarrow{\text{AlCl}_3}$  Propilbenceno + Cloruro de hidrógeno

27. Un químico en su laboratorio hizo reaccionar propeno con ácido bromídrico y obtuvo los siguientes resultados: 80% de 2-bromopropano y 20% de 1-bromopropano. ¿Por qué no se obtienen los dos isómeros en la misma proporción? Discutí con tus compañeros esta diferencia de porcentajes y justificala.

28. En las siguientes reacciones, indicá EX si es exotérmica o EN si es endotérmica.

- A + B  $\rightarrow$  C + D ;  $\Delta H < 0$
- E + F  $\rightarrow$  G ;  $\Delta H < 0$

29. En el craqueo catalítico de nonano se forman dos productos, uno es eteno, ¿cuál es la fórmula semidesarrollada del otro compuesto formado?

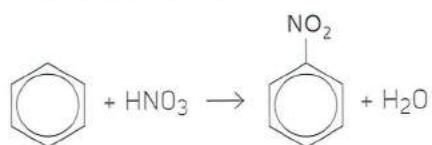
30. Indicá cuál es el producto de la alquilación de un mol de propeno y un mol de metilpropano.

31. A principios del siglo xx, los químicos descubrieron que podían transformar las moléculas de un combustible en moléculas más pequeñas, del tipo de las naftas, por ejemplo:



- a) ¿Qué nombre recibe este tipo de reacción?
- b) ¿Qué importancia tiene desde el punto de vista industrial?

32. Un químico en su laboratorio hizo reaccionar 120 g de benceno con 2 moles de ácido nítrico, calculá:



- a) La masa del reactivo limitante.
- b) Los moles de nitrobenzene que se obtienen.
- c) Sabiendo que el rendimiento de la reacción es del 95%, ¿qué masa de agua se produce?

33. La reacción de combustión de metano se produce con una  $\Delta H = -887 \text{ kJ/mol}$ :



¿Cuál será la variación de entalpía si se queman 64 g de metano?

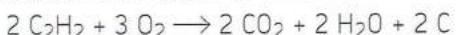
#### ■ Libro

Cartwright, John. *Del flogisto al oxígeno*. Tenerife, traducción de la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, La Orotava.

Desarrolla un caso en particular, "el flogisto", y explica a partir de él la revolución química del siglo xviii. Podés conseguir una versión en:

[http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/fundoro/web\\_fcohc/005\\_publicaciones/mhc/mhc.htm/mhc1\\_flogisto.htm](http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/fundoro/web_fcohc/005_publicaciones/mhc/mhc.htm/mhc1_flogisto.htm) [consultado en noviembre de 2010]

34. La combustión incompleta de etino es:



Si la reacción se lleva a cabo a una presión de 2,5 atm y a una temperatura de 300 K, ¿qué volumen de dióxido de carbono se obtiene?

35. Por hidrogenación de 1,3 g de un etino se obtienen 1,4 g del hidrocarburo saturado correspondiente. Escribí la reacción e indicá la masa de hidrógeno que reacciona.

36. Cuando se introducen granallas de cinc en una solución de ácido clorhídrico, se observa que las primeras se transforman y se desprende hidrógeno, según la ecuación:



Calculá:

- a) Los moles de hidrógeno obtenido si se ponen a reaccionar 100 g de ácido clorhídrico.
- b) La masa de cinc necesario para que la reacción sea estequiométrica.



#### ■ Internet

[www.acienciasgalilei.com/qui/pdf-qui/iupac-form-organica.pdf](http://www.acienciasgalilei.com/qui/pdf-qui/iupac-form-organica.pdf) [consultado en noviembre de 2010]

Podés bajar un pdf con la nomenclatura de química orgánica según IUPAC.

[www.shell.com.ar](http://www.shell.com.ar) [consultado en noviembre de 2010]

Además de información sobre combustibles encontrarás artículos sobre ambiente y sociedad.

[www.ypf.com.ar](http://www.ypf.com.ar) [consultado en noviembre de 2010]

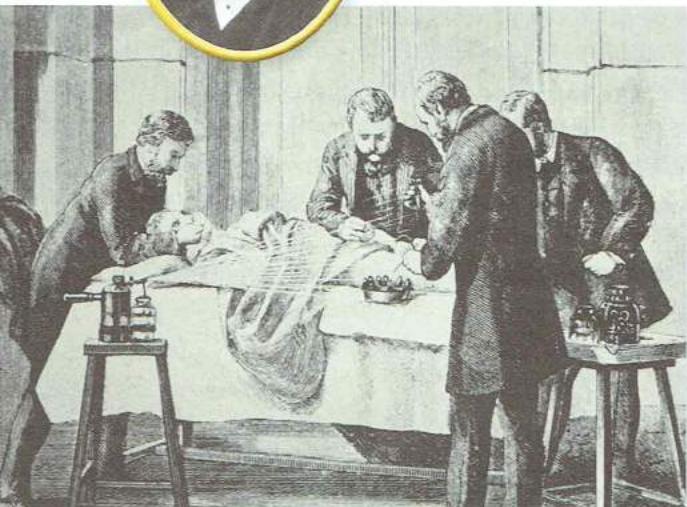
Podés encontrar información sobre producción de hidrocarburos, combustibles, marketing, y química en la Argentina.

# 3

## Los compuestos orgánicos oxigenados y nitrogenados



Joseph Lister.



Grabado de la época que muestra la utilización del rociador de fenol en una intervención quirúrgica.



Modelo molecular del fenol.

PD-BENJAMINBRUNN27

### ACTIVIDADES

1. Observá el modelo molecular del fenol e intentá escribir su fórmula molecular.
2. ¿Qué átomos representan las bolitas grises, las blancas y la roja?
3. Explicá la siguiente expresión: "Es importante mencionar que hasta ese entonces entrar en un quirófano era algo así como despedirse de la vida..." .
4. ¿Cuáles son las propiedades del fenol? ¿Conocés otro alcohol que se emplee como desinfectante?

EL MÉDICO INGLÉS JOSEPH LISTER (1827-1912) CONOCÍA LOS ESTUDIOS DEL QUÍMICO FRANCÉS LOUIS PASTEUR (1822-1895) REALIZADOS A MEDIADOS DE LA DÉCADA DE 1860 SOBRE LA FERMENTACIÓN Y SOBRE SU DESCUBRIMIENTO DE QUE EL AIRE PUEDE TRANSPORTAR BACTERIAS QUE PRODUCEN INFECCIONES EN HERIDAS, PERO NO DISPONÍA AÚN DE LOS DEL MÉDICO ALEMÁN ROBERT KOCH (1843-1910) SOBRE EL PAPEL DE LAS BACTERIAS COMO FUENTE DE INFECCIÓN. SIN EMBARGO, LISTER ENCONTRÓ UN EFICAZ REMEDIO CONTRA LA GANGRENA, UNA INFECCIÓN QUE PRODUCE LA PÉRDIDA IRREVERSIBLE DE LOS TEJIDOS. EXPERIMENTÓ CON ÉXITO CON FENOL, ANTIGUAMENTE CONOCIDO COMO ÁCIDO FÉNICO: LO PULVERIZÓ EN LA SALA DE OPERACIONES Y APLICÓ UNA POMADA FÉNICA CON EL FIN DE DESTRUIR LOS MICROORGANISMOS QUE INFECTABAN EL CAMPO OPERATORIO. EL FENOL ES UN ALCOHOL DERIVADO DEL BENZENO, UN SÓLIDO A TEMPERATURA AMBIENTE, QUE TIENE UN OLOR MUY DULCE Y ALQUITRANADO. HASTA ESE MOMENTO, EL FENOL ERA USADO PARA COMBATIR EL MAL OLOR DE LAS ALCANTARRILLAS.

ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE HASTA ESE ENTONCES ENTRAR EN UN QUIRÓFANO ERA ALGO ASÍ COMO DESPEDIRSE DE LA VIDA, YA QUE LA MORTALIDAD A CAUSA DE LAS INFECCIONES ERA MUY ALTA, APROXIMADAMENTE DEL 50 POR CIENTO.

A PARTIR DEL USO DE FENOL COMO DESINFECTANTE, Y A PESAR DE SER ALGO IRRITANTE PARA LOS TEJIDOS, EL PORCENTAJE DE MORTALIDAD EN LAS CIRUGÍAS SE REDUJO EN UN 6%. DE ESTA MANERA, LISTER SE CONVIERTE EN EL CREADOR DE LA CIRUGÍA ANTISÉPTICA.

## Funciones orgánicas oxigenadas

Las bebidas alcohólicas contienen **alcohol etílico** o **etanol** y también otras sustancias orgánicas (figura 3-1). Por ejemplo, si un recipiente que contiene vino se deja abierto, el vino “se pica”, es decir que toma gusto ácido, como el vinagre, debido a que el etanol se oxidó a **ácido acético**.

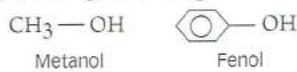
El alcohol, los ésteres y los ácidos –como también los éteres, los aldehídos y las cetonas– tienen en sus moléculas, además de átomos de hidrógeno y de carbono, átomos de oxígeno, y reciben el nombre genérico de funciones orgánicas oxigenadas.

Las funciones orgánicas oxigenadas son familias de sustancias con propiedades químicas semejantes que contienen estructuras hidrocarbonadas y algún grupo funcional con átomos de oxígeno. Se llama **grupo funcional** a un átomo o un conjunto de ellos que confieren a una molécula muchas de las propiedades químicas que las diferencian de otras.

Los alcoholes y los éteres contienen uniones C–O; los aldehídos y las cetonas, enlaces dobles C=O, y los ésteres y los ácidos carboxílicos contienen ambos tipos de enlace.

## Alcoholes y éteres

Al analizar las características y las propiedades de los **alcoholes**, se observa que su fórmula general es **R-OH**, en la cual R es un radical alquilo y -OH, el **grupo hidroxilo** que los caracteriza. En cambio, si R es un radical arilo (aromático), el compuesto que se origina es un **fenol**.



Según el número de hidroxilos, los alcoholes se clasifican en monoles, dioles, trioles y así sucesivamente (figura 3-2).

La polaridad del grupo hidroxilo confiere a los alcoholes propiedades tales como elevado punto de fusión y de ebullición respecto de los alkanos de masa molecular similar, porque se establecen uniones puente de hidrógeno entre las moléculas. La estructura electrónica de los alcoholes explica su comportamiento. Por ejemplo, en el etanol, los enlaces C–O y O–H están polarizados por el efecto inductivo (**► EL DETALLE**) del radical hidrocarbonado, que se suma a la electronegatividad del oxígeno; en consecuencia, el dipolo negativo se ubica en el oxígeno.

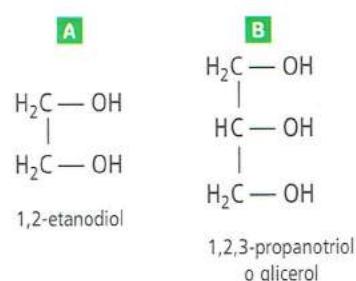
A medida que va aumentando la longitud de la cadena, la influencia del grupo polar  $-\text{OH}$  disminuye, y las propiedades están determinadas por el radical carbonado no polar. Por esta razón, los alcoholes de hasta cuatro átomos de carbono son muy solubles en agua.

En cuanto a los éteres, estos compuestos tienen fórmula general R-O-R, en la que R puede ser un radical arilo o alquilo (figura 3-3).

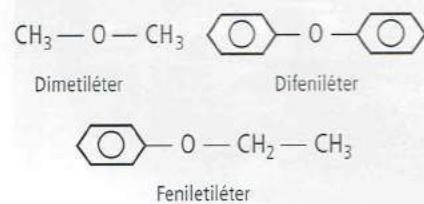
Cuando los dos radicales son iguales, se trata de **éteres simples**; y si los radicales son distintos, son **éteres compuestos**. Los éteres son líquidos, a excepción del dimetiléter, que es gaseoso. Son incoloros, de olor agradable y solubles en agua, ya que el oxígeno tiene pares electrónicos libres y establece uniones puente de hidrógeno con las moléculas de agua.



**Fig. 3-1.** El aroma de los vinos se debe a la presencia de ésteres característicos.



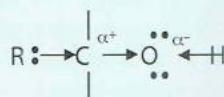
**Fig. 3-2.** Los dioles (**A**), los trioles (**B**) y otros alcoholes con más de un grupo hidroxilo se denominan genéricamente polialcoholes.



**Fig. 3-3.** Éteres simples y compuestos.

### *¿Qué es el efecto inductivo?*

*La polaridad de un enlace se transmite a lo largo de la molécula a través de los enlaces covalentes. Esta acción se llama efecto inductivo porque la transmisión de carga se realiza a través de una cadena de átomos en una molécula. El efecto inductivo actúa por desplazamiento electrónico sucesivo en los enlaces covalentes y se debilita al aumentar el número de enlaces.*



## Alcoholes y éteres: propiedades y obtención



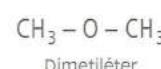
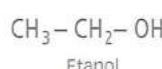
$$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}: \text{1-propanol}$$

$$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$$



$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ : 2-propanol  
 $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{CH}_3$

**Fig. 3-4.** Dos isómeros estructurales: el 1-propanol y el 2-propanol.



El etanol y el dimetiléter tienen la misma fórmula molecular ( $C_2H_6O$ ), pero difieren en su estructura, en las propiedades físicas y en algunas propiedades químicas. Por eso, como otros alcoholes y éteres, son **isómeros de función**.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ Etanol	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ Dimetiléter
---	---

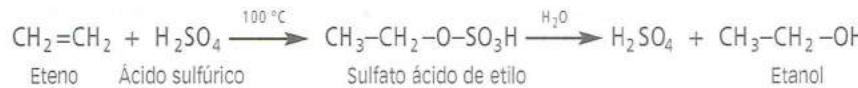
Pero ¿por qué las propiedades de ambos son diferentes? ¿Cómo pueden obtenerse?

Por otra parte, los alcoholes son más reactivos que los éteres; dicho de otra manera, estos últimos son más estables. La reactividad de los alcoholes depende de la ubicación del grupo hidroxilo en la cadena carbonada. Por ejemplo, el 1-propanol y el 2-propanol son isómeros estructurales de posición: tienen igual fórmula molecular y también igual grupo funcional, pero se ubican en distintas posiciones en la cadena carbonada (figura 3-4).

Los alcoholes se clasifican en primarios, secundarios y terciarios, según esté ubicado el grupo funcional en un carbono primario, secundario o terciario, respectivamente.

El efecto inductivo de los radicales aumenta de alcohol primario a terciario y provoca una mayor densidad electrónica en el oxígeno, lo que favorece la atracción del hidrógeno. En consecuencia, la ruptura del enlace carbono-hidrógeno es más fácil de provocar en el alcohol primario, luego en el secundario y por último en el terciario. En conclusión, la reactividad disminuye de los alcoholes primarios al terciario.

Uno de los alcoholes más importantes es el **etanol**, que puede obtenerse por destilación seca de la madera o por fermentación de los glúcidos, como sucede en el caso de las bebidas alcohólicas (figura 3-5) o, a nivel industrial, en el del tratamiento del eteno con ácido sulfúrico concentrado.



Respecto de los fenoles, el más sencillo e importante es el fenol, que tiene gran aplicación en la industria química.

Los éteres simples pueden obtenerse por medio de la deshidratación de dos moles de alcohol, calentándolos a 140 °C con ácido sulfúrico. Por ejemplo, la obtención de dimetiléter (usado hace treinta años como gas anestésico) se realiza de la siguiente manera:



## ACTIVIDADES

5. ¿Cuál es el grupo funcional que caracteriza a los alcoholes?

6. Indicá cual de estas fórmulas generales corresponde a un alcohol (A) y cuál a un éter (E).

a) R-O-R

b) R-OH

7. ¿Qué tipo de isomería presentan los alcoholes?

## Aldehídos y cetonas

La acetona (nombre comercial) es utilizada por muchas mujeres para remover el esmalte de las uñas. Sin embargo, debido a que resulta un excelente solvente para las grasas, las resinas, el celuloide y otros materiales orgánicos, se emplea en numerosos procesos industriales: para fabricar barnices y plásticos, para pegar películas fotográficas, etc. Desde el punto de vista químico, la acetona o propanona es una cetona. Pero ¿cuáles son las características de esta familia de compuestos?, ¿y de los aldehídos? (figura 3-6).

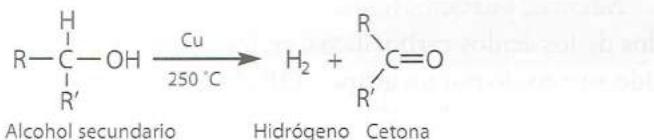
Los **aldehídos** y las **cetonas** son compuestos que contienen en su molécula el **grupo carbonilo** C=O. Si el grupo carbonilo está unido a dos radicales alquilo o arilo, el compuesto es una cetona; en cambio, si está unido a un átomo de hidrógeno y a un radical, el compuesto es un aldehído. Por ejemplo:



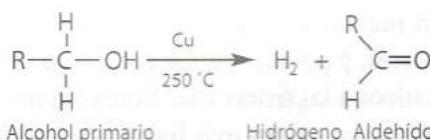
Los aldehídos y las cetonas son **isómeros de función**, comparten la misma fórmula molecular, pero tienen diferente grupo funcional.

La polaridad del enlace C=O explica gran parte de las propiedades físicas de estos compuestos; por ejemplo, los aldehídos y las cetonas más sencillos son solubles en agua; además, sus puntos de ebullición son superiores a los de los hidrocarburos de masa molecular semejante e inferiores a los de los alcoholes. Esta polaridad de la molécula permite también que el carbono sea atacado por reactivos nucleofílicos, dada su densidad de carga positiva, mientras que el oxígeno acepta la parte positiva del reactivo (figura 3-7).

Los cetonas se obtienen por oxidación de los alcoholes secundarios en presencia de cobre.



Los aldehídos también se sintetizan por oxidación, pero en condiciones controladas y a partir de alcoholes primarios.



Las cetonas aromáticas, como la acetofenona, se obtienen mediante la llamada reacción de Friedel y Crafts, según la siguiente ecuación:

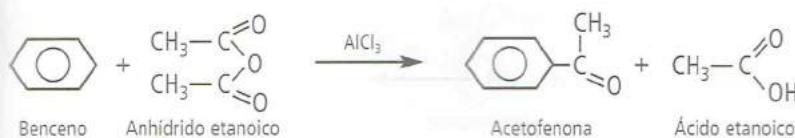


Fig. 3-6. Los aldehídos y las cetonas están presentes en una gran variedad de productos cosméticos.

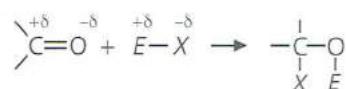
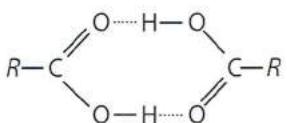


Fig. 3-7. Los reactivos nucleofílicos son aniones o moléculas que tienen pares de electrones no compartidos.

### ACTIVIDADES

8. Entre los aldehídos de igual número de carbonos, ¿existen isómeros de posición? ¿Y entre las cetonas? Conversalo con tus compañeros.



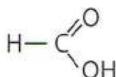
**Fig. 3-8.** Puentes de hidrógeno (señalados con líneas de puntos) entre dos moléculas de ácido.



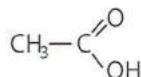
**Fig. 3-9.** En las frutas, el etanoato de pentilo da el olor a la banana; el butanoato de metilo, a la manzana, y el etanoato de octilo, a la naranja.

## Ácidos carboxílicos y ésteres

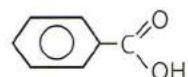
**Los ácidos carboxílicos** son compuestos orgánicos que tienen el grupo carboxilo ( $-COOH$ ) unido a un radical alifático o aromático; se llaman así porque presentan un grado de acidez apreciable.



#### Ácido metanoico o fórmico



### Ácido etanoico o acético

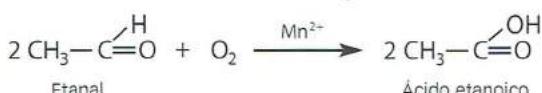


### Ácido benzoico

Los ácidos de cadena corta se encuentran formando dímeros, ya que entre dos moléculas se forman uniones puente de hidrógeno por la presencia simultánea de los grupos polares C=O y O-H (figura 3-8).

Como consecuencia de ello, los puntos de fusión y de ebullición son más altos que los de los compuestos orgánicos de similar masa molecular. Además, la existencia de uniones puente de hidrógeno explica la solubilidad en agua de los ácidos de cadena corta. Esta solubilidad disminuye al aumentar la longitud de la cadena carbonada, ya que predomina la influencia de la parte no polar de la molécula.

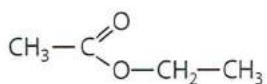
Los ácidos carboxílicos se pueden obtener por **oxidación** de los aldehídos en presencia de un catalizador, el manganeso.



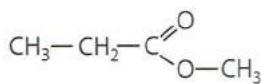
Se comportan como ácidos débiles y pueden reaccionar con bases para dar sales. Por ejemplo:



Además, pueden originar ésteres. Los **ésteres** son compuestos derivados de los ácidos carboxílicos, en los cuales el grupo hidroxilo ( $-OH$ ) ha sido sustituido por un grupo  $-OR$ . El grupo funcional de los ésteres se denomina **alcoxícarbonil**.



### Etanoato de etilo



### Propanoato de metilo

Los ésteres son menos solubles en agua que los ácidos, pero mucho más volátiles que estos, y poseen olores agradables que confieren sabores y aromas característicos a las frutas y las flores (figura 3-9). Los puntos de ebullición de los ésteres resultan más bajos que los de los ácidos de igual masa molecular, porque como no poseen grupo hidroxilo no se establecen uniones puente de hidrógeno entre sus moléculas.

Los ésteres se pueden obtener por deshidratación de un ácido carboxílico y de un alcohol.



# Nomenclatura de funciones oxigenadas

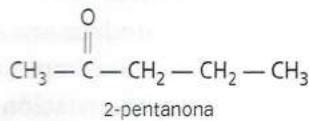
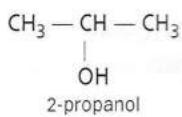
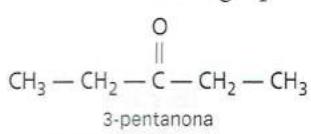
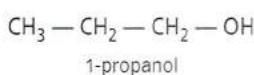
Ya viste cómo son los compuestos oxigenados: sus grupos funcionales, sus métodos de obtención y sus propiedades físicas y químicas. También leiste muchos de sus nombres, pero... ¿y si vos tuvieras que nombrarlos? ¿Cómo lo harías? Veamos...

Los compuestos con un grupo funcional se nombran mediante una regla similar a la de los hidrocarburos. Los pasos a seguir son:

- Se elige la cadena principal que contenga el grupo funcional.
  - Se enumera la cadena principal, considerando carbono número uno al carbono más próximo al grupo funcional.
  - Se agrega al nombre de la cadena principal un sufijo característico del grupo funcional.
  - Si existe más de un tipo de grupo funcional, se coloca un prefijo que indica su número, por ejemplo di- (dos); tri- (tres); tetra- (cuatro), etcétera.
- En el siguiente cuadro aparecen los grupos funcionales y su nomenclatura.

Compuestos	Grupo funcional	Sufijo
Alcoholes	R-OH	-ol
Éteres	R-O-R'	-éter
Aldehídos	$\begin{array}{c} R \\   \\ H-C=O \end{array}$	-al
Cetonas	$\begin{array}{c} R \\   \\ R'-C=O \end{array}$	-ona
Ácidos	$\begin{array}{c} R-C(=O) \\    \\ O-H \end{array}$	-oico
Ésteres	$\begin{array}{c} R-C(=O) \\    \\ O-R' \end{array}$	-oato de R
Sales	$\begin{array}{c} R-C(=O) \\    \\ O-M \end{array}$	-oato de (nombre del metal)

Es importante tener en cuenta que en el caso de los alcoholes y las cetonas se debe colocar un número que indique la ubicación del grupo funcional en la cadena principal, por ejemplo:



Por otra parte, existen muchos otros compuestos aromáticos con nombres comunes que son aceptados por la IUPAC (figura 3-10). Algunos de ellos son:

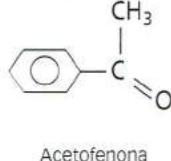
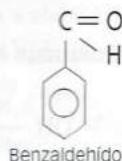
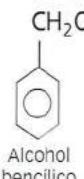
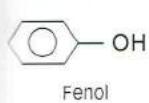


Fig. 3-10. La acetofenona es una de las cetonas aromáticas empleadas en la industria del caucho y como materia prima para elaborar plásticos.

R'      R'

## ACTIVIDADES

12. Escribí en tu carpeta las fórmulas de los siguientes compuestos oxigenados.

- 1-butanol.
- Butanona.
- Pentanal.
- Etanoato de metilo.
- Ácido propanoico.

13. Nombrá los siguientes compuestos.

- $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{OH}$
- $\text{HCOOH}$
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{--OH}$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$



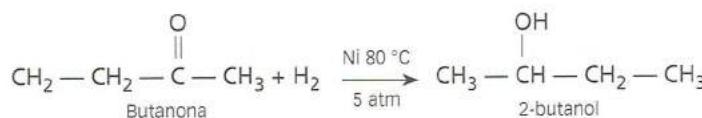
Fig. 3-11. La industria química se ocupa del procesamiento de las materias primas, tanto naturales como sintéticas, y de su transformación en otras sustancias.

## Reactividad de funciones oxigenadas

La síntesis artificial de compuestos orgánicos es cada vez más eficiente. Por ejemplo, las reacciones más comunes de los compuestos oxigenados pueden ser de adición, de eliminación, de esterificación, de hidrólisis y de oxido-reducción. Algunas se emplean en la síntesis de laboratorio y otras, a nivel industrial (figura 3-11).

### Reacciones de adición y eliminación

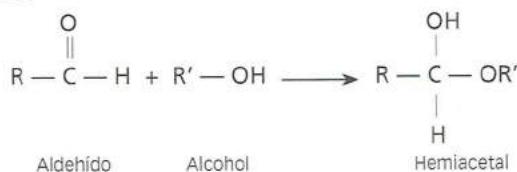
El enlace C=O del grupo carbonilo de los aldehídos y de las cetonas experimenta **reacciones de adición**. Por ejemplo, para formar alcoholes se adiciona hidrógeno en presencia de catalizadores y de elevadas presiones o temperaturas:



El grupo carbonilo también puede adicionar reactivos polares. Un ejemplo es la adición de cianuro de hidrógeno al grupo carbonilo del etanal para dar 2-hidroxipropanonitrilo:

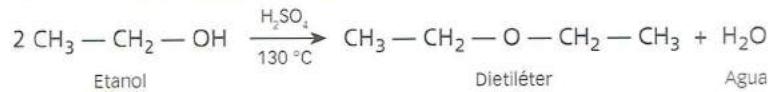


Los alcoholes también se adicionan a aldehídos y cetonas para originar los hemiacetales:

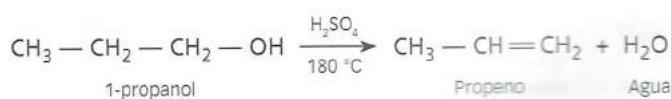


En condiciones específicas, los alcoholes experimentan **reacciones de eliminación**. La reacción de un alcohol con ácido sulfúrico a elevadas temperaturas produce la eliminación de agua y la formación de un éter o de un alqueno, según las condiciones de reacción.

Si el alcohol se trata con ácido sulfúrico a temperaturas moderadamente altas ( $130^\circ\text{C}$ ), se produce una eliminación intermolecular de agua y la formación de éteres. Por ejemplo, el dietiléter se prepara de manera industrial por medio de la deshidratación del etanol:



Sin embargo, a temperatura más elevada ( $180^\circ\text{C}$ ) se forma un alqueno.

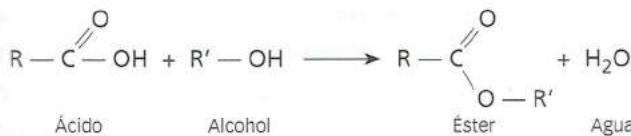


### ACTIVIDADES

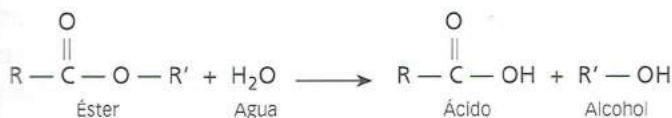
- 14.** Completá en la carpeta las fórmulas de las siguientes ecuaciones.
- 2 Moles de propanol  $\rightarrow$  Dipropiléter + Agua
  - Propanona + Hidrógeno  $\rightarrow$  2-propanol
  - 1-butanol  $\rightarrow$  Buteno + Agua

## Reacciones de esterificación, hidrólisis y saponificación

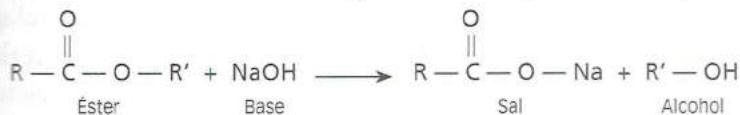
Recordá que en las **reacciones de esterificación**, un ácido carboxílico reacciona con un alcohol para formar ésteres (figura 3-12).



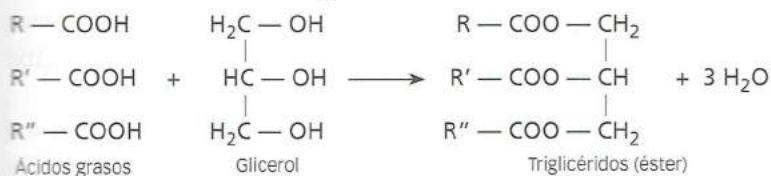
De manera experimental se comprueba que en estas reacciones el grupo hidroxilo del ácido es el que interviene en la formación de una molécula de agua. La reacción inversa a la esterificación es la **reacción de hidrólisis**.



Cuando la hidrólisis de un éster se lleva a cabo en presencia de una base fuerte, como el hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) o el hidróxido de potasio ( $\text{KOH}$ ), la reacción se denomina **saponificación** (► **EL DETALLE**).

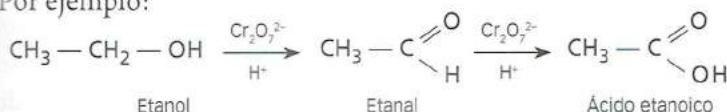


Las grasas y los aceites son ésteres formados a partir de ácidos carboxílicos de larga cadena, llamados ácidos grasos, con glicerol. Estos tipos de ésteres son conocidos como **triglicéridos**.

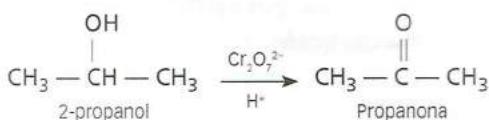


## Reacciones de óxido-reducción

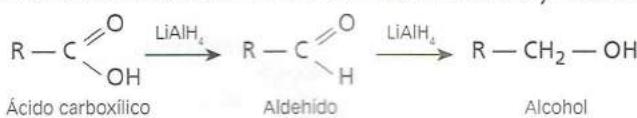
Los compuestos oxigenados dan reacciones de **óxido-reducción**. Los alcoholes primarios pueden oxidarse a aldehídos, y estos, a ácidos carboxílicos. Por ejemplo:



Los alcoholes secundarios se oxidan a cetonas, pero la reacción es más lenta. Por ejemplo:



La reducción de ácidos carboxílicos a aldehídos y luego a alcoholes ocurre en presencia de reductores como el hidruro de litio y el aluminio.



### El detalle

#### ¿Qué significa saponificación?

El término "saponificación" deriva del latín *saponis*, que significa "jabón". La sal de sodio o de potasio obtenida en la reacción de saponificación es un jabón.



Fig. 3-12. Las ceras son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, saturados e insaturados con alcoholes de diecisés a treinta átomos de carbono, como la lanolina presente en la lana de las ovejas.

## ¿Dónde se encuentran las aminas?

Además, diversos medicamentos, en especial los antibióticos, como las penicilinas, tienen la función amina. Las penicilinas son antibióticos empleados en el tratamiento de infecciones provocadas por bacterias. La mayoría de las penicilinas son derivados del ácido 6-aminopenicilánico. La función amina es la que determina su utilidad como fármaco.



Fig. 3-13. La anilina también es una amina de gran importancia en la industria textil, dado que se utiliza como colorante.

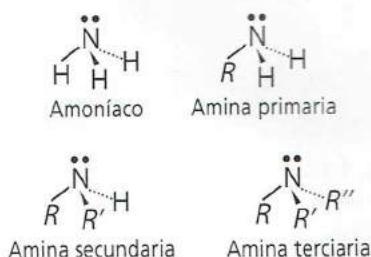


Fig. 3-14. Tipos de amina.

## Funciones nitrogenadas: aminas y amidas

Las hojas de té y los granos de café contienen cafeína; las hojas de tabaco contienen nicotina, y el opio, morfina y codeína. ¿Tienen algo en común estas sustancias de origen vegetal? ¿Cuáles son sus principales características?

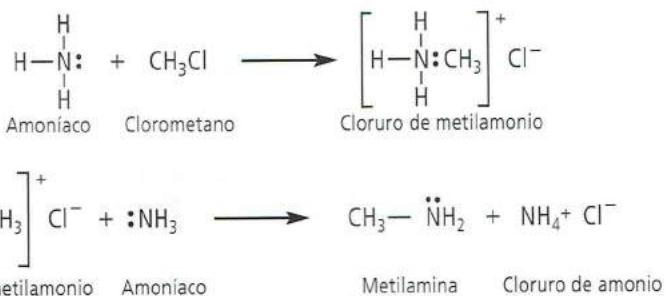
Todas estas sustancias tienen en sus moléculas por lo menos un **grupo funcional amino**, cuya característica es poseer un átomo de nitrógeno.

En estas páginas estudiarás las **funciones nitrogenadas**, es decir, las que tienen nitrógeno en su estructura: las aminas, las amidas, los nitrocompuestos y los nitrilos (**► EL DETALLE**).

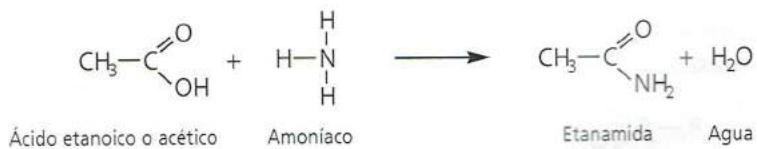
La estructura de las **aminas** (figura 3-13) es similar a la del amoníaco, en el cual uno, dos o tres átomos de hidrógeno se reemplazan por radicales alifáticos o aromáticos, y originan aminas primarias, secundarias y terciarias, respectivamente (figura 3-14).

Las aminas primarias y las secundarias tienen puntos de fusión y ebullición más altos que las aminas terciarias, debido a que pueden establecer uniones puente de hidrógeno.

Las aminas pueden obtenerse por el **método de Hofmann**, en el que un halogenuro de alquilo reacciona con amoníaco. Esta reacción se realiza en dos etapas: durante la primera, el amoníaco reacciona con el halogenuro de alquilo para dar una mezcla de amoníaco y sal de amonio; durante la segunda etapa, la sal de amonio reacciona con más amoníaco y forma la amina primaria. Este mecanismo de reacción continúa originando aminas secundarias, terciarias, cuaternarias y, por último, una sal de amonio cuaternaria. La obtención de solo una amina primaria puede controlarse si la reacción se realiza con exceso de amoníaco. Para obtener una amina aromática, se utiliza la misma reacción partiendo del halogenuro de arilo:



Las **amidas** son compuestos mucho menos reactivos que los ácidos carboxílicos. Se las puede obtener por deshidratación de un ácido carboxílico con amoníaco, como sucede, por ejemplo, en la obtención de etanamida, que se efectúa a partir del ácido etanoico o acético y del amoníaco:



## Nitrocompuestos y nitrilos

El trotol o trinitrotolueno (TNT) (figura 3-15) es un compuesto inestable y por este motivo se utiliza como explosivo. Desde el punto de vista químico, resulta un nitrocompuesto aromático. Pero ¿qué es un nitrocompuesto?

Los **nitrocompuestos** son derivados que poseen el **grupo funcional nítrito** ( $-NO_2$ ), unido a un radical alquilo o arilo. Su fórmula general es:



En cambio, los **nitrilos** se caracterizan por tener el **grupo funcional ciano** ( $-C \equiv N$ ). En general, son líquidos a temperatura ambiente, poco solubles en agua y de olor agradable. Su fórmula general es:



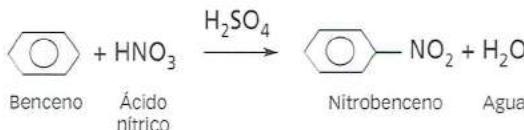
Los **nitrocompuestos alifáticos** o **nitroalcanos** se obtienen por reacción del hidrocarburo correspondiente con ácido nítrico a elevadas temperaturas. Por ejemplo, para el nitroetano:



También pueden obtenerse por reacciones de sustitución de halogenuros de alquilo con nitrato de plata:

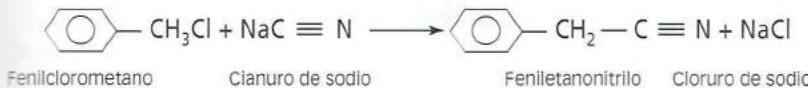


Por otra parte, los **nitrocompuestos aromáticos** se obtienen por reacción de benceno con ácido nítrico y ácido sulfúrico concentrado a  $60^\circ\text{C}$ . Por ejemplo:

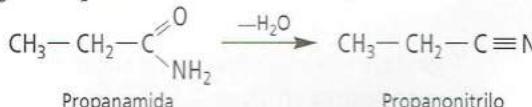


Los **nitrilos** tienen carácter polar debido al enlace  $-C \equiv N$ ; por este motivo, son líquidos que presentan elevados puntos de ebullición.

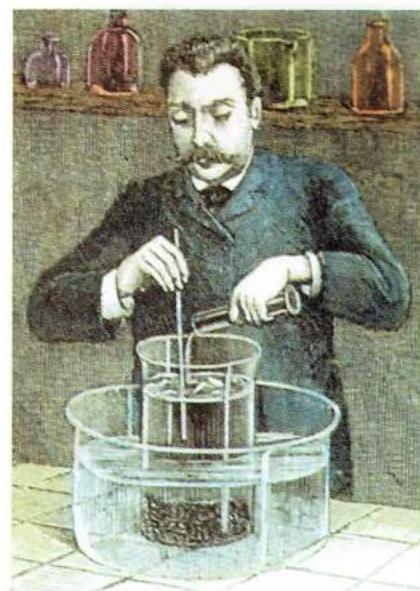
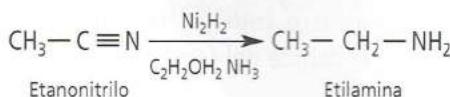
Se pueden preparar a partir de la reacción de un derivado halogenado con cianuro de sodio. Por ejemplo, para el cloroetano:



Otro procedimiento para obtener nitrilos es la deshidratación de amidas en presencia de agentes químicos deshidratantes, como el óxido fosfórico,  $P_2O_5$ .



Los nitrilos son moléculas reactivas de amplia aplicación en la síntesis orgánica. Por ejemplo, la hidrólisis de nitrilos en presencia de un ácido fuerte o de una base fuerte origina ácidos carboxílicos. Por otra parte, mediante la **hidrogenación catalítica** de nitrilo se obtienen aminas primarias, como sucede en la siguiente reacción:



**Fig. 3-15.** El trotol se preparaba a principios de siglo a partir de alquitrán de hulla y una mezcla concentrada de ácidos sulfúrico y nítrico.

### ACTIVIDADES

15. Indicá un método de obtención de aminas y uno de amidas.
16. Completá con las fórmulas las siguientes ecuaciones.
  - a) Butano + Ácido nítrico  $\rightarrow$  Nitrobutano + Agua
  - b) Cloretano + Nitrato de plata  $\rightarrow$  Nitroetano + Cloruro de plata
  - c) Etanamida  $\rightarrow$  Etanonitrilo

# Ciencia en tus manos

## El diseño experimental

Un **diseño experimental** es una estrategia para recolectar datos, una estructura para poner a prueba una o varias hipótesis, es decir, una secuencia de pasos de análisis.

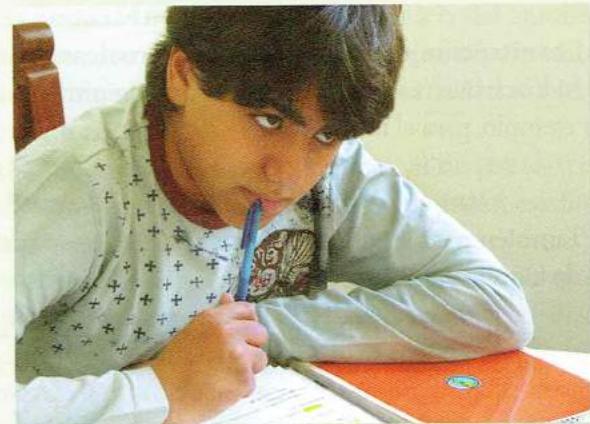
Se requiere información, que servirá para ordenar y clarificar las ideas de quien lleva a cabo el ensayo. Además, debe permitir que cualquier persona capacitada que lo lea sepa con exactitud en qué condiciones se realizó la experiencia.

El planteo de las hipótesis supone considerar las variables de control, el lugar y las condiciones de trabajo, el material de laboratorio necesario así como los objetivos del experimento.

Para ello se realiza un planteo o elaboración de la tarea experimental, se analiza dicha tarea y su viabilidad, se proponen vías de solución, se ejecuta el experimento propiamente dicho y se analizan los resultados y el proceso. La recopilación de otros experimentadores forma parte de la búsqueda bibliográfica que hay que hacer previamente, y muchas veces facilita el camino para desarrollar otras labores científicas.

Un diseño experimental debe tener los siguientes ítems:

- **Título.** Debe constar el tema que trata la experiencia.
- **Objetivo.** Se trata de aquello que el investigador quiere comprobar o supone que va a ocurrir, es decir, la hipótesis sobre la cual se quiere trabajar para llegar a algún tipo de conclusión (a veces, la conclusión puede ser que no se comprueba la hipótesis).
- **Materiales.** Se confecciona un listado de los distintos materiales que se van a usar y se indican las cantidades de cada uno. Esto incluye: aparatos, material de vidrio, reactivos, elementos adicionales, instalaciones, etc. En el caso de los reactivos, es conveniente aclarar de qué sustancia se trata, en qué concentración se prepara (si está en solución) o qué masa o volumen tiene (si es un sólido o un líquido). En caso de ser tóxica, resulta necesario aclarar las medidas de seguridad para poder manipularla.



• **Procedimiento.** Se enumeran los pasos para realizar la experiencia. Si es necesario, puede indicarse con esquemas la construcción de diferentes dispositivos.

• **Registro de resultados.** En las experiencias en las que se registran fenómenos cualitativos es importante señalarlos por escrito, por ejemplo, si se produce algún precipitado, la formación de un color, el desprendimiento de un gas, la evaporación o la fusión de alguna sustancia.

Cuando se trata de un informe cuantitativo, hay que registrar los datos obtenidos durante la experiencia volcándolos en forma organizada en tablas, gráficos o esquemas. De esta manera, los datos podrán ser fácilmente analizados con posterioridad y se podrán sacar las conclusiones correspondientes.

• **Conclusiones.** Son un conjunto de preguntas y respuestas que surgen luego del análisis de los datos, y que permitirán corroborar o rechazar la hipótesis planteada en el objetivo de la experiencia.

• **Referencias bibliográficas.** Son aquellos libros, revistas o trabajos previos que tienen información acerca del tema a investigar.

## ACTIVIDADES

**17.** En esta actividad te mostramos un ejemplo de diseño experimental. Como ya leiste en este capítulo, es posible obtener un aldehido por oxidación de un alcohol primario. Esta reacción, que realizarán en grupos, se lleva acabo en presencia de un catalizador (cobre) y calor. Cuando se quiere identificar el grupo aldehído, se recurre a la capacidad reductora del primero; cuando el grupo aldehído se enfrenta con el reactivo de Fehling, se produce la reducción de estas sustancias y la oxidación del aldehído a ácido. En el caso del reactivo de Fehling –se trata de una solución alcalina de ion cúprico complejado con el ion tartrato– desaparece el color azul intenso de la solución y precipita óxido cuproso naranja.

### Objetivos

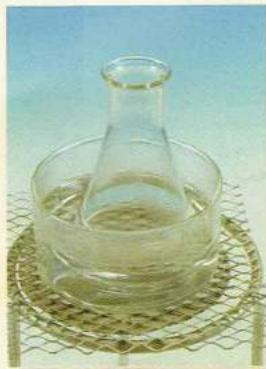
Obtener etanal por oxidación de etanol y reconocer la función aldehído con reactivo de Fehling.

### Materiales

Un erlenmeyer, un cristalizador, un tapón para erlenmeyer con dos perforaciones, una pipeta, un mechero, un vaso de precipitado, una tela metálica, una gradilla, tres tubos de ensayo, un trípode, una pinza de madera, un alambre de cobre, etanol, reactivo de Fehling A (solución de sulfato de cobre), reactivo de Fehling B (solución de hidróxido de sodio y tartrato de sodio y potasio).

### Procedimiento

- 1.** Coloquen 3 ml de etanol en un tubo de ensayo, rotúlenlo y guárdenlo como testigo.
- 2.** Calienten, en un vaso de precipitado, agua hasta punto de ebullición y viértanla en el cristalizador.
- 3.** Midan 20 ml de etanol y colóquenlos en el erlenmeyer y luego pongan el erlenmeyer en el cristalizador.
- 4.** Fabriquen un resorte con el alambre de cobre y clávenlo en el tapón de goma.
- 5.** Calienten el alambre hasta que esté al rojo y tapen el erlenmeyer.



Paso 3



Paso 5



- 6.** Repitan esta operación cada minuto, cinco o seis veces.
- 7.** Retiren 3 ml del contenido del erlenmeyer y colóquenlo en un tubo de ensayo.
- 8.** Comparen el olor del etanol con el del producto obtenido en el erlenmeyer.
- 9.** Calienten nuevamente agua en el vaso de precipitado.
- 10.** Preparen 2 ml de Fehling A y 2 ml de Fehling B en un tubo de ensayo y observen el color.
- 11.** Distribuyan el reactivo en los tubos que contienen etanol y el producto obtenido en el erlenmeyer.
- 12.** Ubiquen ambos tubos en el vaso de precipitado con agua en ebullición, esperen un minuto y observen si hay cambios.

### Conclusiones

- a)** ¿Por qué se necesita calentar el etanol en baño de agua?
- b)** En el paso 8 percibieron el olor del etanol y el del producto obtenido en el erlenmeyer. ¿Son diferentes? ¿Se produjo algún cambio?
- c)** ¿Cómo interpretan los resultados obtenidos al agregar el reactivo de Fehling? ¿Son diferentes las sustancias contenidas en los tubos de ensayo?

# El valioso olor de un perfume

En 1905, cuenta la leyenda que François Coty catapultó su incipiente negocio de perfumería al mundo cuando dejó caer al suelo una botella de su perfume en uno de los grandes almacenes de lujo cuya venta acababa de rechazar. Los clientes, fascinados por la conmoción y el aroma que había emanado, se apresuraron a comprarle todas las existencias. Leyenda o no, fue Coty quien tuvo la brillante idea de envasar perfumes en frascos. Pero lo más destacado es que este perfumero utilizó por primera vez productos sintéticos mezclados con esencias naturales, factor decisivo para que pasara a ser un producto asequible a las masas.

Oler un aroma puede evocar imágenes, situaciones y estados de ánimo de una antigua experiencia de forma tan vívida como si el tiempo no hubiera pasado. El perfume ha inspirado a poetas, escritores y cineastas.

Por ejemplo, al pasar por una florería o al hacer compras en la frutería, el sentido del olfato se inunda de embriagantes aromas a rosas y violetas o del exquisito olor a bananas, manzanas y naranjas, y probablemente dan alguna experiencia asociada.

Por otra parte, al pelar una naranja, las manos quedan mojadas con una sustancia oleosa y muy aromática, ya que estamos en presencia de aceites esenciales, una de las materias primas de todo perfume. Sin embargo, muchas esencias utilizadas en perfumería no provienen de las plantas, sino de secreciones glandulares de animales como el ciervo almizclero.

Los aceites esenciales son una mezcla de sustancias en las que están presente ésteres y derivados del benceno. Forman la gama más abundante de materia prima en la fabricación de perfumes. Muchos de ellos se obtienen por simple compresión de hojas, frutos o raíces, pero la mayoría se destila mediante vapor. Lo que hace especial a estas sustancias es que se evaporan con rapidez y se difunden en el aire, por este motivo son tan apreciados en perfumería.

Estas esencias se dañan fácilmente ante cambios de temperatura o por acción de la luz solar, por lo que deben ser guardadas en recipientes de vidrio oscuro. Por otra parte, son fácilmente oxidables y es conveniente que se los almacene en frascos bien herméticos.

Se sabe que los perfumes están directamente relacionados con los alquimistas, que fueron los primeros en descubrir los poderes de la mezcla de esencias. Los alquimistas practicaron el arte de la destilación y lo desarrollaron a un



Perfume en atomizador.

nivel bastante sofisticado [...]. La destilación hizo posibles dos innovaciones principales en la perfumería. En primer lugar, permitió la extracción de aceites esenciales de alta calidad de una variedad mucho más amplia de plantas [...]. La destilación también permitió la fabricación de alcohol de una concentración más alta que la que se podía obtener mediante la fermentación. Este alcohol altamente concentrado sigue siendo para el perfumero el disolvente que sirve para todo y el portador de la fragancia".

Uno de los retos que enfrenta todo perfumista consiste en lograr que el producto dure en la piel, ya que nadie quiere uno que se pierda rápidamente. Para ello, se emplean fijadores, como la benzoína o resinas que elevan el punto de ebullición de las esencias, lo que retarda su evaporación.

En definitiva, "eterno y universal, el aroma ha sido una poderosa fuerza en los rituales, la medicina, el mito y la conquista. El perfume ha ayudado a las personas a orar, a curarse, a hacer el amor y la guerra, a prepararse para la muerte, a crear. Inspirar, a fin de cuentas, significa literalmente 'hacer que el aire entre'".

**Fuente:** Aftel, Mandy. *Pequeña historia del perfume*. Barcelona, Paidós, 2002.

## ACTIVIDADES

- 18.** ¿Qué función cumplen la luz solar y el cambio de temperatura en la descomposición de los componentes de los aceites esenciales?
- 19.** ¿Cómo deben conservarse los aceites esenciales para que no se oxiden?
- 20.** Investigá que es la benzoína.
- 21.** ¿Qué innovaciones produjo el dominio de la técnica de destilación?

# De Pedro el Grande y Dmitri Mendeleiev

Dicir cuándo fue producida la primera bebida alcohólica resulta difícil. Lo cierto es que podemos afirmar que el ser humano bebe alcohol desde hace mucho tiempo o que su data de hace aproximadamente 10.000 años, época del primer registro escrito en las tablas de arcilla sumerias.

Las fuentes difieren en cuanto al lugar donde apareció la primera bebida alcohólica, pero todas coinciden en que la primera fue el hidromiel.

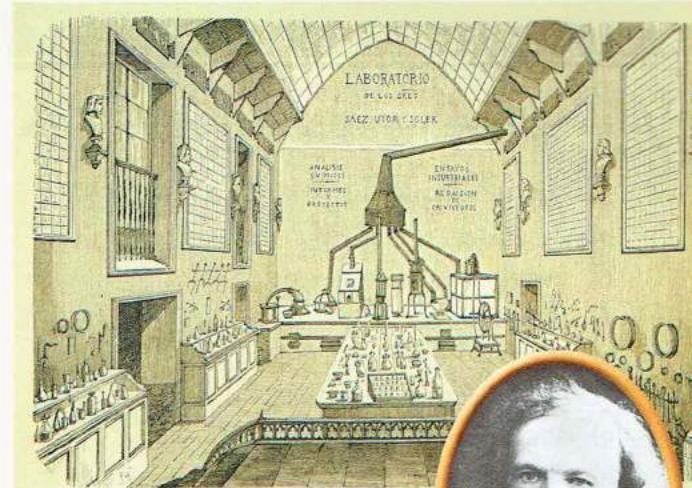
También conocida como aguamiel, esta bebida no es otra cosa que miel de abejas y agua reposadas por al menos una semana, tiempo durante el cual se produce la fermentación alcohólica. Con medio kilogramo de miel es posible obtener una bebida de 12,5% de etanol, un valor similar al vino de uvas. La fermentación es el proceso mediante el cual ciertos microorganismos transforman los glucidos de frutas, semillas y raíces en etanol.

Muchas y variadas son las bebidas alcohólicas, pero todo el etanol que contienen proviene de la fermentación, aquellas cuya graduación de etanol es relativamente alta, entre 30% y 40% de alcohol, aunque pueden superar el 70%, provienen generalmente de la destilación de alguna bebida fermentada. Es el caso del aguardiente, como el whisky, el ron, el tequila, la ginebra y el vodka, entre otras tantas.

Una historia particular se refiere a los zares rusos y el vodka. Se cuenta que a Pedro I, más conocido como Pedro el Grande, un zar que reinó entre 1682 y 1725, le gustaba dar de beber vodka a sus invitados. Sin embargo, el vodka le servía también como instrumento de castigo. Pedro era muy punzante y le molestaba que sus invitados llegaran tarde a una cena, por los que los castigaba obligándolos a beber diez litros de vodka sin diluir. Casi una pena de muerte por intoxicación con etanol.

El alcohol es una sustancia que actúa como depresora del sistema nervioso central y produce, además, hipoglucemias, hepatitis aguda, trastornos cardíacos, etcétera.

Las manifestaciones más importantes de la intoxicación aguda son los cambios de conducta como la desinhibición, la agresividad, el deterioro de la capacidad de juicio, lenguaje confuso y disminución de la capacidad de atención. A veces se asocia una amnesia de los acontecimientos durante la intoxicación. Los casos más graves de intoxicación determinan pérdida de conciencia, coma e incluso, muerte por depresión cardiorrespiratoria.



Grabado de un laboratorio en el que se puede observar un alambique de destilación.

Siguiendo con el vodka, esta bebida no es más que una mezcla de agua y etanol. Inicialmente y antes de ser diluida, la bebida contiene 96% de alcohol y carece por completo de sabor. La calidad de agua con que se la diluye es fundamental para el resultado final, suele utilizarse agua proveniente de glaciares, manantiales y lagos.

Otra dato curioso es que la fórmula de dilución actual del vodka fue creada en 1894 por el célebre científico ruso Dmitri Ivanovich Mendeleiev (Tobolsk, actual Rusia, 1834-San Petersburgo, 1907) para los zares de Rusia. Mendeleiev fue profesor de química en la Universidad de San Petersburgo y fue el creador de la tabla periódica de elementos. Precisamente el descubrió que la proporción ideal de etanol para el vodka era de 40 por ciento. En 1894, el gobierno de Rusia certificó el vodka 'mendeleyevskaya', que recibió el nombre de 'Moskovskaya Especial'.

**Fuente:** Di Genova, Facundo. *El barman científico*. Buenos Aires. Siglo XXI Editores, 2008.

## ACTIVIDADES

22. El etanol de las bebidas alcohólicas se obtiene por fermentación. ¿Qué otro método de obtención de etanol conocés?
23. ¿Por qué se afirma que Pedro el Grande utilizaba el vodka como instrumento de castigo?
24. ¿Qué aporte realizó Mendeleiev a la elaboración de vodka?
25. Realizá una lista de los efectos que produce el consumo de etanol.

# Actividades finales

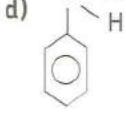
- 26.** Escribí las fórmulas y completá las siguientes ecuaciones:

  - Metanol → Metanal
  - 2-butanol → Butanona
  - Etanal → Ácido etanoico
  - Buteno → 2-butanol
  - Metanol → Metiletiléter
  - Ácido butanoico → Butanoato de metilo
  - Amoníaco → Dimetilamina
  - Ácido etanoico → Etanamida
  - Benceno → Fenol

**27.** Indicá cuáles de los siguientes compuestos: 1-hexeno, etanol, 2-propanol, propanona y etanal:

  - son solubles en agua;
  - se oxidan para dar una cetona;
  - se oxidan para dar ácido etanoico;
  - se reducen para dar un alcohol secundario;
  - reaccionan con amoníaco.

**28.** Nombrá los siguientes compuestos oxigenados:

  - $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---OH}$
  - $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---O---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{---}\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}\text{---CH}_3$
  - 

**29.** Escribí las reacciones químicas que conducen a la obtención de:

  - ácido etanoico a partir de eteno;
  - ácido propanoico a partir de 1-propanol;
  - butanona a partir de 2-buteno.

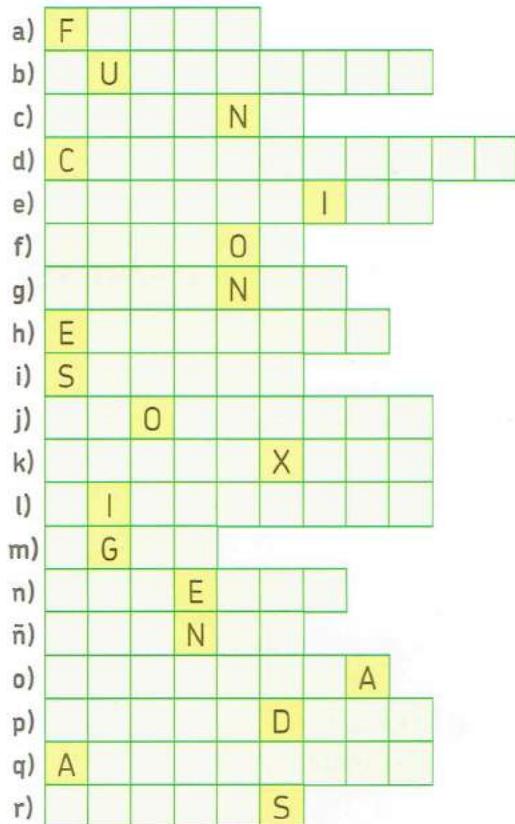
**30.** Leé las definiciones y resolvé la siguiente grilla:

  - Compuesto aromático con grupo funcional hidroxilo.
  - Ácido que cataliza la reacción de obtención de éteres.
  - Compuesto que resulta de la oxidación de un alcohol secundario.
  - Sustancia que acelera la velocidad de una reacción.
  - Grupo funcional de los aldehídos y las cetonas.
  - Componente de las bebidas alcohólicas.
  - Alcohol de un solo átomo de carbono.
  - Ácido de dos átomos de carbono.

**31.** Proponé un método de síntesis de la acetofenona a partir del anhídrido ácido etanoico y del benceno como únicos reactivos orgánicos.

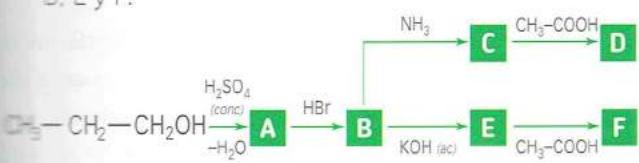
**32.** Escribí la secuencia de reacciones que conducen a la obtención de etanonitrilo a partir del etanol.

a)	F								
b)		U							
c)				N					
d)	C								
e)					I				
f)			O						
g)				N					
h)	E								
i)	S								
j)		O							
k)					X				
l)	I								
m)	G								
n)			E						
ñ)			N						
o)						A			
p)				D					
q)	A								
r)			S						



33. Se calienta 3-metil-3-hexanol en presencia de ácido sulfúrico. Identifícalo y nombrá todos los productos que, en teoría, pueden obtenerse. ¿Qué papel cumple el ácido sulfúrico?

34. Copiá en tu carpeta y completá el diagrama identificando los compuestos indicados con las letras A, B, C, D, E y F.



35. Escribí la ecuación de hidrólisis del etanoato de etilo.

36. La irritación que producen las hormigas cuando pican o las ortigas al tocarlas se debe al ácido metanoico, también llamado ácido fórmico. Escribí su fórmula molecular, su fórmula desarrollada e indicá qué tipo de reacciones puede dar.



37. Uní con flechas los compuestos que son isómeros de función:

Aldehídos

Éteres

Alcoholes

Cetonas

38. El reactivo de Fehling ya preparado es una solución básica que contiene, entre otros componentes, el ion  $\text{Cu}^{2+}$ . La ecuación química que ocurre con el grupo funcional aldehído puede representarse de la siguiente manera:



Basándose en la ecuación, ¿cuál es la especie química que se oxida? ¿Y la especie química que se reduce?

39. Completá en tu carpeta las ecuaciones con las fórmulas semidesarrolladas.

- Propano + Ácido nítrico  $\longrightarrow$  Nitropropano + Agua
- Benceno + Ácido nítrico  $\longrightarrow$  Nitrobenceno + Agua
- Propanamida  $\longrightarrow$  Propanonotriolo
- Cloroetano + Nitrato  $\longrightarrow$  Nitroetano + Cloruro de plata

40. Escribí las ecuaciones químicas que permiten obtener:

- etanamida a partir de ácido etanoico y amoniaco;
- etilamina a partir de cloroetano y amoniaco;
- etanonitrilo a partir de etanamida.

Las hormigas producen ácido fórmico como arma de defensa.

■ Libros

Di Genova, Facundo. *El barman científico*. Buenos Aires, Siglo XXI Editores, 2008.

Te lleva a realizar un recorrido histórico sobre la elaboración de bebidas alcohólica, datos curiosos y anécdotas.

Abud, Leda. *El libro de jabones*. Buenos Aires, Albatros, 2004.

Este libro brinda información sobre la historia de los jabones, los pasos para fabricarlos y mucho más.

■ Internet

<http://depa.pquim.unam.mx/Organica/temas/formul.pdf>

[consultado en noviembre de 2010]

Encontrarás una tabla con los grupos funcionales orgánicos.

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/menu.htm>

[consultado en noviembre de 2010]

Encontrarás artículos de divulgación muy interesantes y entretenidos sobre química.

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/> [consultado en noviembre de 2010]

Biblioteca virtual con mucha y variada información sobre ciencias, humanidades, literatura, etcétera.

# Del yacimiento a nuestros hogares

**E**xtraer petróleo y gas de un yacimiento no es tarea sencilla, pero ahí no termina la historia. Luego de obtenerlos, debe realizarse una serie de procesos para que puedan utilizarse en nuestras casas o vehículos. Para saber cuáles son los pasos a seguir, entrevistamos a la ingeniera María Cristina López, especialista en diseño y optimización de procesos en plantas petroleras y gasiferas en AESA, una empresa argentina que pertenece al grupo de YPF SA.



**María Cristina López** es ingeniera química de la UBA. Trabajó en la industria química básica, en la metalúrgica, en alimentos y en los últimos quince años, en el campo de petróleo y gas. Además, es profesora de la Facultad de Ingeniería de la UBA, donde dicta la materia "Operaciones unitarias de transferencia de masa", que enseña a diseñar las grandes torres de destilación.

## ■ La exploración y la explotación petrolera y gasifera ¿son actividades multidisciplinarias?

Sí, son actividades multidisciplinarias. En ellas participan cartógrafos, geólogos, geofísicos, matemáticos, ingenieros de todas las especialidades (químicos en petróleo, electricistas, especialistas en sistemas y reservorios). También participan especialistas en calidad, seguridad y medioambiente y expertos en gestión, planificación, logística y marketing.

## ■ ¿Cómo se encuentran el gas y el petróleo en un yacimiento natural?

Cuando uno habla de un yacimiento de petróleo o de gas, no es como se lo ve en los esquemas de los libros. No es un gran "lago" subterráneo. El gas natural y el petróleo se encuentran en trampas subterráneas a alta presión. Estas trampas están formadas por roca sedimentaria muy porosa e impermeable, en cuyos intersticios se alojan el petróleo o el gas, habitualmente acompañados por agua salada. El petróleo y el gas, que pueden estar juntos o separados, están metidos dentro de esa "esponja". El gas puede ser el componente principal del yacimiento, y en ese caso se habla de yacimiento de gas y al gas obtenido se lo denomina "libre"; o puede estar solubilizado en el petróleo debido a la presión reinante (como las burbujas en una botella de gaseosa). En este último caso, una vez extraído el petróleo, se produce una separación primaria, bajando la presión del producto obtenido del pozo. De esta forma nos encontramos ante el gas asociado. En general, los grandes yacimientos tienen

un poco de los dos tipos de gas: libre y solubilizado. Hay zonas de la roca que tienen gas libre y otras que tienen gas asociado.

## ■ Recientemente se descubrió en la Patagonia un megayacimiento de gas, ¿qué características tiene?

Como ya mencionamos, el gas está dentro de una roca porosa. Pero hay otros tipos de yacimientos, donde el petróleo o el gas no salen a presión al perforar. Para sacarlos se les "inyecta" vapor o agua y a veces se puede extraer la arena en la cual está "embebido" el petróleo, pero este proceso es mucho más caro. El megayacimiento recientemente encontrado en nuestro país tiene estas características.

## ■ Extraído el gas, ¿qué procesos deben hacerse para acondicionarlo para el uso en nuestros hogares?

Además de los procesos de separación primaria que hemos comentado, o sea, en las plantas industriales que permiten separar gas, petróleo y agua de la corriente que sale del pozo, el gas necesita ser acondicionado para poder transportarlo a nuestros hogares. El gas no está listo para ser inyectado en el gasoducto, porque contiene agua, dióxido de carbono y ácido sulfídrico que corroen el gasoducto, que es de hierro. El ácido sulfídrico, además, es un elemento tóxico que hay que eliminar.

**"Cuando uno habla de un yacimiento de petróleo o de gas, no es como se lo ve en los esquemas de los libros. No es un gran 'lago' subterráneo".**

Por otro lado, estas tres sustancias (agua, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico) disminuyen el poder calorífico del gas (metano). Los principales procesos para eliminarlas son la deshidratación, para el vapor de agua, y el endulzamiento que reduce los valores "agrios" de dióxido de carbono y ácido sulfhídrico a valores seguros para el transporte y uso. Estas plantas se montan junto a los pozos. Todo lo que se saca del gas se reutiliza, incluso el agua que se vuelve a inyectar a los pozos para mantener la presión, necesaria para extraer el producto. El sulfhídrico se transforma en azufre que se puede utilizar para otros fines comerciales como la síntesis de ácido sulfúrico.

### ■ El metano que llega a nuestros hogares ¿tiene olor?

No, el metano no tiene olor (el único compuesto que tiene olor es el ácido sulfhídrico que, como vimos, se extrae). Lo que le da olor al gas es el agregado de una mínima cantidad de un producto no tóxico que pertenece a la familia química del mercaptano. Así, ante una fuga de gas, podemos olerlo y no resulta peligroso.

### ■ El petróleo se destila en una planta para acondicionarlo al uso directo en autos o máquinas. ¿Cuál es el proceso más característico?

El petróleo que sale del pozo se deshidrata y se desalía y luego se fracciona en la columna de *topping* o unidad de destilación atmosférica. Este es el proceso más característico de las refinerías. El petróleo se calienta en grandes hornos para permitir su vaporización parcial y luego se hace ingresar por el fondo de una torre muy alta que tiene internamente dispositivos que permiten la separación de círculos de diferente punto de ebullición. De esta torre se obtiene una serie de pro-

ductos, de más livianos a más pesados: naftas, querosén, diésel y fueloil.

### ■ En las destilerías se ven generalmente torres que despiden "fuego". ¿Qué función cumplen?

La mayoría de las unidades de proceso en una refinería trabajan en forma continua durante todo el año. Pero los procesos no son constantes, de manera que pueden generarse "sobrepresiones" no deseadas y los equipos están diseñados para poder manejarlas. Además, cada uno de los circuitos o equipos principales de un proceso está protegido por una válvula de control y de seguridad que evita que la presión supere los valores de diseño. En caso de producirse un aumento de presión no deseado, estas válvulas evacuan el producto hacia recipientes que colectan el líquido generado pero que, al mismo tiempo, están conectados a un mechero para quemar el excedente. Estos mecheros se llaman fósforos o *flare*, y son similares a los pilotos de los termotanques y calefones, que permanecen siempre encendidos para quemar la totalidad de los gases que se pudieran generar en un evento inesperado. En estos temas ha ocurrido una toma de conciencia pública y privada. Ahora se controla el caudal emitido en estos mecheros para evitar quemar combustible innecesariamente, no solo por su mal uso, sino por el incremento innecesario de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Antes se quemaba el gas que no se usaba, ahora ese gas se recupera.

### ■ Las naftas actuales ¿son menos contaminantes que las que se usaban hace unos años?

Para elevar el octanaje de las naftas se las agregaba tetraetilo de plomo, compuesto con efecto negativo para el ambiente. Por otro lado, los motores no



Plataforma de extracción.

presentaban combustión completa de los combustibles, con lo cual se llenaban las calles de las ciudades con monóxido de carbono. Para mejorar la situación, tanto las fábricas de automotores como las refinerías buscaron aumentar la performance de los combustibles logrando combustiones completas y disminuyendo drásticamente los elementos contaminantes de los gases de combustión. Desde el año 2000, YPF eliminó el tetraetilo de plomo, lo que dio como resultado la producción de naftas de mejor calidad, que cumplen con los requerimientos de protección ecológica que se han establecido a nivel mundial. Por otro lado, se está buscando limitar el contenido de azufre en los combustibles. En la Argentina se están construyendo nuevas plantas para lograr disminuir en 2012 el límite de azufre a cincuenta partes por millón.

### ■ Cuando uno carga combustible en una estación de servicio, ¿por qué hay tantos colores diferentes de naftas?

En las estaciones de servicio es posible encontrar toda una gama de com-



Refinería de petróleo en Mendoza.

bustibles líquidos. Por ejemplo, YPF comercializa tres tipos de naftas y dos de gasoil. Para el caso de las naftas, estas son *Normal XXI*, *Súper XXI* y *Premium*. Cada nafta tiene sus especificaciones. El color es simplemente para identificarlas (es un colorante que se les agrega) que hace que la nafta original, que es casi transparente o amarillenta, tenga diferentes tonalidades. La *Normal XXI* tiene un número de octano (NO) 86 y es color amarilla; la *Súper XXI*, NO 96 y color azul, y la *Premium*, NO 97,6 y color natural. Para el caso de los diésel, el *Ultradiésel XXI* es color ámbar y el *Eurodiésel* es color verdoso. Los dos productos *Premium* de YPF (*Eurodiésel* y *Premium*) tienen muy bajo contenido de azufre, con lo cual son muy poco contaminantes y además protegen mejor el motor del automóvil.

### ■ ¿Hay forma de lograr que las destilerías sean más eficientes y menos contaminantes para el ambiente?

En realidad, casi cualquier tarea realizada por el ser humano, sin medir sus consecuencias, termina siendo contaminante y dañina para el ambiente. Como ejemplo basta ver cómo queda una plaza luego de un recital. Pero por otro lado necesitamos la industria y la tecnología para avanzar como sociedad. No tendríamos nuestro estilo de vida actual si no lo hubiésemos hecho. Lo importante en todo esto es buscar siempre un equilibrio. Las

refinerías, al igual que el resto de la actividad industrial mundial, están cada vez más empeñadas en mejorar los procesos, producir productos "limpios" y tratar y disponer sus residuos en forma amigable con el ambiente. Emplear los mejores procesos, las mejores tecnologías, tratar los efluentes y compensar a la naturaleza por el impacto que estamos causando, por ejemplo, plantando árboles que permitan captar el dióxido de carbono producido por la industria o agregando plantas de tratamiento de aguas residuales para no contaminar los ríos.

### ■ ¿Existe algún ejemplo en el país?

Sí, por ejemplo, en la refinería de petróleo de Mendoza hay una planta de tratamiento de aguas de última generación, porque el río junto a ella es el mismo que se utiliza para los viñedos, para los frutales y para regar los árboles, y uno sabe que los vinos mendocinos son de primera calidad. La refinería tiene un control específico de los productos que se vierten al río. Las salidas que van directamente al río están tapadas. Las refinerías que no tienen tratamiento de

**"En realidad, casi cualquier tarea realizada por el ser humano, sin medir sus consecuencias, termina siendo contaminante y dañina para el ambiente".**

efluentes no pueden eliminar el agua directamente al río, tienen que contratar un servicio para que retire el agua y sea tratada en una planta adecuada.

### ■ ¿Qué ocurre cuando las demandas de gas superan la oferta?

Cuando la demanda de gas es mayor a lo disponible aparecen otras alternativas para cumplir con ella. En parte, importamos gas de Bolivia y se está diagramando un nuevo gasoducto desde ese país, pero también tenemos otra alternativa a través del gas natural licuado, denominado comercialmente GNL. Es gas natural transformado en líquido a -162 °C y constituido casi totalmente por metano. Tiene la ventaja de que puede ser transportado por mar y almacenado para su uso. Cuando se lo calienta, se vaporiza y se transforma nuevamente en gas. Un metro cúbico de GNL produce 600 m<sup>3</sup> de gas vaporizado. El proceso se realiza en plantas revaporizadoras o regasificadoras.

### ■ ¿La Argentina tiene plantas de este tipo?

En este momento, la Argentina cuenta con una "planta de pico" en General Rodríguez, que licua el gas excedente en verano y lo vaporiza en invierno en la semana de mayor consumo, justamente en el pico de consumo (de ahí su nombre). Además, posee otra planta de revaporización en el Polo Petroquímico de Bahía Blanca. En este caso se trata de una planta montada en un barco que realiza la misma función vaporizando GNL que la Argentina trae desde Trinidad y Tobago. Hay un barco "estacionado" que es la planta regasificadora y luego vienen otros barcos a descargar el gas. El producto ya gasificado penetra luego en el muelle con el gasoducto, que conecta dicho polo con Buenos Aires.



Surtidor de combustibles para el transporte.

### ■ ¿Qué es un barco regasificador?

Un barco regasificador es una planta montada en la carcasa de un barco. Al principio, los barcos llevaban grandes esferas para contener el gas; con el tiempo, el propio barco se convirtió en un contenedor, es decir que todo el barco era un gran depósito de gas. El barco-planta debe tener como medidas distintivas formas flexibles de conexión a tanques y gasoductos (tuberías), ya que el nivel del agua fluctúa con la marea y no así las instalaciones de tierra firme.

### ■ ¿Qué solución brindan estas plantas?

Estas plantas garantizan el consumo de gas domiciliario para no afectar la vida del ciudadano común. Las empresas solo pueden beneficiarse con el excedente del consumo domiciliario. La mayoría de ellas utiliza otras fuentes de energía para los casos de falta de gas, por ejemplo, carbón o diésel. Aquellas que no poseen medios para utilizar otras energías se ven obligadas a bajar su capacidad productiva durante las semanas de pico invernal.

### ■ Según su opinión, ¿el petróleo se acabará en los próximos años o se descubrirán nuevos depósitos?

Si bien el petróleo es un recurso no renovable y, por lo tanto, finito, creo que el ser humano seguirá encontrando nuevos yacimientos. Lo más probable es que estos estén en lugares más difíciles de explorar, en las profundidades de los océanos o en zonas subterráneas no habituales. Esto hará que la explotación de estos nuevos yacimientos resulte más compleja y, por lo tanto, más cara.

### ■ ¿Podría hacer una reflexión final sobre el futuro energético de la humanidad?

Si bien el pronóstico parece desalentador, el aumento del costo o de la dificultad para explorar y explotar nuevos yacimientos puede ser una bendición para la humanidad, ya que la inversión en energías renovables se tornará competitiva. Seremos espectadores de grandes avances en ese sector energético. La energía eólica, la solar, la mareomotriz, comenzarán a tomar mayor envergadura. Pero al mismo tiempo es responsabilidad de todos tomar conciencia del buen uso de lo disponible, logrando mejorar la eficiencia en la utilización de la energía en la industria, los medios de locomoción y nuestros propios hogares. Utilizar equipos eficientes, cuidar el consumo de agua, separar y reciclar nuestros desechos y tratar aquellos no reciclables. Si queremos preservar un mundo habitable para nuestros descendientes, debemos proteger nuestros bosques, nuestros cursos de agua, nuestro suelo, el aire que respiramos. Las energías renovables no contaminantes van en esa dirección. La inteligencia unida a la sensibilidad del ser humano consciente debería llevarnos por esos caminos. Estoy esperanzada porque los chicos están cada vez más conscientes del cuidado del ambiente, y están influyendo positivamente sobre sus padres, abuelos, tíos.

María Cristina  
nos cuenta...

### ...por qué eligió ser ingeniera química.

Desde pequeña me gustaron la matemática y la química. Pedía "juegos de química" para hacer experimentos y siempre me gustaron los acertijos matemáticos. En un principio pensé en seguir un profesorado en ciencias, pero en los últimos años del colegio secundario realizamos varias visitas a establecimientos industriales y quedé fascinada con el mundo de los grandes procesos y maquinarias. Fue "amor" a primera vista. De manera que enfoqué mi búsqueda hacia carreras que me permitiesen trabajar en la industria de procesos, a pesar de la oposición de mis padres, que no veían cómo una mujer podía insertarse en ese ámbito laboral. Investigué programas y posibilidades de trabajo de distintas carreras de ingeniería y ciencias y, finalmente, muy entusiasmada, decidí que la ingeniería química iba a darme la posibilidad de ingresar a ese mundo que me había impactado. El haber elegido una profesión que me gusta me permitió estudiar con interés e ilusión, ya que cada paso dado me introducía más en el futuro que había elegido. Ser mujer en este campo fue un desafío. Ahora la mitad de mis alumnos son mujeres, pero en mi época no era así. Me pasó estar en un campo de petróleo con cuatrocientos hombres y ser yo la única mujer.

### ...cuáles son sus pasatiempos.

Me encanta viajar y conocer nuevos destinos, geografías, naturaleza y sociedades. La lectura ocupa muchas horas de mi descanso. Leo novelas de escritores latinoamericanos, psicología infantil y adolescente, artículos de divulgación médica y de decoración. También me gustan el arte y las manualidades: cantar, pintar, decorar tortas. Estos últimos años desarrollé una afición muy grande hacia la jardinería y el paisajismo. El contacto con la tierra de mi jardín y mis plantas despeja mi mente y renueva mi espíritu. Es una buena terapia.

Refinería en el Polo Petroquímico de Bahía Blanca.



# II

# Química y alimentación

## Lo que se viene

En esta sección...

- Conocerás cuáles son los principales grupos de nutrientes (capítulo 4).
- Estudiarás la estructura y las características de los hidratos de carbono (capítulo 4), de los lípidos (capítulo 5) y de las proteínas (capítulo 6).
- Analizarás cómo está organizado el metabolismo celular en los distintos tipos de células, desde un punto de vista químico (capítulo 7).
- Estudiarás cómo se vinculan los alimentos con el metabolismo energético de las células (capítulo 8).



## Historia y química de los alimentos

Todos los días ingerimos un montón de alimentos. Desayuno, almuerzo, merienda y cena. Pero ¿para qué nos sirven todos esos alimentos? ¿De qué están compuestos?

La respuesta a esta interesante pregunta —que seguro te hiciste más de una vez— está en manos de la química. Desde sus orígenes, la dieta del hombre ha ido cambiando. En sus inicios, el hombre comía los animales que podía cazar y los vegetales que recolectaba. Con el descubrimiento de los primeros métodos de conservación, por ejemplo, el salado, comenzó el acopio de carnes. Muchísimos años más tarde, cuando se produjo la Revolución Industrial, estos métodos fueron sustituidos por otros más modernos, como la refrigeración. Pero ese no fue el único avance; junto con la refrigeración aparecieron otros inventos, como los azúcares refinados y las harinas, que tienen gran influencia en nuestra dieta diaria. Sin embargo, a pesar de que nadie discute las ventajas de la refrigeración, hay quienes ponen en duda las ventajas de estos otros “inventos” sobre nuestra salud.



### Lo que sabés

1. Nombrá al menos tres biomoléculas que conformen las células de tu organismo.
  - a) ¿Se trata de estructuras simples o complejas?
  - b) Si son complejas, ¿están formadas por unidades más sencillas? ¿Cuáles son?
  - c) Juntate con uno o dos compañeros y discutan: ¿en qué alimentos pueden encontrarse esas “biomoléculas” que identificaron en las preguntas anteriores?
  - d) Para seguir pensando, ¿nuestro organismo también está compuesto por biomoléculas? ¿Cuáles?
2. ¿Cuál es la función del oxígeno en nuestro organismo?
3. ¿De dónde proviene la energía que utilizás para realizar tus tareas diarias? ¿Qué clase de energía es? Redactá un párrafo en el que describas el vínculo que hay entre tu alimentación y la energía que necesitás para realizar tus actividades diarias.

# 4

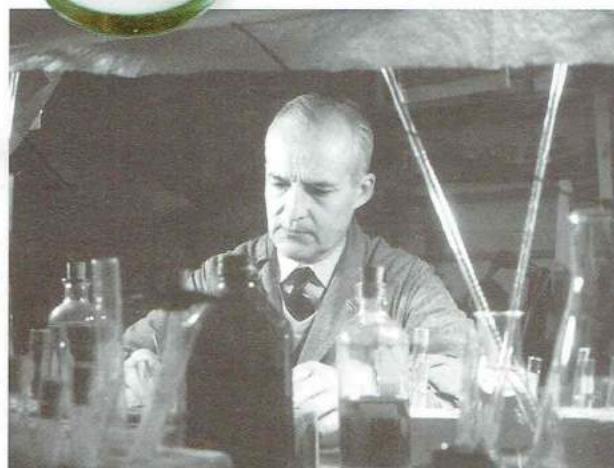
## Los hidratos de carbono



Cuando acabamos de trabajar con la glucosa 1,6-difosfato continuamos con el otro cofactor [...]. En ese entonces los únicos nucleósidos solubles presentes en los tejidos que se conocían eran los ácidos adenilicos y el inosínico. Fue muy emocionante el día en que Caputto [un colaborador] llegó temprano con un ejemplar del Journal of Biological Chemistry, el cual mostraba el espectro de la uridina. Este era idéntico al de nuestro cofactor.

Luis Federico Leloir

La lactosa es un azúcar muy abundante en la leche.



Luis Federico Leloir.

EN 1948 SE PUBLICÓ UN TRABAJO QUE DABA LOS PRIMEROS PASOS PARA EXPLICAR CÓMO LA LACTOSA, UN AZÚCAR MUY ABUNDANTE EN LA LECHE, PODÍA CONVERTIRSE EN GLUCOSA. ESA CONVERSIÓN ERA UNA “RUTA” METABÓLICA COMPLEJA, QUE INVOLUCRABA LA PARTICIPACIÓN DE UNA MOLÉCULA DE GLUCOSA FOSFATADA –LA GLUCOSA 1,6-DIFOSFATO– Y OTRA MUY MISTERIOSA, QUE RESULTÓ SER LA URIDINADIFOSFATO GLUCOSA (UDPG), CONFORMADA POR UN ÁCIDO NUCLEICO Y UN AZÚCAR. EL DESCUBRIMIENTO FUE REALIZADO POR EL MÉDICO Y BIOQUÍMICO ARGENTINO **LUIS FEDERICO LELOIR** (1906-1987), Y ESTA VÍA DE TRANSFORMACIÓN SE DENOMINÓ “VÍA LELOIR”, POR LA CUAL RECIBIÓ EL PREMIO NOBEL EN 1970. FUE EL PRIMER TRABAJO RELACIONADO CON AZÚCARES UNIDOS A ÁCIDOS NUCLEICOS, Y EL COMIENZO DE UNA NUEVA ERA EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL METABOLISMO.

A PARTIR DEL TRABAJO DE LELOIR Y SUS COLABORADORES, CIENTÓS DE CIENTÍFICOS ALREDEDOR DEL MUNDO COMENZARON A ESTUDIAR LA FUNCIÓN DE OTROS AZÚCARES CON ÁCIDOS NUCLEICOS, Y A DESCUBRIR QUE ESTAS COMBINACIONES DE BIOMOLÉCULAS ESTABAN INVOLUCRADAS EN DECENAS DE PROCESOS METABÓLICOS FUNDAMENTALES.

### ACTIVIDADES

1. Juntate con uno o dos compañeros y discutan las siguientes preguntas.
  - a) ¿Qué son los azúcares y los nucleótidos en términos químicos?
  - b) ¿Por qué creen que es importante la ruta de conversión de la lactosa en glucosa?
  - c) ¿Qué otros científicos argentinos conocen que hayan ganado el Premio Nobel?

# Las biomoléculas

EL DETALLE

Así como todas las mesas de madera tienen distintas formas, colores y tamaños, pero están compuestas por el mismo material –madera–, todos los seres vivos estamos formados por los mismos componentes. Estos están presentes en una planta, un elefante y, desde luego, una persona (figura 4-1). Se los llama **biomoléculas** y se los puede clasificar en cuatro grandes categorías. ¿Sabés cuáles son? Son los hidratos de carbono, las proteínas, los lípidos y los ácidos nucleicos.

- Dentro de las células, los **hidratos de carbono** cumplen funciones muy importantes, como las energéticas y las estructurales. Están conformados por unidades o monómeros de tres a cinco átomos de carbono, que se unen y forman polímeros con masas moleculares desde muy pequeñas hasta enormes.
- Las **proteínas** también son polímeros, pero con funciones más complejas. Están asociados a la regulación del metabolismo –como las enzimas–, a la comunicación celular –como las hormonas–, a las funciones de sostén y muchas otras.
- Los **lípidos**, por su parte, tienen el rol central de conformar las membranas biológicas; no se trata de polímeros, sino de un conjunto de sustancias insolubles en agua, con estructura diversa.
- Finalmente, los **ácidos nucleicos** cumplen una función muy importante, que es la de almacenar la información genética de las células. Además, tienen un rol central en el metabolismo energético de las células –tal como veremos más adelante–, e intervienen en la función de muchas enzimas.

Pero ¿estas son las únicas moléculas? En realidad, no. Además de estos cuatro grupos de moléculas complejas, hay en nuestro organismo muchas otras que cumplen importantes funciones. Así, hay ciertos nucleótidos –que son ácidos nucleicos– con una modificación química, como el NAD y el FAD, que cumplen muchas tareas centrales en el metabolismo celular. Además, los hidratos de carbono pueden combinarse con las proteínas, para dar las **glucoproteínas**, o con los lípidos, para dar los **glucolípidos**. Eso no es todo! En esta lista no podemos dejar de mencionar las **vitaminas** que intervienen en cientos de procesos biológicos. Sin olvidarnos de los **minerales**, que aunque no son biomoléculas forman parte de nuestro cuerpo (► **EL DETALLE**).

Todas estas moléculas y sustancias están disueltas en un solvente muy especial. ¿Sabés cuál es? ¡Claro! Es el **agua**. Se trata de una molécula pequeña, polar y no cargada que proporciona un medio ideal para todas las reacciones químicas que ocurren dentro de la célula.

Estas sustancias se encuentran en nuestros alimentos. Sin embargo, las células de nuestro organismo no aprovechan todas por igual.

Por esta razón, llamamos **nutrientes** a las moléculas y sustancias que incorporamos con la dieta y que contribuyen al crecimiento y el desarrollo de nuestro organismo, que son los hidratos de carbono, las proteínas, los lípidos, los minerales, las vitaminas y el agua.

## ¿Una salud de hierro?

Habitualmente, cuando hablamos del **hierro**, no pensamos en nuestro organismo. Sin embargo, los glóbulos rojos, la sangre y el oxígeno tienen mucho que ver con este metal. El hierro viaja unido a la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos, que gracias a él pueden transportar oxígeno a todos nuestros tejidos. En la circulación, sin embargo, hay muchos átomos de hierro que no están unidos a la hemoglobina, sino que circulan por el torrente sanguíneo unidos a una proteína llamada **transferrina**. Originalmente se pensaba que esta proteína tenía únicamente una función de vehículo; sin embargo, cada año se descubren más funciones de la transferrina, por ejemplo, aquellas descriptas por un grupo de investigadores de la Universidad de Buenos Aires. Este grupo ha demostrado que la **apotransferrina** –que es la transferrina sin el hierro unido– puede ayudar a recuperar a pacientes que han sufrido accidentes cerebrales y otras enfermedades.

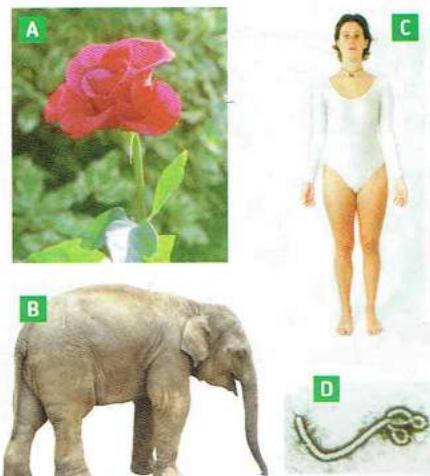


Fig. 4-1. Todos los seres vivos, como las rosas (A), los elefantes (B) y las personas (C), están compuestos por las mismas biomoléculas. Hasta los virus (D), que no son considerados seres vivos, están construidos con los mismos “ladrillos”.

## La estructura de los hidratos de carbono

¿Alguna vez te detuviste a pensar acerca de la gran importancia que tienen los hidratos de carbono en nuestra vida cotidiana? Para reflexionar sobre este tema, analizá las imágenes de la figura 4-2. ¿De qué están hechos los objetos que muestran las fotografías?

Si te detenés a observar a tu alrededor, verás que gran parte de los alimentos que ingerimos, de nuestra vestimenta, de la casas donde vivimos y hasta de los materiales que utilizamos diariamente –como la madera y el papel– están constituidos por hidratos de carbono. ¡Y muchas otras cosas más! (► **EL DETALLE**).

Algunos de los hidratos de carbono que consumimos con los alimentos –por ejemplo, el almidón– se degradan en nuestro organismo en D-(+)-glucosa, y de esta molécula obtenemos la energía necesaria para las funciones orgánicas. Pero ¿qué son los hidratos de carbono? ¿Cómo es su estructura y cómo se clasifican?

Los hidratos de carbono son **polialcoholes** formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, en una proporción  $C_n(H_2O)_n$  (con  $n \geq 3$ ). Esta relación no implica que el carbono esté unido a las moléculas de agua, solo representa su fórmula general, de la cual deriva el nombre de **carbohidratos** o **hidratos de carbono**. Por ejemplo, la glucosa está formada por seis átomos de carbono y tiene la fórmula general  $C_6(H_2O)_6$ , es decir,  $C_6H_{12}O_6$ .

Como la D-(+)-glucosa es el monosacárido fundamental de las células, a los hidratos de carbono se los denomina también **glúcidos**. La palabra **sacáridos**, con la que también se conocen estos compuestos, deriva del griego *sakkharon*, que significa azúcar, aludiendo al “gusto dulce” que se les atribuye a algunos de ellos.

### Clasificación de los hidratos de carbono

Los hidratos de carbono se clasifican de acuerdo con su complejidad, según se hidrolicen o no, en las siguientes cinco categorías:

- ▶ **Monosacáridos:** no se hidrolizan.
- ▶ **Disacáridos:** se hidrolizan y dan dos moléculas de monosacáridos.
- ▶ **Trisacáridos:** se hidrolizan y dan tres moléculas de monosacáridos.
- ▶ **Oligosacáridos:** forman cadenas cortas de cuatro a diez unidades, se hidrolizan y dan el número correspondiente de moléculas.
- ▶ **Polisacáridos:** forman largas cadenas de monosacáridos; son polímeros de gran masa molecular, por lo tanto, se hidrolizan y dan numerosas moléculas de monosacáridos.

También se incluyen entre los hidratos de carbono aquellos compuestos más complejos, los **glucoconjungados**, en los que también intervienen otras biomoléculas como proteínas o lípidos. Además de carbono, hidrógeno y oxígeno, estos compuestos contienen nitrógeno, fósforo o azufre.

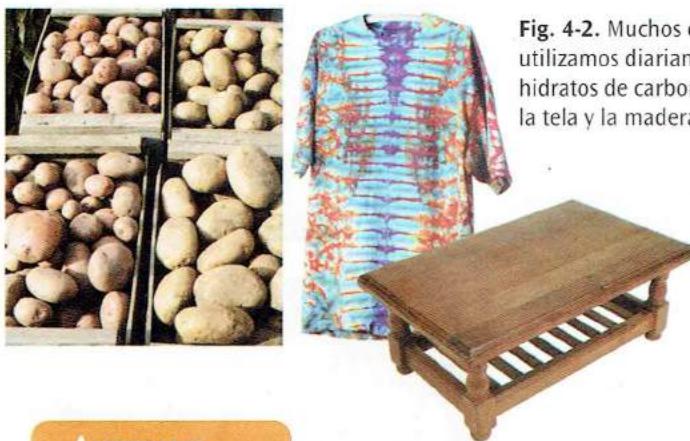


Fig. 4-2. Muchos de los alimentos, la ropa y los materiales que utilizamos diariamente están compuestos esencialmente por hidratos de carbono, como el almidón de las papas y la celulosa de la tela y la madera.

#### ACTIVIDADES

2. Existen algunas excepciones a la estructura general de los glúcidos. El aldehído fórmico ( $CH_2O$ ), por ejemplo, no es un hidrato de carbono, y en cambio la ramnosa ( $C_6H_{12}O_5$ ) sí lo es. Identifícá para estas dos moléculas en qué consiste la “excepción”.

EL DETALLE

#### ¿Desperdicios de camarón?

Costa Rica es un país con una gran actividad pesquera, y uno de los principales frutos de mar son los camarones. Cada año, el consumo de estos camarones genera toneladas de desperdicios. Pero ¿son desperdicios? Desde hace ya varios años, numerosos grupos de investigadores de este país han comenzado a estudiar de qué manera puede aprovecharse el desecho de los camarones, compuesto esencialmente de un hidrato de carbono llamado **quitosán**, para construir nuevos biomateriales. Así, han conseguido degradar este hidrato de carbono a sus formas elementales, y luego utilizarlas para construir delgadas películas parecidas a plástico, para recubrir alimentos.

## Los monosacáridos y su clasificación

Los azúcares de los alimentos son, en general, una mezcla de **monosacáridos** y **disacáridos**. La **fructosa** abunda en las frutas y en la miel, donde también encontramos **glucosa**, y la **sacarosa** forma el azúcar refinado.

De acuerdo con su longitud, los monosacáridos pueden clasificarse en **triosas**, **tetrosas**, **pentosas** y **hexosas**. Uno de los átomos de carbono –denominado anomérico– forma un grupo carbonilo ( $C=O$ ); los restantes llevan un hidroxilo ( $O-H$ ). Si el carbonilo se halla en un extremo, el azúcar recibe el nombre de **aldosa**; si está en otra posición, es una **cetosa** (figura 4-3).

Aldotriosas	Aldotetrosas		Aldopentosas		
D-Gliceraldehido	D-Eritrosa	D-Treosa	D-Ribosa	D-Arabinosa	D-Xilosa
Aldohexosas					
D-Alosa	D-Altrosa	D-Glucosa	D-Manosa	D-Gulosa	D-Idosa
		Cetohexosas			
Dihidroxiacetona	D-Erytrulosa	D-Psicosa	D-Fructosa	D-Sorbosa	D-Tagatosa
Cetopentosas	Cetotetrosas		Cetohexosas		
			Cetohexosas		
D-Ribulosa	D-Xylulosa	D-Fructosa	D-Sorbose	D-Tagatose	
	La aldohexosa más importante y abundante es la glucosa, unidad constituyente del almidón, la celulosa y el glucógeno. La cetohexosa más importante es la fructosa, presente en muchas frutas y en la miel y que constituye el disacárido "sacarosa".				

Fig. 4-3. Clasificación de los monosacáridos.

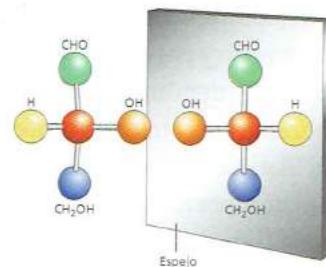
**EL DETALLE**

Fig. 4-4. Imagen especular de dos enantiómeros.

### ¿Cómo se polariza el vidrio de un auto?

Alguna vez viajaste en un auto con vidrios polarizados? Para conseguir este efecto, se coloca sobre el vidrio una película plástica que contiene una sustancia ópticamente activa, que produce la polarización de la luz: solamente permite pasar los rayos de luz solar que inciden en un plano particular, mientras que todos los otros son reflejados. De este modo, quienes miran desde afuera observan la luz reflejada, que es la mayor parte, mientras que los que están adentro observan la luz polarizada, que es una proporción menor.

## La estereoisomería óptica y la configuración de los monosacáridos

Si te fijás en la figura de la página anterior, los monosacáridos aparecen nombrados con una D adelante. Esto significa que son sustancias **ópticamente activas**, es decir, que desvían la **luz polarizada**. Un haz de luz polarizada es una onda electromagnética que vibra en un plano único, obtenida gracias a una lente especial; cuando hacemos pasar este haz por una solución de una sustancia ópticamente activa, el haz de luz emerge vibrando en un plano diferente del que tenía cuando ingresó (**► EL DETALLE**). Esta desviación puede medirse utilizando un instrumento denominado **polarímetro**.

La mayoría de las moléculas puede desviar la luz polarizada. Pero cuando están en solución, con frecuencia ocurre algo curioso: algunas moléculas desvían la luz hacia un lado, y otras –orientadas de modo contrario, como en un espejo– lo desvían hacia el lado contrario. Estos efectos se compensan, y por eso parece que no desvian el haz.

Hay algunas sustancias cuyas moléculas nunca pueden orientarse de este modo. Esto ocurre cuando cuatro sustituyentes –átomos o grupos funcionales– diferentes se encuentran unidos a un mismo átomo de carbono. En esos casos, decimos que el átomo de carbono es **asimétrico** o **quiral** (del griego *quiros*, que significa “mano”). El compuesto puede adquirir diferente configuración espacial según la posición de los sustituyentes alrededor del carbono. Si dos compuestos comparten la misma fórmula química pero se diferencian en la configuración espacial de sus sustituyentes, se trata de compuestos distintos, llamados **estereoisómeros**. Los **enantiómeros** o **estereoisómeros ópticos** poseen estructuras especulares (figura 4-4) denominadas D y L (D viene de *dextro*, a la derecha, y L de *levó*, a la izquierda, y aluden a la configuración de los sustituyentes).

Los estereoisómeros de los monosacáridos se dividen en D y L según la disposición del hidroxilo en el carbono quiral más alejado del grupo carbonilo. En la naturaleza, la mayor parte son D-hexosas (tanto aldohexosas como cetohexosas). Para representarlos, utilizamos las **proyecciones de Fischer**: si en la fórmula desarrollada el hidroxilo del carbono quiral se encuentra a la derecha, el monosacárido será D; si se encuentra a la izquierda, será L.

### Propiedades de los estereoisómeros ópticos

La dirección en la cual una sustancia rota la luz polarizada –llamado **poder rotatorio**– es una propiedad específica de cada molécula, y puede ser hacia la derecha (+) o hacia la izquierda (-). Los estereoisómeros ópticos tienen propiedades químicas y físicas iguales, pero difieren en su actividad óptica y –en muchos casos– en sus propiedades biológicas.

No hay manera de predecir hacia qué lado rota la luz cada isómero, sea D o L; lo único que sabemos es que lo hacen en sentido contrario. Así, la glucosa común en los seres vivos es D-(+)-glucosa, y la fructosa común es D-(-)-fructosa. Una mezcla de los enantiómeros D y L en las mismas proporciones es incapaz de rotar la luz polarizada y se la llama **mezcla racémica**.

### ACTIVIDADES

- Representá en tu carpeta los enantiómeros de los siguientes azúcares: ribosa, eritrulosa, fructosa y galactosa.

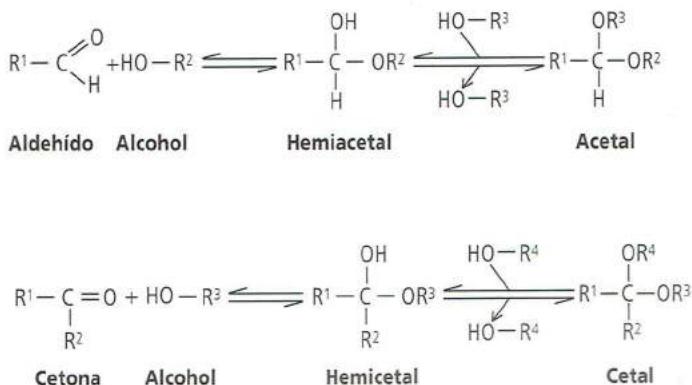
## La conformación y la forma cíclica de los monosacáridos

En diferentes experiencias de laboratorio realizados con polarímetros (figura 4-5), los químicos observaron que la D-glucosa no daba ciertas reacciones típicas de los aldehídos, a la vez que sus propiedades ópticas cambiaban a lo largo del tiempo con la temperatura y según el solvente de cristalización. Más tarde consiguieron aislar dos formas cristalinas diferentes caracterizadas por sus propiedades ópticas, a las que se denominó  $\alpha$  y  $\beta$ . ¿Cómo podían explicarse estos hechos, si no se trataba de una mezcla racémica y no existía la forma L-glucosa en la solución?

Para encontrar una respuesta a estos hechos, recordá que en la reacción general entre los aldehídos y los alcoholes se forman **hemiacetales**, y si estos últimos vuelven a reaccionar con el alcohol, se forman **acetales**. Tené presente también que, de un modo similar, el grupo carbonilo de una cetona reacciona con un alcohol formando un **hemicetal**, y si este vuelve a reaccionar con el alcohol, se forma un **cetal**.



Fig. 4-5. Polarímetro.



Entonces, la clave es que las aldosas y las cetosas no forman realmente cadenas lineales, sino que en solución acuosa se encuentran como **anillos o ciclos**. La formación de estos anillos se debe a una reacción entre el grupo carbonilo del carbono anomérico y un hidroxilo de otro carbono, dentro de la misma molécula.

En el caso de las aldohexosas, como la glucosa, el C-1 del aldehído reacciona con el C-5 de la misma molécula, y se obtiene un **hemiacetal cíclico**. El átomo de carbono asimétrico origina, entonces, dos formas isómeras,  $\alpha$  y  $\beta$  glucosa (figura 4-6).

En las cetohexosas, como la fructosa, la reacción ocurre entre el grupo hidroxilo en el C-5 y el grupo carbonilo de la cetona en el C-2, formando un hemiacetal cíclico.

Los isómeros que se diferencian únicamente en la configuración alrededor del carbono anomérico –hemiacetálico o hemicetálico– se denominan **anómeros**. Las formas  $\alpha$  y  $\beta$  de las aldohexosas y de las cetohexosas se interconvierten en disolución acuosa mediante el proceso denominado **mutarrotación**.

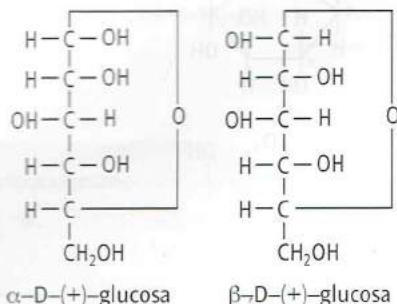


Fig. 4-6. Isómeros de la glucosa.



Fig. 4-7. Sir  
Walter Norman  
Haworth.

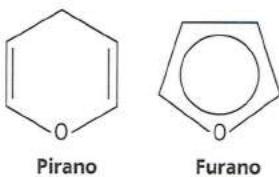


Fig. 4-8. Fórmulas de Haworth del pirano y del furano.

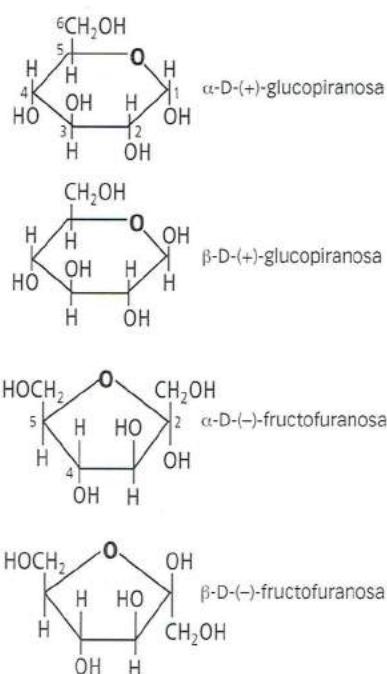


Fig. 4-9. Piranosas y furanosas derivadas de la glucosa y la fructosa.

## Representación de las estructuras cíclicas

La actividad del grupo carbonilo en la formación de hemiacetales y el proceso de mutarrotación explican la modificación de las propiedades de la D-glucosa y otros monosacáridos.

Para representar las estructuras cíclicas que se forman en solución, normalmente se emplean las **fórmulas de Haworth** (1833-1950). El químico inglés Sir Walter Norman Haworth (figura 4-7) sugirió nombrar los ciclos de modo que demuestren su relación con alguno de los heterociclos pirano y furano (figura 4-8). De este modo, las hexosas que forman un anillo hexagonal se llamarán **piranosas**, y sus derivados serán los **piranósidos**. Las que forman un anillo de cinco átomos son **furanosas**, y sus derivados, **furanósidos**. Entonces, de acuerdo con la nomenclatura sistemática, en la figura 4-9 podés observar las fórmulas de la  $\alpha$ -D-glucopiranosa,  $\beta$ -D-glucopiranosa,  $\alpha$ -D-fructofuranosa y  $\beta$ -D-fructofuranosa.

Ahora bien, los anillos de los cuales hablamos hasta aquí no son planos, sino que tienden a tomar una conformación en "bote" o en "silla", que son libremente interconvertibles entre sí (figura 4-10). A su vez, hay dos conformaciones de "silla" posibles. En todas estas conformaciones, los sustituyentes de los carbonos pueden ubicarse en forma ecuatorial (perpendiculares al eje del anillo) o axial (paralelos al eje del anillo). En teoría, estas conformaciones coexisten en solución; sin embargo, la conformación más abundante será aquella en la que los sustituyentes más voluminosos puedan "acomodarse" y experimentar menos impedimento estérico por parte de otros grupos químicos presentes en la molécula (figura 4-11). Por esta razón, la conformación en "bote" es poco común.

Conformaciones de la  $\alpha$ -D-glucopiranosa

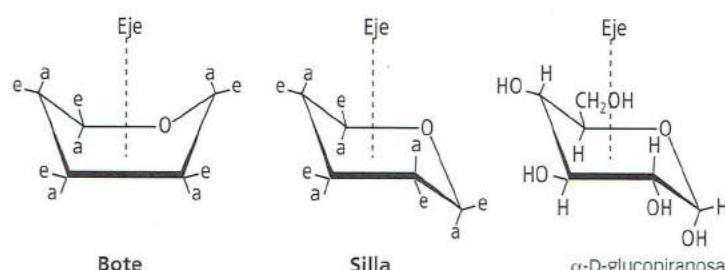


Fig. 4-10. Conformación de "bote" o "silla".

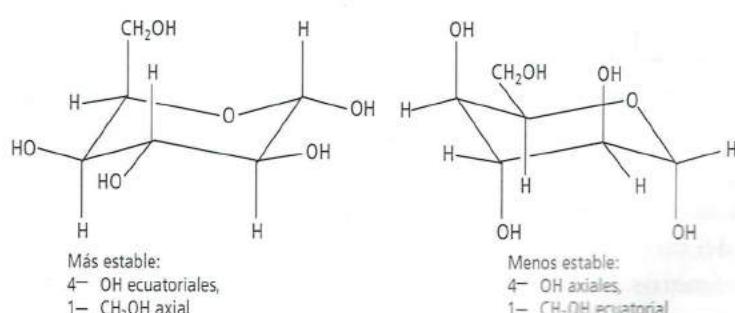


Fig. 4-11. Conformaciones de la D-idopiranosa en solución.

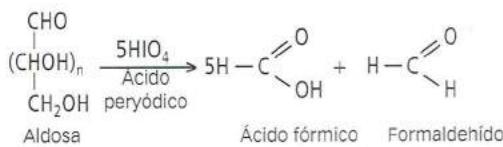
# Propiedades químicas y derivados de los monosacáridos

Las características de estructura, configuración y conformación de los monosacáridos explican muchas de sus propiedades químicas. Estas propiedades no son las mismas para aldosas y cetosas. A continuación, te invitamos a que descubras las reacciones más importantes.

- Las reacciones con el **reactivo de Tollens** y el de **Fehling** permiten detectar el poder reductor de una solución de monosacáridos. En la primera (figura 4-12) se forma un precipitado llamado “espejo de plata”. En la segunda (figura 4-13), una solución de ion cúprico (azul) se reduce y precipita un óxido cuproso (rojo).
- Para distinguir las aldosas de las cetosas puede utilizarse la reacción con **agua de bromo** y **ácido nítrico** ( $\text{NO}_3\text{H}$ ). En presencia de agua de bromo, las aldosas –y no las cetosas– se oxidan y forman un **ácido aldónico**. Cuando se utiliza  $\text{NO}_3\text{H}$  se obtiene un **ácido aldárico**.



- En presencia de **ácido peryódico** ( $\text{HIO}_4$ ), los monosacáridos sufren ruptura de todos los enlaces entre carbonos. Los carbonos de los extremos se convierten en **formaldehído**, y los demás se transforman en **ácido fórmico**.



- Las **aminas** de los monosacáridos (**aminoazúcares**) se forman reemplazando el  $-\text{OH}$  por un grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ), como en la glucosamina. Estos compuestos son importantes constituyentes del exoesqueleto de los crustáceos y forman parte del cartílago de los vertebrados.
- Los **ésteres fosfato** se forman por condensación del ácido fosfórico con uno o más de los grupos OH de un azúcar.
- La formación de **osazonas** y **osonas** resulta sumamente útil para identificar y determinar la estructura de los hidratos de carbono. Las aldosas reaccionan con fenilhidracina para obtener fenilhidrazonas. Ante un exceso de fenilhidracina, se obtienen las osazonas, que contienen dos residuos fenilhidracina por molécula. Si se los elimina, se obtienen las osonas.
- Los **aldósidos** y los **cetósidos** son derivados metilados de los monosacáridos en los que el H de un grupo OH es reemplazado por un grupo metilo. Por ejemplo, para la glucosa se obtiene el metil-glucósido.
- El grupo carbonilo puede ser reducido a  $-\text{OH}$ , y se obtienen **alditoles** y **cetoles** (que son polihidroxialcoholes). El alditol derivado de la glucosa se denomina **sorbitol**; el de la manosa, **manitol**.

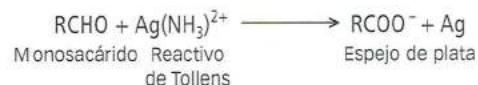
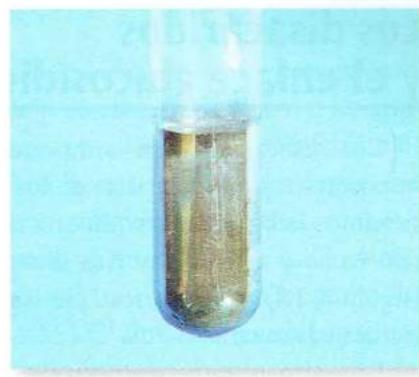


Fig. 4-12. Reacción de un monosacárido con el reactivo de Tollens.

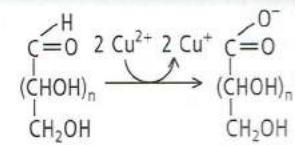
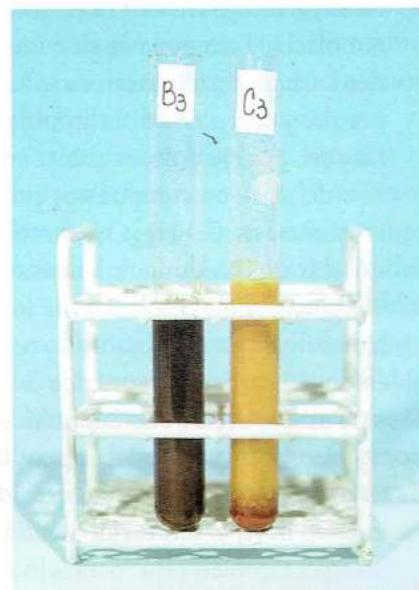


Fig. 4-13. Reacción de un monosacárido con el reactivo de Fehling.

## ACTIVIDADES

4. Representá en tu carpeta todos los derivados de la galactosa (aminas, ésteres fosfato, ácidos aldónicos y aldáricos).

## Los disacáridos y el enlace glucosídico

Los disacáridos son componentes celulares muy importantes y forman parte de los alimentos que consumimos habitualmente. En una taza de café de malta con leche y azúcar hay tres disacáridos importantes (figura 4-14). ¿Cuáles son? Se trata de la maltosa, la lactosa y la sacarosa.

- La **maltosa** se encuentra en el grano germinado de la cebada. Por hidrólisis se desdobra en dos moléculas de glucosa.
- La **lactosa** está presente en la leche y está formada por una molécula de glucosa y una de galactosa. Se trata de un azúcar reductor y, en solución, presenta mutarrotación, que da dos formas,  $\alpha$  y  $\beta$ .
- La **sacarosa** se encuentra en la caña de azúcar y en la remolacha. La mezcla de glucosa y fructosa que se obtiene al hidrolizar la sacarosa se llama azúcar invertido, porque gira el plano de la luz polarizada a la izquierda. La miel, por ejemplo, es azúcar invertido natural.

Los disacáridos compuestos por hexosas, cuya fórmula general es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , están formados por dos monosacáridos unidos covalentemente mediante un enlace O-glucosídico. Este enlace se forma cuando un grupo hidroxilo de un monosacárido reacciona con el grupo aldehído del carbono anomérico de otro monosacárido. De este modo, el carbono anomérico de uno de los monosacáridos forma parte del enlace glucosídico y no puede ser oxidado. Si el otro monosacárido posee su carbono anomérico libre, el disacárido tendrá poder reductor. Si, en cambio, también está "ocupado", el azúcar no tendrá reductor. El disacárido sacarosa, por ejemplo, no tiene poder reductor porque no existe un carbono anomérico libre. En cambio, el disacárido maltosa sí tiene poder reductor, porque el carbono anomérico de una molécula de glucosa permanece libre.

Así, los disacáridos se clasifican en **reductores**, si reducen el reactivo de Fehling –como la maltosa y la celobiosa– y **no reductores**, cuando no reducen este reactivo –por ejemplo, la sacarosa–. El carbono aldehídico libre en el extremo de una cadena de monosacáridos se conoce como **extremo reductor de la cadena**.

### ¿Cómo se nombran los disacáridos?

Primero se escribe el extremo no reductor, precedido por una O; luego se define la configuración

$\alpha$  o  $\beta$  del átomo de carbono aldehídico que participa en la unión glucosídica. Se agrega "furanosil" o "piranosil" a cada residuo para indicar si son anillos de cinco o seis miembros. Luego se indican entre paréntesis los dos átomos de carbono que participan en el enlace, con una flecha que los conecta. Si hay más residuos, se siguen describiendo los enlaces glucosídicos de la misma manera. Por ejemplo, la maltosa se llamará:

O- $\alpha$ -D-glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucopiranososa

Y su forma abreviada será:

Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc.

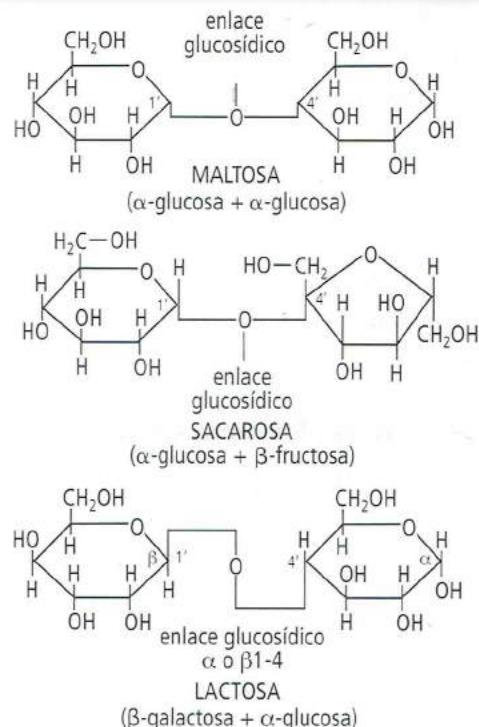


Fig. 4-14. Estructuras de la maltosa, la sacarosa y la lactosa.

### ACTIVIDADES

5. En tu carpeta, esribí el nombre de la lactosa utilizando las reglas de nomenclatura.

# Los polisacáridos

La mayoría de los hidratos de carbono naturales se encuentran formando parte de los **polisacáridos**, que son macromoléculas naturales que responden a la fórmula general  $(C_6H_{10}O_5)_n$  y tienen una masa molecular de aproximadamente  $162 \times n$ , en la que  $n$  es el número de unidades estructurales que los componen. Todos ellos derivan de las aldosas y las cetosas, por reacciones de polymerización; esto significa que están formados por numerosas unidades de monosacáridos.

Los polisacáridos no tienen carácter reductor ni sabor dulce. Son sólidos no cristalinos, no son solubles en agua fría, pero sí en agua caliente, y forman dispersiones coloidales.

Por hidrólisis, dan pentosas, hexosas o mezclas de estas. Así, se clasifican en **pentosanas** (como la arabanina y la xilana), **hexosanas** (como las glucosanas, por ejemplo, almidón y glucógeno, fructosanas y manosanas) y **polisacáridos mixtos** (como las gomas y el mucílago).

Los polisacáridos también se clasifican en:

- ▶ **homopolisacáridos**, cuando contienen un solo tipo de monosacáridos;
- ▶ **heteropolisacáridos**, cuando contienen dos o más tipos diferentes.

Finalmente, los distintos polisacáridos también difieren en el tipo de uniones glucosídicas existentes entre los monosacáridos, y en la naturaleza y extensión de las ramificaciones. Resulta, entonces, que hay una enorme variedad de macromoléculas que cumplen funciones de reserva energética o estructurales (de sostén).

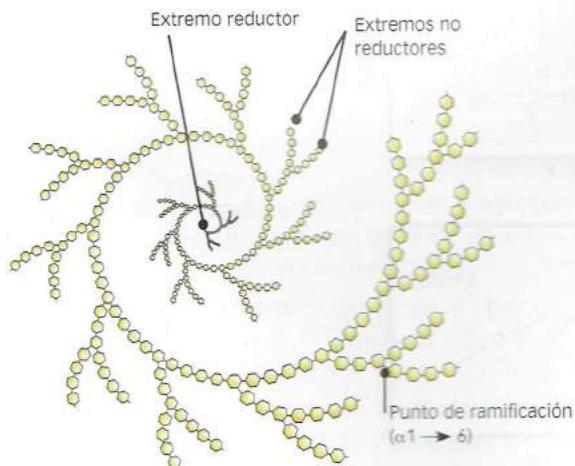


Fig. 4-15. Amilopectina, la estructura ramificada del almidón.

## El almidón

Posee una masa molecular de  $10^6 - 10^8$  y, en realidad, contiene dos tipos de polímeros de la glucosa. La **amiloosa**, compuesta por cadenas largas y no ramificadas de D-glucosa unidas por enlaces  $1 \rightarrow 4$ , y la **amilopectina**, también formada únicamente por D-glucosa, con una masa molecular muy elevada y altamente ramificada, enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 4$  a lo largo de la cadena y  $\alpha 1 \rightarrow 6$  en los puntos de ramificación (figura 4-15). El almidón tiene la capacidad de reaccionar con el yodo, para dar un color azul intenso; la glucosa, en cambio, no produce esta reacción.

## El glucógeno

Tal como verás en el capítulo 7, el glucógeno es el polisacárido de reserva más importante en las células animales, y su grado de complejidad y de ramificación es mayor que en el almidón. Está formado por monómeros de D-glucosa unidas por enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 4$  y ramificaciones  $\alpha 1 \rightarrow 6$  (figura 4-16). El glucógeno es muy abundante en el hígado y en el músculo esquelético.

El glucógeno y el almidón que se ingieren con la dieta son hidrolizados por las enzimas  $\alpha$  y  $\beta$  **amilasas**, contenidas en la saliva y en el jugo intestinal, que son capaces de romper enlaces glucosídicos  $1 \rightarrow 4$ . Por hidrólisis, el almidón se transforma en **almidón soluble**; luego, en **dextrinas** más o menos complejas; luego, en maltosa y, finalmente, en glucosa.

La acción de la  $\beta$ -amilasa sobre el glucógeno es muy similar a la que se observa en la amilopectina. El glucógeno se hidroliza y da polisacáridos de baja masa molecular, luego maltotriosa y maltosa y, por último, muy lentamente, glucosa.

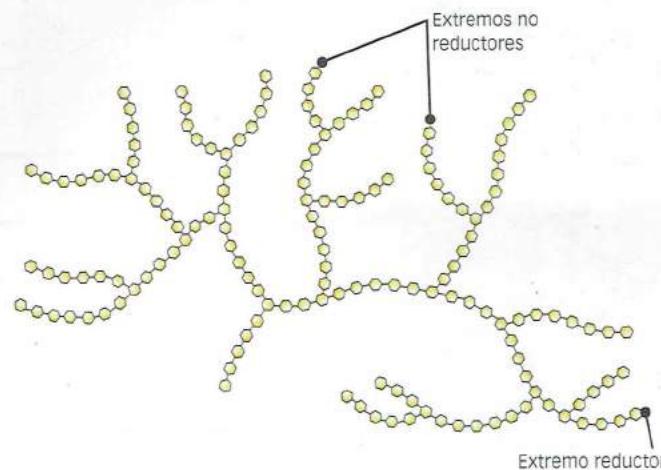


Fig. 4-16. Estructura ramificada del glucógeno.

## Polisacáridos estructurales

Algunos organismos contienen importantes polisacáridos estructurales o de sostén, que integran cubiertas o estructuras esqueléticas del cuerpo (figura 4-17). ¿Qué tienen en común estos materiales y qué los diferencia del almidón o glucógeno? ¿Cómo describirías su estructura?

La **quitina**, por su parte, es el componente principal del exoesqueleto de muchas especies de artrópodos. Se trata de un homopolisacárido lineal compuesto por unidades de N-acetil-O-glucosamina unidas por enlaces  $\beta 1 \rightarrow 4$ . Forma fibras extendidas y no es digerible por los vertebrados.

La **celulosa** se encuentra en las paredes celulares de las plantas y en todos los tejidos vegetales leñosos y constituye una gran parte de la masa de la madera. Está formada únicamente por unidades de D-glucosa, igual que el almidón y el glucógeno, pero los enlaces son  $\beta 1 \rightarrow 4$  glucosídicos. Al igual que la quitina, se dispone en cadenas rectas y extendidas, entre las cuales se forman puentes de hidrógeno que dan a las fibras gran estabilidad y resistencia.

En 1846, el químico sueco Christian Friedrich Schönbein (1799-1868) descubrió la nitrocelulosa, un explosivo que se obtiene por tratamiento de la celulosa con ácido nítrico. Pero ¿qué tienen en común la celulosa, la nitrocelulosa y el papel? La celulosa es el constituyente fundamental del algodón (que es casi ce-

lulosa pura), del lino, del cáñamo, etc. Industrialmente, además de las nitrocelulosas, se obtiene **algodón pólvora**, base de las pólvoras sin humo; **piroxilina**, base del celuloide y otros plásticos, así como **seda artificial**, por formación de filamentos finos de celulosa. Sin embargo, sin duda, el producto industrial más importante es el **papel**, que se obtiene por tratamiento de la pulpa de celulosa.

## Polisacáridos mixtos, glucolípidos y glucoproteínas

Los polisacáridos mixtos están formados por distintos tipos de monosacáridos, o un solo tipo de monosacárido combinado con otros compuestos. Entre ellos, podemos destacar dos:

- las **gomas (arábiga, tragacanto), compuestas por pentosas, hexosas y ácidos urónicos;**
- los **mucílagos** (agar-agar), que contienen galactosa y ácido sulfúrico.

Otros polímeros mixtos incluyen los **peptidoglucanos**, formados por unidades alternadas de N-acetilglucosamina y ácido N-aceltimurámico, unidas por enlaces  $\beta 1 \rightarrow 4$  y los **glucosaminglucanos**, compuestos por N-acetilglucosamina y ácido urónico.

A su vez, en las células, los glucosaminglucanos unidos a proteínas extracelulares forman los **proteoglucanos** o **glucoproteínas**. Cuando se unen a lípidos, forman los llamados **glucolípidos**.

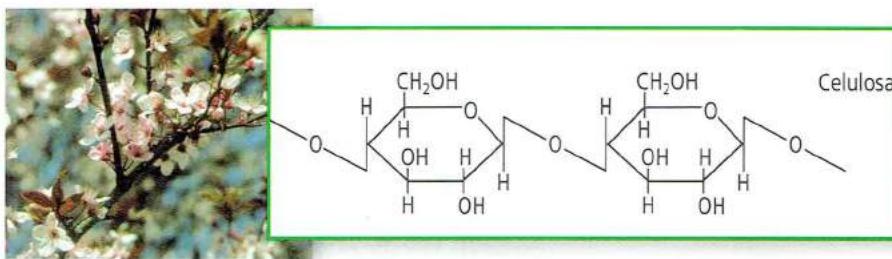
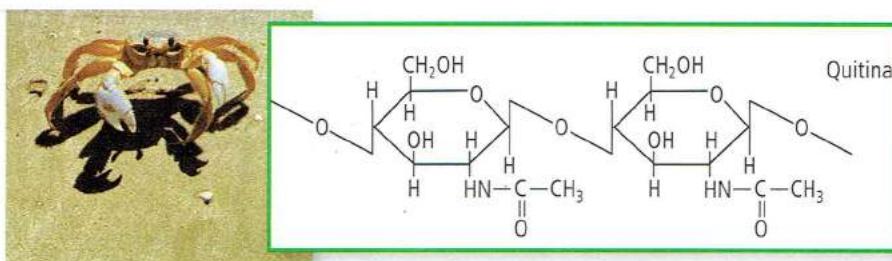


Fig. 4-17. La quitina y la celulosa forman parte del exoesqueleto de los cangrejos y de las plantas, respectivamente.

### ACTIVIDADES

6. La celulosa no puede ser utilizada directamente como fuente de energía en el metabolismo animal, porque las amilasas no logran hidrolizar los enlaces. Sin embargo, las termitas pueden digerirla porque aprovechan la acción de un microorganismo que se aloja en su intestino y produce una enzima que hidroliza estos enlaces. ¿Existen mamíferos que digieren la celulosa de esta manera? ¿Cuáles?

# Ciencia en tus manos

## Trabajo en el laboratorio: elaboración de un informe

En el relato del principio del capítulo, el Dr. Leloir cuenta que un día uno de sus colaboradores apareció en el laboratorio con un trabajo científico publicado en el cual se mostraba la estructura de un compuesto que coincidía con el que ellos estaban estudiando! Esa publicación "hizo la diferencia", ya que gracias a ella pudieron encaminar el trabajo en el sentido correcto.

Evidentemente, las **publicaciones científicas** juegan un papel central en el quehacer científico; comunicar sus ideas y sus resultados es una de sus actividades más importantes, y es lo que permite que el conocimiento científico avance. Pero ¿qué

significa exactamente la "comunicación científica"? ¿Hay "mala" o "buena" comunicación? ¡Sí que las hay! Una buena comunicación es aquella que cumple el objetivo para el cual está prevista. Es decir, si queremos informar lo que hemos hecho, debemos explicar en detalle el procedimiento y los resultados de nuestro trabajo. Para ejercitarse en esta tarea, aunque en un ámbito no científico, sino escolar, te proponemos que te reúnas con tu grupo y realicen experimentos para luego **elaborar un informe**. Este informe tendrá las siguientes partes: título y autor, objetivos, materiales, métodos, resultados y conclusiones.

### ACTIVIDADES

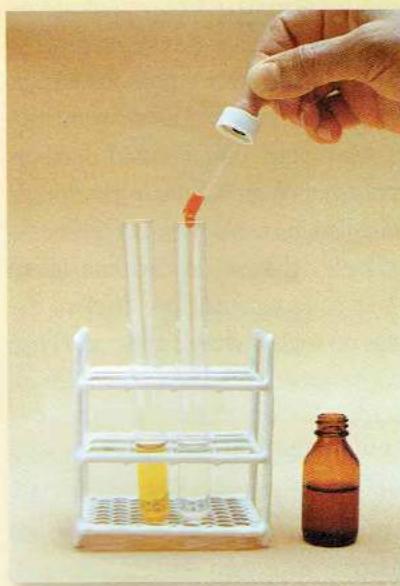
7. Los siguientes experimentos permiten reconocer la presencia de almidón y los productos de su hidrólisis. Realizalos con tus compañeros.

#### Materiales

Reactivos de Fehling A (69,3 g de CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O -sulfato cúprico pentahidratado- disueltos en agua destilada), reactivo de Fehling B (100 g NaOH y 346 g de tartrato de sodio y potasio en un litro de agua destilada), tintura de yodo, almidón o fécula de maíz, cuatro tubos de ensayo, una gradilla, una varilla de vidrio, una espátula, dos goteros, una pinza para tubos de ensayo, un mechero.

- 1º Coloquen en la gradilla dos de los tubos de ensayo. Coloquen 5 ml de agua en cada tubo, y una punta de espátula de almidón en uno de los dos. Mezclen bien con la varilla de vidrio.
- 2º Agreguen cinco a seis gotas de tintura de yodo en cada tubo. Observen el color de la solución y registren el resultado. ¿Qué diferencia hay?
- 3º Ahora preparen un tubo nuevo con 5 ml de agua, una punta de espátula de almidón, y agreguen 1 ml de saliva. Mezclen con la varilla de vidrio y esperen de quince a veinte minutos.
- 4º Repitan el procedimiento del punto 2 colocando tintura de yodo en este nuevo tubo. ¿Qué ocurre en este caso?
- 5º Coloquen 5 gotas de la mezcla de almidón y saliva en un tubo de ensayo limpio, y agreguen 3 ml de reactivo de Fehling (mezcla de A y B en partes iguales). Calienten la mezcla en el mechero, sosteniendo el tubo con la pinza. ¿Qué observan?

- a) Con estos resultados obtenidos, les proponemos que realicen un informe completo, sin omitir ninguna de sus partes.
- b) Una vez que lo hayan terminado, intercambienlo con otro grupo y lean el informe que reciben. ¿Se entiende todo lo expuesto? Si tienen alguna duda, consúltenla y propongan de qué manera podría mejorarse el informe.
- c) Te proponemos que sigas investigando: ¿cuál es la función de la saliva en esta experiencia? ¿Qué biomolécula es responsable de ese efecto? Averiguá cómo se llama y qué función cumple en nuestro organismo.



Paso 2.

## Algo más que una cuestión de papeles

La fabricación de papel tiene un primer paso, la obtención de pasta o pulpa de celulosa a partir de la madera, un proceso de intensa industrialización en el que intervienen varias sustancias químicas y gran cantidad de agua. La madera es transformada primero en pequeñas astillas y luego es sometida a cocción con compuestos generalmente a base de azufre, para extraerle la lignina, el "cemento" que une las fibras de la madera. Luego, siguen sucesivos lavados a distintas temperaturas. El resultado, una pasta de color marrón, indica todavía la presencia de lignina. Se pasa entonces a la fase de blanqueo, necesaria para dar brillo y resistencia a la pulpa, eliminando los restos de lignina. Aquí se emplea mucha agua, con la que se lava la pulpa luego de aplicarle cada sustancia química. La lista de compuestos incluye cloro o dióxido de cloro, soda cáustica, oxígeno o peróxido de oxígeno e hipoclorito de sodio [...].

Aunque todas estas sustancias y los residuos orgánicos de la madera tienen diferentes efectos contaminantes, la presencia del cloro o de sus derivados se roba la atención. Tradicionalmente se utilizó cloro para blanquear la celulosa. Conforme iba creciendo la preocupación por el ambiente, se descubrió que este blanqueo generaba una gran cantidad de organoclorados (dioxinas y furanos), muy tóxicos, persistentes y con capacidad de acumularse en organismos animales. En los años ochenta, varias investigaciones sobre la industria de la celulosa demostraron que liberaba dioxinas y furanos, dos de los doce contaminantes controlados por el Convenio de Estocolmo, afirma el Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (WRM, siglas en inglés). Ese tratado busca eliminar o reducir los doce contaminantes que aumentan los riesgos de contraer cáncer, provocan trastornos hormonales, neurológicos, infertilidad, diabetes y debilidad en el sistema inmunológico. Ante la presión de las poblaciones afectadas y de los ecologistas, la industria desarrolló un sistema en base a dióxido de cloro, que libera menos organoclorados y se conoce como libre de cloro elemental (ECF son sus siglas en inglés), el más utilizado en la actualidad y el que aplicarán las dos empresas europeas en Uruguay.

"Estudios científicos han demostrado ampliamente que estas fábricas producen efectos graves en los ecosistemas. Los pocos avances que se han logrado se debieron a la fuerte presión de la gente a este tipo de instalaciones".



La pasta de celulosa para hacer papel se obtiene mediante el procesamiento de leños.

explicó el biólogo Oscar Galli, uno de los sesenta científicos que firmaron una carta abierta de protesta al gobierno uruguayo. "Basamos nuestro rechazo no solo en experiencias recientes [...] ocurridas en otros países que tuvieron la desgracia de contar con tal industria, sino también en el conocimiento científico actual. Tal experiencia empírica y teórica nos permite asegurar que si habrá contaminación con la instalación de plantas de celulosa", señala la misiva.

Luego de la aparición del ECF, se desarrolló el método de blanqueo totalmente libre de cloro (TCF), que prescinde de compuestos clorados. Aproximadamente el 20% de la producción mundial de celulosa se obtiene con el tradicional sistema de cloro, el 75% con el ECF y poco más del 5% mediante el método TCF, según datos de 2002 manejados por WRF. Científicos y ambientalistas señalan que las empresas no han apostado al sistema TCF por sus elevados costos, pero el portavoz del grupo finlandés Botnia en Uruguay, el ingeniero agrónomo Carlos Faroppa, dijo a IPS que se debe a un problema de calidad y efectividad.

**Fuente:** [www.revistavirtualpro.com](http://www.revistavirtualpro.com)  
[consultado en septiembre de 2010].

### ACTIVIDADES

8. Juntate con dos o tres compañeros e investiguen:
  - a) ¿En qué partes de nuestro país hay plantas de producción de pasta de celulosa?
  - b) ¿Qué controles son necesarios para determinar si una planta de procesamiento de celulosa está contaminando el ambiente?

# La enfermedad dulce

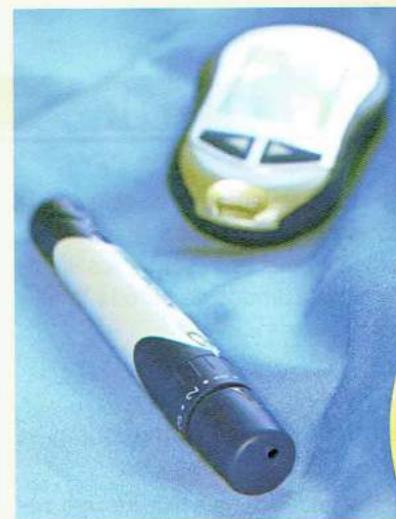
¿Qué es la insulina? Es una hormona –una sustancia que sirve como ‘mensajero’ dentro de nuestro organismo– producida en el páncreas por grupos de células especializadas llamados islotes de Langerhans. Regula el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y el almidón. Una deficiencia en su producción de insulina o la inhibición de su acción sobre las células produce una enfermedad llamada diabetes mellitus. El tratamiento indicado es, precisamente, la administración de esta hormona.

Igual que otras proteínas, la insulina es mal digerida si se administra por vía oral; por lo tanto, para su uso clínico debe ser administrada mediante inyecciones intramusculares. Con frecuencia, en el tratamiento de la diabetes mellitus, la insulina se combina con protamina para prolongar el periodo de absorción de la hormona. La insulina cristalizada procedente del páncreas contiene cinc, que también prolonga el periodo de absorción. Una preparación conocida como insulina-cinc-protamina prolonga aún más la acción de la hormona.

Desde la Antigüedad, la medicina había contemplado con impotencia cómo la diabetes –llamada ‘enfermedad dulce’– hacía estragos en miles de pacientes incapaces de producir la hormona que regula el metabolismo del azúcar. Hasta que, en 1922, Frederick Banting logró aislar la insulina del páncreas de un perro y se empezó a administrar a los diabéticos.

En 1920, luego de probar suerte con un consultorio propio, Banting consiguió un trabajo en la universidad local, en la que brindaba conferencias semanales sobre medicina. Mientras preparaba una disertación sobre el metabolismo, al leer un artículo sobre la diabetes y los islotes de Langerhans –temas que no conocía–, tuvo la idea que en poco tiempo lo llevaría a aislar la insulina y ganar el Premio Nobel de Medicina.

La diabetes mellitus era una enfermedad que llevaba de manera lenta pero inexorable a la muerte. Desde la segunda mitad del siglo XIX se sabía que tenía algún punto de relación con el páncreas, ya que al extraer esta glándula a animales, estos manifestaban síntomas análogos a los de los diabéticos. A comienzos del siglo XIX se sospechaba que el páncreas segregaba una sustancia que, vertida en la sangre, controlaba el metabolismo de la glucosa y que una insuficiencia de esa sustancia ocasionaba la diabetes. Esta hormona fue bautizada como ‘insulina’ (del latín *insula*,



Equipamiento para medir la glucemia y aplicar insulina, que utilizan los pacientes diabéticos.



Frederick Grant Banting  
(1891-1941).

‘isla’), en referencia a los islotes de Langerhans, grupos de células que la producen. Banting pensó que si anudaba los conductos que llevan el jugo pancreático al intestino podía atrofiar el páncreas sin que se dañasen los islotes productores de insulina. En 1921 fue con su idea a la Universidad de Toronto, donde tuvo la difícil tarea de convencer al profesor de fisiología John Macleod para que le cediese un espacio para investigar y le asignase un ayudante. Charles H. Best, estudiante, se ofreció a trabajar gratuitamente en sus experimentos con perros, cuyos conductos anudaron. Despues de siete semanas, con el páncreas degenerado, realizaron la extirpación de la glándula y posteriormente prepararon un extracto que inyectaron por vía intravenosa a otros perros que estaban afectados de manera intencional de diabetes. El 4 de agosto de 1921 el extracto mostró su eficacia, ya que hizo desaparecer los síntomas de la enfermedad en el perro llamado Dog 408.

En 1923, Banting y el profesor Macleod recibieron el Premio Nobel de Medicina en una decisión muy injusta, ya que el profesor no le había prestado la más mínima atención al proyecto. Banting compartió su premio con Best, quien realmente lo ayudó, mientras que Macleod hizo lo mismo con el bioquímico James B. Collip, quien contribuyó de manera decisiva en la aplicación humana de la insulina.

Fuente: tq.educ.ar [consultado en septiembre de 2010].

## ACTIVIDADES

9. Con el transcurso del tiempo y el progreso de la biotecnología, la insulina que se utiliza en pacientes diabéticos ha ido cambiando. Averiguá cuál es el origen de la insulina que se administra en la actualidad y cuál era hace diez años.

# Actividades finales

10. Definí y representá esquemáticamente en tu carpeta los siguientes compuestos: aldopentosa,  $\beta$ -piranosa,  $\alpha$ -furanosa y cetotetrosa. Podés representar los ejemplos utilizando como monosacáridos de partida la glucosa y la fructosa.

11. Contestá las siguientes preguntas.

- ¿Qué es la mutarrotación? ¿Qué consecuencias se derivan de ella?
- ¿Por qué la maltosa y la lactosa son azúcares reductores y, en cambio, la sacarosa no lo es? Explicá indicando las fórmulas químicas correspondientes.
- ¿Qué es un enlace glucosídico? ¿En qué tipo de hidratos de carbono aparece?
- ¿Qué diferencias podés establecer entre la fórmula de Fischer y la de Haworth para representar los hidratos de carbono? ¿Qué ventajas tiene el uso de una o de otra?
- ¿Cómo podés definir un polisacárido de reserva y un polisacárido estructural? Indicá ejemplos de cada uno.
- ¿Qué diferencias existen entre configuración y poder rotatorio?

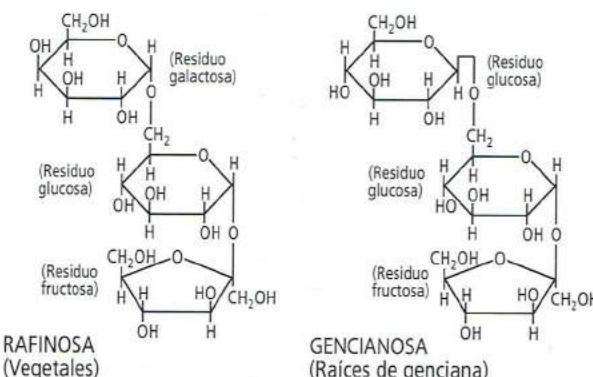
12. Representá las fórmulas de Fischer de los siguientes compuestos:

- L-gulosa;
- D-idosa;
- ácido galactárico;
- ácido idurónico;
- manitol.

13. Representá los siguientes compuestos mediante fórmulas de Haworth:

- sacarosa;
- D-fructofuranosa;
- L-ramnosa;
- lactosa;
- ácido D-glucónico.

14. Las siguientes son las fórmulas de dos trisacáridos naturales de las plantas. Explicá cuáles son los monosacáridos constituyentes que se obtendrían por hidrólisis e investigá sobre la importancia de estos trisacáridos. ¿En qué plantas se encuentran? ¿Se utilizan como productos farmacéuticos o componen determinados alimentos?



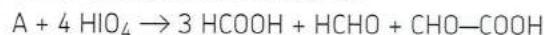
15. En el cuerpo humano existe un nivel casi constante de glucosa disuelta en sangre, cuyo valor normal oscila entre 70 y 110 mg/dl de sangre. Esta concentración es regulada por dos hormonas antagónicas, la insulina y el glucagón, que son secretadas por el páncreas.

- Buscá información en libros de biología sobre la función específica de estas hormonas.
- Investigá sobre los siguientes términos: hipoglucemia, hiperglucemia, glucosuria.

16. Buscá información y elaborá un informe con tu grupo acerca de los siguientes temas:

- la obtención de las gomas y los mucílagos y sus principales usos en la vida cotidiana;
- la importancia que tienen a nivel biológico los glucosoaminoglucanos, por ejemplo, el ácido hialurónico;
- los hidratos de carbono que se utilizan más comúnmente a nivel casero e industrial para endulzar los alimentos.

17. Dadas las siguientes reacciones:

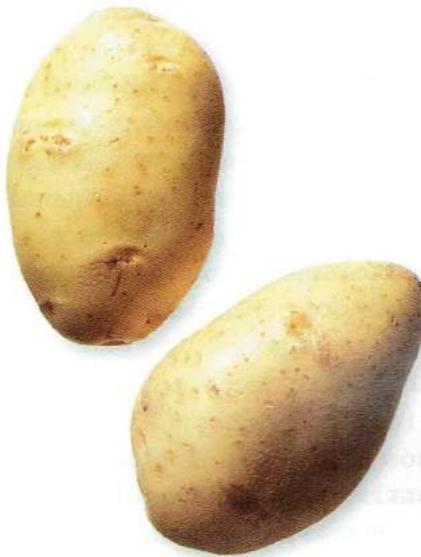


Indicá los nombres de los compuestos A, B, C y D, todos ellos derivados de la glucosa.

18. Copiá en tu carpeta y completá el siguiente cuadro:

	+ React. de Fehling	+ Agua de bromo	+ $\text{HIO}_4$	+ $\text{HNO}_3$
D-glucosa				
D-fructosa				
D-eritrosa				
D-galactosa				
D-xilulosa				

19. Discutí con tus compañeros: si masticaran durante suficiente tiempo un trozo de papa, muy rico en almidón, ¿sentirían un sabor dulce? ¿Por qué?



- a) ¿Cuál es el hidrato de carbono presente en el trozo de papa?
- b) ¿En qué se convierte, luego de masticarlo un rato?
- c) ¿Quién es la responsable de esta conversión?

20. Analizá el "poder edulcorante" de algunos azúcares, referidos a un valor 100 para la sacarosa:

Fructosa	173
Sacarosa	100
Glucosa	74
Maltosa	32
Lactosa	16

En las góndolas de un supermercado, analizá distintos productos que contengan algún tipo de azúcar.

- a) ¿En qué proporciones se encuentran? ¿Qué indicaciones se hacen sobre estos productos?
- b) ¿Para qué se utilizan los alimentos endulzados con fructosa? ¿Por qué el azúcar de fructosa es conveniente para los diabéticos?
- c) ¿Cuáles son los tipos más frecuentes de edulcorantes artificiales que encontraste en los productos analizados? ¿Son azúcares o derivados de azúcares?



#### ■ Libros

Rocca, Francisco F. y Plá, Juan Carlos. *Diabetes Mellitus*. Montevideo, Departamento de Publicaciones del Sindicato Médico del Uruguay, 1963.

Se trata de un libro clásico que aborda la revisión histórica sobre la diabetes mellitus, desde sus orígenes hasta los años sesenta.

#### ■ Internet

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/> [consultado en diciembre de 2010]

Sitio en español de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Posee información sobre salud y temas vinculados, por ejemplo, los tipos de edulcorantes que existen y cuáles están aprobados para su consumo.

# 5

## Los lípidos



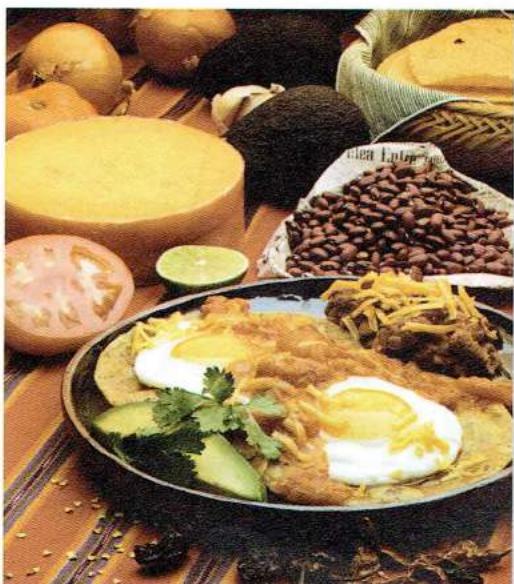
Michel Eugène Chevreul.

*He llamado colesterina a la sustancia cristalizada de los cálculos biliares humanos. Colesterina deriva de kholé (bilis) y stereós (sólido). Se obtiene en estado puro sometiendo cálculos biliares humanos cristalizados a alcohol en ebullición, luego se filtra y se someten a alcohol a baja temperatura [...].*

*Michel Eugène Chevreul*

EL COLESTEROL ES UN LÍPIDO “FAMOSO”. APARECE EN LAS ETIQUETAS DE LOS ALIMENTOS, LA GENTE HABLA DE ÉL CUANDO SE HACE UN ANÁLISIS DE SANGRE, LOS NUTRICIONISTAS RECOMIENDAN DIETAS CON BAJO COLESTEROL. SE CONSIDERA QUE EL DESCUBRIDOR DE ESTE COMPUESTO FUE EL MÉDICO FRANCÉS FRANÇOIS POULETIER DE LA SALLE, UN MÉDICO DE PARÍS QUE, EN 1758, PUSO POLVO DE CÁLCULO BILIAR EN ALCOHOL Y OBTUVO UNAS LÁMINAS CRISTALINAS Y BRILLANTES. SIN EMBARGO, FUE EL QUÍMICO FRANCÉS **MICHEL EUGÈNE CHEVREUL** (1786-1889) QUIEN LES DIO NOMBRE A ESTAS LÁMINAS.

LAS LLAMÓ “COLESTERINA”, YA QUE BUSCABA RESUMIR EN UNA ÚNICA PALABRA EL SIGNIFICADO DE “SUSTANCIA DE CONCRECIÓN BILIAR”. CON EL TIEMPO, SE DESCUBRIÓ QUE LA COLESTERINA SE DEPOSITABA EN LAS ARTERIAS, Y QUE QUÍMICAMENTE ERA UN ALCOHOL. POR ESA RAZÓN, PASÓ A DENOMINARSE “COLESTEROL”. SABEMOS, ADÉMÁS, QUE UNA BUENA PROPORCIÓN DE LOS ESTUDIOS BIOQUÍMICOS QUE SE HACEN EN LOS LABORATORIOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS INVOLUCRAN LA MEDICIÓN DE LAS CANTIDADES DE COLESTEROL QUE CIRCULAN POR LA SANGRE. TAMBIÉN SABEMOS QUE CANTIDADES EXCESIVAS DE COLESTEROL PUEDEN SER PERJUDICIALES PARA EL SISTEMA CIRCULATORIO Y PARA NUESTRA SALUD GENERAL. PERO ¿QUÉ ES EXACTAMENTE EL COLESTEROL? ¿SIEMPRE ES UNA SUSTANCIA PERJUDICIAL? SEGURAMENTE ESCUCHASTE DECIR QUE EL COLESTEROL PUEDE SER “BUENO” O SER “MALO”. EN LA PRÁCTICA, QUE EL COLESTEROL PERTENEZCA A UNA U OTRA CATEGORÍA TIENE UNA EXPLICACIÓN QUÍMICA, QUE PODEMOS DESCUBRIR CON SOLO ANALIZAR UN POCO EL ROL DE ESTA MOLÉCULA EN NUESTRO ORGANISMO.



Alimentos ricos en colesterol.

### ACTIVIDADES

1. El colesterol es una biomolécula que pertenece a la familia de los lípidos. Respondé las siguientes preguntas:
  - a) ¿Qué función creés que cumple el colesterol en el organismo?
  - b) ¿En qué lugar del organismo se puede encontrar colesterol?
- c) Investigá en qué alimentos puede encontrarse gran contenido de colesterol. ¿Se trata de alimentos animales o vegetales?
2. En el texto se menciona que la colesterina se deposita en las arterias. Investigá cómo se llama esa enfermedad y cuáles son los factores que favorecen su aparición.

## Los lípidos y sus propiedades

Además de los hidratos de carbono, otro de los cuatro grandes grupos de biomoléculas es el de los **lípidos**. Se trata de un grupo de moléculas fundamentales para las células y todos los seres vivos, tal como veremos en este capítulo. En nuestra dieta aparecen en los aceites, la leche entera, la manteca, ciertas galletitas y muchos otros alimentos (figura 5-1).

A diferencia de los otros grupos de biomoléculas, el criterio por el cual los lípidos se agrupan no es su estructura, sino su **solubilidad**. Como vimos, los hidratos de carbono están conformados por azúcares simples libres, o unidos en forma de polímeros; su estructura básica, entonces, es siempre la misma. Con los lípidos ocurre algo diferente: no hay una única estructura elemental, que esté presente en todos los miembros de este grupo. Por el contrario, la característica central de este conjunto de moléculas es la **hidrofobia**. ¿De qué se trata? Decimos que una sustancia es hidrofóbica cuando repele el agua. Todos los lípidos son sustancias **insolubles en agua** como consecuencia de su carácter no polar (figura 5-2).

### Funciones biológicas de los lípidos

Aunque muchas personas consideran que los lípidos son perjudiciales para nuestra salud, ¡son imprescindibles! Tal como veremos luego, estas moléculas cumplen un rol fundamental en la estructura de las membranas biológicas. Allí, cumplen función estructural, a la vez que regulan el paso de sustancias desde y hacia el interior de las células. Sin embargo, cuando nos hablan de “grasas” –una de las clases de lípidos– pensamos en “estar gordos”. Lo que ocurre es que otra de las funciones de los lípidos es acumularse en el tejido adiposo y servir como reservas energéticas de nuestro organismo.

### La clasificación de los lípidos

Como mencionamos antes, los lípidos constituyen un conjunto heterogéneo de sustancias químicas agrupadas por su insolubilidad en agua. De acuerdo con su estructura y sus propiedades químicas, se los puede agrupar como **saponificables** o **no saponificables**. Decimos que un lípido es saponificable cuando deriva de la esterificación de los ácidos grasos (enseguida hablaremos de ellos) y puede reaccionar con un álcali –como el hidróxido de sodio o de potasio– para dar una sal. Esa cualidad se debe a la presencia de un grupo funcional químico del tipo carboxilo. Por el contrario, decimos que es no saponificable cuando no deriva de la esterificación de los ácidos grasos y adopta estructuras cíclicas.

#### ACTIVIDADES

3. Identifícá en tu casa otros dos alimentos que posean lípidos en su composición. Para ello, analizá las etiquetas.
  - a) ¿Hay algún alimento que no posea esta clase de biomoléculas?
  - b) ¿Todos los alimentos poseen la misma proporción de lípidos?
  - c) Al analizar las etiquetas, ¿podés distinguir más de una clase de lípidos?



Fig. 5-1. Los lípidos forman parte de muchos alimentos de nuestra dieta.

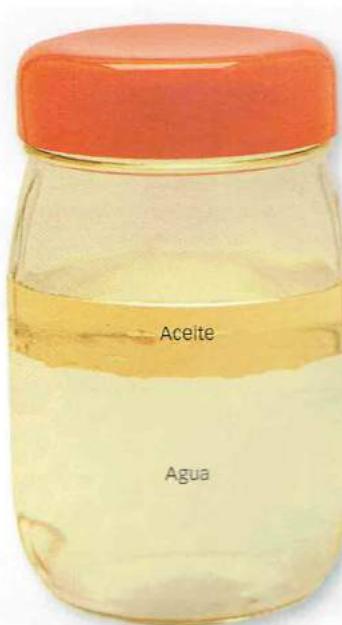


Fig. 5-2. Los lípidos son insolubles en agua (hidrofóbicos).

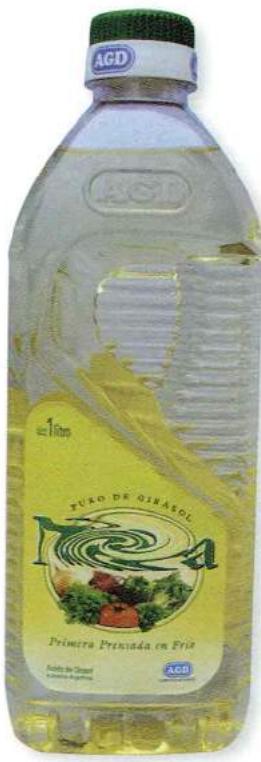


Fig. 5-3. Los triglicéridos líquidos se denominan aceites.



Fig. 5-4. La cera producida por las abejas es un lípido saponificable.

## Lípidos saponificables

Dentro del grupo de los lípidos saponificables podemos encontrar los **lípidos simples**, como los acilglicerídos y las ceras, y los **lípidos compuestos**, como los fosfoglicerídos, las esfingomielinas y los glucolípidos.

- Los **acilglicerídos** se forman por la unión de una molécula de **glicerol** con uno, dos o tres ácidos grasos, lo que da monoglicerídos, diglicerídos y triglicerídos. Estos últimos son llamados **grasas** si son sólidos a temperatura ambiente, y **aceites** si son líquidos (figura 5-3).
- Las **ceras** son lípidos sólidos formados por grandes moléculas de ésteres de ácidos grasos de cadena larga, saturados e insaturados con alcoholes. Aquí se incluyen, por ejemplo, la cera de abejas y la lanolina que forma la lana de las ovejas (figura 5-4).
- Los **fosfoglicerídos** o **glicerofosfolípidos** se originan por la esterificación de una molécula de glicerol con dos ácidos grasos y una de ácido ortofosfórico. Están presentes en todas las membranas biológicas, y pueden contener nitrógeno –como la fosfatidiletanolamina y la fosfatidilcolina– o no poseerlo –como el ácido fosfatídico y el fosfatidinositol–.
- Las **esfingomielinas** derivan de la esterificación de las moléculas de esfingol, un aminoalcohol insaturado de dieciocho átomos de carbono, con el ácido ortofosfórico. Son muy comunes en el sistema nervioso, donde forman parte de la estructura de la vaina de mielina.
- Los **glucolípidos** o **esfingósidos** son también derivados del esfingol, pero no contienen ácido ortofosfórico. Tienen una cola no polar, denominada genéricamente “ceramida”, y una cabeza polar formada por el glúcido, que puede ser la galactosa (en los **cerebrósidos**) o el ácido N-acetylneuramínico (en los **gangliósidos**). Los cerebrósidos están presentes en la sustancia blanca del cerebro y en las vainas de mielina, y los gangliósidos, en las células ganglionares.

## Lípidos no saponificables

Además de los ejemplos anteriores, hay algunos lípidos que no están conformados por ésteres de ácidos grasos, sino por varios anillos condensados –como los esteroides– o estructuras repetitivas –como los terpenoides–. Se trata de los lípidos no saponificables.

- Los **esteroides** tienen en común la presencia del anillo de ciclopentanoperhidrofenantreno. Incluyen los esteroles, como el **colesterol**, los **ácidos biliares** y las hormonas esteroideas.
- Los **terpenoides** son polímeros del isopreno (que es el 2-metil-1,3-butadieno) y de sus derivados oxigenados, comunes en muchos tejidos vegetales. Pueden ser hidrocarburos (**terpenos**), alcoholes (**terpenoles**), aldehídos (**terpenales**) o cetonas (**terpenonas**). En esta familia se incluyen también los carotenoides, como los pigmentos de la zanahoria.
- Los **icosanoídes** son derivados de los ácidos grasos, por ejemplo, del ácido araquidónico. Cumplen importantes funciones de tipo hormonal en los tejidos de los vertebrados.

# Los ácidos grasos

Fijate que para clasificar los lípidos hablamos de aquellos que derivan de la esterificación de **ácidos grasos** y los que no derivan de ellos. Pero ¿qué son los ácidos grasos? ¿Por qué se los denomina así? Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga y de número par de átomos de carbono. Se los denomina así porque forman parte, precisamente, de todas las grasas saponificables (que reaccionan con los álcalis) animales y vegetales.

Los ácidos grasos naturales forman cadenas de 4 a 36 átomos de carbono. Pueden ser saturados o insaturados, en este caso, con dos, tres o cuatro dobles enlaces. Los ácidos grasos saturados de hasta diez o menos átomos de carbono son líquidos, y los restantes son sólidos. En las grasas naturales predominan los de dieciséis y dieciocho átomos de carbono, pero en la manteca y en la leche, por ejemplo, los de menos carbonos (figura 5-5). Tal como se puede observar en la tabla, los ácidos grasos reciben el nombre de acuerdo con la fuente de la que fueron aislados por primera vez. Así, el ácido butanoico proviene de la manteca, el ácido láurico proviene del laurel y el ácido palmítico proviene de la palma. Los jabones comunes son sales de sodio o de potasio de ácidos grasos (**► El detalle**). Si investigás un poco, seguramente vas a descubrir que hay una marca de jabones que aprovecha el nombre de dos ácidos grasos en una única palabra.

## Ácidos grasos esenciales

Se trata de un conjunto de ácidos grasos poliinsaturados, que son imprescindibles para ciertas funciones biológicas de los seres humanos, y que nuestro organismo no puede sintetizar. Estos ácidos resultan importantes para el normal desarrollo de los sistemas inmunológico y nervioso y, además, son precursores de derivados de los lípidos como las **prostaglandinas**, los **tromboxanos**, los **leucotrienos** y las **pentaciclinas**. Además, se comprobó que aumentando la ingesta de alimentos que contienen estos ácidos se retarda la aparición y progresión de afecciones coronarias.

Ácidos grasos más importantes				
	Nombre	Número de átomos de carbono	Fórmula semidesarrollada	Se encuentra en
Saturados	Butanoico	4	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$	Manteca
	Láurico	12	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$	Laurel
	Mirístico	14	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$	Nuez moscada
	Palmítico	16	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$	Todas las grasas vegetales y animales
	Esteárico	18	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$	Todas las grasas vegetales y animales
	Araquídico	20	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$	Maní
No saturados	Oleico	18	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2 \ (\Delta 9) \omega 9$	Todas las grasas
	Linoleico	18	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2 \ (\Delta 9, 12) \omega 6$	Aceite de maíz
	Linolénico	18	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2 \ (\Delta 9, 12, 15) \omega 3$	ACEITE DE LINAZA
	Araquidónico	20	$\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2 \ (\Delta 5, 8, 11, 14) \omega 6$	ACEITE DE MANÍ

Fig. 5-5. Tabla de ácidos grasos más importantes.

### El detalle

#### ¿Por qué los jabones limpian la grasa?

Si intentamos limpiar manchas de grasa de una prenda sumergiéndola en agua repetidas veces, no lo lograremos. ¿Por qué? En muchos casos, las manchas de suciedad están formadas por partículas de grasas y aceites –que son lípidos– adheridas al tejido. Para remover esas manchas se necesita una sustancia que sea humectante (que permita que el agua actúe “mojando” la superficie) y emulsionante al mismo tiempo. Los **jabones** (figura 5-6) cumplen con esas características. Tienen una zona polar, soluble en agua (**hidrofílica**), y un resto hidrocarbonado no polar que repele el agua (**hidrofóbico**). Cuando lavamos la ropa, las partículas no polares de la suciedad se solubilizan en la región hidrofóbica del jabón y, como la otra zona es soluble en agua, se forma una emulsión en la cual esas partículas, atrapadas por las moléculas de jabón, se dispersan para luego ser removidas de la ropa junto al agua de lavado.



Fig. 5-6. Distintos jabones: de tocador y de lavar en barra, en pastillas y en polvo.

### ACTIVIDADES

4. Tal como verás en la sección “Ciencia en tus manos”, los jabones están hechos a partir de lípidos. Pero ¿de cuáles? Juntate con uno o dos compañeros e investiguen cuáles son los lípidos utilizados para producir jabón.

## Los acilglicerídos

Cuando nos entregan los resultados de un análisis de sangre solemos preguntarnos acerca del tipo de sustancias que se investigan, qué función cumplen y qué trastornos pueden traer a la salud si los valores obtenidos no están dentro del rango de referencia.

Consegui y examiná un análisis de laboratorio. ¿Sobre los datos de qué lípidos se basa el análisis? ¿Qué importancia tienen los triglicéridos?

Los **acilglicerídos** son **ésteres del glicerol** con uno, dos o tres ácidos grasos (**monoglicerídos**, **diglicerídos** o **triglicerídos**, respectivamente) (figura 5-7). Los triglicéridos son los lípidos más abundantes en la naturaleza y también se los conoce como **grasas neutras**. Casi todos los triglicéridos están compuestos tanto por ácidos grasos saturados como insaturados. Si predominan los saturados, en general son sólidos (a 20 °C) y se los denomina "grasas"; mientras que si prevalecen los insaturados resultan líquidos, y son llamados "aceites". En el organismo humano funcionan como reserva energética y, además, resultan aislantes de órganos y tejidos. Si bien estas funciones son muy importantes, el consumo excesivo de grasas neutras saturadas es uno de los factores de riesgo de la obesidad y otras enfermedades; por ello, no deben sobrepasarse los valores considerados normales.

Los triglicéridos se caracterizan por una serie de propiedades físicas y químicas que se relacionan con las importantes funciones que cumplen.

► **Solubilidad.** Son insolubles en agua; al agitarlos en esta sustancia, se fraccionan en pequeñas gotitas y forman una emulsión. Pero esta emulsión resulta muy inestable y, con el tiempo, las gotitas tienden a juntarse y formar dos capas. En presencia de jabones, detergentes o ácidos y sales biliares, la emulsión se estabiliza.

- **Saponificación.** Por hidrólisis en medio alcalino – proceso llamado saponificación (figura 5-8) – se recupera el glicerol y se forman las sales de los ácidos grasos (jabón).
- **Rancidez.** En presencia de oxígeno atmosférico y luz, los ácidos grasos insaturados de los triglicéridos se oxidan, y se obtienen ácidos grasos más simples, de olor desagradable.
- **Hidrogenación.** Cuando se hidrogena una grasa neutra (es decir, se adiciona hidrógeno a los dobles enlaces C=C presentes en los ácidos grasos insaturados) se obtienen grasas saturadas, de sabor más agradable pero más duras. Este tipo de proceso se utiliza en la elaboración de las margarinas. A estas grasas suaves y que se funden con facilidad, como la manteca, se las emulsiona con leche a la que se agregan bacterias para darle su sabor característico mediante procesos de fermentación. Además, se agregan vitaminas, como la A y la D, y colorantes. Resulta interesante el hecho de que la hidrogenación retarda o disminuye el proceso de rancidez (las margarinas resisten mejor el calor que la manteca).

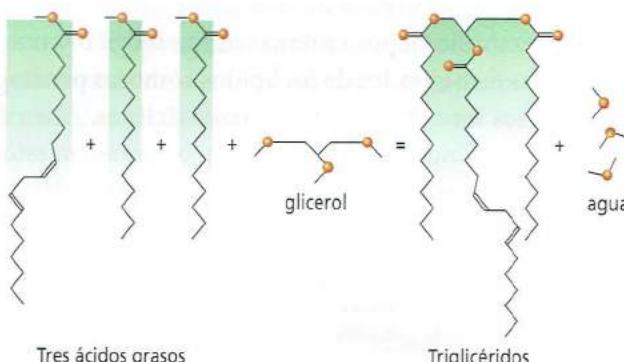
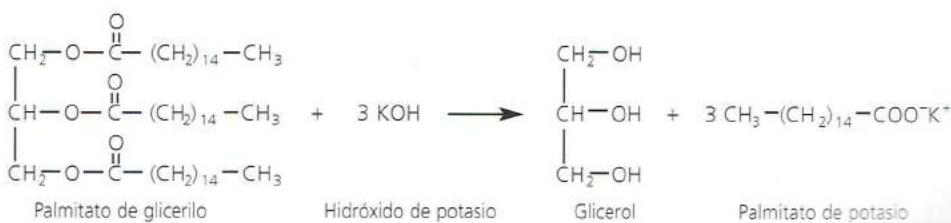


Fig. 5-7. Formación de los triglicéridos.

Fig. 5-8. Saponificación de un triglicérido.



## Fosfolípidos y glucolípidos

Si se esterifica el glicerol con dos ácidos grasos y una molécula de ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ ), se obtiene un éster denominado genéricamente **ácido fosfatídico**, que interviene en la síntesis de los fosfolípidos. A su vez, uno de los grupos OH libres del ácido fosfatídico (figura 5-9) puede reaccionar con otra molécula.

El glicerol, por otro lado, no es el único alcohol que participa de la estructura de los lípidos saponificables. El **esfingol** o **esfingosina**, un aminoalcohol insaturado de dieciocho átomos de carbono, está presente en diversos

lípidos compuestos, llamados en general **esfingolípidos**. Al esterificarse con el ácido ortofosfórico constituye moléculas llamadas **esfingomielinas**.

Los glucolípidos se conocen como **esfingósidos**, ya que también son derivados del esfingol, pero, a diferencia de las esfingomielinas, no contienen ácido ortofosfórico. En su estructura pueden reconocerse dos zonas: la “cola” no polar, denominada genéricamente **ceramida**, y la “cabeza” polar, formada por el monosacárido galactosa (en los **cerebrósidos**) o un oligosacárido que contiene ácido N-acetilneuramínico (en los **gangliósidos**).

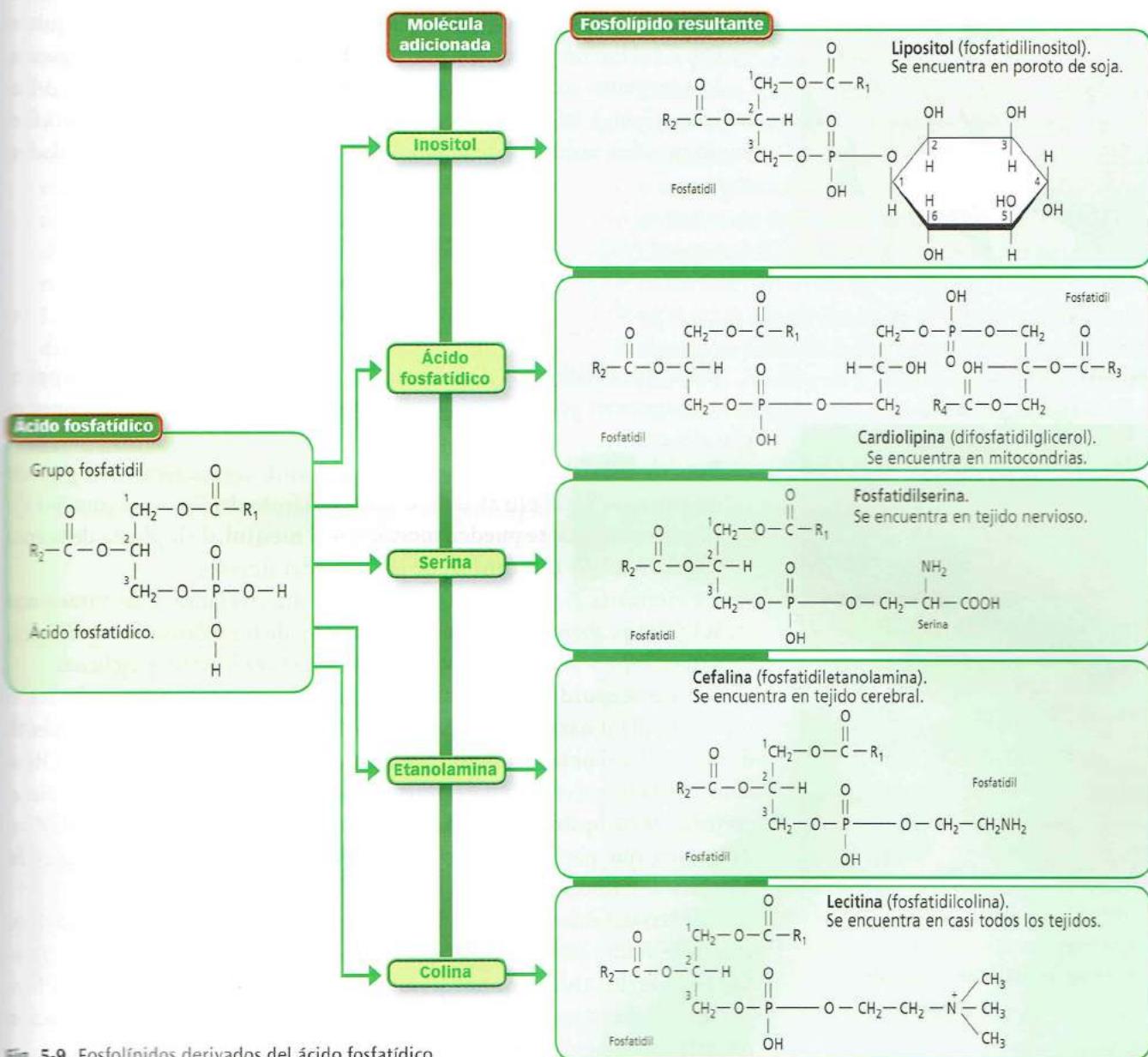


Fig. 5-9. Fosfolípidos derivados del ácido fosfatídico.

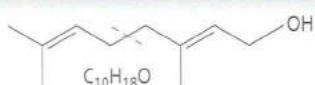


Fig. 5-10. Geraniol.

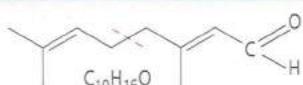


Fig. 5-11. Citral.

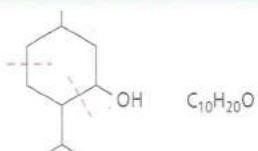


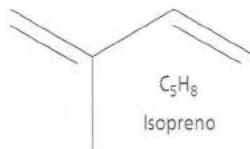
Fig. 5-12. Mentol.

## Terpenoides e icosanoides

Cuando se realiza una destilación de un macerado vegetal, se obtiene un líquido insoluble en agua pero soluble en solventes orgánicos, denominado genéricamente **aceite esencial**. Esta denominación es muy parecida a la que utilizamos con los ácidos grasos. Sin embargo, significan cosas totalmente distintas. Como vimos anteriormente, cuando hablamos de “ácidos grasos esenciales”, nos referimos a aquellos que nuestro organismo no puede producir y, por lo tanto, debe ingerir con la dieta. Aquí nos referimos al aceite que forma la “esencia” del vegetal. Es habitual que estos aceites puedan ser tanto hidrocarburos como alcoholes, aldehídos o cetonas.

La fórmula molecular de los principales hidrocarburos que forman aceites esenciales naturales es  $C_{10x}H_{16x}$ , donde x puede ser 1; 1,5; 2; 3 o 4. Sobre la base de esta fórmula se adoptó una nomenclatura que nombra a estos compuestos como **terpenos**:  $C_{10}H_{16}$ : monoterpenos;  $C_{15}H_{24}$ : sesquiterpenos;  $C_{20}H_{32}$ : diterpenos;  $C_{30}H_{48}$ : triterpenos y  $C_{40}H_{64}$ : tetraterpenos.

Los terpenos se consideran polímeros del **isopreno** o 2-metil, 1,3-butadieno ( $C_5H_8$ ), tal como se lo ilustra abajo. Así, un monoterpeno está formado por dos unidades de isopreno; un diterpeno, por cuatro unidades, etcétera.



Estas sustancias y sus derivados (los terpenoles, terpenales y terpenonas) se conocen genéricamente como **terpenoides**, y pueden ser lineales y/o cíclicos:

- ▶ Entre los lineales se encuentran el **geraniol**, componente del geranio (figura 5-10), y el **citral**, de la corteza del fruto del limón (figura 5-11).
- ▶ Entre los cíclicos se pueden mencionar el **mentol**, de la planta de menta (figura 5-12), y el **alcanfor**, de las hojas del alcanfor.
- ▶ La **vitamina E (tocoferol)**, de función antioxidante, y las **vitaminas K1 (filoquinona)** y **K2 (menaquinona)**, de función antihemorrágica, son ejemplos de derivados del isopreno a la vez lineales y cíclicos.

Los **carotenoides** son terpenoides que presentan una típica coloración roja, amarilla o naranja. Entre ellos se encuentran el **licopeno** (pigmento del tomate) y el **betacaroteno** (presente en la zanahoria y el zapallo). Otros compuestos importantes derivados del isopreno son las quinonas lipídicas, como la **plastoquinona**, vinculada al proceso de respiración celular, y los **dolicoles**, que participan en reacciones de transferencia de moléculas de hidratos de carbono.

Los **icosanoides**, por su parte, son moléculas derivadas de los ácidos grasos de veinte carbonos, como el **ácido araquidónico**. Incluyen las prostaglandinas, los tromboxanos y los leucotrienos, e intervienen en las funciones reproductivas, inflamatorias, en la fiebre y el dolor, en la formación de coágulos sanguíneos y otros numerosos procesos biológicos.

# Los esteroides

¿Alguna vez escuchaste hablar del “colesterol bueno” y el “colesterol malo”? ¿Se trata de moléculas diferentes? En realidad, tal como veremos luego, hay un único colesterol. Se trata de un lípido no saponificable imprescindible –en proporciones adecuadas– para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Al igual que otros esteroles, posee un “núcleo” básico de **ciclopantanoperhidrofenantreno** (figura 5-13) y pertenece a la familia de los **esteroides**. Los esteroides pueden clasificarse como esteroles, ácidos biliares y hormonas esteroideas.

- Los **esteroles** son los derivados del ciclopantanoperhidrofenantreno que se caracterizan por tener como función orgánica oxigenada el **alcohol**. Los esteroles más importantes, además del colesterol, son el **ergosterol** –un precursor de la vitamina D2– y el **colecalciferol** –vitamina D3–. En los vegetales se hallan los **fitosteroles**, de los cuales el **sitostero** es el más representativo. En los seres humanos, niveles elevados de colesterol conducen a un estrechamiento de la luz de las arterias, denominado **aterosclerosis** (figura 5-14).
- Los **ácidos biliares** poseen en su estructura uno, dos o tres grupos oxhidrilo, y una cadena lateral de cinco carbonos que finaliza con un grupo carboxilo, como ocurre en los **ácidos cólico** y **desoxicólico**. En la bilis humana se hallan conjugados mediante una unión amídica con los aminoácidos glicina o taurina. Estos ácidos se sintetizan en el hígado a par-

tir del colesterol y se segregan como parte de la bilis en forma de **sales de sodio y potasio** de los ácidos conjugados, llamadas **sales biliares**.

- Las **hormonas esteroideas** se clasifican, según su estructura química, en progestínicas, corticoides, andrógenos y estrógenos. Entre las hormonas progestínicas, la más importante es la **progesterona**. Esta hormona femenina está vinculada a la preparación del útero para la recepción del óvulo fecundado, la implantación del embrión y la estimulación de la producción de leche, entre otras funciones. Los **corticoides** se sintetizan en la corteza de las glándulas suprarrenales, y se clasifican en mineralocorticoides y glucocorticoides. Los **mineralocorticoides** regulan el equilibrio salino y acuoso de los diferentes tejidos, y los **glucocorticoides** –como el **cortisol** y la **corticosterona**– participan del metabolismo de los hidratos de carbono, lípidos y proteínas. Los **andrógenos** –como la **testosterona**– se forman en el testículo y en la glándula suprarrenal (salvo la testosterona, exclusiva de la gónada masculina). Los **estrógenos** (hormonas femeninas) promueven el crecimiento de los folículos ováricos, aumentan el flujo sanguíneo en el útero e intervienen en el mantenimiento de los caracteres sexuales secundarios femeninos. Se originan en el ovario y en la corteza suprarrenal (salvo el estradiol, exclusivo del ovario) (► **EL DETALLE**).

## EL DETALLE

### ¿Qué son las hormonas anabólicas?

La testosterona tiene un poderoso efecto anabólico. Esto significa que posee la capacidad de inducir el crecimiento y el desarrollo de los tejidos, por ejemplo, el tejido muscular. Por esa razón, muchos deportistas han intentado valerse de esta propiedad para aumentar su masa muscular. En este sentido, la industria química desarrolló los anabólicos sintéticos, que son sustancias artificiales derivadas de la testosterona que pueden administrarse por vía oral, y producen el mismo efecto que la testosterona natural. Así, es posible producir un incremento drástico de la masa muscular en muy poco tiempo. Sin embargo, estas sustancias poseen numerosos efectos adversos. Por un lado, se produce una atrofia de los órganos sexuales responsables de la síntesis de las hormonas naturales; por otro, los anabólicos poseen efectos secundarios muy característicos, como la esterilidad masculina, la aparición de conductas agresivas, aumento del colesterol y arritmias cardíacas, entre otros.

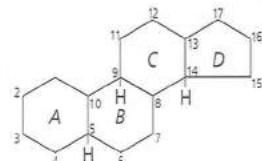


Fig. 5-13. Ciclo pentanoperhidrofenantreno.

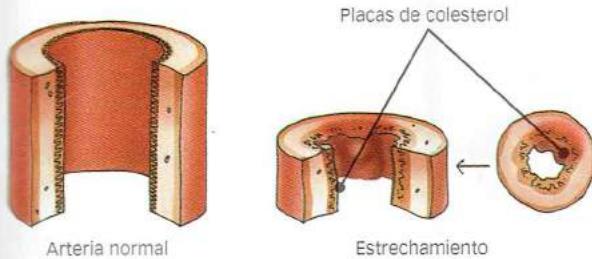


Fig. 5-14. Estrechamiento de las arterias en la aterosclerosis.

## Los fosfolípidos y las membranas biológicas

Al igual que los glucolípidos y los jabones, los **fosfolípidos** son moléculas anfipáticas, es decir que contienen dos zonas con propiedades bien diferenciadas en cuanto a su polaridad: la **cabeza** hidrofílica (soluble en agua) y la **cola** (el resto hidrocarbonado) no polar, hidrofóbica. Esta característica permite que los fosfolípidos sean los constituyentes mayoritarios de los lípidos de las membranas biológicas.

La **membrana celular o plasmática**, una barrera semipermeable que separa una célula del medio que la rodea, está constituida, aproximadamente, por el 60% de proteínas, el 35% de lípidos y el 5% de hidratos de carbono. Entre los lípidos –aparte de los fosforados– se encuentran los glucolípidos y algunos esteroides. La composición química de la membrana celular y su estructura se relacionan con sus funciones principales: estructural, de permeabilidad selectiva y receptora o emisora de señales. Los fosfolípidos de la membrana celular contribuyen a su mayor o menor **fluidez**, que depende del porcentaje de ácidos grasos saturados que intervienen en la composición de los fosfolípidos: cuanto mayor es la proporción de ácidos grasos saturados, más rígida es la membrana, y es más fluida si hay mayores cantidades de ácidos grasos insaturados.

En 1972, S. Singer y G. Nicolson propusieron un modelo de membrana celular denominado **mosaico fluido** (figura 5-15). Estos científicos postularon que la membrana celular era una estructura dinámica de proteínas intercaladas entre la doble capa de lípidos. Los

lípidos de las membranas celulares están dispuestos en una doble capa: hacia el exterior de estas (los medios intercelular e intracelular, ambos acuosos) se ubican los extremos polares de los fosfolípidos, mientras que las colas hidrofóbicas se enfrentan entre sí, ubicándose en el interior de la doble capa. Las proteínas de la membrana cumplen funciones enzimáticas o de reconocimiento; de acuerdo con su ubicación, pueden ser **periféricas** (ubicadas hacia el exterior de la membrana, si se eliminan no se altera la estructura de la membrana) o **integrales** (atraviesan la bicapa o se colocan en su interior). Algunas proteínas integrales forman **canales** que permiten el paso de ciertas sustancias a través de la membrana. Ciertas proteínas periféricas actúan como **receptores**, distinguiendo señales químicas del exterior y traduciéndolas hacia el interior para permitirle a la célula elaborar una respuesta adecuada. Los hidratos de carbono de las membranas se encuentran unidos a lípidos (forman parte de los glucolípidos) o a proteínas (glucoproteínas). Están ubicados hacia el exterior de la membrana y cumplen funciones de reconocimiento celular y de sostén.

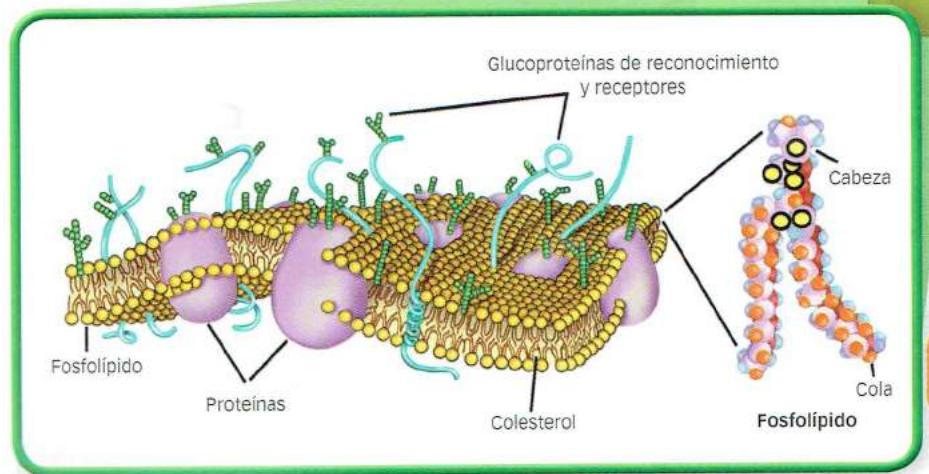
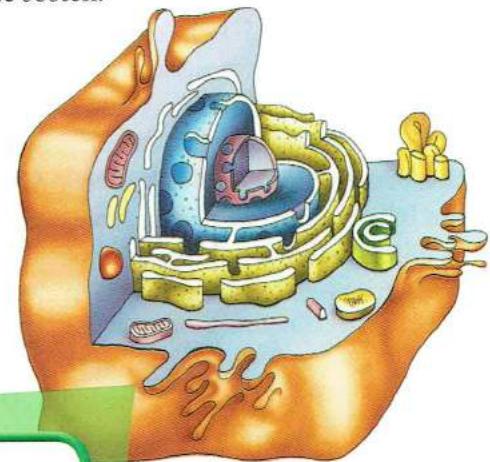


Fig. 5-15. Modelo de mosaico fluido propuesto por Singer y Nicolson.

### ACTIVIDADES

5. Investigá cuál es la función principal del colesterol dentro de las membranas biológicas.

# Las lipoproteínas

EL DETALLE

Tal como mencionamos antes, muchas veces se habla sobre el “colesterol bueno” y el “colesterol malo” y de cómo sus valores pueden estar alterados (**► EL DETALLE**). Sin embargo, hay una única molécula de colesterol en nuestro organismo, que tiene funciones imprescindibles para nuestro metabolismo (figura 5-16).

Tanto en la sangre humana como en la leche vacuna y en la yema del huevo, la mayoría de los lípidos se encuentran asociados a proteínas. En el plasma –la fracción líquida no celular de la sangre– se forman complejos entre los triglicéridos (no polares) que se asocian a fosfolípidos (polares), a colesterol y a las proteínas para poder ser transportados a través de ese medio acuoso. Estos complejos se denominan lipoproteínas, y pueden clasificarse, en función de su densidad, en cinco tipos generales:

- Los **quilomicrones (QM)**, las lipoproteínas de mayor tamaño, transportan los lípidos exógenos (ingeridos con la dieta) al tejido adiposo, al muscular y al cardíaco.
- Las **lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)** están formadas por proteínas unidas a triglicéridos, y llevan los lípidos de síntesis endógena (hepática) a los tejidos periféricos.
- Cuando las VLDL pierden un gran porcentaje de sus triglicéridos, se transforman en **lipoproteínas de baja densidad (LDL)**, que llevan el colesterol al plasma y a todas las células para su utilización. Si hay exceso de esta lipoproteína (el colesterol que contiene es el llamado “colesterol malo”), puede depositarse en las paredes de las arterias y provocar lesiones (ateromas) que estrechan su luz, produciendo una patología denominada aterosclerosis.
- Por su parte, las **lipoproteínas de alta densidad (HDL)** contienen el llamado “colesterol bueno” porque estas partículas remueven el colesterol de los tejidos periféricos y lo transportan al hígado, a las glándulas adrenales y a las gónadas, para su metabolización.

Todas las lipoproteínas plasmáticas poseen una estructura similar; están conformadas por un núcleo hidrofóbico, en el cual se concentran los lípidos no polares transportados (como el colesterol), y una zona exterior, en la que prevalecen los fosfolípidos y las porciones proteicas polares. Como la grasa es menos densa que el agua, podemos decir que cuanto mayor sea el contenido de lípidos, menor será la densidad de la lipoproteína.

## ¿Qué son las dislipemias?

Las dislipemias son el conjunto de patologías relacionadas con las concentraciones y el metabolismo de los lípidos en nuestro organismo. Las más frecuentes son las alteraciones en los niveles de triglicéridos y colesterol, en particular de HDL (colesterol “bueno”). En general, esas afecciones tienen un componente genético, es decir que las personas que las padecen suelen tener una predisposición heredada. Sin embargo, influyen otros múltiples factores, como la dieta, la actividad física y ciertos hábitos, como el tabaquismo y el consumo de alcohol.

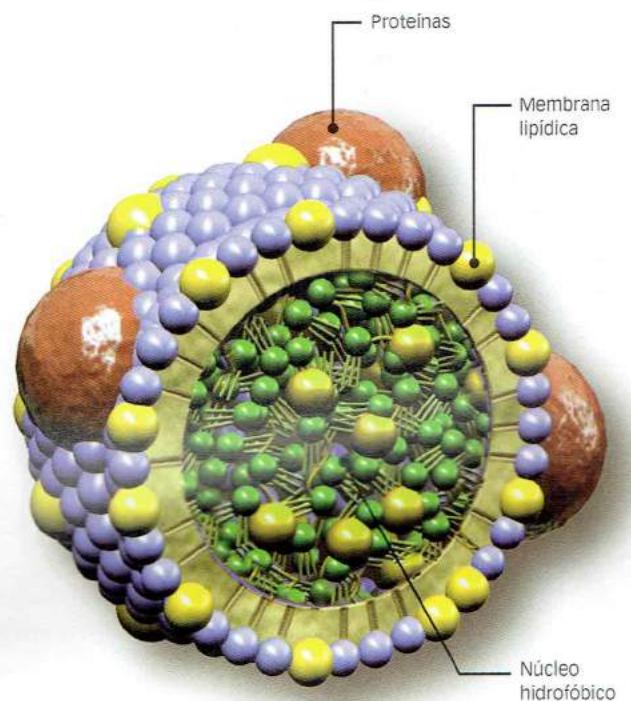


Fig. 5-16. Estructura de una lipoproteína.

### ACTIVIDADES

6. ¿Qué semejanzas y diferencias encontrás entre la estructura de una lipoproteína y la de la membrana celular?

# Ciencia en tus manos

## Normas de seguridad en el laboratorio

Con frecuencia, el trabajo en el laboratorio implica el uso de sustancias tóxicas, productos que desprenden vapores irritantes, fuego, agua y electricidad combinados. Todos ellos son peligrosos, ya que podrían dañar nuestra salud con mucha facilidad. Sin embargo, estos elementos forman parte del quehacer diario en el laboratorio. Entonces, ¿cómo podemos protegernos?

Para resolver este dilema, es esencial adoptar **normas de seguridad** muy estrictas en el laboratorio. Estas normas incluyen:

- Llevar el cabello recogido.
- Utilizar gafas de protección ocular.
- Emplear guantes y guardapolvo.
- Llevar siempre los pies cubiertos (¡no utilizar sandalias!).



Si se produce una emergencia, el laboratorio debe estar preparado. Esa preparación implica que:

- Las salidas no deben estar bloqueadas.
- El laboratorio debe disponer de matafuegos adecuados a los distintos tipos de fuegos que pueden producirse.
- Debe haber un lavaojos.
- De ser posible, es bueno contar con una ducha de emergencia.

Los científicos muy experimentados dicen que los hábitos de seguridad deben ser inconscientes. Es decir que hay que adoptarlos y hacerlos automáticamente, siempre. Para ello, es fundamental practicarlos. A continuación, les proponemos que, en grupos, realicen una experiencia de laboratorio que consiste en la fabricación casera de jabón. Pero, ¡cuidado! Durante el experimento, es esencial prestar atención a las medidas de seguridad.

## Materiales

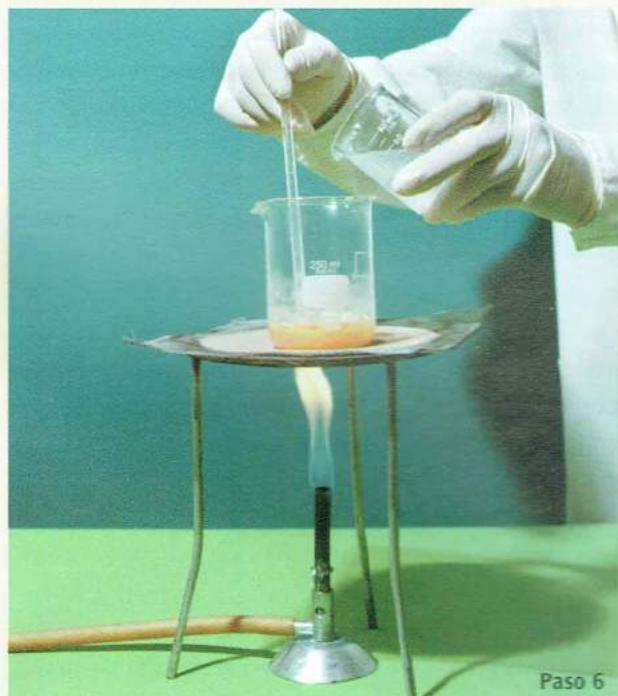
Consigan un vaso de precipitado de 1 L de capacidad, un trípode, tela de amianto, un mechero, una espátula para revolver, moldes de plástico o telgopor, agua (250 ml), aceite comestible usado (250 ml) o un pan de manteca, hidróxido de sodio (50 g), sal común (una cucharada de té) y aromatizante (por ejemplo, líquido para lavavajillas).

Procedan de la siguiente manera:

- 1.º Coloquen los 250 ml de agua dentro del vaso de precipitado.
- 2.º Agreguen los 50 g de hidróxido de sodio con cuidado, ya que la mezcla es exotérmica –libera mucho calor– y puede salpicar.
- 3.º Agreguen también la sal de mesa.
- 4.º Revuelvan hasta disolver. Esta mezcla es lo que se denomina “lejía cáustica”.
- 5.º Agreguen el aceite o la manteca lentamente, y revuelvan con la espátula siempre hacia el mismo lado y lentamente.
- 6.º Coloquen el vaso de precipitado sobre la tela de amianto y el trípode, y enciendan el mechero. Calienten la mezcla hasta temperatura de ebullición y manténganla en ese estado durante al menos una hora. Detengan el proceso cuando la mezcla comience a espesarse.
- 7.º Coloquen la mezcla líquida dentro de los moldes y dejen enfriar. Cuando la mezcla esté sólida, se puede desmoldar. ¡Y listo!



Paso 5



Paso 6

## ACTIVIDADES

7. Analicen el procedimiento y respondan:
  - a) ¿En qué paso se produce la saponificación?
  - b) ¿Cómo se explica que el aceite sea líquido, pero el jabón sea sólido?
8. Observen la imagen de referencia del paso 5 del procedimiento y discutan:
  - a) Los alumnos de la foto ¿están respetando las normas de seguridad?

- b) Señalen sobre la fotografía cuáles son las normas de seguridad a las que están faltando.
- c) ¿Se les ocurre alguna norma que no haya sido enumerada en estas páginas? Hagan una lista de tres normas adicionales que crean relevantes para el trabajo en el laboratorio.

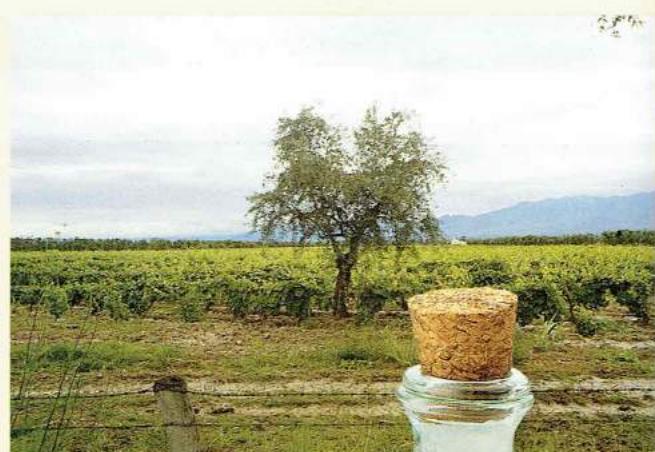
# El fruto del olivo

El legendario árbol del olivo y el aceite obtenido de sus frutos han acompañado la historia de la humanidad. Desde el principio, el olivo y sus frutos han estado presentes en la historia de los hombres. Ya sea en sagrados rituales o en la vida cotidiana, el aceite de oliva fue utilizado no solo para enriquecer los alimentos, sino también en diversas técnicas de masaje y en cosmética.

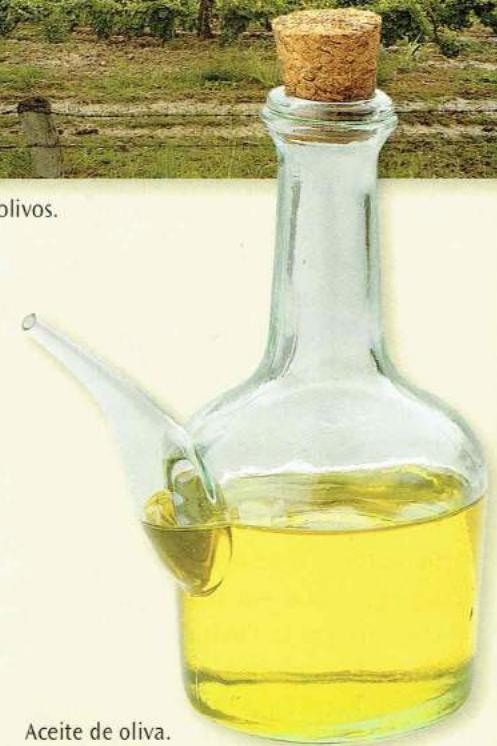
Los numerosos utensilios para la recolección y molienda de la oliva, hallados por los arqueólogos en varias excavaciones en el área mediterránea, así como muchos pasajes de la *Biblia* y del *Corán*, demuestran la importancia histórica de la oliva y de su aceite.

El origen del cultivo del olivo es incierto. Por un lado, podría derivar del oleastro, matorral espinoso de frutos pequeños, pocos útiles para el hombre, pero muy extendido en el ámbito mediterráneo. Se piensa, por otro lado, que en la edad de Cobre (4000 a.C.), en Oriente Próximo, fue seleccionada una variedad de frutos grandes y carnosos, conseguida por hibridaciones entre olivos africanos y orientales. El fruto del olivo fue, entonces, utilizado inmediatamente con fines alimenticios. El aceite, obtenido de las aceitunas con métodos aún primitivos, era utilizado con diversos objetivos: como alimento, como ungüento, como combustible de lámparas... El mismo arte de la medicina se basa, principalmente, en el empleo de ungüentos a aplicar sobre el cuerpo o brebajes para tomar. Es interesante saber que, en Babilonia, al médico se lo conocía como "asu", es decir, "conocedor de los aceites".

El primer cultivo del olivo se desarrolla, por lo tanto, en una región incluida entre Palestina, Creta y Egipto. Durante esta época, se van depurando, progresivamente, las tecnologías de extracción del aceite de oliva. Posteriormente, el aceite de oliva se convierte en una sustancia de capital importancia en la Grecia Antigua. Existen testimonios de la presencia de olivos desde el siglo XIV a.C. en el área de Micenas. La importancia de este cultivo se certifica con una notable serie de citas literarias, además de la presencia del olivo en la mitología. La producción aceitera griega, junto a la fenicia, invade el Mediterráneo, transportada a través de ánforas de cerámica y odres de piel. Cada comunidad griega del Mediterráneo utilizaba un tipo distinto de ánfora, por lo que se podía reconocer fácilmente la procedencia de la mercancía en los mercados. El transporte en odres de piel, más limitado, es en todo caso característico: la realidad agrícola



Campos con olivos.



Aceite de oliva.

mediterránea es tan conservadora que este sistema de transporte ha persistido hasta hace pocas décadas. En la primera mitad del siglo XX, en la Liguria italiana aún se utilizaban odres de piel para cortos transportes de aceite.

**Fuente:** <http://www.hojiblancaycordoliva.com>  
[consultado el 20 de octubre de 2010].

## ACTIVIDADES

9. ¿Cómo se obtiene el aceite de oliva?
  - a) Buscá información sobre cómo es el proceso. ¿Cómo cambió este procedimiento con la tecnología?
  - b) ¿Cuáles son las distintas "calidades" de aceite que pueden obtenerse?
  - c) El cultivo del olivo está muy vinculado con otro cultivo muy importante. ¿Sabés cuál es? ¡Averigualo!

# Historia del jabón

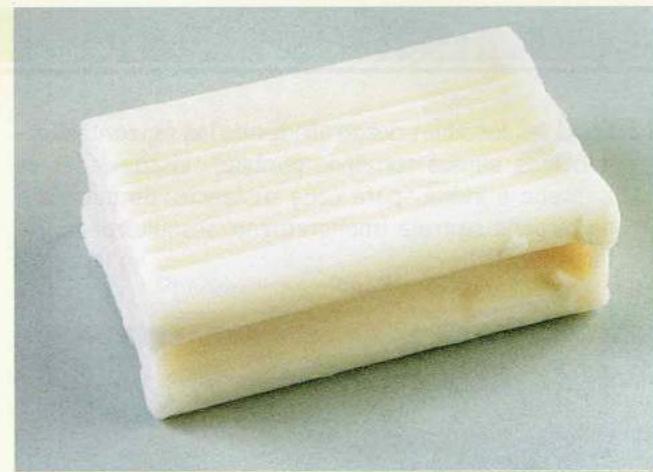
Nadie sabe cuándo o dónde se hizo el primer jabón. La leyenda romana afirma que el jabón fue descubierto cuando el agua de la lluvia que bajaba por las laderas del monte Sapo, junto al río Tíber, se mezcló con la grasa de los numerosos sacrificios animales y las cenizas de madera (de los fuegos ceremoniales). Entonces los esclavos notaron que esta mezcla tenía propiedades para limpiar, primero sus manos y luego las prendas de vestir.

Es bien sabido que los romanos construyeron sus baños públicos cerca de 312 a. C., sin embargo, no se sabe si el jabón fue utilizado para la limpieza personal o si lo producían solo como materia comercial. Los griegos y los romanos de entonces frotaban sus cuerpos con aceite de oliva y arena. Un raspador, llamado *strigil*, era utilizado para quitar luego la arena y el aceite de oliva junto con la suciedad, la grasa y las células muertas de la piel. La piel era finalmente frotada con preparados a base de hierbas. Los documentos que mencionan esta práctica común no hacen ninguna mención al jabón o al acto de bañarse. Se cree que el arte de la fabricación de jabón fue llevado a Europa por los fenicios en la desembocadura del río Rhone cerca de 600 a. C.

La fabricación de jabón desapareció de Europa con la decadencia del Imperio Romano. Alrededor del año 700, esta fabricación se convierte en un arte en Venecia y se registra su exportación. En la Inglaterra del siglo XII, un jabón suave, de origen francés, era utilizado por las clases altas. Era una mezcla de la grasa del cordero, ceniza de madera y soda cáustica, que conservaba la textura de la grasa.

España era el principal fabricante del jabón en el 800 y la fabricación de jabón "hawking" comenzó otra vez en Inglaterra cerca de 1200, probablemente como resultado de la invasión normanda. En el siglo XIII, Marsella, Génova, Venecia y Savona se convirtieron en centros del comercio debido a su abundancia local de depósitos de aceite de oliva y de soda.

Hay una falsa idea popular que sostiene que en la Edad Media la gente no se bañaba a menudo. Al contrario, había muchos baños públicos. Durante la alta Edad Media (500 a.C. a 1000 d.C.) los nobles y los comerciantes ricos tenían sus propios baños privados con grandes tinajas de madera y empleaban abundantemente las barras del jabón. Fue durante la baja Edad Media (1000 d.C. a 1500 d.C.) cuando el bañarse cayó en desgracia. Los baños públicos eran cerrados porque las autoridades de entonces pensaban que estos baños promovían la extensión de la plaga. La gente de esa época no



Pan de jabón blanco.

era muy afecta a conservar el cuerpo limpio y prefería, en cambio, cubrir los olores con perfumes.

La fabricación de jabón siguió siendo un arte relativamente primitivo hasta el siglo XVI, cuando fueron desarrolladas las técnicas que proporcionaron un jabón más puro.

¿Cómo cambió el método de producción de jabón? Desde luego, ya no se utilizan restos de cenizas. Antiguamente, se utilizaba la "potasa" (carbonato de potasio) obtenida por medio del lixiviado de cenizas de madera, práctica que hasta hace unas pocas décadas empleaban las mujeres italianas para lavar las sábanas. En la actualidad, el hidróxido de potasio (KOH), llamado también potasa cáustica, es el más empleado en la fabricación de jabón. Se obtiene por la electrólisis del cloruro de potasio o por reacción del carbonato de potasio y el hidróxido de calcio; al disolverse en una proporción de agua inferior a su peso, forma una disolución fuertemente alcalina que desprende calor.

**Fuente:** Editorial Programa de Autosuficiencia Regional S.A., 2005. <http://www.autosuficiencia.com.ar> [consultado el 11 de enero de 2011].

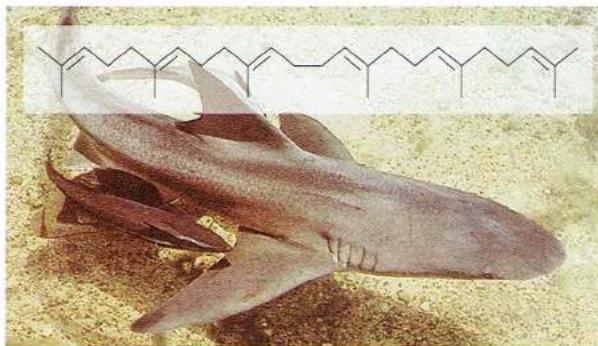
## ACTIVIDADES

10. Realizá un cuadro o una línea de tiempo que describa la historia de la fabricación del jabón.
11. En esta sección aprendiste el origen de los jabones primitivos. En la sección "Ciencia en tus manos", descubriste cómo podemos fabricar un jabón caseño. Pero ¿cómo se produce el jabón en la actualidad? ¿Cómo cambiaron los métodos de producción?

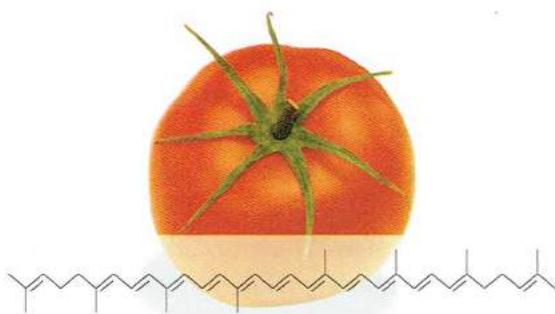
## Actividades finales

**12.** Copia las fórmulas desarrolladas de los siguientes terpenoides, separa con línea punteada las unidades de isopreno e indicá -para cada sustancia- de qué clase de terpno se trata (monoterpno, sesquiterpno, diterpno, etc.).

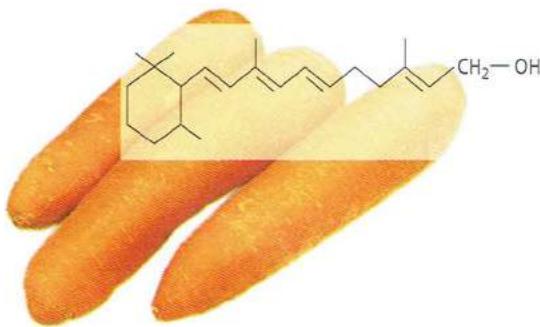
## Escualeno



## Licopeno



#### Vitamina A1



Fitol



Linalool

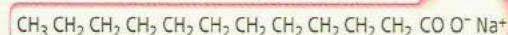


**13.** Leé el siguiente texto y resolvé las actividades que figuran a continuación.

*"Durante la Segunda Guerra Mundial se produjo una fuerte escasez de la materia prima necesaria para la elaboración del jabón y entonces los químicos se vieron en la necesidad de encontrar un producto que lo sustituyera. Así fue como surgieron los detergentes sintéticos. Estas sustancias, por su estructura y composición, se disuelven mejor en aguas duras que contienen iones de calcio y magnesio, a diferencia de los jabones y detergentes ordinarios que se 'cortan' en este tipo de aguas y precipitan, reduciendo la eficacia del lavado."*

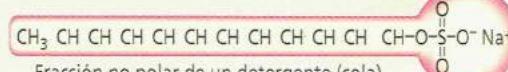
*En la fabricación de los detergentes sintéticos se utiliza el dodecilbenceno sulfonato de sodio como principio activo, mientras que el laurilsulfato de sodio se emplea en la fabricación de pastas de dientes, champús y otros productos para el aseo personal. Cuando se añade una solución de jabón o de detergente a una superficie de grasa (por ejemplo, la ropa sucia), las colas no polares de las moléculas del detergente tienden a disolverse en la capa de grasa emulsionada, mientras que la cabeza que es polar tiende a obligar a esa capa de grasa a soltarse de la superficie".*

### Fracción no polar de un jabón (cola)



Cola Cabeza

### Fracción polar (cabeza)



### Fracción no polar de un detergente (cola)

- a) ¿De qué forma actúan los jabones y los detergentes para eliminar la suciedad de una superficie? Revisá las ilustraciones anteriores y también la mención a la formación de emulsiones que se hace

**14.** Las ceras son ésteres de ácidos grasos con alcoholes (ambos de cadena larga) y con elevados puntos de fusión, mayores que los triacilgliceroles. Averiguá:

- ¿Cómo utilizan los vertebrados estas sustancias? ¿Cuáles son las glándulas de la piel que secretan sustancias cerosas?
- ¿Qué es la glándula uropigia de las aves? ¿Para qué les sirven las ceras a estos vertebrados?
- Menciona nombres de plantas que tengan hojas brillantes. ¿Para qué les sirven las ceras a las plantas verdes terrestres?

#### ■ En la red

<http://www.biologia.edu.ar/macromoleculas/lipidos.htm>

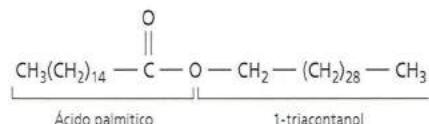
[consultado el 9 de noviembre de 2010]

Sitio producido por docentes de la Universidad Nacional del Nordeste, dedicado a la enseñanza de la biología. Tiene un capítulo dedicado a los lípidos, con numerosas ilustraciones y explicaciones.

al presentar los ácidos grasos. Explicá los términos "hidrofílico" e "hidrofóbico". ¿Cómo se aplican a la formación de las emulsiones?

- ¿Cuál es la diferencia entre jabones ordinarios y detergentes sintéticos? ¿Para qué se utilizan jabones en polvo con bajo tenor de espuma en los lavarropas o lavavajillas automáticos?
- Consultá y explicá qué tipo de jabones usan los mecánicos de automóviles en el taller.
- Buscá información y respondé: ¿qué diferencia existe entre los jabones de tocador y los jabones en pan para lavar la ropa?
- Buscá información y respondé: ¿qué significado tiene el término "biodegradable"? ¿Los detergentes sintéticos son biodegradables? ¿Pueden ser fuente de polución o contaminación del agua? Además del uso de detergentes biodegradables, ¿qué medidas propondrías para evitar la contaminación del agua?
- Escribí en tu carpeta la fórmula del dodecilbenzenosulfonato de sodio y del laurilsulfato de sodio.
- Buscá información acerca de los componentes específicos de algunos jabones y detergentes. ¿Están indicados de alguna manera en las etiquetas de los productos? ¿Reconocés algún aditivo específico? ¿Cuál es su función?

- Analizá la fórmula de una cera. Buscá en la bibliografía las fórmulas y los puntos de ebullición de otras ceras.



- Buscá envases de cera y analizá su constitución química.

**15.** Dadas las siguientes proposiciones, indicá si son verdaderas (V) o falsas (F) y justificá tu respuesta.

- La membrana celular está constituida principalmente por colesterol.
- Los lípidos de la membrana celular se encuentran como lipoproteínas y glucolípidos.
- Los fosfolípidos, glucolípidos, jabones y grasas neutras son moléculas anfipáticas.
- El modelo de mosaico fluido está formado por una bicapa lipídica con proteínas integrales y proteínas periféricas.
- Dentro de la doble capa se acumulan moléculas de agua.
- Las cabezas polares de los fosfolípidos de la doble capa están orientadas hacia los medios acuosos intercelular e intracelular.
- Las lipoproteínas plasmáticas son fundamentales como transportadoras de lípidos en la membrana celular.
- Las LDL (lipoproteínas de baja densidad) son ricas en colesterol y pobres en proteínas.
- Los QM (quilomicrones) son las lipoproteínas de menor densidad por su bajo porcentaje de lípidos.
- Las HDL (lipoproteínas de alta densidad) son ricas en fosfolípidos y transportan el colesterol de los tejidos hacia el hígado.

<http://www.susanahalpine.com/anim/Life/memb.htm>

[consultado el 9 de noviembre de 2010]

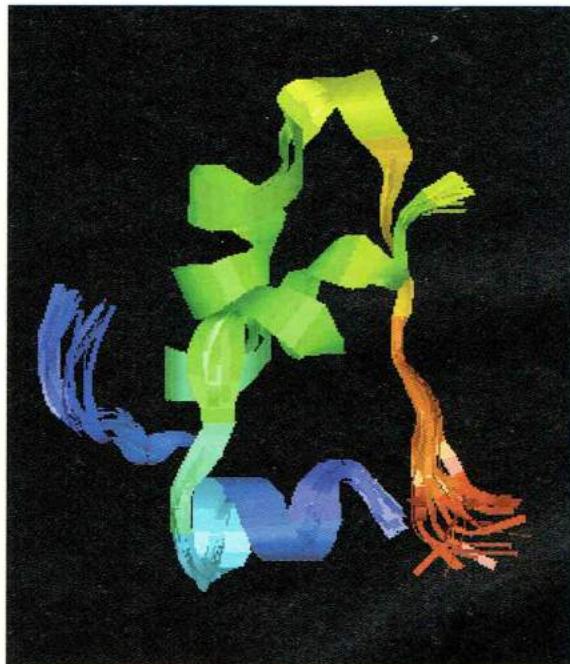
Sitio de animaciones interactivas educacionales. Contiene múltiples animaciones, en las que se muestran todos los componentes de la membrana y se ilustran el concepto de "fluidez".

# 6

## Los aminoácidos y las proteínas



Frederick Sanger.



Estructura de la insulina.

*Veinte aminoácidos diferentes eran encontrados en la mayoría de las proteínas de mamíferos y, por métodos analíticos, era posible afirmar con exactitud aceptable cuántos residuos de cada una de las veinte clases había en una proteína particular. Prácticamente nada, sin embargo, se sabía acerca del orden relativo con el cual estaban ordenados estos residuos en las moléculas proteicas.*

Frederick Sanger

EN 1943, ERA SABIDO QUE TODAS LAS PROTEÍNAS ESTABAN CONFORMADAS POR AMINOÁCIDOS, QUE INTEGRABAN LARGAS CADENAS. LA SECUENCIA PARECÍA TENER UNA IMPORTANCIA ESPECIAL, CONSIDERANDO QUE TODAS LAS PROTEÍNAS POSEÍAN APROXIMADAMENTE LOS MISMOS AMINOÁCIDOS, PERO DIFERÍAN TANTO EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS COMO BIOLÓGICAS. LA TEORÍA MÁS AMPLIAMENTE DISCUSITA ACERCA DE LA SECUENCIA DE LAS PROTEÍNAS ERA LA DE BERGMANN Y NIEMANN, QUIENES SUGERÍAN QUE LOS AMINOÁCIDOS ESTABAN ORDENADOS EN MOTIVOS REPETITIVOS. EN EL OTRO EXTREMO EXISTÍAN QUIENES DECÍAN QUE UNA PROTEÍNA PURA ERA EN REALIDAD UNA MEZCLA AZAROSA DE MOLÉCULAS SIMILARES.

EN 1955, EL BIOQUÍMICO INGLÉS **FREDERICK SANGER** (n. 1918) DETERMINÓ LA SECUENCIA DE LOS AMINOÁCIDOS DE LA INSULINA Y DEMOSTRÓ QUE CADA PROTEÍNA TIENE UNA SECUENCIA Y UNA ESTRUCTURA ÚNICAS. PARA ELLO, FRAGMENTÓ LA INSULINA –PROTEÍNA INVOLUCRADA EN EL METABOLISMO DE LOS AZÚCARES– Y SEPARÓ LOS PÉPTIDOS OBTENIDOS POR CROMATOGRAFÍA, Y OBTUVO UN PATRÓN CARACTERÍSTICO. SANGER DENOMINÓ A ESTE PATRÓN COMO LAS “HUELLAS DACTILARES” DE CADA PROTEÍNA, YA QUE CADA UNA POSEE SU PROPIO PATRÓN. LUEGO DE SUS EXPERIMENTOS, CONCLUYÓ QUE LA INSULINA TENÍA UNA SECUENCIA PRECISA –NO AZAROSA NI REPETITIVA– DE AMINOÁCIDOS, RESULTADO POR EL CUAL GANÓ EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA EN 1958.

### ACTIVIDADES

1. Investigá acerca de la cromatografía, método utilizado por Sanger para separar los fragmentos péptidos obtenidos a partir de la insulina.
  - a) ¿En qué consiste este procedimiento?
  - b) Frederick Sanger ganó un segundo Premio Nobel en 1980. Juntate con uno o dos compañeros y averigüen por qué ganó este premio.
2. Releé el texto y contestá la siguiente pregunta: ¿cuáles son los elementos constituyentes de todas las proteínas?

# Los aminoácidos: características y propiedades

EL DETALLE

Todas las **proteínas** están formadas por una combinación de **aminoácidos**, cada uno de los cuales posee una estructura particular de entre las veinte estructuras posibles. Estos aminoácidos están unidos entre sí por medio de enlaces covalentes. Pero ¿bastan realmente veinte aminoácidos para formar las incontables proteínas que existen, caracterizadas por construcciones espaciales tan diversas? La respuesta es sí. Con veinte aminoácidos se pueden formar infinitas proteínas, ya que cada una posee distinta "longitud", y su secuencia es característica. Resulta, entonces, que cada proteína es una combinación adecuada de una cantidad y calidad particular de aminoácidos, que desempeña una función requerida por el organismo.

Pero ¿cómo es, entonces, la estructura de un aminoácido? ¿Qué tipos de aminoácidos forman las proteínas? Todos los aminoácidos están formados por un **grupo amino** ( $-NH_2$ ) y un **grupo carboxilo** ( $-CO_2H$ ). Y si bien existen diferentes aminoácidos posibles de acuerdo con la ubicación de ambos grupos, los de mayor importancia biológica y que intervienen en la estructura de las proteínas son los  **$\alpha$ -aminoácidos**, es decir, aquellos en los que el grupo amino está unido al átomo de carbono  $\alpha$ , contiguo al grupo carboxilo y numerado como 2 (► **EL DETALLE**). Con excepción del aminoácido prolina, los restantes aminoácidos que forman las proteínas son aminas primarias de fórmula  $H_2N-RCH-COOH$ , en las que  $-H$  es el hidrógeno libre y  $-R$  es un grupo funcional, que consiste en una cadena lateral de estructura, tamaño y carga eléctrica diferentes según cada aminoácido (figura 6-1).

Los nombres de los aminoácidos suelen derivar de los nombres de la fuente de la que se aislaron por primera vez: por ejemplo, la asparagina deriva del espárrago (*Asparagus officinalis*). Por convención, los aminoácidos se pueden nombrar con las tres primeras letras de su nombre o, si existen dos similares, se cambia la tercera letra: por ejemplo, Asp es el ácido aspártico, y Asn, la asparagina.

Los aminoácidos son **sólidos cristalinos iónicos**, en general solubles en agua, y poseen puntos de fusión semejantes a los de otros compuestos iónicos y mucho mayores que los de los compuestos orgánicos de masa molecular semejante. La presencia en la misma molécula de un grupo amino y de otro carboxilo, con características básicas y ácidas, respectivamente, le confiere un carácter **anfótero**, en forma de dipolos eléctricos llamados **zwitteriones**, donde el grupo carboxilo se encuentra como **anión carboxilato** y el grupo amino, como **cátion amonio**. En soluciones fuertemente ácidas, los zwitteriones se presentan en forma catiónica (con el cátion amonio en vez del grupo amino); en soluciones fuertemente básicas, se presentan como aniones (anión carboxilato en lugar del grupo carboxilo) (figura 6-2). Cuando el pH es tal que la concentración de formas aniónicas y catiónicas es igual, se dice que corresponde al **punto isoeléctrico**. Este punto depende de la naturaleza del grupo R que acompaña al aminoácido.

## ¿Qué son los aminoácidos modificados?

A pesar de que hay veinte tipos de aminoácidos, en las proteínas pueden aparecer ciertos aminoácidos modificados que no pertenecen a ninguna de estas categorías. En particular, dos de los aminoácidos modificados más frecuentes son la hidroxiprolina y la hidroxilisina que, tal como lo sugiere su nombre, son derivados hidroxilados de los aminoácidos prolina y lisina. Estos dos aminoácidos son muy abundantes, por ejemplo, en la estructura del colágeno.

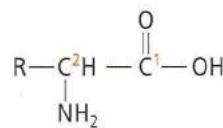


Fig. 6-1. Estructura básica de un aminoácido.

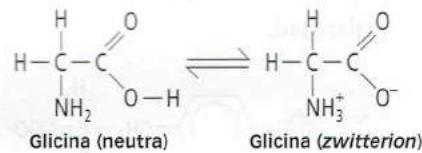


Fig. 6-2. Equilibrio entre la estructura normal y la del zwwitterion del aminoácido glicina.

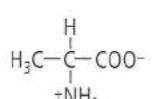
## ACTIVIDADES

3. Buscá información acerca de otros aminoácidos modificados. ¿Cómo se llama la modificación que sufren?

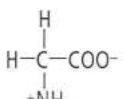
# La clasificación de los aminoácidos

Ya sabés que las proteínas están formadas por secuencias variadas de veinte aminoácidos diferentes. Estos, a su vez, pueden clasificarse de acuerdo con las características del grupo R unido al carbono  $\alpha$ , ya que de ese grupo dependen las distintas propiedades de los aminoácidos y, por lo tanto, de las proteínas.

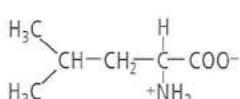
► **Aminoácidos con grupo R apolar, alifático.** Los aminoácidos cuyos grupos hidrocarbonados son no polares resultan hidrofóbicos. Si los grupos R son voluminosos, como en el caso de la valina, la alanina y la leucina, permiten interacciones hidrofóbicas en las proteínas.



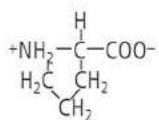
Alanina (Ala)



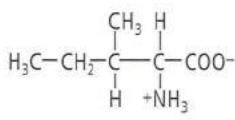
Glicina (Gly)



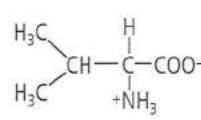
Leucina (Leu)



Prolina (Pro)

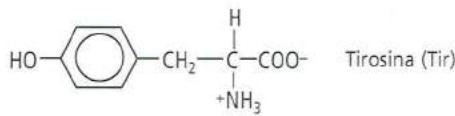


Isoleucina (Ile)

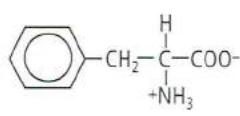


Valina (Val)

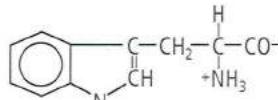
► **Aminoácidos con grupo R aromático.** Los aminoácidos de este grupo son relativamente hidrófobos, aunque la tirosina, por la presencia del grupo hidroxilo, puede formar puentes de hidrógeno, y el triptófano tiene un nitrógeno que le confiere cierta polaridad.



Tirosina (Tir)



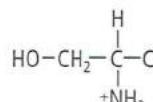
Fenilalanina (Phe)



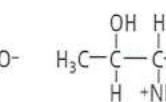
Triptófano (Trp)

► **Aminoácidos con grupo R polar, sin carga.** Son aminoácidos hidrófilos, es decir que son más solubles en agua. Algunos de ellos pueden formar interacciones por puentes de hidrógeno, como la serina y la treonina, que poseen grupos hidroxilos, y la as-

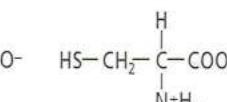
paragina y la glutamina, que poseen grupos amidas. Si en la cadena se encuentran dos moléculas de cisteína, estas pueden unirse a través de los grupos  $-\text{SH}$  formando un puente disulfuro.



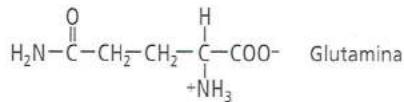
Serina (Ser)



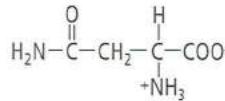
Treonina (Tre)



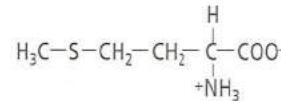
Cisteína (Cys)



Glutamina



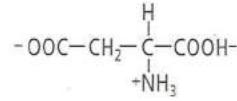
Asparagina (Asn)



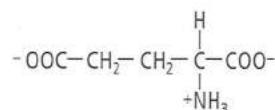
Metionina (Met)

► **Aminoácidos con grupo R cargado negativamente a pH neutro.** Poseen un segundo grupo carboxilo, lo que les confiere su carga negativa y su acidez.

Aspartato (Asp)

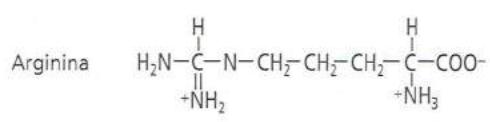


Glutamato (Glu)

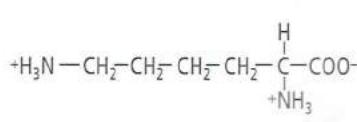


► **Aminoácidos con grupo R cargado positivamente a pH neutro.** Poseen un segundo grupo amino en la cadena carbonada, lo que les confiere su carga positiva y su basicidad.

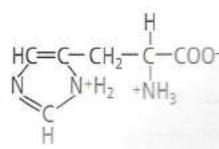
Arginina



Lisina



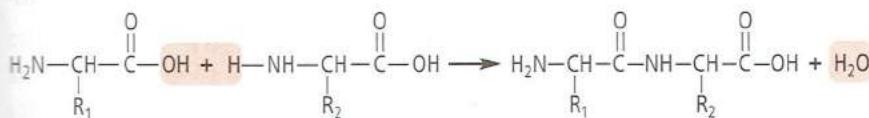
Histidina



## El enlace peptídico y los péptidos

La bradikinina es una sustancia que generan el organismo humano y el de otros mamíferos para inhibir la inflamación como respuesta a las picaduras de las avispas y que causa un fuerte dolor. Se trata de una sustancia constituida por nueve aminoácidos (figura 6-3).

Pero ¿cómo se unen los aminoácidos entre sí para formar sustancias como la bradikinina? Dos aminoácidos pueden unirse eliminando una molécula de agua, que está formada por el hidroxilo del grupo carboxilo del extremo de un aminoácido, y un átomo de hidrógeno del grupo amino de otro aminoácido, para dar lugar a la formación de un enlace  $-\text{CO}-\text{NH}-$  que pertenece a la familia de las uniones tipo amida. Esta reacción es de condensación, un tipo frecuente en las células. Este es el mismo tipo de enlace que se produce en algunas fibras sintéticas como las **poliamidas** (figura 6-4) y se denomina **enlace peptídico**.



Cuando dos aminoácidos se unen por medio de enlaces peptídicos, se forma un **dipéptido**; si son tres, se forma un **tripéptido**; al unirse cuatro, resulta un **tetrapéptido**; al unirse cinco, un **pentapéptido**; etc. Cuando se une un pequeño número de aminoácidos, se habla de **oligopéptido**. Y cuando se une un gran número de aminoácidos, el producto es un **polipéptido**. En el caso de un tripéptido o péptido superior, los residuos de los extremos se conocen como residuos terminales y, en particular, se llama **residuo amino-terminal** al residuo que mantiene su grupo amino, y **residuo carboxilo-terminal** al que mantiene su grupo carboxilo. Algunos péptidos poseen una actividad biológica importante, por ejemplo, la oxitocina, que es la hormona sintetizada en el hipotálamo y que estimula las contracciones uterinas en el parto y el reflejo de la secreción láctea de la glándula mamaria.

Las proteínas también están formadas por muchos aminoácidos, por eso algunas veces se emplea la palabra “polipéptido” como sinónimo de proteína. Pero otros autores prefieren reservar el término “proteína” para aquellos compuestos de masa molecular superior a 10.000 dalton y nombrar como péptidos (oligopéptidos o polipéptidos) a los compuestos “más livianos”, es decir, los de masa molecular inferior a 10.000 dalton.

### ACTIVIDADES

4. Escribí la fórmula del tripéptido Phe-Val-Gly. ¿Cuáles serían en este caso los residuos amino y carboxilo terminales?
5. Otras moléculas polipeptídicas son las inmunoglobulinas y la albúmina.
  - a) ¿Dónde se forman estas moléculas?
  - b) ¿Cuál es su mecanismo de acción?



Arg-Pro-Pro-Gly-Fen-Ser-Pro-Fen-Arg

Fig. 6-3. Secuencia de la bradikinina.



Fig. 6-4. La poliamida de algunas fibras sintéticas es un polímero constituido por uniones iguales a las que forman los aminoácidos.

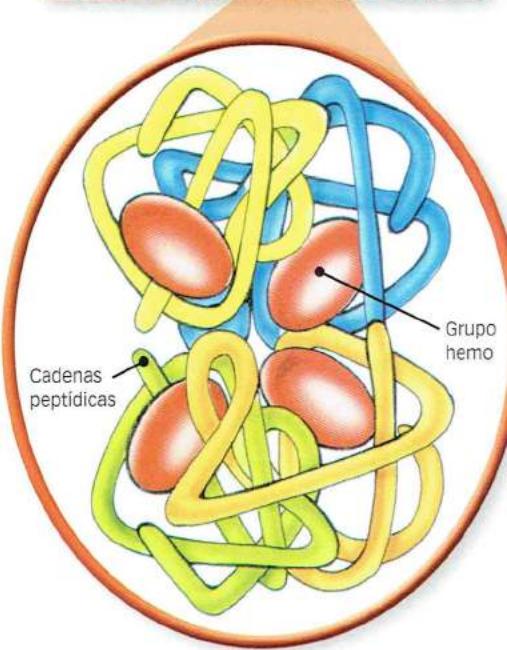


Fig. 6-5. En cada glóbulo rojo hay miles de moléculas de hemoglobina. Aquí se observa un modelo de cómo es cada una de estas moléculas.

#### ACTIVIDADES

6. Se conocen otros pigmentos sanguíneos en los animales, como la hemocianina, la hemeritrina, la hemovanadina y la cluorocrionina. Averiguá qué metales intervienen en estas proteínas.

## Características de las proteínas

Ya dijimos que las proteínas son polipéptidos formados por un gran número de aminoácidos. Una proteína puede contener, por ejemplo, doscientos a cuatrocientos aminoácidos, y tener una masa molecular aproximada de 10.000 a 48.000 dalton. Las proteínas más grandes pueden alcanzar masas moleculares del orden de  $10^6$  dalton, como la proteína conocida como KLH (hemocianina de un molusco llamado “lapa agujero de llave”), y las más pequeñas pueden poseer unos pocos aminoácidos, como la bradikinina, que solo posee nueve.

Pero, concretamente, ¿cómo está constituida una proteína? ¿Cómo es posible estudiar su complejidad estructural, su masa molecular y su secuencia? Los aminoácidos que componen las proteínas están unidos por enlaces peptídicos y forman cadenas de gran extensión. Las proteínas se estructuran en base a una o más de estas cadenas polipeptídicas, unidas por enlaces no covalentes, como las **fuerzas de Van der Waals**, las **interacciones iónicas** y las **hidrofóbicas**, y por **puentes de hidrógeno**.

Una de las proteínas más pequeñas que se conocen es el **citocromo c humano**, de masa molecular 13.000 dalton, que está formado por una única cadena de 104 aminoácidos. Una de las proteínas más grandes que existen es la **apolipoproteína B humana**, responsable del transporte del colesterol: con una masa molar superior a los 500.000 dalton, su estructura se compone de una única cadena de más de 4.500 aminoácidos.

## Clasificación de las proteínas

¿Sabías que existen proteínas que no están formadas solamente por cadenas de aminoácidos? Hay un cierto número de proteínas que, además de la cadena de aminoácidos, posee otro grupo químico, denominado **grupo prostético**. De acuerdo con la naturaleza y la función de este grupo, las proteínas pueden clasificarse en alguna de las siguientes categorías:

- **lipoproteínas**: contienen lípidos;
- **glucoproteínas**: contienen hidratos de carbono;
- **nucleoproteínas**: contienen desoxirribonucleótidos o ribonucleótidos;
- **flavoproteínas**: contienen nucleótidos de flavina;
- **fosfoproteínas**: contienen grupos fosfato;
- **metalproteínas**: contienen átomos de metales, como el hierro, el cinc o el cobre;
- **hemoproteínas**: contienen un grupo hemo (con un átomo de metal unido a un anillo de porfirina).

En general, estos grupos prostéticos cumplen una función biológica importante. Por ejemplo, el grupo hemo de la **hemoglobina** (figura 6-5) del ser humano y otros animales es capaz de transportar el oxígeno de los pulmones a las células, y dióxido de carbono de las células a los pulmones. Esta proteína –combinada con el hierro– le confiere a la sangre su color característico. Y su ausencia, originada por la deficiencia de los niveles de hierro en el organismo, conduce a una enfermedad llamada **anemia**.

# Estructura tridimensional de las proteínas

Si las proteínas están formadas por aminoácidos, ¿cómo se disponen estos en el espacio? ¿Forman una larga cadena estirada o adoptan alguna forma particular?

Esta pregunta también se la formularon los químicos estadounidenses Linus C. Pauling (1901-1994) y Robert Corey (1897-1971), quienes en 1939 iniciaron una serie de estudios tendientes a determinar la **estructura tridimensional** de las proteínas, es decir, la disposición espacial de las cadenas de aminoácidos (**► EL DETALLE**). Midieron las longitudes de enlace C-N de los aminoácidos y observaron que resultaban más cortos que en una amina.

Por otro lado, observaron que los átomos adyacentes en la cadena polipeptídica son **coplanares**, es decir, el enlace peptídico del grupo amida “se encuentra en un plano” (las uniones O = C—N—H forman ángulos de 180°).

A partir de estas investigaciones, los químicos llegaron a la conclusión de que existen niveles en la estructura de las proteínas (figura 6-6).

- La **estructura primaria**, que ya analizamos, es la secuencia lineal de los aminoácidos y la ubicación de los puentes disulfuro.
- La **estructura secundaria** consiste en la disposición regular y repetitiva en el espacio de los residuos aminoácidos cercanos en la cadena polipeptídica, estabilizada por las interacciones entre los puentes de hidrógeno, lo que permite su plegamiento para maximizar el número de estos enlaces en una única dirección. Las estructuras secundarias más habituales son la **α-hélice** y la **hoja β**.
- La **estructura terciaria** incluye las interacciones entre segmentos laterales de la cadena polipeptídica de los aminoácidos que forman el esqueleto completo de la proteína y que permiten un mayor grado de plegamiento hasta adoptar la forma tridimensional final característica.
- Finalmente, la **estructura cuaternaria** es la que presentan aquellas proteínas que tienen más de una cadena polipeptídica. Cada cadena polipeptídica constituye una subunidad que se relaciona espacialmente con las restantes.

La estructura **α-hélice**, que se presenta cuando una cadena peptídica gira sobre sí misma y se unen los sectores de la cadena por puentes de hidrógeno intra-

moleculares, es característica de la miosina (proteína presente en los músculos) y la **α-queratina** (proteína presente en los cabellos y las uñas). Algunas proteínas presentan una estructura denominada de hélice desordenada, lo que le permite adoptar mayor flexibilidad. En cuanto a la estructura de **hoja β**, en la que las moléculas se encuentran casi totalmente extendidas, con un ligero plegamiento producto de los impedimentos estéricos que le confieren los grupos R, se presenta, por ejemplo, en la fibroína de la seda.

Cuando las cadenas peptídicas adoptan la estructura tridimensional que les permite cumplir su función (con todos sus niveles), decimos que las proteínas están en su **conformación nativa**, o **natural**. Y cuando las proteínas pierden su conformación nativa por variaciones en el pH, cambios de temperatura o por reacciones químicas, decimos que se encuentran **desnaturalizadas**, en cuyo caso muchas veces ya no cumplen su función biológica.

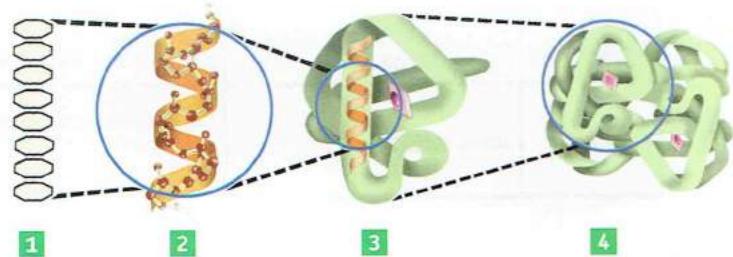


Fig. 6-6. Niveles de estructura de una proteína: primaria (1); secundaria (2); terciaria (3) y cuaternaria (4).

## EL DETALLE

### ¿Qué es la difracción de rayos X?

La **difracción de rayos X** es una técnica que permite inferir la estructura de una sustancia cristalina a partir del patrón de difracción que sus cristales producen sobre un haz de rayos X. Es la técnica utilizada en la cristalografía, disciplina que se encarga de analizar la estructura de diferentes sustancias a través de las propiedades de sus cristales. Esta misma técnica puede ser utilizada para estudiar la estructura de las proteínas, así como de otras biomoléculas. Sin ir más lejos, es la técnica que utilizó Rosalind Franklin para sus estudios sobre el ADN en los que se basaron Watson y Crick para proponer el modelo de ADN que los llevó al Premio Nobel en 1962.

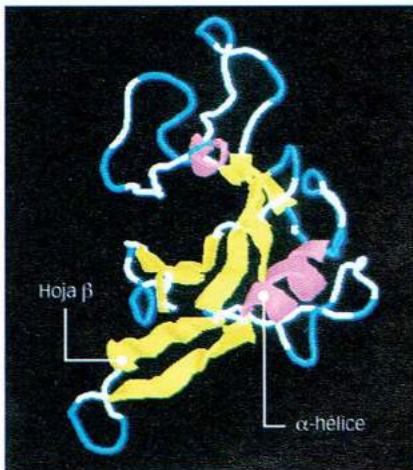


Fig. 6-7. Las proteínas globulares suelen estar formadas por más de una clase de estructura secundaria.

## Proteínas fibrosas y globulares

¿Todas las proteínas tienen la misma “forma”? ¿Cómo es posible generalizar su estructura si la función biológica de cada una de ellas es tan diferente? Teniendo en cuenta la estructura terciaria de las proteínas, estas pueden clasificarse en dos grandes grupos: las **proteínas fibrosas** y las **proteínas globulares**.

Las proteínas fibrosas se ordenan formando filamentos u hojas de gran extensión, en general conformadas por un único tipo de estructura secundaria. Todas ellas son insolubles en agua debido a la alta concentración de aminoácidos hidrofóbicos (es decir, no polares), que se encuentran tanto en el interior como en la superficie de estas proteínas. En la siguiente tabla se incluyen algunas características de las proteínas fibrosas más representativas.

Nombre	Localización	Estructura	Características
Queratina	Cabellos, uñas, lana, plumas, escamas, cuernos, capa externa de la piel.	Varias cadenas $\alpha$ -hélices dextrógiras forman una superhélice. Presentan entrecruzamientos por puentes disulfuro.	Resistencia, dureza y flexibilidad variables.
Colágeno	Tendones, cartílagos, matriz ósea y córnea.	Tres hélices levógiros formadas sobre todo por Gli, Ala y Pro o Hyp forman una superhélice.	Resistencia. No presentan capacidad de estiramiento.
Elastina	Tejido conjuntivo.	Las cadenas están formadas principalmente por Gli, Ala y Lys. Interaccionan con aminoácidos específicos que les brindan elasticidad.	Elasticidad. Posibilidad de estiramiento en dos direcciones.

En cuanto a las proteínas globulares, las cadenas peptídicas se pliegan en forma esférica y tienen una estructura más compleja que las anteriores, ya que en general puede haber más de una estructura secundaria en la misma molécula (figura 6-7). Son solubles en agua y, en general, los residuos no polares se encuentran en el interior de la molécula, denominado “centro” o “corazón” (*core*, en inglés) mientras que los polares se ubican en la superficie. La siguiente tabla compara las características de algunas proteínas globulares importantes.

Nombre	Función	Estructura
Mioglobina	Almacenamiento y transporte de oxígeno.	Presenta una única cadena polipeptídica con un grupo hemo. Su estructura secundaria forma el 70% de $\alpha$ -hélices.
Citocromo c	Componente de la cadena respiratoria de las mitocondrias.	Tiene una sola cadena de cien aminoácidos y un grupo hemo. El 40% de la cadena forma $\alpha$ -hélices.
Ribonucleasa	Cataliza ciertos enlaces internucleótidos del RNA.	Presenta 142 aminoácidos, muy pocos residuos que forman la $\alpha$ -hélice y una mayor cantidad de hoja $\beta$ . Presenta cuatro puentes disulfuro.
Lisozima	Cataliza la rotura hidrolítica de los polisacáridos.	Se caracteriza por contener una cadena formada por 146 aminoácidos, de los cuales el 40% tiene estructura de $\alpha$ -hélice y el 12%, de hoja $\beta$ . La estructura terciaria se estabiliza por cuatro puentes disulfuro.

## Funciones de las proteínas

Las proteínas representan por lo menos el 50% del peso seco de la mayoría de los organismos, y debido a esta abundancia cumplen variadísimas funciones biológicas. Algunas de ellas las cumplen en el sitio donde son sintetizadas –funciones “locales”–, y otras las cumplen desplazándose por el organismo –funciones “a distancia”–.

### Funciones “locales” de las proteínas

► **Función estructural.** Una gran cantidad de estructuras celulares está constituida por proteínas que actúan como filamentos y “anclas” de soporte. Por ejemplo, el colágeno es una proteína fibrosa que forma parte de los tendones y los cartílagos, de gran resistencia a la tensión; la elastina constituye los ligamentos, mientras que la queratina forma el pelo y las uñas. Por su lado, la seda es una proteína fibrosa que forma parte del capullo que producen los gusanos de seda (figura 6-8).

► **Función contráctil o de movimiento.** Algunas proteínas permiten que la célula o determinados órganulos se muevan, cambien de forma, etc. La contracción de los músculos se realiza a expensas de dos proteínas, la miosina y la actina. Las integrinas y las tubulinas, por su lado, mueven el sistema citoesquelético de la célula, y la dineína de las cilias y los flagelos también se incluyen en este grupo (figura 6-9).

► **Función de nutrición y reserva.** Algunas proteínas sirven como nutrientes celulares, por ejemplo, la caseína de la leche y la ovoalbúmina del huevo (figura 6-10).

► **Función de transporte.** Algunas proteínas transportan sustancias a ambos lados de la membrana plasmática, y otras, en los líquidos extracelulares. Por ejemplo, la hemoglobina de los glóbulos rojos transporta oxígeno a los tejidos (figura 6-11).



Fig. 6-8. Gusanos de seda.

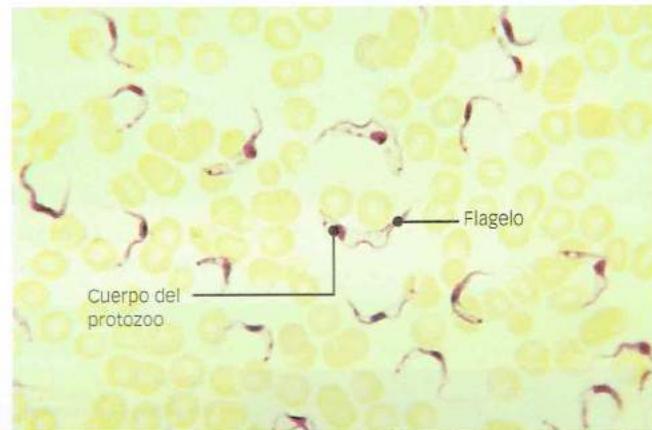


Fig. 6-9. Organismos unicelulares flagelados.



Fig. 6-10. Huevos de avestruz, con gran contenido en albúmina (ovoalbúmina).



Fig. 6-11. Los glóbulos rojos contienen hemoglobina, que es un transportador de oxígeno.

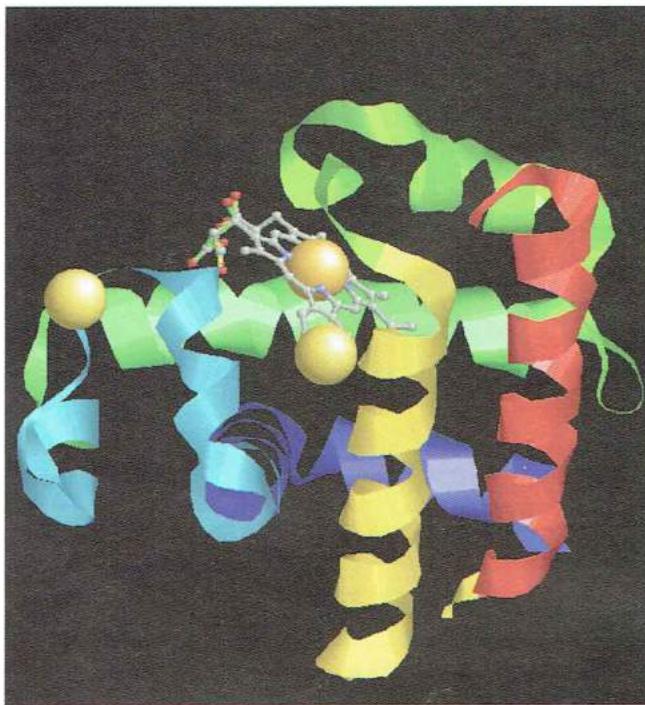


Fig. 6-12. Estructura tridimensional de la peroxidasa.

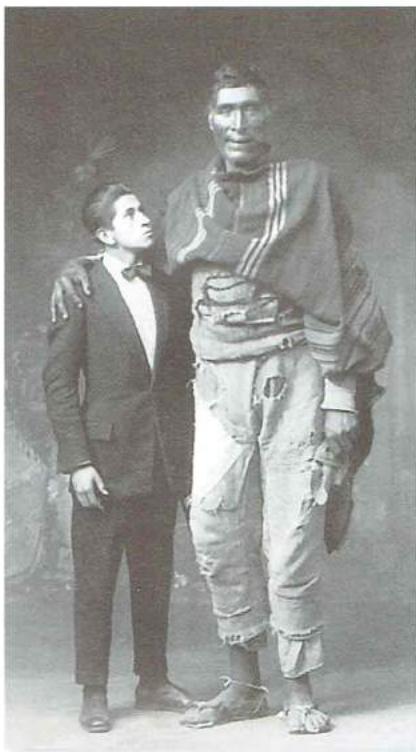


Fig. 6-13. La insulina, la tiroxina y la hormona del crecimiento regulan la talla final que alcanzan las personas.

## Funciones “a distancia” de las proteínas

- **Función enzimática.** Muchas proteínas globulares, como las catalasas, las permeasas, las peroxidases y los citocromos, son capaces de acelerar la velocidad de las reacciones químicas, es decir, actúan como catalizadores biológicos. Por ejemplo, la pepsina rompe las proteínas en péptidos pequeños, y la renina separa la leche en fracciones líquidas y sólidas, mientras que la lipasa actúa sobre las grasas (figura 6-12).
- **Función hormonal.** Estas proteínas permiten regular la actividad fisiológica y metabólica de las células, y actúan como mensajeros químicos que disparan acciones determinadas en los órganos blanco. En esta categoría se incluyen la insulina, la tiroxina y la hormona del crecimiento (figura 6-13).
- **Función de defensa.** Algunas proteínas defienden el organismo ante una invasión o agresión externa. Los anticuerpos son proteínas que permiten reconocer y neutralizar bacterias y virus. La trombina y el fibrinógeno, por su parte, son proteínas que actúan en la coagulación de la sangre (figura 6-14).



Fig. 6-14. Estructura de un anticuerpo.

### ACTIVIDADES

7. Tanto la insulina como la tiroxina pertenecen a la familia de las proteínas. Sin embargo, hay una diferencia sustancial entre ellas. Investigá su estructura y averiguá cuál es.

# Las enzimas: una introducción

Las enzimas son importantes proteínas cuya función es **acelerar la velocidad** de las reacciones químicas (figura 6-15). Muchas reacciones no podrían ocurrir en las condiciones de pH neutro y de temperatura del cuerpo si no fueran catalizadas por las enzimas. Pero, por otra parte, las enzimas requieren, para su **actividad óptima**, un **pH** y una **temperatura determinados**.

La inmensa mayoría de las enzimas son proteínas globulares, y su función depende de su estructura tridimensional.

Existe un lugar en el interior de las enzimas que se conoce como **sitio activo** (figura 6-16) donde se fija, por interacciones débiles, la molécula sobre la que actúa específicamente la enzima, denominada **sustrato**. La unión del sustrato con la enzima (**complejo enzima-sustrato**) puede inducir un cambio de conformación (una ligera alteración de la estructura enzimática) que permite una mejor interacción del complejo.

Algunas enzimas, además de la cadena polipeptídica, contienen grupos prostéticos. La figura 6-17 resume algunos términos utilizados para designar los componentes de una enzima.

$$\text{Apoenzima} + \text{grupo prostético} = \text{holoenzima}$$

## Clasificación de las enzimas

Es muy usual denominar las enzimas empleando el nombre de la función que desempeñan y la terminación “-asa”. Pero la gran cantidad de enzimas descubiertas hace difícil establecer una nomenclatura sistemática, de allí que se utilicen cuatro dígitos para especificar, entre otras cosas, el tipo de reacción que regula cada enzima. Las enzimas pueden clasificarse, de acuerdo con la reacción que catalizan, en seis grandes grupos:

► **Oxidorreductasas**: reacciones en las que se transfieren electrones.

- **Transferasas**: reacciones en las que se transfieren grupos químicos.
- **Hidrolasas**: reacciones de hidrólisis.
- **Liasas**: adición de grupos a dobles enlaces o formación de dobles enlaces por eliminación de grupos.
- **Isomerasas**: transferencia de grupos dentro de moléculas que dan formas isoméricas.
- **Ligasas**: formación de enlaces C-C, C-S, C-O y C-N mediante reacciones de condensación.

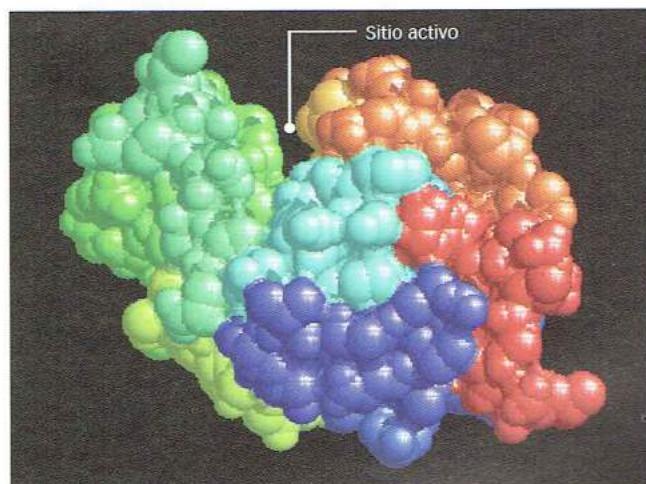


Fig. 6-16. El sitio activo de una enzima es la zona donde el sustrato se une específicamente.

Nombre	Significado
Cofactor	Ion inorgánico, por ejemplo, $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ o $\text{Mn}^{2+}$ .
Coenzima	Grupo orgánico u organometálico.
Grupo prostético	Grupo que acompaña a la cadena peptídica y que puede ser un cofactor o una coenzima.
Apoenzima	Cadena peptídica de la enzima, también llamada apoproteína.
Holoenzima	Conjunto formado por la apoenzima y el grupo prostético.

Fig. 6-17. Componentes de un sistema enzimático.



Fig. 6-15. Esquema de funcionamiento de una enzima.

# Ciencia en tus manos

## Medición y registro de datos en un experimento

Tal como viste en el capítulo 2, la mayoría de los experimentos están diseñados para comprobar una hipótesis determinada. De acuerdo con el resultado de la experiencia, esta hipótesis podrá ser

### ACTIVIDADES

8. Los nutricionistas suelen emplear técnicas específicas para detectar proteínas en los alimentos, algunas basadas en cambios de coloración observables y otras, en la precipitación en el medio debido a la desnaturización. La desnaturización consiste en la pérdida de su estructura tridimensional, y se produce cuando son sometidas a cambios de pH, a alteraciones en la concentración o a variaciones en la temperatura, por lo que la solubilidad disminuye y se produce, eventualmente, la precipitación. Esto se debe a que los enlaces que mantienen la conformación globular de las proteínas se rompen y, como resultado, se obtiene una conformación filamentosa o fibrosa. En este caso, la experiencia consiste en estudiar el comportamiento de las proteínas de la clara de huevo.

### Materiales

Sal común ( $\text{NaCl}$ ), alcohol común, ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) 0,5 M, solución de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) concentrado, solución de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) 0,1 M, solución de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) al 1% p/p, gradilla con ocho tubos de ensayo, pipeta y varilla, mechero, trípode y tela de amianto, vaso de precipitado de 50 ml, embudo, papel de filtro y dos huevos.

Antes de empezar, preparen la solución de albúmina (la proteína del huevo) agregando 5 g de sal a 300 ml de agua hasta la disolución, y luego la clara de los dos huevos. Agiten la mezcla con vigor durante cinco minutos y luego filtren la solución.

### Parte A. Experimento de solubilidad

- 1.º Viertan en un vaso de precipitado, 5 ml de clara de huevo y 20 ml de agua. Agiten bien.
- 2.º Filtren la suspensión con cuidado varias veces hasta obtener una solución limpida.
- 3.º Agreguen 5 ml de alcohol a la solución obtenida. Observen y registren el resultado.

confirmada o rechazada. En ambos casos, los **resultados experimentales** jugarán un rol central, ya que de ellos dependerá el “destino” de nuestra hipótesis. Es lógico suponer, entonces, que la **medición** y el **registro** durante un experimento desempeñan una función



Experimento de solubilidad.

### Parte B. Experiencia de desnaturización

Diagramen una tabla en la que se detalle el contenido de cada tubo y se deje libre un espacio para escribir un comentario sobre el resultado. Luego, sigan las indicaciones del experimento.



Materiales para la experiencia de desnaturización.

- 1.º Viertan 2 ml de solución de clara de huevo en cada uno de los tubos de ensayo numerados del 1 al 6. Agiten la solución de clara de huevo con el fin de homogeneizarla.
- 2.º En los tubos 1 y 2 agreguen 5 ml de agua. Calienten luego el tubo 1. Reserven el tubo 2 como referencia.
- 3.º En el tubo 3 agreguen 5 ml de agua y 2 ml de alcohol; en el tubo 4, 5 ml de  $\text{HCl}$ ; 5 ml de solución saturada de  $\text{NaCl}$ , en el tubo 5; y 5 ml de solución de  $\text{NaOH}$  en el tubo 6. Agiten cada uno de los tubos y anoten sus observaciones.

esencial, y por eso deben realizarse con prolijidad y en forma metódica. Para ejercitarte en esta tarea, te proponemos que realices, con tu grupo, una experiencia sobre la solubilidad, la desnaturalización y la identificación de una proteína.



Paso 3 de la experiencia de desnaturalización.

#### Parte C. Experiencias de identificación

- 1.<sup>o</sup> En un tercer experimento, vierten en otro tubo de ensayo 2 ml de solución de clara de huevo y agreguen 2 ml de NaOH.
- 2.<sup>o</sup> Agiten la mezcla y luego agreguen cuatro o cinco gotas de solución de CuSO<sub>4</sub>. Anoten sus observaciones.
- 3.<sup>o</sup> En un cuarto experimento, vierten en otro tubo 2 ml de solución de clara de huevo, agreguen 2 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado y luego caliéntenlo a baño de María. Anoten sus observaciones.



Experiencia de identificación con sulfato de cobre.

Durante la experiencia es fundamental que observen con mucha atención todo lo que ocurre y registren cada uno de los pasos y resultados del experimento. Luego, les proponemos que hagan un análisis de lo ocurrido.

#### Análisis de los datos registrados y conclusiones.

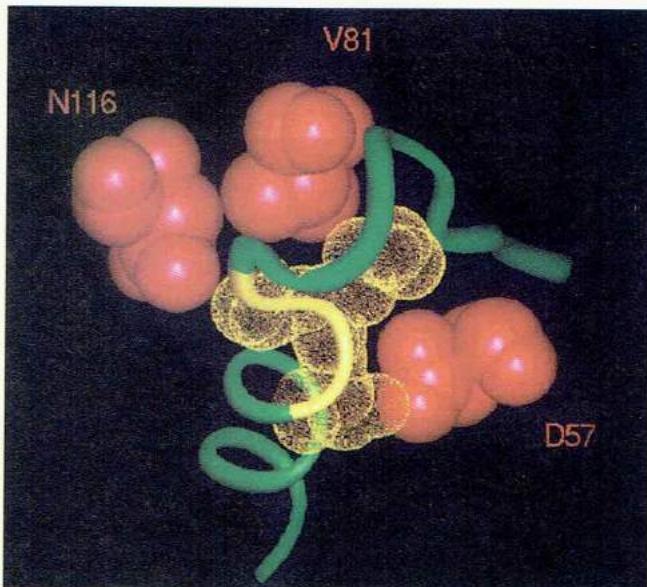
- a) De acuerdo con los datos registrados durante los experimentos, ¿podrían informar si la albúmina de huevo es soluble en agua o no lo es? ¿Qué efectos tienen los cambios de pH, de concentración y de temperatura en el proceso de solubilización de las proteínas?
- b) ¿Cuál de estos agentes desnaturaliza la albúmina: el calor, el alcohol, el ácido clorhídrico, el cloruro de sodio o el hidróxido de sodio? ¿Conocen ejemplos de desnaturalización de proteínas que puedan observar a diario, mientras cocinan?
- c) Cuando se usaron reactivos especiales, como el sulfato de cobre o el nítrico, ¿qué cambios de color se verificaron en las reacciones? ¿Podrían considerar estos resultados como una reacción típica de las proteínas? ¿Qué resultados esperarían obtener si usan clara de huevo sin diluir o clara de huevo cocido?
- d) ¿Esperarían resultados similares a estos experimentos si usaran caseína de leche o alguna otra proteína?
- e) Si realizaran los ensayos anteriores sobre lípidos o hidratos de carbono, ¿obtendrían los mismos resultados?
- f) Con uno o dos compañeros, investiguen cuáles son las principales técnicas utilizadas por los especialistas, para detectar proteínas, lípidos y minerales en muestras de alimentos. ¿Qué ocurre con la determinación de lípidos?
- g) Si quisieran saber cuál es la composición de un alimento, ¿dónde buscarían?

# Locos por los priones

En la década de 1950, el pediatra americano Carleton Gajdusek estudiaba en Nueva Guinea una enfermedad fatal del sistema nervioso que se conoce con el nombre de *kuru* ('escalofrío'). El *kuru* afecta de modo epidémico a la tribu de los Fore. Gajdusek observó que el *kuru* no se corresponde con ningún modelo genético conocido, y apuntó al canibalismo ritual practicado por los Fore como causa de transmisión de la enfermedad. En 1959, el veterinario americano W. J. Hadlow puso de manifiesto las similitudes clínicas y neuropatológicas existentes entre el *kuru* y el *scrapie* ('tembladera') de los carneros. Algun tiempo después, Gajdusek puso de manifiesto que el *kuru* tiene características comunes con la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (CJD), una curiosa demencia presenil descrita a principios del siglo xx.

Desde finales de los años sesenta, diversas enfermedades –como el mal de la vaca loca– han sido agrupadas bajo la denominación de encefalopatías subagudas espongiformes transmisibles (ESET). Esta expresión hace referencia a la evolución lenta e irreversible de los síntomas que conducen a la muerte, a las lesiones del sistema nervioso que las caracterizan (espongiosis) y a la posibilidad de transmisión. A finales de los años sesenta, dos investigadores sugirieron, en forma independiente, la posibilidad de la existencia de un agente infeccioso carente de ácidos nucleicos, capaz de causar y transmitir enfermedades. En 1982, Stanley Prusiner descubrió y aisló las partículas proteicas infecciosas y les asignó el nombre de priones. Prusiner sugirió que una colección de enfermedades cerebrales, algunas genéticas, algunas infecciosas y otras esporádicas, son todas ellas el resultado de un proceso común. En 1983 se identificó la proteína de los priones y se la denominó *PrP*.

A mediados de los años ochenta se observó que, sorprendentemente, *PrP* es una proteína del propio organismo hospedador. Poco después, se descubrió la existencia de dos proteínas *PrP* distintas, solo una de ellas causante de las ESET. La comprobación de que ambas proteínas poseen igual secuencia pero distinta conformación tridimensional causó gran desconcierto entre la comunidad científica. Además, las *PrP* anormales parecen capaces de inducir el replegamiento de las *PrP* normales existentes en los organismos sanos. Ambos resultados están en clara contradicción con el Dogma Central de la Biología. Según el enunciado de J. Monod (1970), 'la secuencia de aminoácidos o estructura primaria de la proteína determina de manera unívoca el plegamiento de la proteína para adoptar su



Estructura de un prion.

estructura terciaria. Es decir, entre los miles de configuraciones plegadas en principio posibles, solo se realiza una'. Según un enunciado más general, el Dogma Central implica que todas las formas de vida, desde las bacterias hasta las plantas y los animales superiores, transmiten sus caracteres a las siguientes generaciones a través del ADN (y excepcionalmente ARN). De acuerdo con el Dogma, en todos los casos el flujo de información es del ADN al ARN, y de este a las proteínas, que luego adoptan su conformación tridimensional. La teoría de los priones propuesta por Prusiner supone la existencia de dos plegamientos para una única secuencia de aminoácidos. Además, el replegamiento de la *PrP* normal por acción de la *PrP* patológica implica un flujo de información de una proteína a otra a nivel de estructura terciaria.

**Fuente:** <http://www.biologia.edu.ar>  
[consultado el 9 de noviembre de 2010].

## ACTIVIDADES

- Además de las enfermedades que se supone que causan los priones, existen otras patologías en las que ciertas proteínas pierden su estructura natural y se depositan en lugares extraños. Averiguá cuáles son y cuáles son sus consecuencias para nuestra salud.

# Una proteína para el recuerdo

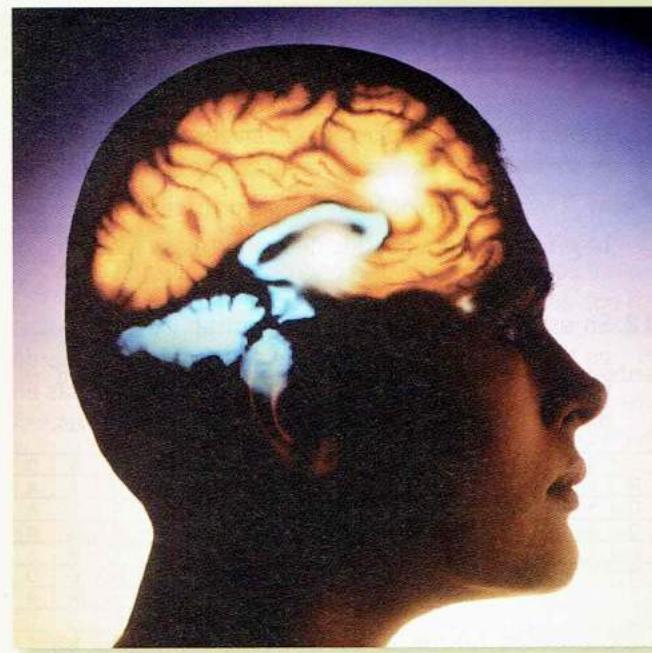
Existe una proteína que, como una goma de borrar, puede eliminar de nuestra mente y para siempre los recuerdos dolorosos. La descubrieron a través de ensayos en ratas investigadores estadounidenses de la Universidad Johns Hopkins, en Baltimore. Para los estudiosos, el resultado puede llegar a representar una esperanza concreta de lograr fármacos capaces de combatir los trastornos del estrés postraumático.

El resultado del estudio se publicó en la revista *Science Express*. Por medio de ensayos en ratas, los investigadores dirigidos por Richard Huganir, director del Departamento de Neurociencias de la universidad, identificaron primero y luego eliminaron una proteína de un área particular del cerebro capaz de imprimir los recuerdos de miedo en la memoria. Para verificar la validez de su intuición, asustaron a los animales con un ruido, luego procedieron a eliminar la proteína en cuestión y descubrieron que después de esa operación el sonido, como causa del trauma, ya no era asociado al miedo. A diferencia de los demás animales, las ratas, gracias a esta ingeniería, habían olvidado el terror que el sonido les había generado inicialmente.

La proteína en cuestión se encuentra en la amígdala (conjunto de núcleos de neuronas localizadas en la profundidad de los lóbulos temporales), zona del cerebro responsable -entre otras cosas- del condicionamiento al miedo, tanto en las personas como en los animales. Para identificarla, los investigadores observaron el mecanismo que impulsa a algunas células de la amígdala a producir más "corriente" cuando nos asustamos. El impacto traumático con el miedo, en la práctica, provoca un aumento decidido y repentino de esas proteínas particulares. El estudio demostró, en definitiva, que esas proteínas pueden ser removidas de las células nerviosas.

"La idea es eliminar estas proteínas y debilitar las conexiones con el trauma creadas en el cerebro, para así borrar el recuerdo propiamente dicho", explica Huganir. Y agrega: "La capacidad de eliminar selectivamente los recuerdos puede parecer ciencia ficción, pero algún día esto podría aplicarse para el tratamiento de recuerdos debilitantes, como el síndrome de estrés postraumático ligado, por ejemplo, a la guerra, a las violaciones y otros hechos traumáticos".

"Cuando se produce un episodio de este tipo -continúa el científico- se crea un recuerdo terrible que puede durar toda una vida y tener un efecto debilitador. Nuestro descubrimiento describe los mecanismos moleculares y celulares



Los recuerdos dolorosos pueden debilitar la integridad de una persona.



Las experiencias con ratas demuestran que se puede atenuar el recuerdo de una situación de estrés o miedo.

involucrados en estos procesos y abre la posibilidad de manipular los recuerdos con fármacos destinados a mejorar la terapia conductista para este tipo de padecimientos".

**Fuente:** [http://www.clarin.com/sociedad/ciencia/Descubren-proteina-borra-recuerdos-dolorosos\\_0\\_368963171.html](http://www.clarin.com/sociedad/ciencia/Descubren-proteina-borra-recuerdos-dolorosos_0_368963171.html)  
[consultado el 9 de noviembre de 2010].

## ACTIVIDADES

### 10. Analizá el texto y ampliá la información:

- ¿Dónde está localizada la amígdala, dentro del cerebro?
- Suponiendo que fuera posible borrar los recuerdos eliminando esta proteína, discutí con tus compañeros las posibles implicancias éticas de este descubrimiento.

# Actividades finales

**11.** Escribí en tu carpeta la fórmula molecular de cada uno de los veinte aminoácidos mencionados en el texto.

- ¿Cuál es el aminoácido de mayor masa molar?
- ¿Cuál es el aminoácido de menor masa molar?

**12.** En esta sopa de letras se encuentran los seis grupos en los que pueden clasificarse las enzimas de acuerdo con la función que cumplen. Pueden estar ubicadas en dirección horizontal, vertical u oblicua. Encontralas.

I	S	O	M	A	E	S	R	T	R	A	B	F	S	D
R	L	E	D	O	X	E	D	T	R	G	H	U	I	A
O	X	I	D	O	R	R	E	D	U	C	T	A	S	A
D	A	Q	G	W	S	A	L	K	J	I	I	A	O	H
E	T	E	W	A	F	T	A	A	L	E	R	I	M	I
D	U	L	O	P	S	N	S	L	P	E	T	N	E	D
T	Y	U	I	A	A	A	O	E	F	I	O	U	R	R
C	C	E	F	C	L	W	X	S	C	L	A	N	A	E
T	T	R	A	O	W	I	N	A	N	T	Y	O	S	T
H	I	Y	R	A	S	A	A	R	I	E	O	P	A	R
N	B	D	E	D	R	V	D	S	Y	B	F	I	V	A
L	I	F	S	T	D	F	G	N	A	E	A	S	A	S
H	Z	X	C	C	V	U	A	N	T	I	F	W	E	D

**13.** En los párrafos siguientes se enuncian características de las siguientes proteínas: ureasa, hemoglobina, fibroína, queratina, proteasa, miosina. Indicá qué características corresponden a cada una.

- Proteína globular formada por dos cadenas peptídicas presente en la sangre, a la que confiere su color característico.
- Proteína presente en la capa externa de la piel y en el cabello que posee estructura secundaria de α-hélice levógiira.
- Enzima cuya función es romper el enlace peptídico en las proteínas.
- Proteína que se relaciona con la contracción muscular.
- Proteína fibrosa de estructura secundaria de hoja plegada (configuración beta) presente en la seda.
- Enzima que hidroliza a la urea.

**14.** Resolvé los siguientes ejercicios de oligopéptidos.

- Si dispusieras de solo dos aminoácidos, valina y glicina, escribí los tripéptidos posibles. ¿Cuántos son?
- Escribí la ecuación de formación del dipéptido glicilalanina.
- ¿En qué difiere el dipéptido valinalanina del alanil-valina?
- ¿Cuántos péptidos diferentes se pueden formar con tres aminoácidos distintos?

**15.** Un complejo enzimático está formado por una enzima A, unida a un grupo organometálico B y a un catión, C. Uni los pares que correspondan de acuerdo con las distintas denominaciones, que se encuentran en la columna de la izquierda, con los distintos grupos que forman dichos conjuntos, que se encuentran en la columna de la derecha.

Grupo prostético

A

Apoenzima

A + B + C

Holoenzima

B

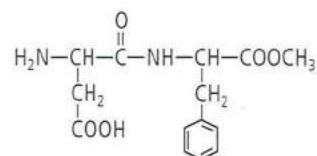
Cofactor

B y C

Coenzima

C

**16.** La siguiente es la fórmula del edulcorante artificial aspartamo:

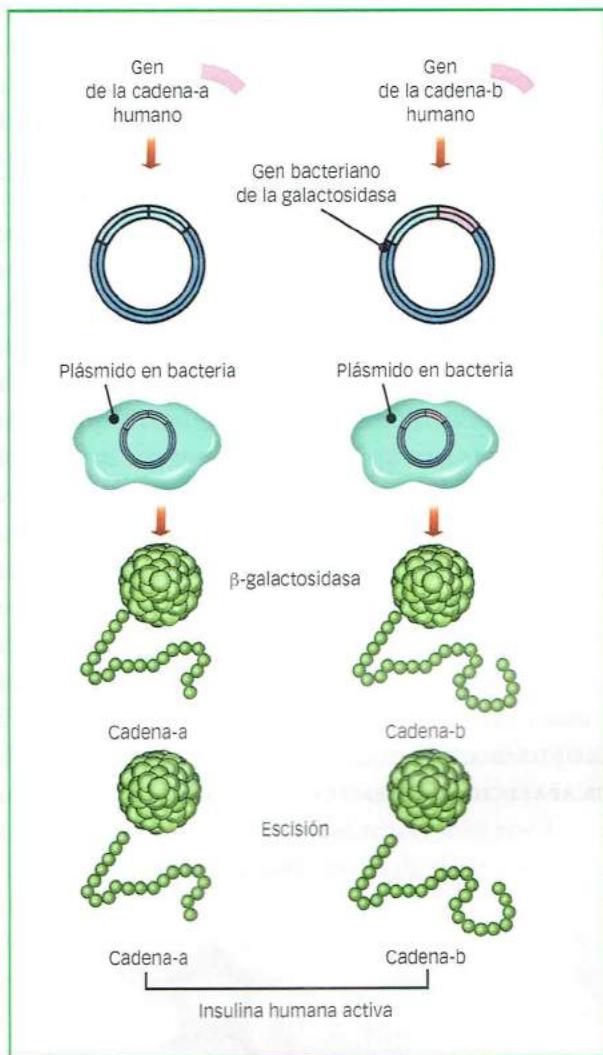


- Identificá el enlace peptídico, así como la estructura de los dos aminoácidos que constituyen el dipéptido.
- ¿Hay otros edulcorantes derivados de aminoácidos?

**17.** Tal como verás en el capítulo siguiente, la fenilcetonuria es una enfermedad congénita vinculada al metabolismo de los aminoácidos. En particular, se busca realizar un diagnóstico muy temprano –en recién nacidos– para evitar las complicaciones de la enfermedad.

- Averiguá cuáles son los aminoácidos involucrados en esta patología.
- ¿A qué se debe esta enfermedad?
- Investigá cuáles son los alimentos que no pueden consumir los fenilcetonúricos (personas que padecen fenilcetonuria). ¿Por qué?

18. Un ejemplo de la utilización de microorganismos recombinantes o transgénicos, en cuyo genoma se insertan genes de otras especies, es la obtención de hormonas, como la insulina. Los genes de la insulina humana se introducen en un plásmido bacteriano detrás del gen de la galactosidasa y son incorporados a su dotación genética, como se observa en este esquema.



Cuando los genes que regulan la producción de insulina incorporados al genoma de la bacteria se expresan, el microorganismo comienza a generar insulina idéntica a la humana.

- ¿Considerás adecuado el uso de organismos transgénicos para producir proteínas y péptidos con fines medicinales?
- Analizá los beneficios y los perjuicios que podría traer a la humanidad el empleo de técnicas de ingeniería genética en la manipulación de especies vivas.

19. Averiguá qué papel cumplen los átomos de hierro presentes en la hemoglobina en el proceso de respiración celular.

- ¿Qué es la hematosísis? ¿Cómo se produce el intercambio respiratorio en el alvéolo pulmonar?
- ¿Cómo se forma la carboxihemoglobina a partir de la oxihemoglobina?
- ¿Qué diferencias existen entre la hemoglobina fetal y la humana? ¿Cuál tiene mayor afinidad para el oxígeno?

20. Averiguá en un libro de bioquímica o de fisiología molecular qué tipos de aminoácidos se encuentran en mayor proporción en las proteínas fibrosas y en las globulares, y cómo influye la composición de aminoácidos en su solubilidad en agua.

21. En el organismo se han encontrado más de trescientos aminoácidos fuera de los veinte que intervienen en las proteínas, como la ornitina y la citrulina, intermediarios en la síntesis de la arginina y de la urea, respectivamente. Muchos son productos de reacciones de desaminación, decarboxilación o transaminación. Buscá información sobre:
- el papel de estos aminoácidos en el metabolismo;
  - el mecanismo de las reacciones de desaminación, decarboxilación o transaminación.

#### ■ Libro

López Munguía Canales, Agustín. *Las proteínas*. México, Libros del Escarabajo, Conaculta, 2005.

*Asesinas, guerreras, obreras, nutritivas, dulces y muchas otras.* Este libro cuenta en forma sencilla qué son, dónde se encuentran y qué tipos de funciones desarrollan las proteínas.

#### ■ En la red

<http://www.pdb.org>

Es el sitio del Banco de Datos de Proteínas (en inglés, Protein Data Bank), que aloja miles de datos sobre secuencia de aminoácidos y sobre estructura de un montón de proteínas. Contiene datos sobre la función de las proteínas, y se pueden ver los modelos tridimensionales de cada una.

# 7

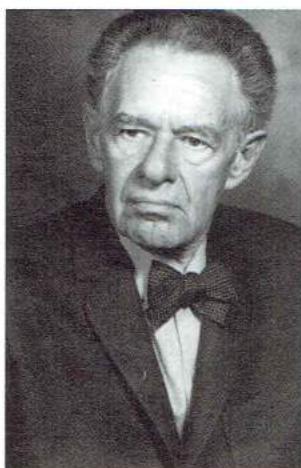
## El metabolismo celular



Hans A. Krebs.

*La presencia del mismo mecanismo de producción de energía en todas las formas de vida sugiere otras dos inferencias: primero, que el mecanismo de producción de energía ha aparecido muy tempranamente en el curso de la evolución; segundo, que la vida –tal como la conocemos– ha aparecido solo una vez.*

Hans A. Krebs



Fritz A. Lipmann.

EN 1953, EL BIOQUÍMICO INGLÉS HANS A. KREBS (1900-1981) RECIBIÓ EL PREMIO NOBEL POR HABER DESCUBIERTO EL CICLO DE LOS ÁCIDOS TRICARBOXÍLICOS, LUEGO CONOCIDO COMO “CICLO DE KREBS”. ENTRE 1906 Y 1920, VARIOS CIENTÍFICOS HABÍAN DEMOSTRADO QUE, COMO RESULTADO DE LA DEGRADACIÓN DE LA GLUCOSA, APARECÍAN EN EL INTERIOR DE LAS CÉLULAS CIERTOS ÁCIDOS TRICARBOXÍLICOS QUE PARECÍAN SER INTERMEDIARIOS DEL PROCESO DE OXIDACIÓN. SIN EMBARGO, SE DESCONOCÍA LA SECUENCIA EN QUE APARECÍA CADA UNO, Y SE IGNORABA CUÁLES ERAN TODOS ESOS ÁCIDOS. COMO PROBLEMA ADICIONAL, SEGÚN CUENTA EL PROPIO KREBS, EL ESTUDIO DE ESTOS PROCESOS METABÓLICOS ERA ESPECIALMENTE COMPLEJO, YA QUE TODAS LAS SUSTANCIAS INTERMEDIARIAS SON MUY SENSIBLES Y SE DEGRADAN CON FACILIDAD. CUALQUIER PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO LAS DESTRUÍA, LO QUE FRUSTRABA LOS EXPERIMENTOS.

SIN EMBARGO, TODOS ESOS AÑOS DE TRABAJO NO FUERON EN VANO. UN BUEN DÍA, GRACIAS A LOS APORTES DEL BIOQUÍMICO ALEMÁN FRITZ A. LIPMANN (1899-1986) SOBRE LA COENZIMA A, KREBS CONSIGUIÓ ARMAR EL ROMPECABEZAS SOBRE LA VÍA DE OXIDACIÓN DE LOS ÁCIDOS TRICARBOXÍLICOS. EN EL CAMINO, DESCUBRIÓ QUE MÁS QUE UNA VÍA ¡ERA UNA RUEDA! SE TRATA DE LA RUEDA GRACIAS A LA CUAL OBTIENEN ENERGÍA MUCHÍSIMOS SERES VIVOS: TODOS LOS ORGANISMOS QUE RESPIRAN Y QUE APARECIÓ MUY TEMPRANAMENTE EN LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA, TAL COMO DICE SU FRASE.



### ACTIVIDADES

- En el texto de apertura se habla del ciclo de los ácidos tricarboxílicos. ¿Qué particularidad estructural tienen estos ácidos?
- Tal como se sugiere en el texto de apertura, la oxidación de los ácidos tricarboxílicos, más que una “vía de oxidación” es un ciclo.

- ¿Qué significa que un proceso biológico ocurra en una “vía”? ¿Y en un “ciclo”?
- Averiguá qué otro ciclo de gran importancia ocurre dentro de las células eucariotas. Una pista: investigá sobre células vegetales.

# Procesos metabólicos

Existen distintas formas de definir qué es un **ser vivo**. Una de ellas implica decir que todo ser vivo está conformado por al menos una **célula** (figura 7-1). Por esta razón, se suele decir que la célula es la unidad estructural de los seres vivos, así como los ladrillos son las unidades estructurales de los edificios. Una célula es como una pequeña fábrica que está constantemente sintetizando nuevas moléculas, desechando las más viejas, procesando materia prima, utilizando y almacenando energía, y, desde luego, cumpliendo un montón de funciones que le son útiles a nuestro organismo. El conjunto de procesos bioquímicos que tiene lugar dentro de cada célula de nuestro organismo se denomina **metabolismo celular**.

Cada uno de estos procesos bioquímicos, en la práctica, implica una o varias reacciones químicas. Tal como estudiaste en el capítulo dedicado a las proteínas, las enzimas son macromoléculas especializadas en catalizar –optimizar y acelerar– las reacciones químicas que tienen lugar dentro de una célula. Entonces, si un proceso bioquímico consta de varias reacciones sucesivas, decimos que se trata de una **ruta** o **vía metabólica**, catalizada por varias enzimas. Además, las enzimas tienen la propiedad de catalizar la reacción en un único sentido; esto significa que una vez obtenidos los productos, por más que la reacción sea un equilibrio químico, es muy poco probable que el proceso se revierta. En este sentido, podemos decir que las vías metabólicas son unidireccionales. Si en algún momento la célula necesita recuperar los sustratos a partir de esos productos, deberá utilizar otra vía metabólica que funcione en sentido contrario, utilizando otro conjunto de enzimas.

## Tipos de reacciones metabólicas

Tal como dijimos, todas las reacciones que tienen lugar dentro de una célula forman parte del metabolismo celular. Pero ¿cómo se clasifican esas reacciones?

- En **términos biológicos**, esas reacciones pueden ser de síntesis –se las llama **reacciones anabólicas**– o de degradación de sustancias –denominadas **reacciones catabólicas**–.
- Si se analiza qué ocurre con la **energía** contenida en los enlaces covalentes de las moléculas que reaccionan, se las puede clasificar como **endergónicas** –cuando la energía es mayor en los productos que en los reactivos– o **exergónicas** –cuando la energía de los productos es menor que la de los reactivos–.
- Además, en **términos químicos**, las reacciones pueden ser de **oxidación** –cuando los productos pierden átomos de hidrógeno o electrones– o **reducción** –cuando los ganan–. En una ruta metabólica, por lo general, tienen lugar reacciones que pertenecen a diferentes clases. Por ejemplo, siempre que tiene lugar una reacción de oxidación, ocurre en forma paralela una reacción de reducción. Por esta razón se las suele denominar **reacciones de óxido-reducción** o **reacciones redox** (que mencionamos en el capítulo 2).

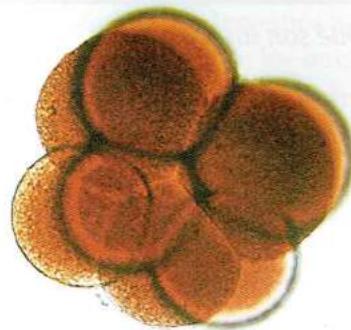


Fig. 7-1. Las células son las unidades estructurales de los seres vivos.

### ACTIVIDADES

3. Considerando que existe un montón de categorías de reacciones, resolvé.
  - a) ¿Se te ocurre un ejemplo de alguna reacción química que ocurra dentro de tu organismo? ¿Sabés de qué clase es?
  - b) Identifícá alguna reacción de degradación que tenga lugar cotidianamente fuera de tu organismo.

## ¿Qué son las coenzimas?

Las coenzimas son moléculas muy vinculadas a distintos procesos metabólicos. Por ejemplo, la coenzima Q10 es una molécula similar a una vitamina que muchas veces se encuentra en productos cosméticos tan disímiles como el champú o ciertas cremas para la piel. Pero ¿qué es exactamente una coenzima? En la práctica, cada coenzima tiene una estructura particular que la distingue; la coenzima Q10, por ejemplo, es muy parecida a una vitamina; la coenzima A, por su lado, es un nucleótido –molécula perteneciente a la familia de los ácidos nucleicos– parcialmente modificado. Sin embargo, a pesar de tener estructuras diferentes, ambas desempeñan un papel crucial en el metabolismo energético celular: la coenzima A, en el ciclo de Krebs; y la coenzima Q10, en la cadena respiratoria.

## Procesos anabólicos

Como dijimos, las reacciones anabólicas son aquellas en las que se sintetizan sustancias complejas a partir de otras más simples. ¿Un ejemplo? Cuando sufrimos una herida –un corte o una quemadura–, nuestro organismo activa los mecanismos de “reparación” del tejido. Para conseguir este objetivo, deben regenerarse un montón de estructuras que se han perdido en la herida utilizando procesos anabólicos.

¿Otro ejemplo? A pesar de que no lo notes, tu cuerpo crece lentamente todos los días. Para eso debe producir masa muscular, estructuras conformadas por huesos y cartílagos, piel y tejido graso. Este crecimiento tiene lugar gracias a los procesos anabólicos, y –en condiciones normales– se encuentra bajo control de diferentes moléculas y hormonas (**> EL DETALLE**).

A pesar de que las reacciones de síntesis deben conducir a macromoléculas tan diferentes como las proteínas, los lípidos y los hidratos de carbono, todas ellas comparten una secuencia lógica de tres etapas, que se describen a continuación (figura 7-2).

- **Etapa 1: obtención de  $\alpha$ -cetoglutarato y oxalacetato.** Tal como veremos cuando estudiemos el ciclo de Krebs, ambos metabolitos se sintetizan a partir de acetil-CoA, en las mitocondrias.
- **Etapa 2: síntesis de aminoácidos, monosacáridos y ácidos grasos.** A partir de las moléculas obtenidas en la fase anterior, se sintetizan los monómeros de las macromoléculas.
- **Etapa 3: biosíntesis de macromoléculas.** Los monómeros obtenidos en la etapa anterior se utilizan para la síntesis de macromoléculas en diferentes tejidos.

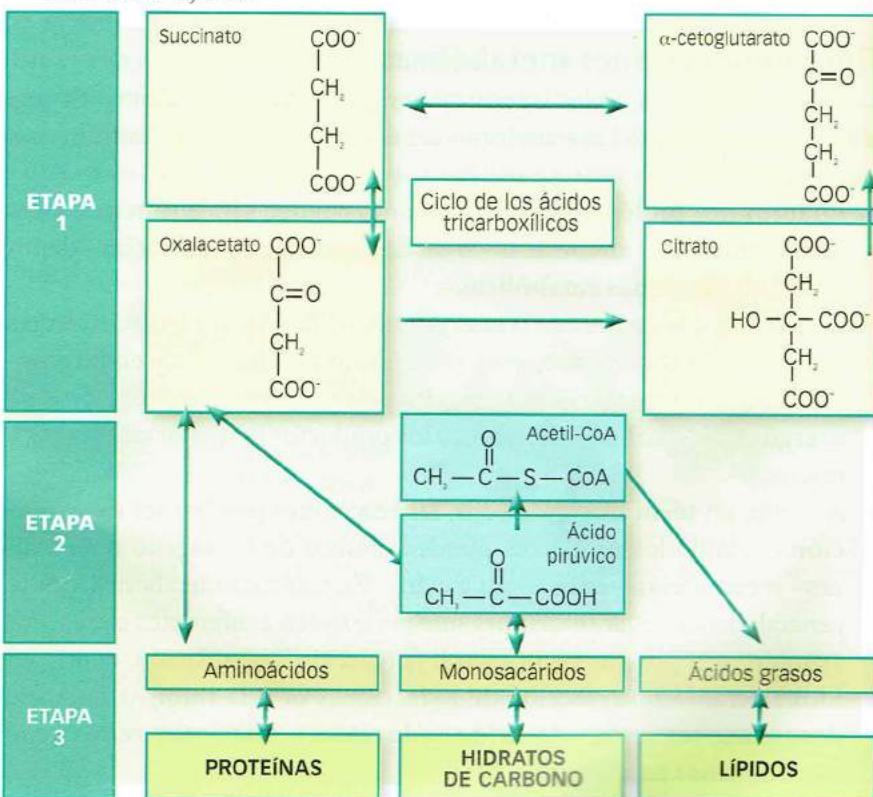


Fig. 7-2. Reacciones de síntesis de biomoléculas.

## Procesos catabólicos

Imaginate que dentro de las células solo tuvieran lugar las reacciones anabólicas. ¿Qué ocurriría? ¡Un descontrol! Como parte de la regulación del ciclo celular, el metabolismo implica un conjunto de reacciones de degradación que, tal como dijimos antes, se denominan "catabólicas".

Estas reacciones cumplen diversas funciones esenciales en nuestras células y nuestro organismo. Por un lado, desempeñan el importante rol de depurar nuestro organismo de las estructuras deterioradas, viejas o simplemente las que ya no son necesarias. Por otro, tienen una relevancia central en la obtención de energía. ¿Cómo es eso? Todos los seres vivos necesitamos energía para llevar a cabo nuestras tareas diarias. Para ello, utilizamos los nutrientes que ingerimos con nuestra dieta (figura 7-3) o aprovechamos las reservas que nuestro organismo ha acumulado previamente. En cualquiera de los dos casos, las reacciones que tienen lugar consisten en una conversión de sustancias complejas en sus constituyentes más sencillos, ¡justo al revés que las reacciones anabólicas!

Si analizamos los procesos de degradación que constituyen las vías anabólicas, descubriremos que todos ellos comparten una secuencia de tres etapas elementales, tal como ocurre con los procesos anabólicos.

### ► Digestión y absorción de nutrientes de la dieta.

Las moléculas que provienen de los alimentos que ingerimos son descompuestas en estructuras más sencillas en el tracto gastrointestinal y luego absorbidas. De allí pueden dirigirse directamente al sitio donde van a ser aprovechadas o ser acumuladas como sustancias de reserva. En este segundo caso, se sintetizan nuevas macromoléculas que sirven como almacenamiento, gracias a reacciones químicas que pertenecen a la categoría de procesos anabólicos.

► **Conversión en acetil-coenzima A.** Los constituyentes sencillos de las macromoléculas, como los aminoácidos, los monosacáridos y los ácidos grasos, son transformados luego en moléculas más pequeñas, y terminan formando parte de una sustancia denominada acetil-coenzima A. Esta fase explica por qué podemos obtener energía tanto a partir de los hidratos de carbono como de los lípidos y las proteínas. La acetil-coenzima A tiene un rol central en la fase siguiente.

► **Ciclo de Krebs.** Este ciclo, tal como veremos luego, constituye la vía final de oxidación de los nutrientes y es el que permite obtener energía útil para el organismo. Ocurre en la mitocondria y constituye el "nudo" central de un proceso denominado **respiración celular**.

## Procesos catabólicos en ausencia de oxígeno

Si bien la secuencia descripta se aplica a la mayoría de los procesos catabólicos, existen ciertos casos en los que esta secuencia es ligeramente distinta. Tal como veremos más adelante en este capítulo, algunos organismos obtienen su energía a partir de sustancias orgánicas, sin utilizar oxígeno, gracias a la **fermentación**. En esos casos, la molécula de acetil-coenzima A no es necesaria, sino que se obtiene energía directamente a partir de los monosacáridos. Este proceso es rápido, aunque mucho menos eficiente que el catabolismo dependiente de oxígeno.



Fig. 7-3. Los alimentos nos proveen de la energía necesaria para llevar a cabo nuestras tareas diarias.

### ACTIVIDADES

4. Buscá, junto con uno o dos compañeros, algún ejemplo de metabolismo en ausencia de oxígeno.

## La fotosíntesis

La fotosíntesis es un conjunto de reacciones anabólicas y catabólicas que realizan algunos organismos con el fin de obtener energía a partir de la luz solar. En las plantas ocurre dentro de los **cloroplastos**, que son **orgánulos especializados** para esta función (figura 7-4).

Se trata, en definitiva, de un proceso en el cual la energía lumínica se convierte en energía química, de modo que luego pueda ser aprovechada para todas las funciones y los procesos celulares. La fotosíntesis implica la conversión de materia inorgánica, como el agua y el CO<sub>2</sub>, en materia orgánica, como los hidratos de carbono. Se trata de un proceso muy complejo, y su estudio puede dividirse en dos partes: la **etapa clara**, también llamada **fotodependiente**, y la **etapa oscura**, también llamada **bioquímica**.

### Etapa clara o fotodependiente

La primera parte del proceso de fotosíntesis consiste en la captación de la energía lumínica y su conversión en energía química. Los **fotosistemas I y II** son estructuras conformadas por los llamados **pigmentos antena** que reciben la luz y absorben su energía. Esta energía es captada por los electrones de los orbitales externos, que se excitan a niveles de energía superior. Los pigmentos se transfieren unos a otros esta energía, hasta que la energía es recibida por un pigmento ubicado en un centro de reacción. Los electrones viajan desde este centro, por medio de una proteína integral llamada ferredoxina, hasta una enzima denominada NADP-reductasa; en presencia de protones es capaz de reducir la molécula NADP<sup>+</sup> a NADPH utilizando el electrón excitado por la energía de la luz (figura 7-5).

Pero ¿qué ocurre con ese fotosistema una vez que ha perdido el electrón? Para mantener un “balance neto” equilibrado, el fotosistema I debe recuperar su electrón perdido. Para ello, de modo indirecto, toma un electrón del fotosistema II. Este segundo fotosistema tiene un rol central en la fotosíntesis: al igual que el fotosistema I, los electrones de los orbitales externos son capaces de absorber energía lumínica, pero en lugar de participar de la reducción de NADP<sup>+</sup>, participan de un proceso denominado **fotólisis del agua**. ¿En qué consiste? El fotosistema I rompe moléculas de agua para obtener protones (H<sup>+</sup>), moléculas de oxígeno gaseoso y electrones (e<sup>-</sup>)! Estos electrones son transportados por intermedio de proteínas de membrana (plastoquinona, complejo b6-f y plastocianina), del fotosistema II al fotosistema I, y compensan a este segundo la pérdida de electrones que ocurre durante la reducción del NADP<sup>+</sup> (figura 7-6).

¿Y qué pasa con los átomos de hidrógeno y el oxígeno obtenidos? El oxígeno, tal como debés de haber escuchado un montón de veces, difunde libremente hasta el exterior. Los protones, en cambio, se acumulan en el interior de la matriz del tilacoide hasta que una proteína los deja salir. Esta proteína se denomina **bomba de protones** y, tal como veremos luego, aprovecha la salida de protones para sintetizar ATP, en un proceso conocido como **fosforilación oxidativa**.

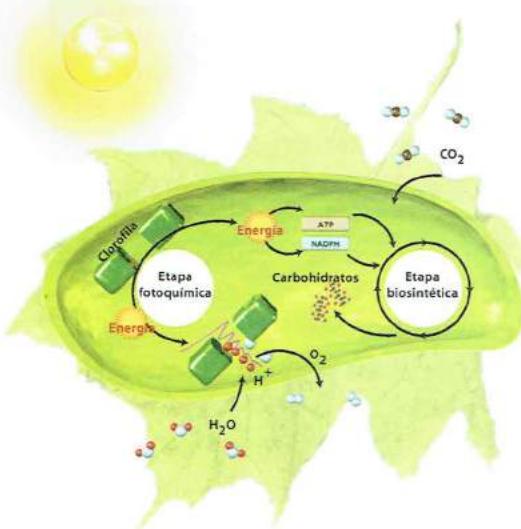


Fig. 7-4. Estructura de un cloroplasto y de los procesos metabólicos en su interior.

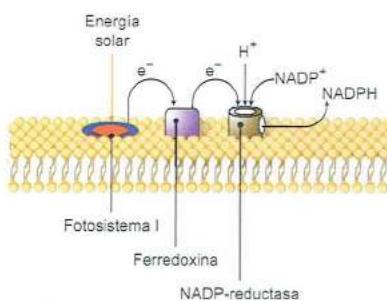


Fig. 7-5. Secuencia metabólica desde el fotosistema I hasta la reducción de NADP<sup>+</sup>.

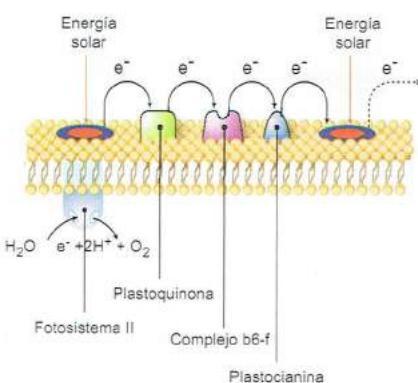


Fig. 7-6. Fotólisis del agua y recuperación del fotosistema I.

## Etapa oscura o bioquímica

Durante la fotosíntesis, las células obtienen cantidades considerables de ATP y de NADPH. Sin embargo, no son estos los productos finales de la fotosíntesis, sino que las células se encargan de utilizar estas sustancias para sintetizar moléculas que funcionen como reserva de energía. En particular, producen hidratos de carbono mediante un ciclo de reacciones denominado **ciclo de Calvin** (figura 7-7).

Este conjunto de reacciones consiste en una sucesión de transformaciones químicas mediante las cuales la célula usa ATP y CO<sub>2</sub> para producir moléculas de tres a siete átomos de carbono. El ciclo es un proceso mediante el cual las moléculas de CO<sub>2</sub> ceden su átomo de carbono, que las células utilizan para la construcción de monosacáridos y luego polisacáridos. Se dice que es un “ciclo” porque los átomos de carbono que provienen del CO<sub>2</sub> son “transportados” por una molécula denominada **ribulosa 1,5-difosfato**, que al terminar el proceso vuelve a estar disponible para realizar su tarea. En ese momento, el ciclo vuelve a comenzar.

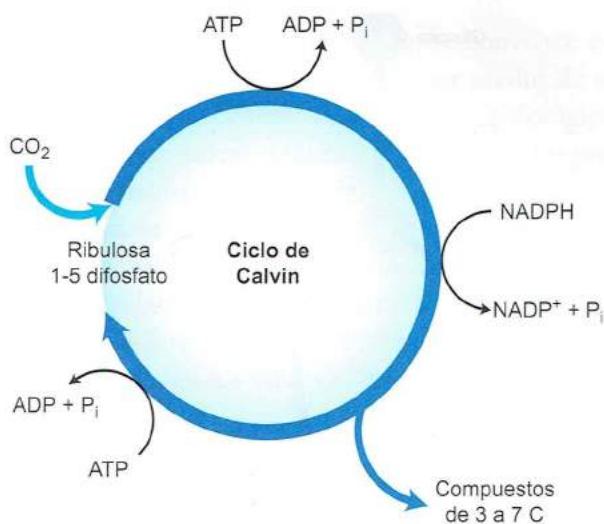
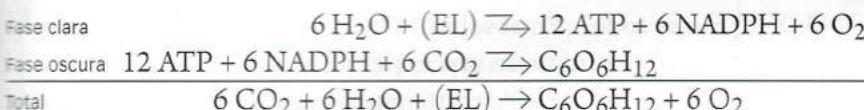


Fig. 7-7. Esquema simplificado del ciclo de Calvin. Se observa el consumo de ATP y NADPH en la producción de hidratos de carbono de tres a siete carbonos de longitud.

## Balance final de la fotosíntesis

Un repaso por lo que acabamos de aprender nos permite ver que la etapa fotoquímica tiene como objetivo central la producción de ATP. Además, durante esta fase se producen O<sub>2</sub> y moléculas de NADPH. Durante la fase oscura, a su vez, se consume ATP, CO<sub>2</sub> y NADPH para la producción de hidratos de carbono, como la glucosa. Si se hace un balance, se verá que la energía lumínica (EL), en definitiva, ha sido utilizada para la producción de hidratos de carbono, tal como se observa en las siguientes ecuaciones no balanceadas.



Esta ecuación resume muchas cualidades de los organismos que realizan fotosíntesis, de los cuales seguramente escuchaste hablar. Por ejemplo, en el primer término de la ecuación se ve que este proceso consume agua y luz. ¿Te suena? ¡Claro! Para poder crecer y desarrollarse, todos sabemos que las plantas necesitan agua y buena iluminación. Por otro lado, en el segundo término se observa que se produce O<sub>2</sub>; como seguramente escuchaste alguna vez, las plantas oxigenan el ambiente mientras están en la etapa clara de su ciclo fotosintético.

Es posible que esta explicación te genere una duda: si las células que realizan fotosíntesis utilizan toda la energía para producir hidratos de carbono, ¿con qué energía realizan el resto de sus tareas? La respuesta no es sencilla: obtienen energía a partir de esos hidratos de carbono mediante un proceso denominado **respiración celular**, que estudiaremos a continuación.

### ACTIVIDADES

5. Una de las clasificaciones más conocidas respecto de la nutrición de los seres vivos es la que los divide en autótrofos y heterótrofos. De acuerdo con lo aprendido hasta el momento, ¿cómo podrías definir –en términos bioquímicos– cada clase de organismo?

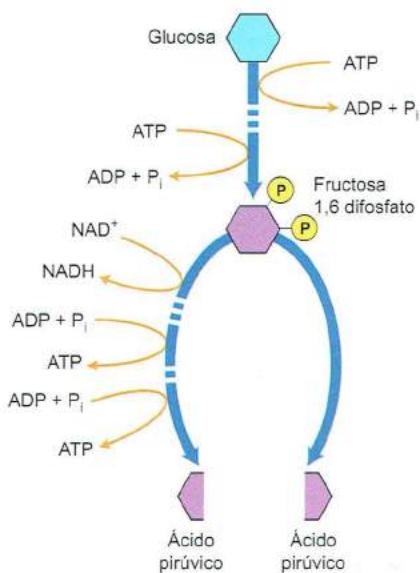


Fig. 7-8. Esquema simplificado de la glucólisis; una molécula de glucosa “rinde” dos moléculas de ácido pirúvico.

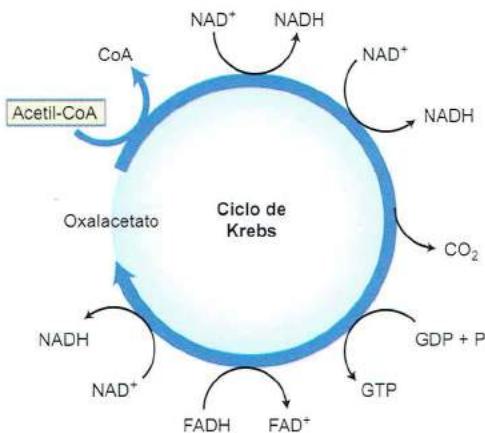


Fig. 7-9. Esquema simplificado del ciclo de Krebs. Se observa la producción de NADH, FADH y GTP, y la liberación de CO<sub>2</sub>.

## La respiración celular

Todas las células deben obtener su energía a partir de los sustratos que encuentran en su medio. La mayoría de ellas lo hace en forma similar, aunque no todas de la misma manera. ¿Cómo es este proceso? Cuando hablamos de respiración celular, nos referimos a otro conjunto de reacciones –como el de la fotosíntesis– que tiene como fin degradar hidratos de carbono simples –la glucosa– para obtener energía química contenida en moléculas de ATP. Este proceso se realiza en cualquier momento en que la célula necesite energía, y puede ser estudiado en diferentes fases.

### La glucólisis

La primera parte de la respiración celular ocurre en el citoplasma de las células y se denomina **glucólisis**. Este nombre deriva de que la molécula de glucosa (“gluco”) se rompe en dos moléculas de ácido pirúvico (“ysis”). En la práctica, la glucólisis es un conjunto de reacciones catalizadas por enzimas diferentes, y su “saldo” es la producción de dos moléculas de ATP, dos moléculas de NADH<sup>+</sup> –que cumple un rol similar al del NADPH en la fotosíntesis– y dos moléculas de ácido pirúvico, que en forma de sal se las llama **piruvato** (figura 7-8).

### Decarboxilación oxidativa y ciclo de Krebs

La glucólisis es un proceso efectivo, ya que permite obtener energía a partir de la glucosa muy rápidamente. Sin embargo, no se trata de un proceso muy eficiente, ya que hay mucha más energía que puede aprovecharse a partir de una misma molécula de glucosa. ¿Cómo es esto?

Cada molécula de ácido pirúvico reacciona con una molécula de coenzima A, y forma acetil-coenzima A (acetil-CoA). Este proceso se denomina **decarboxilación oxidativa**, y libera una molécula de CO<sub>2</sub> al ambiente. A su vez, durante esta decarboxilación se obtiene una molécula adicional de NADH. ¿Eso es todo? ¡En absoluto! Cada una de las dos moléculas de acetil-CoA obtenidas a partir de una molécula de glucosa “viaja” hasta el interior de la mitocondria, donde participa del **ciclo de Krebs**. Al igual que el ciclo de Calvin, el ciclo de Krebs es un conjunto de reacciones sucesivas y encadenadas, al cabo de las cuales todas las especies químicas se han “regenerado”. En el intermedio, cada molécula de acetil-CoA ha “cedido” su grupo “acetilo” al oxalacetato para que sea degradado y libere CO<sub>2</sub>, ATP, GTP (que es otro nucleótido similar al ATP), NADH y FADH (que es una molécula similar al NADH). Observá la secuencia del ciclo de Krebs simplificada (figura 7-9).

Al finalizar el ciclo de Krebs, las células han conseguido –por cada molécula de glucosa degradada– solo dos moléculas de ATP. Sin embargo, en el transcurso, también han obtenido dos moléculas de GTP, seis moléculas de NADH y dos moléculas de FADH. En la fase siguiente de este proceso, las células aprovechan todas estas moléculas para producir todavía más ATP, gracias a dos procesos conocidos como cadena respiratoria y fosforilación oxidativa.

### ACTIVIDADES

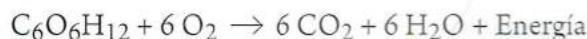
- Investigá a qué familia de biomoléculas pertenece cada una de estas moléculas. ¿Qué otro nombre recibe el ciclo de Krebs? ¿Por qué?

## Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa

La última fase del proceso de respiración celular debe sus propiedades a la estructura de las mitocondrias. Estos orgánulos poseen una doble membrana que delimita un espacio interno llamado matriz mitocondrial, y un espacio intermembranoso. El proceso denominado **cadena respiratoria** se inicia con la enzima NADH-deshidrogenasa. Esta enzima libera protones y electrones a partir de una molécula de NADH. Los protones liberados son “bombeados” hacia el espacio intermembranoso; allí, como no pueden atravesar la membrana, se acumulan. Los electrones liberados son “aceptados” por sucesivas moléculas de la membrana interna mitocondrial (figura 7-10) hasta participar en la formación de una molécula de agua.

El proceso de **fosforilación oxidativa** es igual al que ocurre durante la etapa clara de la fotosíntesis. Una bomba de protones ubicada en la membrana interna permite a los protones acumulados salir del espacio intermembranoso, y aprovecha este pasaje para sintetizar ATP. Por otro lado, los electrones que han llegado hasta la citocromo C oxidasa son utilizados para sintetizar agua: para ello, la enzima combina las moléculas de O<sub>2</sub> con los protones y los electrones libres.

Expresada en ecuaciones químicas, podemos decir que la respiración celular es un proceso inverso al de la fotosíntesis:



## El modelo quimiosmótico

En ambos casos, fotosíntesis y respiración, uno de los principales mecanismos de obtención de energía es el pasaje de protones a través de una bomba localizada en la membrana. Pero ¿cómo funciona esto? En 1978, el químico inglés Peter Mitchell (1920-1992) ganó el Premio Nobel de Química por haber descubierto este misterio tan fascinante. El mecanismo, denominado **modelo quimiosmótico**, es muy similar a lo que ocurre con una represa hidroeléctrica: en ella hay una barrera física que separa las aguas de un río y produce la acumulación de agua en uno de los lados. Esta barrera posee una compuerta; cuando la compuerta se abre, el agua tiende a pasar –sin que nada ni nadie la ayude– de un lado a otro. En ese caso, la energía potencial contenida en la diferencia de niveles de agua se convierte en la energía cinética del agua que pasa a través de la compuerta. En

las represas hidroeléctricas, a su vez, se convierte esa energía cinética en energía eléctrica por medio de un generador. ¿Y en las células? Las membranas biológicas funcionan como barreras que no dejan pasar a los protones. Las bombas de protones funcionan como compuertas que, cuando se abren, dejan que los protones pasen por su interior sin que nada los impulse. Al pasar, las bombas funcionan como generadores, que convierten la energía cinética de los protones en la energía química contenida en los enlaces de la molécula de ATP (figura 7-11).

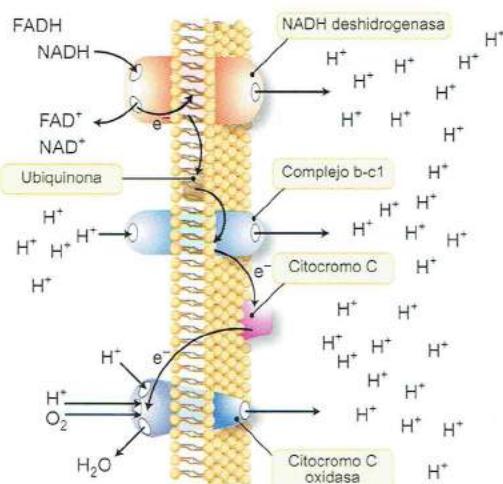


Fig. 7-10. Esquema de la cadena respiratoria. Se observa el pasaje de protones desde el interior de la mitocondria hacia el espacio intermembranoso.

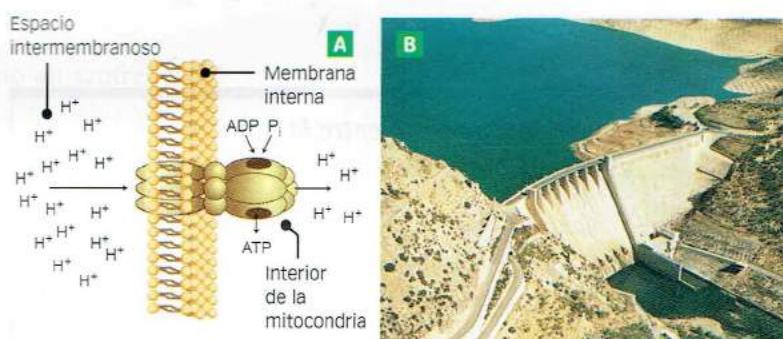


Fig. 7-11. Esquema del funcionamiento de la bomba de protones (A), comparable al de una represa hidroeléctrica (B).

### ACTIVIDADES

7. El modelo quimiosmótico implica una conversión de energía potencial –el gradiente de protones– en energía química, en forma de ATP.
- ¿Qué otras formas de energía conocés?
  - ¿Alguna de ellas está presente dentro de las células?

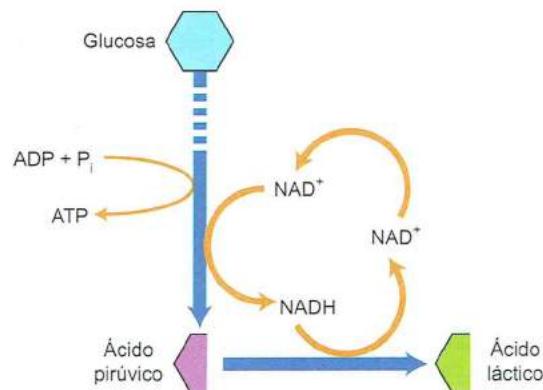


Fig. 7-12. Fermentación láctica.

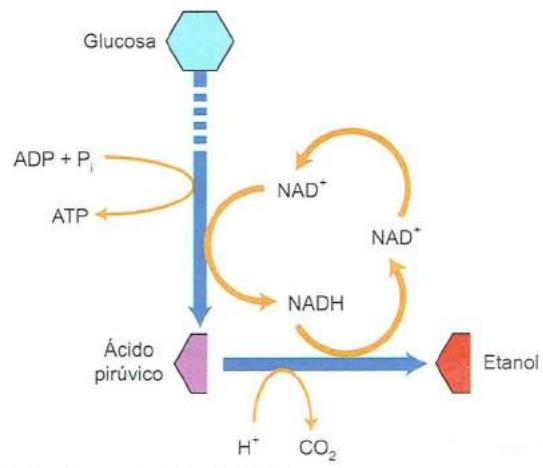


Fig. 7-13. Fermentación alcohólica.

**EL DETALLE**

### ¿Qué relación existe entre la fermentación y las bebidas alcohólicas?

Como seguramente has escuchado, la fermentación tiene diversos usos biotecnológicos. Uno de los más antiguos es la producción de bebidas alcohólicas, como la cerveza y el vino. Desde hace miles de años, el ser humano controla el proceso de fermentación llevado a cabo por ciertas levaduras para producir las bebidas más exquisitas. Sin embargo, la esencia de este proceso es siempre la misma: se utiliza una fuente de hidratos de carbono, como el azúcar de la uva en el vino, la cebada en la cerveza o el arroz en el sake, como sustrato metabólico para que las levaduras fermenten y produzcan alcohol. El resultado final depende de muchísimos factores; entre ellos, de la cantidad y calidad de los azúcares, de las levaduras utilizadas, la temperatura y el tiempo de fermentación.

## La fermentación

A pesar de que la respiración celular es un proceso altamente eficiente, hay muchos organismos que utilizan otras estrategias para obtener energía a partir de los azúcares, o al menos no realizan el proceso de respiración completa, tal como acabamos de describirlo. ¿Un ejemplo? Si analizas las páginas anteriores, vas a notar que el oxígeno funciona como el último acceptor de electrones de todo el proceso de respiración celular, y junto con los protones forma moléculas de agua. Pero ¿es posible obtener energía en ausencia de oxígeno? Desde luego que los seres humanos necesitamos oxígeno para vivir; sin embargo, existen muchos organismos que pueden desarrollarse en **anaerobiosis**, es decir, en ausencia de oxígeno. Para obtener energía a partir de los azúcares, estos organismos realizan un proceso denominado **fermentación**.

La fermentación es un proceso similar a la glucólisis. Tal como vimos en las páginas anteriores, durante la glucólisis se producen ATP, NADH y dos moléculas de ácido pirúvico. La fermentación es posible en todos aquellos organismos que tengan algún mecanismo para convertir ese ácido en un producto “desechable”, y que puedan regenerar las moléculas de NAD<sup>+</sup> para volver a comenzar el proceso. Podemos distinguir dos tipos de fermentación:

- **Fermentación láctica.** Es aquella que realizan –por ejemplo– los lactobacilos del yogur; el ácido pirúvico es transformado en ácido láctico (figura 7-12).
- **Fermentación alcohólica.** Es el proceso que realizan –por ejemplo– ciertas levaduras, como las utilizadas en la producción de cerveza y pan. El ácido pirúvico es transformado en etanol (figura 7-13)

(► **EL DETALLE**).

Sin embargo, la fermentación no es un proceso exclusivo de los microorganismos. En nuestro organismo, el proceso de obtención de energía depende de la presencia de oxígeno. Sin embargo, algunas células tienen la capacidad de realizar una fermentación láctica en bajas concentraciones o ausencia de oxígeno, como las células musculares. Cuando realizamos un esfuerzo prolongado muy intenso, la irrigación sanguínea no alcanza a suministrar el oxígeno suficiente y las células musculares comienzan a producir ácido láctico. Esta sustancia es la responsable de la sensación de dolor muscular luego de los esfuerzos intensos, que desaparece una vez que el ácido ha sido depurado del tejido.

## Otras formas de obtención de energía: la quimiosíntesis

De acuerdo con lo que has aprendido hasta ahora, la fotosíntesis es un proceso que cumple un rol central en nuestro ecosistema. Los organismos que realizan este proceso metabólico tienen la importante tarea de sintetizar materia orgánica –azúcares– a partir de materia inorgánica –agua y dióxido de carbono–, lo que constituye el primer eslabón en la cadena trófica. Sin embargo, la fotosíntesis no es el único método para convertir lo inorgánico en orgánico. ¿Cómo es esto?

Hay un proceso que llevan a cabo ciertas bacterias, denominado **quimiosíntesis**, que sigue la misma secuencia lógica que la fotosíntesis, pero con una diferencia fundamental: en lugar de utilizar energía solar, los organismos quimiosintéticos utilizan energía química liberada durante una reacción química de óxido-reducción. Con esa energía, estas bacterias obtienen ATP y NADPH, al igual que en la etapa fotoquímica de la fotosíntesis, para luego utilizarlos en la producción de azúcares mediante el ciclo de Calvin. ¡Igual que en la etapa bioquímica de la fotosíntesis!

### Clasificación de los organismos quimiosintéticos

Los organismos quimiosintéticos son procariotas, pertenecen a la categoría de seres autótrofos y, por lo general, son aerobios. Las reacciones químicas a partir de las cuales obtienen energía dependen de cada tipo de microorganismo, por lo que podemos clasificarlos en los siguientes grupos (figura 7-14):

- ▶ **Bacterias nitrificantes**, como aquellas que pertenecen a los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Transforman amoníaco en nitritos, y los nitritos en nitratos, lo que contribuye al ciclo del nitrógeno en nuestros ecosistemas.
- ▶ **Sulfobacterias**, que convierten el sulfuro de hidrógeno en azufre, y a este elemento en el anión sulfato. Los sulfatos son sales fundamentales para el desarrollo de la vida.
- ▶ **Ferrobacterias**, que cambian el estado de oxidación del hierro, ya que lo convierten de  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ .
- ▶ **Otras bacterias quimiosintéticas**, como aquellas que convierten el hidrógeno gaseoso en agua, o las que transforman el metano en dióxido de carbono.

En conjunto, las bacterias que realizan quimiosíntesis desempeñan un rol clave en los ciclos biogeoquímicos, ya que se encargan de convertir materia inorgánica –como gases y sales que no tienen utilidad para los seres vivos– en compuestos orgánicos que sí pueden ser utilizados por otros seres vivos. En particular, desempeñan un rol clave en los ecosistemas en los cuales la luz no alcanza –denominados **ecosistemas afóticos**–, como las profundidades del mar.

Por lo tanto, puede decirse que la conservación de la estabilidad de la biosfera se debe –en buena medida– a este grupo de microorganismos.

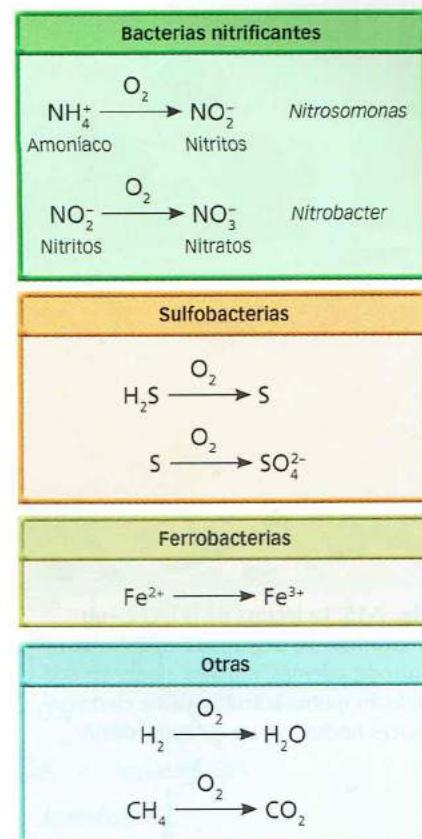
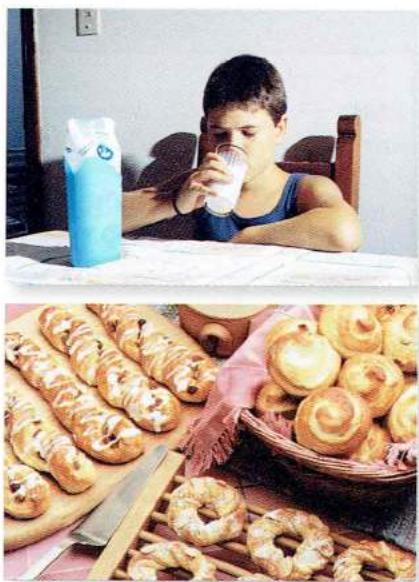


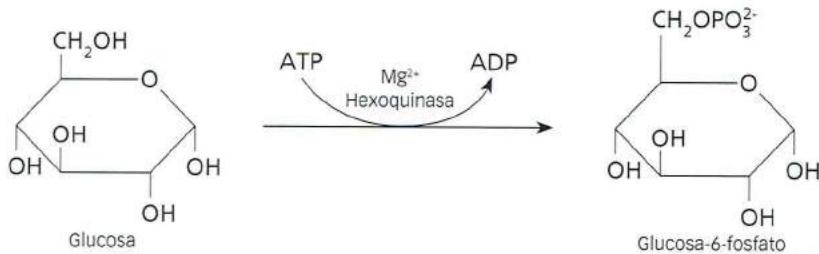
Fig. 7-14. Clasificación de bacterias quimiosintéticas.



**Fig. 7-15.** La lactosa de la leche –un disacárido– es degradada en galactosa y glucosa; además, muchos alimentos son ricos en monosacáridos, como ciertos dulces hechos a base de fructosa.

## Metabolismo de los hidratos de carbono

Como parte de nuestra dieta habitual, ingerimos hidratos de carbono. Estas moléculas complejas son degradadas a monosacáridos, y luego son absorbidas por el intestino. Entre los monosacáridos más frecuentes que incorpora nuestro organismo se encuentran la glucosa, la fructosa y la galactosa (figura 7-15). Una vez absorbida, la glucosa circula por el torrente sanguíneo y “viaja” hasta los distintos tejidos para cumplir su importante función bioenergética. Generalmente, una vez que ingresa en las células de los mamíferos, es retenida en ellas mediante un proceso de **fosforilación** –que requiere energía en forma de ATP– catalizado por una enzima denominada **hexoquinasa**. Esta reacción ocurre en presencia de magnesio, y puede esquematizarse de la siguiente manera:



En el hígado puede ocurrir la reacción inversa, que es la **desfosforilación** de la glucosa-6-fosfato. Esta reacción es catalizada por una enzima denominada glucosa-6-fosfatasa, y es la que permite que la glucosa vuelva a liberarse al torrente sanguíneo.

La glucosa-6-fosfato es considerada el metabolito central de los hidratos de carbono, ya que hacia ella llegan y desde ella salen las rutas metabólicas que involucran a los glúcidos en los mamíferos. La glucosa es el combustible principal del organismo: su concentración en la sangre debe mantenerse dentro de un rango de valores normales. Debido a ello, existen varios mecanismos de control y regulación de la glucemia (significa “concentración de glucosa en sangre”) mediante los cuales puede formarse y degradarse la glucosa. Uno de los principales es el de dos hormonas pancreáticas denominadas **insulina** y **glucagón**. La insulina es una hormona encargada de facilitar el ingreso de la glucosa en las células, por lo que decimos que tiene un **efecto hipoglucemiante** (si la glucosa entra en las células, ya no está libre en la sangre). Por el contrario, el glucagón tiene un **efecto hiperglucemiant**e. Existen numerosos estados patológicos en los cuales este delicado balance está alterado; uno de los más conocidos es la diabetes, en la cual la insulina no se sintetiza en cantidades adecuadas, o no tiene capacidad para producir el efecto debido.

En conjunto, podemos decir que los glúcidos participan en numerosas vías metabólicas. Entre ellas, pueden mencionarse las siguientes:

- **glucólisis**, que es la oxidación de la glucosa a ácido pirúvico;
- **glucogenogénesis**, que es la síntesis de glucógeno;
- **glucogenólisis**, que es la degradación del glucógeno de reserva;
- **gluconeogénesis**, que es la síntesis de glucosa a partir de aminoácidos, de lactato o de glicerol;
- **vía de las pentosas**, que es un proceso de degradación de glucosa.

# Metabolismo de los lípidos

¿Alguna vez te preguntaste por qué las personas que comen dulces en grandes cantidades, acumulan grasas en su cuerpo? Si los dulces están compuestos por hidratos de carbono, ¿cómo es posible este fenómeno? La **obesidad** es una enfermedad nutricional que se define como la acumulación de tejido adiposo por encima de ciertos valores normales. Se trata de una condición compleja, producida por factores genéticos y propiciada por efectos ambientales, que puede tener numerosas consecuencias no deseadas sobre la salud.

El tejido adiposo es una estructura de reserva de alto potencial calórico; contiene una gran cantidad de lípidos en un volumen reducido: cada gramo de grasa puede generar una energía equivalente a nueve kilocalorías, como veremos en el próximo capítulo. Pero ¿cuál es el origen de los lípidos, si nuestra dieta no los contiene en tanta cantidad? Como ya hemos dicho, nuestro organismo funciona como una combinación de numerosas vías metabólicas interconectadas. En el proceso anabólico de formación de lípidos o **biosíntesis de lípidos** se producen, primero, ácidos grasos a partir de la molécula de acetil-CoA (figura 7-16). Esta molécula puede provenir de la degradación de los monosacáridos, como en el caso de las personas que consumen muchos dulces, o a partir de la degradación de aminoácidos.

La **biosíntesis de ácidos grasos** es un proceso endergónico que ocurre en el citoplasma de las células de diferentes tejidos. Este proceso tiene lugar gracias a la participación de un conjunto de enzimas denominadas genéricamente sintetasas de los ácidos grasos, y a la presencia de NADPH, ATP y malonil-CoA. Por su parte, el colesterol también es un lípido y puede ser sintetizado en nuestro organismo.

En una etapa posterior, denominada **lipogénesis** y que tiene lugar en el tejido adiposo, se forman los triglicéridos. Esta síntesis ocurre a partir de ácidos grasos y glicerol.

Cuando el organismo necesita energía, hidroliza sus triglicéridos acumulados en el tejido adiposo –proceso denominado **lipólisis**– y libera ácidos grasos que pasan al torrente sanguíneo. Estos ácidos ingresan en el citoplasma celular, y allí son activados por unión a coenzima A mediante una reacción que requiere energía y la presencia de la enzima tiocinasa. Luego, los ácidos activados son degradados mediante la vía cata-

bólica denominada  $\beta$ -oxidación, que tiene lugar en el interior de las mitocondrias. Como resultado de este proceso de oxidación, se obtienen acetil-CoA, NADH y FADH que, luego de pasar por el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria, permiten la síntesis de ATP a partir de ADP (figura 7-17).

Sin embargo, los lípidos no solo sirven como reservorio de energía. Tal como mencionamos antes, los triglicéridos participan de otras vías metabólicas, por ejemplo, en la biosíntesis del colesterol y otros esteroides, como los ácidos biliares. A su vez, el colesterol está involucrado en la síntesis de hormonas esteroideas, como la testosterona.

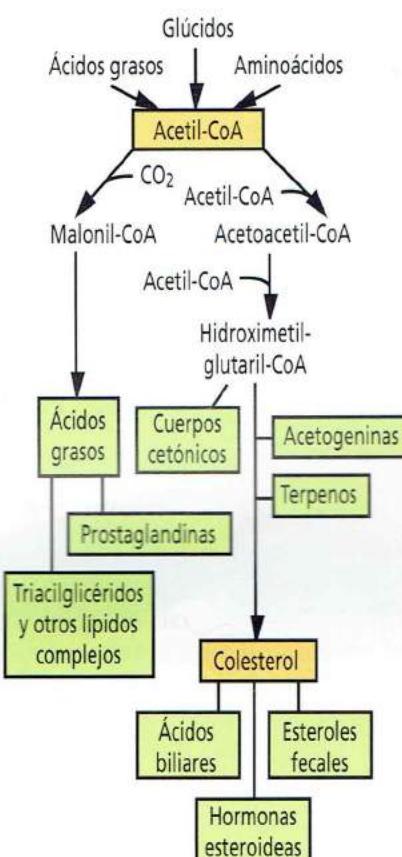


Fig. 7-16. Vías metabólicas asociadas a la acetil-CoA.



Fig. 7-17. Esquema de lipogénesis y lipólisis.



Fig. 7-18. La melanina es un pigmento que absorbe hasta el 90% de las radiaciones ultravioleta.

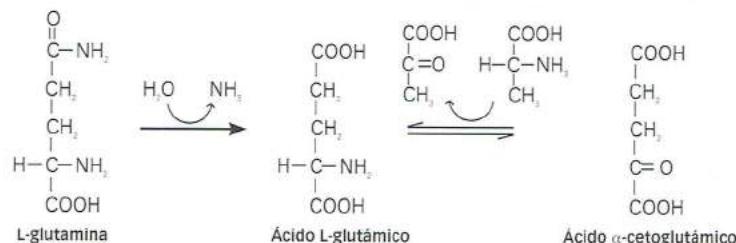
## Metabolismo de los aminoácidos

La melanina, un polímero derivado del aminoácido tirosina, es un pigmento de la piel que puede absorber hasta el 90% de las radiaciones ultravioleta (figura 7-18). ¿Qué otras sustancias importantes se producen gracias al metabolismo de los aminoácidos?

A partir de los aminoácidos se sintetizan diversas clases de sustancias, como proteínas, bases nitrogenadas, hormonas, neurotransmisores, pigmentos como la melanina o las porfirinas, alcaloides vegetales, etc. Además, las cadenas de carbono de los aminoácidos pueden convertirse en glúcidos o lípidos. Para que ocurra cualquiera de estas transformaciones, se necesitan aminoácidos o bien intermediarios de su catabolismo.

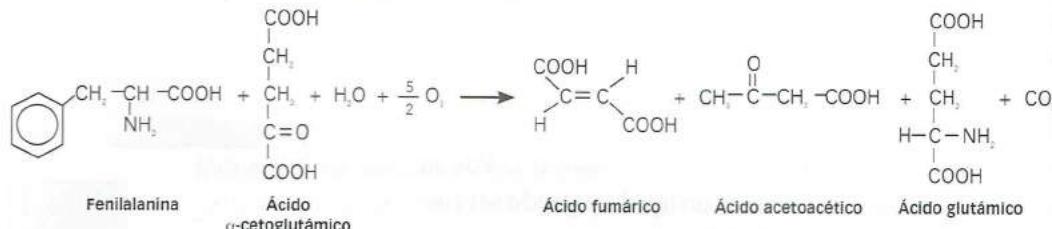
Desde el punto de vista de los productos de su degradación, los aminoácidos pueden clasificarse en una de las tres categorías siguientes:

► **Aminoácidos glucogénicos:** son aquellos que forman intermediarios del ciclo de Krebs –como el fumarato, el oxalacetato o el  $\alpha$ -cetoglutarato– o ácido pirúvico, y pueden transformarse indirectamente en glucosa.



► **Aminoácidos cetogénicos:** son los que producen acetil-CoA o ácido acetoacético, y se transforman en compuestos cetónicos en los animales.

► **Aminoácidos mixtos:** algunos aminoácidos pueden ser de ambos tipos, como la tirosina o la fenilalanina.



Una gran cantidad del nitrógeno contenido en los aminoácidos se excreta mediante un proceso, denominado **ciclo de la urea**. En realidad, se trata de un proceso parcialmente cíclico, ya que mientras algunos sustratos se consumen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , aspartato y ATP), otros se regeneran.

Entonces, ¿son las proteínas y los aminoácidos una buena fuente de energía? Cuando nuestras células no tienen lípidos o monosacáridos disponibles para obtener energía, comienzan a degradar las proteínas que tienen en su interior. Si bien este proceso catabólico les provee la energía necesaria, ocurre a expensas de estructuras proteicas fundamentales. La degradación de proteínas y aminoácidos para obtener energía, en consecuencia, es un proceso no deseable en nuestro organismo, al que nuestras células recurren en caso de “emergencia”.

### ACTIVIDADES

8. Nuestro organismo degrada proteínas para obtener energía en condiciones de hambre extrema. Investigá dónde es más frecuente y cuáles son las características del síndrome de Kwashiorkor.

# Ciencia en tus manos

## Elaboración de hipótesis a partir de una evidencia experimental

Tal como hemos comentado en el capítulo 2, uno de los quehaceres más habituales de los científicos es la comprobación de una hipótesis. En la práctica, esto significa que diseñan experimentos cuyos resultados contribuyen a descartar o reafirmar la hipótesis en cuestión. Sin embargo, en muchos casos la evidencia experimental antecede a la hipótesis, y los científicos se ven en la situación de tener que explicar el fenómeno experimental que observan por me-

dio de la **elaboración de una hipótesis**. Esta, luego, tendrá que ser comprobada por experimentos adicionales. Pero ¿cómo se elabora una hipótesis? En la mayoría de los casos, las hipótesis surgen a partir de ciertas evidencias experimentales, o de algunas especulaciones. A su vez, las hipótesis dan lugar a nuevos experimentos y razonamientos. Te invitamos a que reproduzcas una experiencia de laboratorio, y luego trabajes las consignas propuestas.

### ACTIVIDADES

9. A continuación, les proponemos que, en grupos, realicen la siguiente experiencia de laboratorio, vinculada al metabolismo de las levaduras. Luego, para explorar la construcción de hipótesis, realicen las actividades indicadas.

#### Materiales

Dos vasos de precipitado, un pan de levadura, agua destilada, una estufa de temperatura controlada a 37 °C, una gradilla, doce tubos de ensayo de vidrio, tres pipetas de 1,5 y 10 ml, solución de glucosa al 15%, solución de NaF 0,5 M, un marcador de vidrio, papel *film*, solución de ácido pícrico 0,5%, solución de NaOH 4%, un trípode, un mechero de Bunsen y una tela metálica.

#### Procedimiento

- 1.º Disuelvan un pequeño trozo (0,2 g) del pan de levadura dentro del vaso de precipitado con 15 ml de agua destilada. Mantengan la solución en la estufa (si no cuentan con ella pueden colocarla en un lugar cálido).
- 2.º Preparen seis tubos de ensayo de acuerdo con el siguiente cuadro:

	1	2	3	4	5	6
Suspensión de levaduras	2 ml					
Solución de glucosa 15%	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml		
Solución de NaF 0,5 M	2 ml	2 ml			2 ml	2 ml
Agua destilada			2 ml	2 ml	2 ml	2 ml



Paso 2.

- 3.º Tapen luego cada tubo con un pequeño trozo de papel *film*. Cada diez minutos, tomen una alícuota de 1 ml de cada tubo, y colóquenla en tubos limpios. Calienten estos nuevos tubos a baño de María, y agreguen luego 2 ml de ácido pícrico 0,5% y 0,5 ml de NaOH 4%.
- 4.º Incuben los tubos a 37 °C durante 40 min y registren lo que ocurrió con cada uno.
  - a) ¿Cuál es la vía metabólica que se está evaluando?
  - b) ¿Para qué se utilizan el ácido pícrico y el NaOH? Elaboren una hipótesis y diseñen un experimento para demostrarlo.
  - c) ¿Qué ocurre al agregar NaF?
  - d) ¿Los resultados de esta experiencia permiten comprobarla o son necesarios más experimentos?

# El descubrimiento de la fenilcetonuria

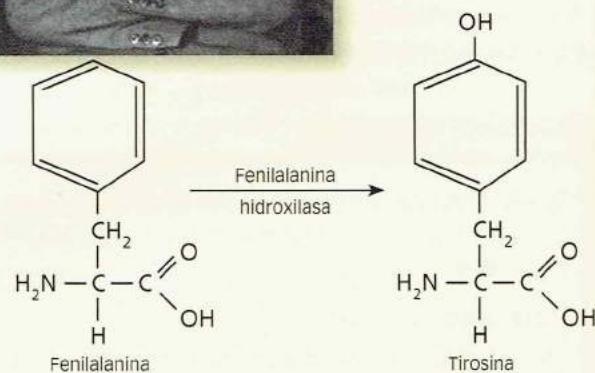
La fenilcetonuria es una enfermedad de tipo oligofrénico, descripta por primera vez por el médico noruego Ivar Asbjorn Fölling en 1934. En ese entonces, detectó la enfermedad en dos niños con retardo motor y mental cuya madre explicaba que los pequeños tenían un olor peculiar en la orina y en el sudor. Este síntoma específico recuerda al de los ratones o al de establo y se nota en todos los afectados de fenilcetonuria. Al parecer, es provocado por el ácido fenilpirúvico eliminado por vía renal y a través de los poros de la piel.

El doctor Fölling creó un test con el que pudo detectar la acumulación del ácido fenilpirúvico por el color verde que produce al contacto con el cloruro férrico. Fölling llamó primero a la enfermedad *imbecillitas phenylpyruvica* en virtud de que en las observaciones que hacía de este mal notaba que esta cursaba con un grave daño cerebral. Posteriormente y durante algún tiempo, la enfermedad llevó su nombre: enfermedad de Fölling. No fue sino hasta tres años después de la primera descripción de la enfermedad que dos británicos, el psiquiatra Lionel Penrose (1898-1972) y el bioquímico Juda Hirsch Quastel (1899-1987) la bautizaron "fenilcetonuria", que fue considerado un nombre más específico y con el que se la conoce actualmente. Durante 25 años fue utilizada la prueba de reacción del cloruro férrico de Fölling para la detección de la enfermedad en Europa y los Estados Unidos.

En 1947, el doctor George A. Jervis, quien sería director del Instituto para la Investigación Básica de Problemas del Desarrollo, observó que cuando se administraba una dosis de fenilalanina a individuos sanos, se elevaba la tasa de formación de tirosina, otro aminoácido. Sin embargo, cuando se suministraba la fenilalanina a individuos que padecían fenilcetonuria, no presentaban tal elevación. Los avances en el tratamiento no se iniciaron hasta 1953, año en que Jervis demostró que el defecto enzimático de la enfermedad involucraba la deficiencia de la enzima fenilalanina hidroxilasa que cataliza la reacción bioquímica que transforma la fenilalanina en tirosina. Ese mismo año, el doctor alemán Horst Bickel (1918-2000) determinó que el exceso de fenilalanina en la dieta era la causa de la conducta hiperactiva y descontrolada de los pacientes con la enfermedad. Decidió, a petición de la madre de una de sus pacientes de dos años de edad, crear una dieta baja en fenilalanina, lo que mejoró sustancialmente la calidad de vida de la niña. A partir de las



Ivar Asbjorn Fölling.



Conversión de fenilalanina en tirosina.

nuevas evidencias se publicaron varios trabajos en los que se demostraba la efectividad de las dietas bajas en fenilalanina, basadas en los hallazgos del doctor Jervis. Estos eventos llevaron a la creación de los programas de exámenes a recién nacidos que hoy se siguen utilizando.

En 1983, los doctores Li Chen y Savio L. C. Woo, ambos del Departamento de Medicina Celular y Genética, en la Escuela de Medicina Mount Sinai, aislaron e identificaron por primera vez el gen que codifica la elaboración de la enzima fenilalanina hidroxilasa, cuya carencia es responsable de la enfermedad.

En el transcurso de los años desde la descripción original de Fölling hasta nuestros días, ha sido la fenilcetonuria la única enfermedad que presenta deficiencia mental que puede ser evitada.

Fuente: [www.fenilcetonuria.com](http://www.fenilcetonuria.com) [consultado en noviembre de 2010]

## ACTIVIDADES

- 10.** Actualmente, la fenilcetonuria puede detectarse en los recién nacidos para prevenir sus consecuencias. Investigá cómo se llama la prueba de laboratorio para detectar esta enfermedad y averiguá qué otras patologías se analizan en esa prueba.

# Fotosíntesis humana

Después de cuatro años de trámites y pruebas, el gobierno de Rusia otorgó en junio de 2010 al científico mexicano Arturo Solís Herrera la primera patente en todo el mundo que reconoce la existencia de la fotosíntesis humana. Este hallazgo permitió elaborar una especie de pila infinita, que el autor llama *Bat-Gen*, porque funciona al mismo tiempo como una batería recargable y como un generador continuo de energía.

‘El descubrimiento surgió de manera accidental cuando investigaba posibles terapias para las tres causas más comunes de ceguera en México: el glaucoma, la retinopatía diabética y la degeneración macular provocada por la edad’, narra el científico, cuya formación académica es como médico cirujano, oftalmólogo de la Universidad Nacional Autónoma de México, maestro en ciencias médicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y doctor en farmacología de la Universidad de Guadalajara.

La materia prima de este invento abunda en la naturaleza, pues sus componentes centrales son agua y una molécula que existe en la piel, el cabello y el recubrimiento de la retina humana, pero que se puede producir artificialmente: la melanina o polihidroxíindol [...]. ‘Esta sustancia es capaz de romper la molécula del agua, separando oxígeno e hidrógeno, al mismo tiempo que esa reacción libera energía. Pero lo más revolucionario es que la misma molécula realiza la función inversa, y vuelve a unir el hidrógeno y el oxígeno, para que nuevamente se constituyan como agua, liberando una nueva carga de energía’, indicó el médico, con especialidad en neurooftalmología del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía.

El ciclo se puede repetir en una cantidad incalculable de ocasiones, armando y desarmando la molécula del agua y liberando energía, sin que haya merma, debido a que la propia melanina ayuda a absorber nuevos fotones que están disponibles en el ambiente en las radiaciones electromagnéticas que normalmente nos rodean en todo el planeta, las cuales provienen del sol y del espacio [...]. Esta es una manera muy esquemática de explicar lo que ocurre en el interior de la Bat-Gen, la cual es capaz de mantener encendida una lámpara de luz por más de cien años, con la única necesidad de cambiar los focos cuando termina su tiempo de vida. Como evidencia de esta afirmación, el doctor Solís tiene, en su laboratorio de Aguascalientes, lámparas que llevan cuatro años encendidas.

Dr. Arturo Solís Herrera y su invento.

El hallazgo no es una fantasía ni aparece de la nada. Desde el punto de vista científico forma parte de la corriente de estudios que busca generar energía limpia a través del hidrógeno, que es el átomo más sencillo del Universo, formado por un protón y un electrón. El proceso del doctor Solís, que fue concebido en su laboratorio privado de la ciudad de Aguascalientes, se encuentra en evaluación desde hace cuatro años en las oficinas de patentes de los Estados Unidos, la Unión Europea, China e India. En México se solicitó la patente hace cinco años al Instituto Mexicano de Propiedad Industrial y aún no hay respuesta. ‘Hasta ahora he gastado más de 40.000 dólares en abogados y trámites para buscar la patente y ha sido un proceso muy complejo por lo inédito de este hallazgo, que yo mismo llegué a considerar increíble. Pero el otorgamiento de la patente en Rusia le da un aval firme a mi hallazgo y deja el testimonio, con un documento legal, de que este descubrimiento fue hecho en México’, comenta el investigador, que no trabaja en ninguna universidad. Ahora los abogados que están tramitando las patentes en los Estados Unidos y Europa dicen que seguramente el proceso de protección de propiedad intelectual en sus jurisdicciones se acelerará.

**Fuente:** <http://www.cronica.com.mx/> [consultado en diciembre de 2010].

## ACTIVIDADES

11. Discutí con tus compañeros: si efectivamente es posible obtener energía como sugiere el Dr. Herrera, ¿qué ventajas tendría la energía obtenida?

# Actividades finales

12. Respondé el siguiente cuestionario:

- ¿Por qué las vías catabólicas son exergónicas y las anabólicas son endergónicas?
- ¿Cuáles son las cuatro etapas de la respiración celular aeróbica?
- ¿Por qué decimos que el ejercicio físico rápido e intenso es anaeróbico?

13. Las reacciones anabólicas y catabólicas están "acopladas". Elaborá una explicación para este concepto y compártela con tus compañeros.

14. Para afianzar las ideas aprendidas en este capítulo, te proponemos que armes una red conceptual con los siguientes términos. Agregá los que falten y creas necesarios.

Glucólisis	Ciclo de Krebs
Alimento	Energía
Glucosa	Célula
Citoplasma	NAD <sup>+</sup>
Enzimas	ATP
Oxígeno	Mitocondria
Fermentación	Organismos aerobios
Alcohol	Organismos anaerobios
Dióxido de carbono	Lactato

15. Clasificá las siguientes reacciones, según su carácter anabólico o catabólico.

- Degradación de proteínas.
- Biosíntesis de aminoácidos.
- Oxidación de ácidos grasos.
- Conversion de glúcidos en acetil-CoA.

16. ¿Existe el metabolismo global del planeta Tierra? Leé el siguiente artículo y luego contestá las preguntas.



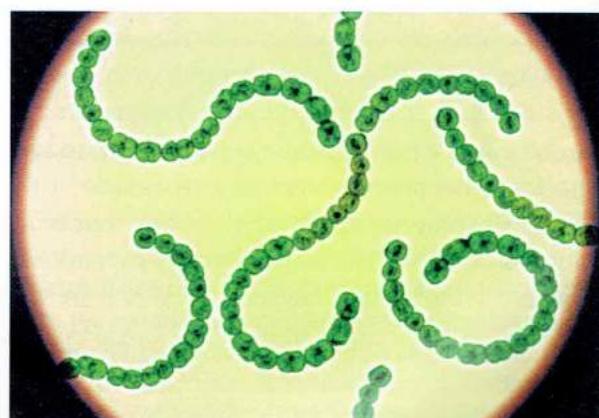
*"A principios de la década del setenta surgió una hipótesis de que la Tierra es un organismo vivo. La idea fue propuesta por el químico inglés James Lovelock y la bióloga estadounidense Lynn Margulis y se la llamó hipótesis Gaia (en homenaje a la diosa griega que representa a la Tierra). Según*

*esta teoría, como todo ser vivo, la Tierra sería capaz de autorregularse, ingerir y eliminar materia y energía, y dispondría de una memoria evolutiva. Recientemente resurgió esta hipótesis en las investigaciones de un biólogo de la NASA, Tyler Volk. A este científico le intriga el porqué del mantenimiento del nivel constante de oxígeno en la atmósfera, y postula que existe un flujo de la vida en el planeta. En tal sentido, estudia cómo son reciclados el carbono y el nitrógeno, que pasan de organismo en organismo. Asegura que lo que un organismo desecha puede pasar a la atmósfera, el océano o el suelo, y formar parte, así, de una vasta red química; y el flujo de sustancias químicas permitiría clasificar las formas de vida según sus funciones reales. Por ejemplo, estarían los grupos de organismos fotosintetizadores, los respiradores, los fijadores de nitrógeno, etc.; cada uno, una comunidad que contribuye al metabolismo global".*

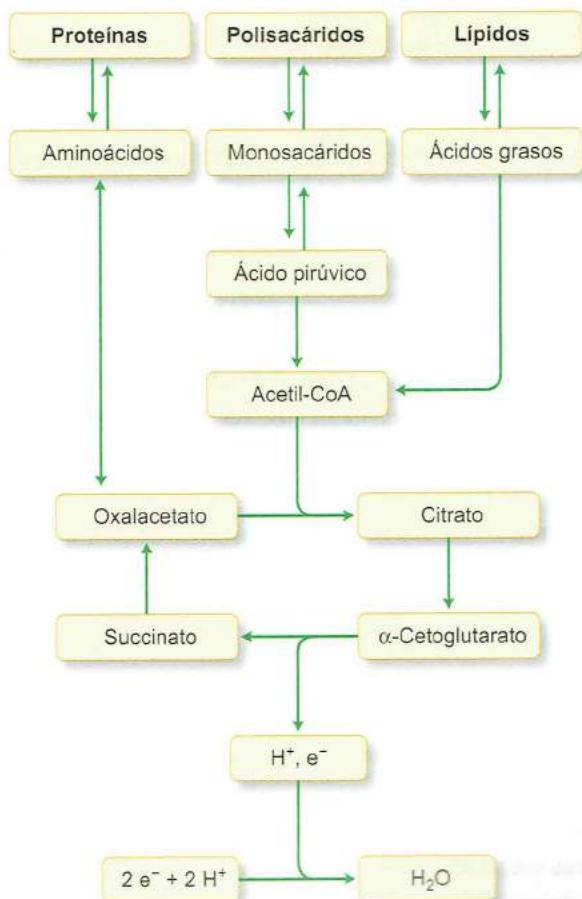
- ¿Qué función cumpliría el oxígeno en el "metabolismo global"?
- El flujo de sustancias químicas ¿podría incluir elementos que se hallaran fuera del planeta? En ese caso, ¿debería hablarse de un "metabolismo universal"?
- Si la Tierra fuera un macroorganismo, ¿qué seríamos los seres humanos?

17. Buscá información sobre las arquibacterias, las cianobacterias y las bacterias comunes.

- ¿Qué pigmentos fotosintéticos utilizan las cianobacterias?
- Las bacterias comunes ¿realizan fotosíntesis?



18. Analizá el siguiente esquema del metabolismo general de los seres humanos y nombrá los procesos indicados por flechas o líneas verdes.



19. Considerando que la glucosa es un hidrato de carbono fundamental para la respiración celular y, por lo tanto, para nuestra subsistencia, ¿por qué no se la considera una molécula "esencial"? ¿Qué significa que una molécula sea "esencial"?

20. Tal como aprendiste en este capítulo, la degradación de los ácidos grasos ocurre gracias a un proceso denominado b-oxidación. Tené en cuenta las siguientes premisas para resolver la actividad que te proponemos:

- Para ser degradado, todo ácido graso debe ser activado; esa activación implica un consumo de dos moléculas de ATP.
  - Un ácido graso con n átomos de carbono (donde n es siempre un número par) sufre  $(n-2)/2$  b-oxidaciones; de cada una de ellas, se obtienen 5 moléculas de ATP.
  - A su vez, de cada ácido graso oxidado se obtienen  $n/2$  moléculas de acetil-CoA, que ingresan en el ciclo de Krebs.
- Obtené el rendimiento (en ATP) de la b-oxidación del ácido palmitíco.
  - Considerando que la masa molecular del ácido palmitíco es 256 g/mol y que cada mol de ATP representa 7.3 kcal, calculá el rendimiento de la b-oxidación de un mol de ácido palmitíco en kcal/g.
  - Compará el valor obtenido, con los 9 kcal/g que produce la oxidación completa de una grasa. ¿A qué se debe la diferencia?

#### Libro

Dyson, Freeman. *Los orígenes de la vida*. Cambridge University Press, 1999.

Este extravagante físico inglés, también dedicado a la escritura de textos de ciencia ficción, como su libro Mundos imaginados, elaboró una teoría sobre el metabolismo de los seres vivos primitivos. Según él, originalmente existieron dos tipos de "criaturas primordiales": uno con un metabolismo proteínico activo pero incapaz de replicarse, y otro capaz de reproducirse pero sin metabolismo. La vida, tal como la conocemos, sería una simbiosis entre ambos tipos de "criaturas".

#### En la red

<http://www.buenosaires.gov.ar> [consultado en diciembre de 2010]

En el sitio de la Ciudad de Buenos Aires pueden encontrarse los detalles sobre el Programa de Pesquisa Neonatal, que tiene como finalidad promover el diagnóstico neonatal de ciertas enfermedades metabólicas congénitas para establecer un tratamiento temprano.

<http://www.fei.org.ar> [consultado en diciembre de 2010]

Sitio web de la Fundación de Endocrinología Infantil, en la que puede encontrarse abundante información sobre patologías metabólicas, como la fenilcetonuria.

# 8

## Los alimentos y la energía

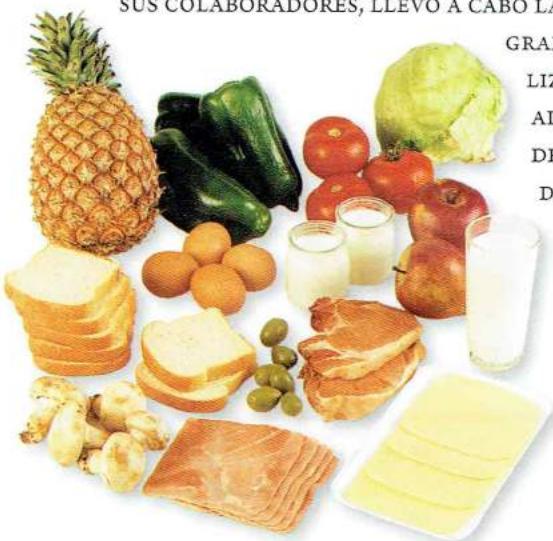


Wilbur Olin  
Atwater.

*Solo una pequeña proporción de toda la energía de la comida queda disponible para el trabajo muscular externo, como el acarreo del peón, el martilleo del herrero u otras labores manuales; la mayor parte de esa energía es transformada en calor.*

Wilbur Olin Atwater

EN 1886, DOS ALEMANES, EL MÉDICO MAX VON PETTENKOFER (1818-1901) Y EL FISIÓLOGO CARL VON VOIT (1831-1898) DEMOSTRARON QUE, EN AYUNAS, UN ORGANISMO ANIMAL OXIDA FUNDAMENTALMENTE GRASAS Y PROTEÍNAS, Y PUEDE CALCULARSE LA CANTIDAD DE ESTAS MOLÉCULAS OXIDADAS POR MEDIO DE LA MEDICIÓN DEL CARBONO ESPIRADO, DEL CARBONO EXPULSADO POR ORINA Y DEL NITRÓGENO URINARIO. POR SU PARTE, EL QUÍMICO ALEMÁN MAX RUBNER (1854-1932) DEMOSTRÓ QUE EL CALOR PRODUCIDO POR UN ANIMAL ERA EQUIVALENTE AL CALOR PROCEDENTE DE LA COMBUSTIÓN DE GRASAS Y PROTEÍNAS OXIDADAS, MENOS EL CALOR DE LA COMBUSTIÓN DE LOS PRODUCTOS NITROGENADOS EXPULSADOS POR LA ORINA. PERO FUE EL ESTADOUNIDENSE **WILBUR O. ATWATER** (1844-1906), UN DISCÍPULO DE VOIT, QUIEN FORMULÓ LA IDEA DE LAS "TABLAS CALÓRICAS". JUNTO CON SUS COLABORADORES, LLEVÓ A CABO LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES CALÓRICOS POR GRAMO DE PROTEÍNAS, CARBOHIDRATOS Y GRASAS, ANALIZANDO LUEGO EL VALOR CALÓRICO DE CIENTOS DE ALIMENTOS. POR LO TANTO, PUEDE DECIRSE QUE, DESDE EL PUNTO DE VISTA CUANTITATIVO, A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX QUEDARON SENTADAS LAS BASES DE LA NUTRICIÓN CIENTÍFICA.



Alimentos de consumo frecuente entre las personas.

### ACTIVIDADES

1. Atwater trabajó sobre el concepto de "energía de los alimentos". ¿Por qué creés que resulta tan importante? ¿De qué clase de energía se trata?
2. El texto hace referencia a las "tablas calóricas". Discutí con tus compañeros qué son esas tablas y para qué se utilizan.

## La energía y los seres vivos

¿Qué proporciona más energía: un plato de fideos o una ensalada de lechuga y tomate? ¿Qué consideraciones debemos hacer para elegir nuestros alimentos? En la práctica, la **alimentación** es un asunto sumamente complejo. En el capítulo 4 aprendiste que todos los seres vivos están compuestos por las mismas biomoléculas, que son las proteínas, los lípidos, los hidratos de carbono y los ácidos nucleicos. Si bien estas moléculas se encuentran en diferentes proporciones en cada célula y en cada organismo, constituyen la “materia prima” esencial con la que estamos formados todos los seres vivos. A su vez, cada una de estas biomoléculas está formada por estructuras más pequeñas unidas entre sí –salvo los lípidos, que no poseen esta organización estructural– a las que denominamos “monómeros”. Estas uniones, así como las que mantienen unidos los átomos que constituyen cada monómero, son **energía química**.

Entonces, ¿solo tenemos energía química? En realidad, hay otras formas de energía que son muy importantes para los seres vivos. Por ejemplo, la **energía mecánica** y, en particular, la **energía cinética**. Las personas, como todos los seres vivos, nos desplazamos y hasta nuestros órganos se mueven; ese movimiento implica un gasto de energía. ¡Y eso no es todo! En el capítulo 7 aprendiste que la teoría quimiosmótica explica cómo las células eucariotas sacan provecho a una diferencia de concentración de protones para producir ATP. Esa diferencia de concentración es una forma de **energía potencial** a la que a veces se llama **potencial electroquímico**.

### Transformaciones energéticas

Seguramente sabés que para poder hacer ejercicio es recomendable tomar un buen desayuno un rato antes. El ejercicio físico, tal como dijimos, implica el uso de energía mecánica. Pero ¿el desayuno te provee energía mecánica? ¡Suená gracioso! En realidad, otro aspecto crucial para entender qué ocurre con la energía en los seres vivos es recordar que las diferentes formas de energía se convierten unas en otras. A estas “conversiones” las llamamos **transformaciones energéticas**, como la que ocurre entre la energía química de los alimentos y la energía cinética que necesitamos para trotar o hacer picar una pelota (figura 8-1). El estudio de estas transformaciones permite, además, comprender la importancia de los distintos participantes de las cadenas tróficas en los ecosistemas. ¿Un ejemplo? Imaginá que te comés un bife a la plancha. La energía química contenida en el bife pasa a ser la energía química almacenada en tu organismo en forma de glucógeno, grasas y ATP. Pero ¿de dónde provino la energía del bife? El bife fue –alguna vez– parte de una vaca; y las vacas se alimentan de pasto, lo que significa que la energía química del bife proviene de la energía química almacenada en el pasto. La energía del pasto, entonces, ¿de dónde salió? ¡Aquí está el asunto! La energía química contenida en el pasto proviene de la energía solar; eso se explica porque durante el proceso de fotosíntesis se produce una transformación energética, de energía lumínica a energía química.

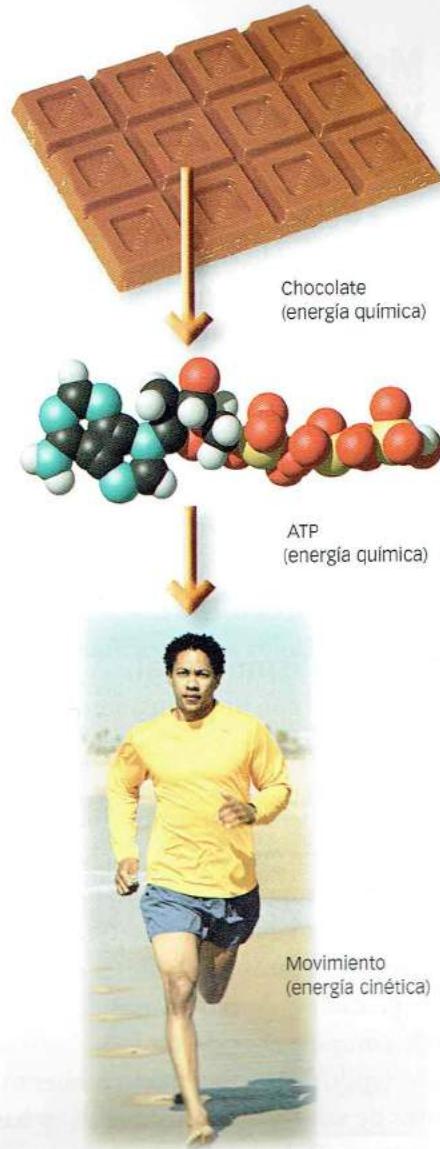


Fig. 8-1. Conversión de energía química en energía cinética.

#### ACTIVIDADES

3. Buscá a tu alrededor al menos dos ejemplos de transformaciones energéticas. ¿Cuáles son las formas de energía involucradas en cada caso?
4. Identifícá qué transformación tiene lugar en los siguientes ejemplos:
  - a) Calentar agua para el mate.
  - b) Encender una lamparita eléctrica.

# Metabolismo basal y actividad física

La energía consumida durante todos los procesos físicos y bioquímicos que ocurren dentro de un organismo vivo puede cuantificarse y expresarse en las unidades del Sistema Internacional de Unidades, que son los **joules** (J). Sin embargo, con frecuencia esta energía se expresa en **kilocalorías (kcal)**. Una kilocaloría es igual a 1.000 calorías. A su vez, cada caloría corresponde a la cantidad de energía necesaria para que 1 g de agua bajo 1 atm de presión eleve su temperatura en 1 °C. La equivalencia entre estas unidades es:

$$1 \text{ kcal} = 1.000 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

## Metabolismo basal

Discutí con tus compañeros: cuando estás durmiendo, ¿gastás calorías? ¿Cuántas? En realidad, los organismos vivos funcionan como una enorme fábrica que nunca detiene el trabajo. Cuando dormís, es como si hubiera una guardia a la noche y alguien siguiera trabajando. Siempre, aunque no nos demos cuenta, cientos de procesos bioquímicos están ocurriendo dentro de nuestro organismo: síntesis de nuevas biomoléculas, degradación de estructuras deterioradas, movilización de componentes de un lado hacia el otro, reparación de tejidos dañados, mantenimiento de concentraciones de sales y otras sustancias, ¡y hasta producción de nuevas células! Todas las reacciones que tienen lugar cuando estamos en reposo conforman lo que llamamos **metabolismo basal** de nuestro organismo. Este metabolismo no es igual para todas las personas, sino que depende de factores genéticos y, por lo tanto, heredables, del estado físico general y de las actividades que

realicemos. Cuanto más ejercicio practiquemos, más activa estará la “fábrica” de noche. A su vez, los individuos con mayor masa muscular y menos tejido graso suelen tener un metabolismo basal más acelerado.

## Metabolismo y ejercicio

Cuando hacemos ejercicio físico, la “fábrica” de nuestro organismo se pone a trabajar con intensidad y rapidez. ¿Qué ocurre con la energía? Toda actividad física implica un gasto de energía; la **primera fuente de energía** será la **glucosa** que los músculos puedan captar de la circulación sanguínea. Esa glucosa será parcialmente degradada durante la glucólisis y, en presencia de oxígeno, completará su oxidación en el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria. Sin embargo, la cantidad de glucosa disponible en el torrente sanguíneo no es infinita. Si el ejercicio continúa, el organismo comenzará a utilizar las **reservas energéticas** almacenadas en forma de **glucógeno**. El “depósito” principal de glucógeno es el hígado (figura 8-2), que se encargará de degradar dicho polímero a sus unidades, la glucosa, para luego liberarla en la circulación sanguínea. Si el ejercicio prosigue y las reservas de glucógeno no son suficientes, será necesario un cambio de biomoléculas: los **lípidos**. La **segunda línea de reserva energética** son las grasas acumuladas en el tejido adiposo. Su aprovechamiento es un poco más indirecto, ya que deben ser degradadas para producir acetil-CoA, que luego ingresará en el ciclo de Krebs (que viste en el capítulo 7). Finalmente, cuando todas estas reservas están agotadas, el organismo vuelve a cambiar de biomoléculas y comienza a degradar las **proteínas**. Este estado puede ser muy perjudicial para la salud, ya que las proteínas no se almacenan con esta finalidad. Es como si el dueño de una parrilla quemara las mesas para prender el fuego. ¡Un desastre!

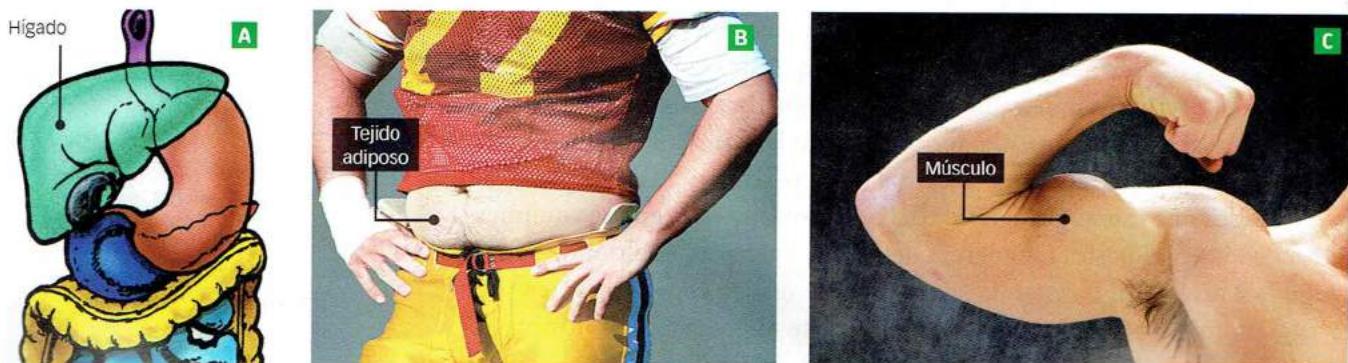


Fig. 8-2. Reservas de energía: (A) glúcidos; (B) grasas; (C) proteínas.

# La digestión de los alimentos

Cada vez que comemos, los alimentos son triturados mecánicamente por la masticación, y los hidratos de carbono comienzan a ser degradados en nuestra boca gracias a una enzima llamada **amilasa salival**. En nuestro estómago, los jugos gástricos, fundamentalmente compuestos por **ácido clorhídrico** y la enzima **pepsina**, prosiguen esta degradación. A su vez, los movimientos mecánicos del estómago desempeñan un papel muy importante, ya que homogeneizan la mezcla de los alimentos con los jugos gástricos, y contribuyen a su disgregación. Cuando los alimentos comienzan a transitar el intestino, se encuentran con las secreciones producidas por el páncreas que contienen:

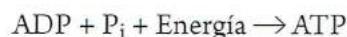
- ▶ **Lipasas**, como la colesterol-esterasa, la fosfolipasa y la lipasa pancreática, encargadas de degradar grasas.
- ▶ **Proteasas**, como la elastasa, la tripsina y la carboxipeptidasa, encargadas de degradar proteínas.
- ▶ **Nucleasas**, como la ADNasa y la ARNasa, que degradan ácidos nucleicos.
- ▶ **Amilasas**, como la amilasa pancreática, que degradan hidratos de carbono.

## Acción dinámica específica

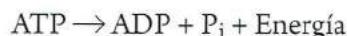
Todo el laborioso proceso de digestión tiene como finalidad obtener los componentes elementales de los alimentos que ingerimos para poder absorberlos e incorporarlos a las vías metabólicas de nuestro organismo (figura 8-3). Pero, ciertamente, durante ese proceso se gasta energía. El gasto energético asociado a la degradación de alimentos se conoce con el nombre de **acción dinámica específica**. Luego de comer, nuestro metabolismo basal aumenta aproximadamente en un 10% de la cantidad de calorías consumidas. Es decir, si los alimentos que consumimos tienen 1.550 kcal, nuestro metabolismo basal se incrementará –durante la digestión– aproximadamente 155 kcal. Este aumento, sin embargo, depende de la composición de los alimentos, ya que cada clase de biomolécula posee distinto impacto sobre nuestro metabolismo basal: las proteínas lo afectan en un 30%, mientras que los lípidos, en un 14% y los hidratos de carbono, solo en un 5 por ciento.

¿Adónde va a parar la energía de los alimentos? Los destinos posibles son dos: uno es que quede disponible para su uso inmediato. En ese caso, la energía queda contenida en los enlaces fosfato de alta energía que se

establecen dentro de las moléculas de ATP. Tal como aprendiste en el capítulo 7, durante la respiración tienen lugar diversos mecanismos enzimáticos que producen ATP a partir de una molécula de ADP y de fósforo inorgánico ( $P_i$  es su abreviatura). Ese proceso, anabólico y endergónico, se expresa así:



Esta energía está disponible para su uso inmediato, ya que las células pueden “recuperarla” con solo realizar la reacción inversa:



El segundo destino posible es el almacenamiento. Cuando los niveles de ATP son adecuados y la concentración de glucosa es suficiente, las células pueden comenzar a “guardar glucosa” para cuando ya no esté disponible. La forma en que las células almacenan la glucosa no es siempre igual: las células eucariotas vegetales la almacenan en forma de **almidón**, mientras que las eucariotas animales lo hacen en forma de glucógeno. En ambos casos, sin embargo, se trata de grandes **polímeros ramificados** de glucosa.

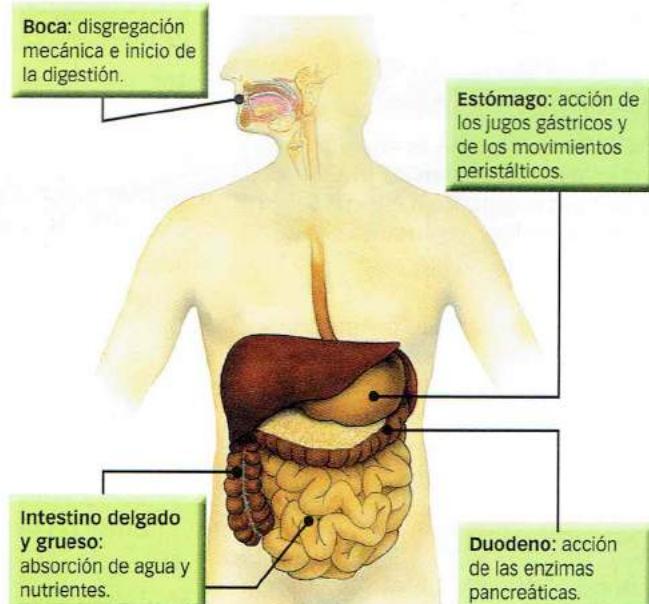


Fig. 8-3. Digestión de alimentos y absorción de nutrientes.

## ACTIVIDADES

5. Si consumimos 750 kcal en un alimento compuesto por el 40% de proteínas, el 30% de grasas y el 30% de hidratos de carbono, ¿cuál es la energía de acción dinámica específica durante su digestión?

## Los micronutrientes: vitaminas y minerales



Fig. 8-4. Las frutas y verduras contienen varias vitaminas. Por ejemplo, la vitamina B6 solo se encuentra en este grupo de alimentos.



Fig. 8-5. Los alimentos de origen animal son los que poseen vitamina B12. Por eso, las personas vegetarianas estrictas deben recibir un suplemento dietario con este micronutriente.

Hasta ahora –en esta sección– nos hemos dedicado fundamentalmente a analizar las diferentes biomoléculas que conforman a todos los seres vivos. Sin embargo, hay otros elementos en nuestro organismo –que también incorporamos con los alimentos–. Estos elementos son los **micronutrientes**. Esta categoría incluye las vitaminas y los minerales, que se encuentran en proporciones mucho más bajas que el resto de las biomoléculas que estudiaste, consideradas **macronutrientes**. A su vez, hay algunos minerales que se encuentran en cantidades ínfimas, y por eso se los conoce como **oligoelementos**.

### Las vitaminas

Las vitaminas son moléculas imprescindibles para el funcionamiento de nuestro organismo. Pueden clasificarse, de acuerdo con su solubilidad en agua, en:

- **Hidrosolubles:** vitaminas C y B.
- **Hidrofóbicas (o liposolubles):** vitaminas A, D, E y K.

A su vez, la vitamina B agrupa, en realidad, a un conjunto de vitaminas distintas, aunque de estructura similar, entre las que podemos mencionar la tiamina (vitamina B1), la riboflavina (vitamina B2), el ácido nicotínico (vitamina B3), la piridoxina (vitamina B6), la cobalamina (vitamina B12), el ácido pantoténico, la biotina y el ácido fólico.

Cada una de estas sustancias tiene una o varias importantes funciones en nuestro organismo. Están vinculadas con sistemas de coagulación, de defensa, de reproducción celular y muchos otros mecanismos biológicos. Esto implica que son necesarias para que nuestro organismo pueda crecer y desarrollarse adecuadamente. Pero ¿de dónde obtenemos las vitaminas? Por lo general, estas moléculas provienen de los alimentos que consumimos (figura 8-4), aunque nuestras células pueden producir cantidades significativas de vitamina D y K. Una mala alimentación puede llevar, con suma facilidad, a una deficiencia vitamínica. Estos estados pueden tener consecuencias irreversibles en el desarrollo físico y mental de las personas, y por esta razón es imprescindible llevar un plan alimentario sano y balanceado. ¿Un ejemplo? Las personas que llevan una dieta vegetariana tienen propensión al déficit de vitamina B12 (figura 8-5); esta deficiencia puede producir alteraciones hematológicas, digestivas y del sistema nervioso central. Una forma de prevenir estas afecciones es el consumo regular de un suplemento vitamínico que contenga esta sustancia.

Entre las deficiencias más famosas se encuentran la de la vitamina C. El déficit de esta vitamina se descubrió en marineros que pasaban largos períodos en alta mar. Estas personas presentaban síntomas de malestar físico general, fragilidad capilar y ósea y hemorragias bucales, enfermedad denominada **escorbuto**. En 1747, el médico inglés James Lind (1716-1794) descubrió que podía curar el escorbuto de los marineros dándoles de beber jugo de limón. Sin embargo, a pesar de lo contundente de sus resultados, la aceptación por parte de los oficiales de la Marina –y la denominación de “vitaminas”– tuvo que esperar hasta 1912, cuando el bioquímico polaco Casimir Funk (1884-1964) aisló la primera vitamina.

### ACTIVIDADES

6. Juntate con uno o dos compañeros y elijan tres vitaminas. Para cada una de ellas, investiguen cómo se denominan las deficiencias, cuáles son los principales síntomas y qué alimentos las contienen. Luego, confeccionen un cuadro comparativo.

## Los minerales

De acuerdo con su abundancia, podemos agrupar los minerales en dos categorías, que son los **macrominerales** (calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y

azufre) y los oligoelementos (como hierro, manganeso, cobre, yodo, cinc, cobalto, flúor y selenio). A continuación, veremos las principales funciones de estos elementos. Empecemos por los macrominerales (figura 8-6).



**Calcio:** es el mineral más abundante y se encuentra depositado en los huesos y los dientes, a los que hace fuertes y resistentes. El resto se distribuye en la sangre, los músculos y el líquido entre las células. Participa en la contracción y relajación muscular, y en la liberación de sustancias como hormonas y enzimas. La fuente principal son los productos lácteos.



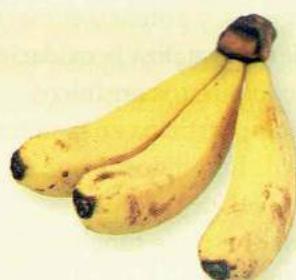
**Fósforo:** al igual que el calcio, desempeña un rol clave en la formación de huesos y dientes. Además, está asociado al metabolismo de glúcidos y grasas, a la síntesis de proteínas, a la conservación y reparación de células y tejidos y a la producción de ATP. La fuente principal de fósforo son las proteínas de la carne y la leche.



**Magnesio:** es, junto con el calcio y el fósforo, un mineral fundamental en la formación de los huesos y los dientes. Además, es necesario para la función de numerosas enzimas digestivas y para la transmisión de los impulsos nerviosos. Está presente en semillas y frutas secas, verduras de hoja, legumbres y cereales integrales.



**Sodio:** asociado a los iones cloruro o bicarbonato, participa en la regulación de los equilibrios hídrico y ácido-base. Mantiene flexibles las articulaciones y participa en la regulación de la secreción de ácidos gástricos. También colabora en la conducción del impulso nervioso y la contracción muscular. Todos los alimentos contienen sal, aunque es más abundante en mariscos, huevos, pescado y carnes.



**Potasio:** es imprescindible para el sistema nervioso y los músculos. Participa en la regulación del agua, en la fabricación de proteínas y en la función cardíaca. La mayoría de los alimentos posee poco potasio, salvo la banana.



**Cloro:** participa en el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-base, y forma parte del ácido clorhídrico de los jugos gástricos. Las fuentes principales son la leche, el pescado y el queso.



**Azufre:** su función principal es la eliminación de productos tóxicos, ya que se une a estas sustancias para neutralizarlas y eliminarlas. Es, además, muy importante en la síntesis de proteínas y en la función hepática. Las fuentes son, entre otras, las legumbres, el ajo, la cebolla, el huevo y la coliflor.

Fig. 8-6. Principales funciones de los macrominerales.

## ¿Es posible la vida sin fósforo?

En 2010, un grupo de científicos descubrió una bacteria capaz de utilizar arsénico en lugar de fósforo. Antes de este descubrimiento, existían reportes de especies animales que utilizan ciertos oligoelementos en reemplazo de otros, como ciertos moluscos que utilizan cobre en lugar de hierro, aunque nunca antes se había descripto un ser vivo que reemplazara un macromineral (fósforo) por otro elemento. Y aún más: en este caso, el macromineral es reemplazado por un elemento que ni siquiera se encuentra en la lista de minerales imprescindibles para la vida. En ausencia total de fósforo, estas bacterias incorporan arsénico en forma de arsenato ( $AsO_4^{3-}$ ), y lo utilizan en la construcción de lípidos, glucidos, ácidos nucleicos y proteínas. Felisa Wolfe-Simon, su descubridora, afirma: "Si algo aquí en la Tierra puede hacer algo inesperado, ¿qué otras cosas puede hacer la vida que no hayamos visto todavía? Hay que averiguarlo".

### ACTIVIDADES

- De la lista de los minerales mencionados, hay uno cuya deficiencia es sumamente frecuente. Investigá cuál es y cómo se denomina la patología que produce su déficit.

## Los oligoelementos

Tal como dijimos, se trata de elementos que se encuentran en muy baja proporción en nuestro organismo. Sin embargo, no por ello son menos importantes. Cada uno debe estar presente en una concentración por dentro de un rango óptimo; en ese rango, el organismo funciona adecuadamente. Fuera de él, el organismo deja de funcionar adecuadamente, ya sea por una deficiencia o por un exceso. Entre estos elementos, podemos mencionar los siguientes.

- **Boro:** asociado a la estructura de la pared celular en los vegetales.
  - **Cromo:** favorece la entrada de glucosa en las células.
  - **Cobalto:** es un componente central de la cobalamina (vitamina B12) que, a su vez, está involucrada en numerosos procesos biológicos.
  - **Cobre:** tiene un rol importante en el sistema inmunitario, aunque el mecanismo exacto todavía no se conoce.
  - **Flúor:** asociado a la resistencia mecánica de huesos y dientes.
  - **Hierro:** circula unido a la hemoglobina y participa de la cadena respiratoria (que vimos en el capítulo 7).
  - **Manganeso:** tiene un rol estructural y se asocia a enzimas, como aquellas involucradas en el metabolismo de los hidratos de carbono.
  - **Molibdeno:** participa en la función de varias enzimas, en la regulación del metabolismo del hierro y en el metabolismo de las grasas y los hidratos de carbono.
  - **Níquel:** participa en la regulación de la glucemia, en el metabolismo de las grasas, y potencia el crecimiento.
  - **Selenio:** cataliza la oxidación, la hidrogenación y la deshidrogenación de compuestos orgánicos.
  - **Silicio:** participa en la síntesis de colágeno, y en la resistencia y elasticidad de los tejidos. Tiene un rol importante en la regulación del colesterol (LDL).
  - **Vanadio:** tiene función de antioxidante y ayuda a controlar los niveles de colesterol.
  - **Yodo:** forma parte de las hormonas, como aquellas producidas por la glándula tiroides.
  - **Cinc:** interviene en el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos, en el funcionamiento de cientos de enzimas y del sistema inmunitario, e interviene en procesos de cicatrización y en los sentidos del gusto y del olfato.
- Entonces, ¿todos estos elementos son imprescindibles para nuestro organismo? En realidad, no es así. Si bien la mayoría es esencial, hay algunos elementos –como el boro– cuya esencialidad no está totalmente aceptada. Además, hay numerosos estudios que demuestran la no-esencialidad de muchos elementos, como el litio, el estaño o el cadmio. Otros, por su parte, son esenciales solo en algunos organismos, como el wolframio (también llamado tungsteno), que es imprescindible en ciertos microorganismos. Recientemente, algunos estudios señalan que ciertas bacterias pueden desarrollarse en ausencia de fósforo, considerado uno de los elementos fundamentales para la vida. (► **EL DETALLE**).

## Los antioxidantes

Tal como aprendiste en capítulos anteriores, el oxígeno es esencial para la vida de los organismos que realizan respiración celular, como nosotros. Su función principal es la de captar los electrones al final de la cadena respiratoria, por eso se lo conoce como el **último aceptor de electrones** de este proceso. Pero, a su vez, esta molécula es el punto de inicio del llamado **estrés oxidativo**, un mecanismo de daño celular. ¿Cómo es eso? Existen numerosos mecanismos y enzimas celulares que producen especies reactivas del oxígeno (ERO), así como otro grupo de enzimas y procesos que tienen poder **antioxidante natural** y las neutralizan. En términos químicos, las ERO pertenecen a la categoría de los **radicales libres**, que son moléculas altamente reactivas. El desbalance entre ambos grupos conduce a daños en células, tejidos y órganos, y es responsable del deterioro de nuestro organismo, así como de una gran variedad de patologías. Entre estos daños, podemos mencionar el deterioro de lípidos (peroxidación lipídica), el daño a la membrana celular, ruptura del ADN y degradación proteica.

Las células de los animales y las plantas se autoprotegen contra estos efectos utilizando antioxidantes naturales, que atrapan o amortiguan los radicales libres y, por lo tanto, detienen las reacciones dañinas provocadas por estas especies reactivas. Los sistemas antioxidantes están basados en moléculas solubles en agua o en lípidos, y en enzimas antioxidantas. Los antioxidantes pueden ser de síntesis endógena o ser incorporados con la alimentación. Son sustancias con estructuras químicas y mecanismos de acción muy variados. Estas moléculas pueden “combatir” el estrés oxidativo de dos maneras: captando radicales libres –antioxidantes primarios– o por otros mecanismos –antioxidantes secundarios–. Estos otros mecanismos incluyen la captación del oxígeno, la conversión de ERO a especies no radicales, el secuestro de metales que propician la acción de las ERO, como el cobre o el hierro, y la absorción de radiación UV (uno de los factores que propician la formación de ERO).

Entre los antioxidantes más comunes, podemos mencionar los siguientes:

- Vitaminas solubles en agua, como el ácido ascórbico (vitamina C) y sus derivados. Está presente en cítricos, pero tiene la desventaja de que es una molécula muy susceptible a factores como la luz y la oxidación (figura 8-7).
- Vitaminas solubles en lípidos, como los tocoferoles (vitamina E), presentes en los aceites de trigo, maíz y soja (figura 8-8).
- Antioxidantes sintéticos, como el BHA (butil-hidroxianisol) y el BHT (butil-hidroxitolueno), muy solubles en lípidos y utilizados originalmente en la industria petrolera. Su uso en la industria alimentaria es cada vez más reducido, ya que se discute su seguridad para la salud.
- Quelantes de cobre y hierro, como el ácido láctico, el ácido cítrico y el ácido tartárico. Todos ellos están ampliamente distribuidos en los alimentos que ingerimos diariamente, y tienen la propiedad de secuestrar los metales que participan del proceso de estrés oxidativo por ERO.



Fig. 8-7. La vitamina C, soluble, está presente, entre otros alimentos, en los cítricos.



Fig. 8-8. Los aceites son fuente de vitaminas liposolubles, como la vitamina E.

### ACTIVIDADES

8. Averiguá cuáles son las dosis diarias recomendadas de vitamina C y E, y analizá si tu alimentación las cubre.

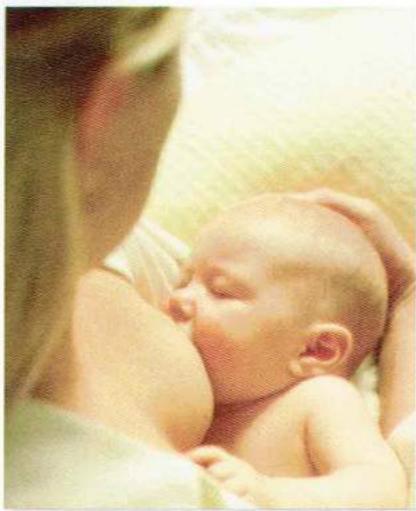


Fig. 8-9. La leche materna es el único alimento que necesitan los bebés hasta los seis meses.



Fig. 8-10. En la niñez y en la adolescencia, los requerimientos nutricionales son muy altos.



Fig. 8-11. Las personas de edad avanzada necesitan cuidar su alimentación para prevenir distintas afecciones.

## Requerimientos nutricionales durante la vida

¿Qué te parece: un bebé necesita alimentarse igual que un adolescente? ¿Y que un adulto? Además de que no todas las personas comemos lo mismo, nuestras necesidades se van modificando a medida que crecemos. Los requerimientos nutricionales deben calcularse considerando la etapa de la vida, el estado de salud y las actividades físicas. Para ello, se emplean tablas que indican la cantidad óptima de calorías totales que deben consumirse por día; luego, pueden emplearse otras tablas en las que se indican las calorías asociadas a cada clase de alimento, para saber qué cantidad puede consumirse de cada uno. Esta tarea debería quedar, siempre, bajo supervisión de un médico especialista en nutrición.

- **Niños menores de un año y niños en edad preescolar.** El niño solo necesita leche materna durante los primeros seis meses de vida. En esta etapa no necesita agua ni jugos. A los seis meses de edad deberían incorporarse alimentos complementarios, sin discontinuar la lactancia. De los seis a los doce meses, es deseable que el niño siga lactando y que vaya incorporando, además, alimentos semisólidos y luego sólidos (figura 8-9).
- **Niños y adolescentes en edad escolar.** Las necesidades nutricionales de los chicos en edad escolar son altas; luego, los adolescentes tienen, en proporción, necesidades de nutrientes todavía mayores que los adultos. Esto hace que –en la práctica– sea casi imposible para un adolescente obtener cantidades adecuadas de alimentos con una o incluso dos comidas al día. Por eso, es altamente recomendable que tanto niños como adolescentes en edad escolar respeten por lo menos las cuatro comidas diarias (figura 8-10).
- **Mujeres en edad reproductiva.** Las mujeres en edad reproductiva tienen más necesidades nutricionales que los varones adultos. Una de las causas es la pérdida de hierro con la menstruación. En numerosos países en desarrollo, además, las mujeres trabajan mucho más fuerte que los varones. En esos casos, sus requerimientos nutricionales son especialmente altos.
- **Mujeres embarazadas.** Durante el embarazo, como es lógico suponer, las necesidades nutricionales son mucho mayores que en otras etapas. A medida que la mujer se nutre a sí misma, también nutre al feto en crecimiento. Al mismo tiempo, su organismo se prepara para la lactancia. Este estado se prolonga hasta la segunda mitad del embarazo y se vuelve aún más marcada en los últimos tres meses, especialmente en términos de la necesidad de vitamina A y otros micronutrientes.
- **Madres lactantes.** Las reservas nutricionales de una madre lactante pueden estar más o menos agotadas como resultado del embarazo y la pérdida de sangre durante el parto. La lactancia aumenta las necesidades de nutrientes, principalmente debido a la pérdida primero por el calostro y luego a través de la leche materna.
- **Ancianos.** Los ancianos, como todos los demás, necesitan un plan alimentario equilibrado (figura 8-11). Una alimentación deficiente propicia la aparición de enfermedades como arterioesclerosis, diabetes, osteoporosis y pérdida de los dientes debido a caries y a enfermedad periodontal.

# Requerimientos energéticos

A medida que crecemos y nos desarrollamos, cambia la calidad y cantidad de los nutrientes que necesitamos. A su vez, uno de los parámetros que más cambian es la energía total que debemos incorporar para mantener nuestro organismo en funcionamiento. Esta cantidad depende de varios factores –además de la edad–, que se enumeran a continuación:

- **Vía de nutrición:** el cálculo de energía depende de si la nutrición es por vía oral o parenteral (por ejemplo, a través de un suero por vía endovenosa). Depende, a su vez, de si la persona se encuentra en buenas condiciones de salud o en un estado patológico.
- **Peso corporal:** cuando las personas tienen un peso diferente del esperado, sea mayor o menor, el cálculo energético debe realizarse de modo de tender a corregir la desviación.
- **Gasto energético:** el aporte de energía debe considerar cuánta energía se gasta en las actividades físicas, o en ciertas condiciones como la fiebre o la inmovilización (figura 8-12).

Así, los requerimientos energéticos de una persona dependen de tres elementos diferentes: el **gasto energético basal (GEB)**, que es la energía que el organismo gasta como consecuencia del metabolismo basal; el **gasto energético en reposo (GER)**, que es una suma del GEB más la energía de acción dinámica específica, más todo otro gasto pasivo como el estrés o la regulación de la temperatura corporal en ambientes especialmente fríos o cálidos. En conjunto, llamamos **aporte calórico** a la energía que necesita un individuo para mantener en funcionamiento su metabolismo basal, tanto en actividad como en reposo. Esta cantidad se expresa en kilocalorías por día (kcal/día) o kcal/kg/día.

## Cálculo del aporte calórico

El cálculo del aporte calórico puede hacerse de varias maneras. En general, se estima que el metabolismo basal “consume” el 70% del aporte calórico; las actividades físicas, el 20%, y el 10% restante se consume durante la acción dinámica específica de los alimentos, aunque estas proporciones pueden cambiar según la persona y, en especial, según sus actividades. Por lo tanto, el cálculo fundamental es el del gasto energético asociado al metabolismo basal. Una forma de calcular este valor es emplear la **ecuación de Harris-Benedict**,

tal como se la escribe a continuación. Esta fórmula no es igual para hombres y mujeres.

Hombres:

$$GEB \text{ (kcal/día)} = 66,47 + (13,75 \cdot P) + (5 \cdot Alt) - (6,76 \cdot E)$$

Mujeres:

$$GEB \text{ (kcal/día)} = 655,1 + (9,56 \cdot P) + (1,85 \cdot Alt) - (4,6 \cdot E)$$

Donde P es peso (kg), Alt es altura (cm) y E es edad (años).

A su vez, el resultado de esta ecuación puede corregirse por un **factor de actividad**, y por un **factor de agresión** especialmente calculado para individuos en condiciones patológicas:

$$GER \text{ (kcal)} = GEB \cdot \text{factor de actividad} \cdot \text{factor de agresión}$$

Los principales factores de actividad y de agresión se describen en la figura 8-13.



Fig. 8-12. El aporte energético debe considerar las actividades físicas.

Factores de actividad	Valor	Factores de agresión	Valor
Reposo en cama	1,2	Malnutrición	0,7
Actividad muy ligera	1,3	Cirugía menor	1,1 a 1,2
Actividad ligera	1,5	Cirugía mayor	1,2 a 1,3
Actividad moderada	1,6	Infección moderada	1,2
Actividad intensa	1,9	Sepsis	1,4 a 1,6
Actividad muy intensa	2,2	Politraumatismo	1,4 a 1,5
		Quemaduras	1,5 a 2
		Cáncer	0,9 a 1,3

Fig. 8-13. Factores de actividades y de agresión.

### ACTIVIDADES

9. Utilizá la fórmula para calcular tus requerimientos energéticos. Después, comparalos con los de tus compañeros. ¿Son todos iguales?



Fig. 8-14. La sal de mesa está enriquecida con yodo por ley nacional.



Fig. 8-15. La harina puede fortificarse con hierro para prevenir la anemia.



Fig. 8-16. El ácido cítrico da sabor a los jugos de frutas.

## Alimentos enriquecidos

Tal como dijimos, los requerimientos de nutrientes no son iguales durante las distintas fases de nuestro desarrollo, ni aun entre personas de igual edad. Distintas condiciones especiales, como el embarazo, el tabaquismo, la nutrición deficiente, el estrés o el deporte, hacen que las personas puedan padecer carencias de micronutrientes. A su vez, este efecto es aún más grave en la medida en que la calidad de los alimentos que consumimos es afectada por los procesos industriales de producción, que muchas veces deterioran su calidad y reducen la cantidad de vitaminas y minerales presentes.

Una de las soluciones más naturales a estos problemas es el enriquecimiento de alimentos con micronutrientes. Dos de los ejemplos más conocidos son la sal de mesa con yodo y la harina con hierro.

- **Enriquecimiento de la sal de mesa.** Desde 1967, la sal común (cloruro de sodio) ha sido enriquecida con yodo de acuerdo con la ley 17.259, como estrategia para evitar una enfermedad nutricional producida por la carencia de este micronutriente, denominada bocio (figura 8-14).
- **Enriquecimiento de harinas con hierro.** Debido a la alta prevalencia de anemia durante la primera infancia, y teniendo en cuenta las consecuencias de esta afección, la Argentina es pionera en la implementación de la adición de hierro a las harinas para consumo humano (figura 8-15).

## Aditivos alimentarios

Además de los micronutrientes agregados, los alimentos pueden contener otras sustancias que no son nutrientes, pero que pueden ser muy importantes en el aspecto, el sabor y la conservación de los alimentos. Entre ellos, podemos destacar los siguientes:

- **Conservantes:** son sustancias que evitan el deterioro de los alimentos causado por los microorganismos. Algunos ejemplos son el benzoato de sodio, muy utilizado en jugos y mermeladas, y el propanoato de sodio, empleado en productos lácteos.
- **Aromatizantes y potenciadores del sabor:** se trata de sustancias que pueden ser naturales, como los aromatizantes naturales, obtenidos de vegetales desecados y pulverizados, o artificiales, como el heptanal y el cinamato de alilo, utilizados para aromatizar dulces y jaleas. El ácido cítrico, por su parte, se emplea para saborizar jugos de frutas (figura 8-16).
- **Colorantes:** como su nombre lo indica, se utilizan para dar color a los alimentos. Entre estas sustancias, pueden mencionarse la tartrazina (color amarillo) y el amaranto (rojo). Sin embargo, en la industria alimentaria se emplean cada vez menos.
- **Otros aditivos:** podemos mencionar los edulcorantes, como el glicol (empleado en medicamentos), los polialcoholes (cambian la viscosidad de los líquidos), los antioxidantes, como los fenoles (evitan la oxidación de otros componentes), los estabilizantes, como el fosfato de calcio y el estearato de calcio (evitan la formación de grumos), y los emulsionantes (emulsionan las grasas y mejoran la textura de los alimentos).

# Ciencia en tus manos

## Detección de colorantes en alimentos: análisis de resultados

Los científicos invierten una enorme cantidad de tiempo en hacerse preguntas y diseñar luego experimentos que permitan contestarlas o al menos acercarse a la respuesta. Sin embargo, con frecuencia nos olvidamos del tiempo que es necesario dedicar al **análisis de los resultados**. Muchas veces, un experimento sencillo revela mucha más información que la que se esperaba. ¡O al revés! A continuación, los invitamos a realizar una experiencia sencilla para detectar colorantes en alimentos y, luego, analizar los resultados.

### Materiales:

Tres vasos de precipitado de 100 ml, tres tubos de ensayo, alcohol etílico, agua destilada, acetona; un mechero, un trípode, una tela metálica, una grilla, una pinza de madera, una cacerola pequeña, una cuchara de madera y comestibles varios (por ejemplo, salchichas, embutidos, fideos secos).

### Procedimiento

1.º Coloquen 50 ml de agua destilada dentro de uno de los vasos de precipitado, 50 ml de alcohol etílico en el segundo vaso de precipitado y 50 ml de acetona en el vaso restante. Rotulen cada vaso y coloquen el primero sobre el trípode y la tela metálica. Enciendan el mechero para calentar el contenido.

2.º Cuando el agua llegue a ebullición, introduzcan un trozo pequeño del comestible y dejen aproximadamente diez minutos dentro del agua hirviendo.

3.º Al cabo de ese tiempo, retiren la muestra de alimento e introduzcanla en el segundo vaso de precipitado, también en ebullición. En el caso del alcohol etílico, para llevarlo a ebullición es necesario calentarlo en baño de María y ser extremadamente cuidadosos, ya que esta sustancia es altamente inflamable. Dejen el alimento diez minutos en ebullición y luego retírenlo.

4.º Repitan la operación con el tercer vaso de precipitado: calienten la acetona a ebullición en baño de María y coloquen el alimento durante diez minutos. Luego, retírenla.

5.º Vuelquen cada uno de los líquidos en un tubo de ensayo (llenen hasta la mitad). Comparen las intensidades y los tintes de los colores obtenidos.



Paso 1.

### ACTIVIDADES

10. Registren los resultados en el siguiente cuadro:

Comestible	Color con agua	Color con etanol	Color con acetona

a) ¿Por qué creés que es necesario incubar cada alimento en los tres solventes? ¿Cuáles son las diferencias entre los solventes empleados?

11. En función de los resultados obtenidos, discutan entre ustedes:

- a) Los alimentos analizados ¿poseen colorantes? ¿Se trata de colorantes agregados o naturales? Justifiquen la respuesta.
- b) ¿Se trata de colorantes hidrosolubles o liposolubles? ¿Cómo se dieron cuenta? ¿Qué pueden decir del grado de polaridad de los colorantes detectados?

# Los antioxidantes de la uva y del vino y su papel en el campo de la salud

Desde tiempos inmemoriales, el vino ha sido considerado no solo como producto que proporciona placer, sino que también el hombre ha sabido aprovechar sus virtudes medicinales. Sin embargo, hoy sabemos que su consumo se vuelve fácilmente una adicción, dañando nuestra capacidad para razonar y deteriorando nuestros órganos hasta causar la muerte. Por eso los adultos deben limitar el consumo de vino y los niños y adolescentes no deben consumirlo. En nuestro país existe una ley que prohíbe la venta de bebidas alcohólicas a menores de dieciocho años por los daños que produce en la salud.

Consumido en muy pequeñas cantidades, el vino tiene efectos benéficos sobre nuestro organismo como consecuencia de su aporte de ciertas sustancias con poder antioxidante, pertenecientes a dos categorías. Unas son las sustancias presentes naturalmente en las uvas de origen, y las otras son resultantes del proceso fermentativo. De las primeras, la referencia principal y obligada es la de los compuestos fenólicos, de las que interesan los flavonoides de tipo flavonol y flavano. De las segundas, resultantes del proceso de fermentación del mosto, deben mencionarse el glicerol, el propio alcohol etílico y ciertos derivados de aminoácidos, como el tirosol y el hidroxitirosol, cuyo origen es la tirosina, y que deben incluirse en el grupo de los fenólicos por su misma característica química.

De estos grupos de sustancias, las que han recibido más atención y han sido objeto de estudios más profundos son los flavonoides. Se trata de moléculas ampliamente distribuidas en los vegetales y que ingerimos normalmente. Desde hace muchos años se han reconocido en los flavonoides una serie de acciones beneficiosas para la salud. En particular, los proantocianidoles –taninos condensados de la uva y el vino– son bien conocidos por el enólogo por las incidencias tecnológicas que plantean en la elaboración y el añejamiento y, además, por las primeras noticias acerca del posible papel beneficioso sobre la salud que supone el consumo de vino. Este papel está vinculado a la acción antioxidante de los compuestos fenólicos, que aportan protección contra la agresión oxidante de nuestro organismo, que supone una cascada de reacciones que –en condiciones aerobias– conduce a la degradación oxidativa no controlada de moléculas biológicas.

Si bien se admite que el consumo de vino tinto ejerce un papel muy interesante para la salud, dada su mayor



Uvas tipo *pinot noir*.



Botellas de vino añejándose.

riqueza en taninos condensados, sin embargo, en la uva y el vino, tanto tinto como blanco, existen muchos otros componentes relacionados, dotados de una acción similar. Además, es necesario insistir en que resulta fundamental la presencia oportuna y plural de varios antioxidantes, más que grandes cantidades de una misma molécula. En este sentido, el vino ofrece una pluralidad sumamente heterogénea de compuestos fenólicos que pueden actuar como antioxidantes, sea por neutralización de radicales libres, secuestro de metales u otros mecanismos.

**Fuente:** <http://www.vinosalmundo.com>  
[consultado el 14 de diciembre de 2010].

## ACTIVIDADES

**12.** Analizá el texto y respondé:

- ¿De qué maneras pueden clasificarse las sustancias de importancia para la salud presentes en el vino?
- ¿Cuáles son las sustancias más estudiadas? ¿Por qué?

# Vanadio: ¿tóxico o beneficioso?

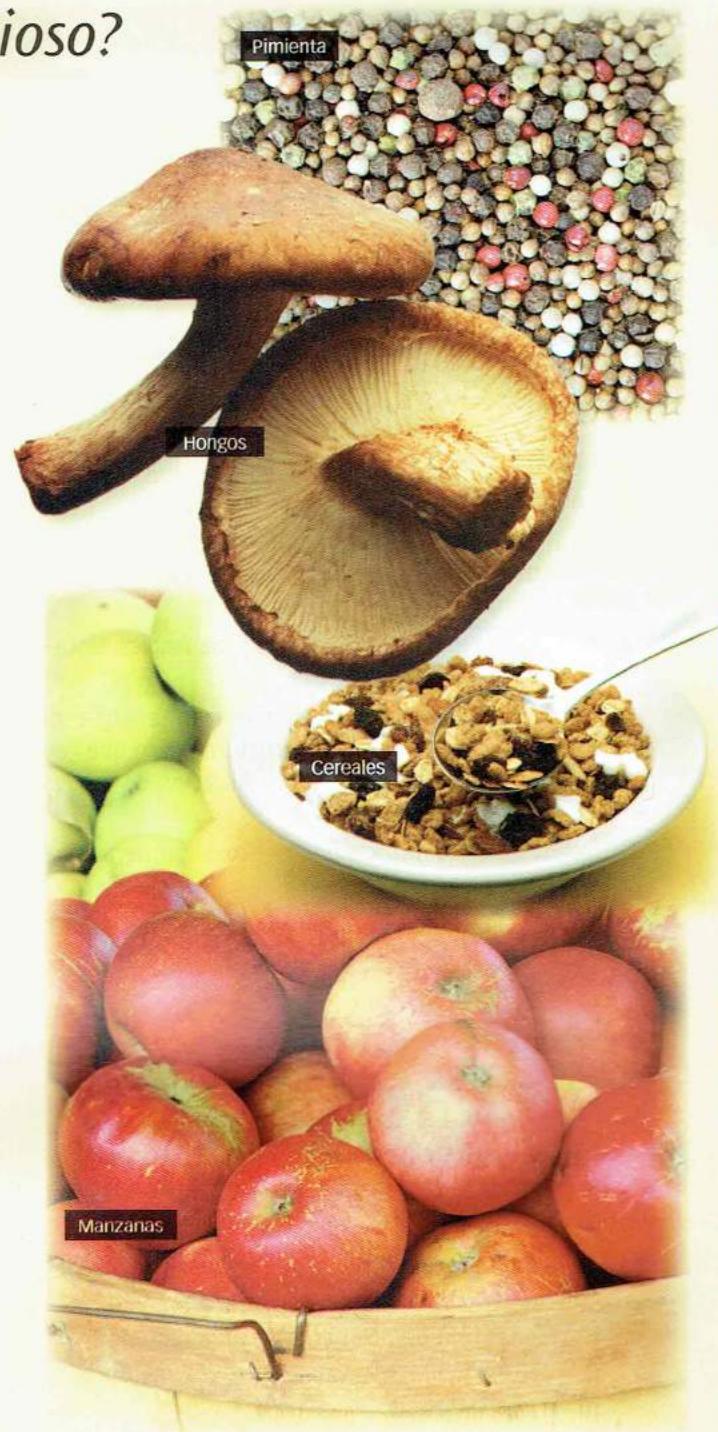
El vanadio suscita una gran cantidad de contradicciones, desde una supuesta "ligera toxicidad" hasta ser considerado un oligoelemento esencial. Su importancia, sin embargo, debe todavía ser establecida por biólogos y científicos del área de las ciencias biomédicas.

A pesar de su toxicidad, se ha demostrado que los compuestos de vanadio están involucrados en el origen de varias enfermedades humanas, así como en el mantenimiento del funcionamiento normal del organismo. Las sales de vanadio interfieren con un conjunto esencial de sistemas enzimáticos, como las ATP sintetasas, proteínaquinas, ribonucleasas y fosfatases. Por el contrario, la deficiencia de vanadio es responsable de varias fallas en el funcionamiento del metabolismo, como ciertas disfunciones tiroideas, metabolismo anómalo de glucosa y lípidos, y otros. A su vez, se sabe que la expresión de muchos genes está regulada por la presencia de este elemento o sus compuestos, como factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), la interleuquina 8 (IL-8), etcétera. Todos estos hechos parecen dejar al vanadio cerca de ser reconocido como un elemento con efectos farmacológicos y nutricionales, lo que explica su creciente uso en la terapéutica de la diabetes.

Pero ¿cómo incorporamos vanadio en nuestro organismo? Este elemento está presente en muchos cereales, frutas frescas, hongos, pimienta negra y otros alimentos. Los mecanismos de absorción, excreción y almacenamiento en los seres vivos no están todavía completamente dilucidados.

Muchos estudios señalan que el vanadio es pobemente absorbido en el tracto gastrointestinal (menos del 10%), y que la mayor parte del vanadio ingerido es convertido en el catión vanadilo en el estómago, antes de ser absorbido en el duodeno mediante un mecanismo desconocido; luego, los estudios señalan que el vanadilo es convertido en vanadato. Se ha demostrado, a su vez, que el propio vanadio en su forma aniónica (vanadato) se absorbe en mucho mayor proporción a través de un sistema de transporte aniónico. En el torrente sanguíneo, el vanadato es transportado por la transferrina, y el vanadilo es transportado, además, por la albúmina; ambas formas son rápidamente distribuidas hacia diferentes tejidos, como el hígado, los riñones, el cerebro, el corazón, los músculos y los huesos. El vanadio no absorbido es excretado en las heces y en la orina.

**Fuente:** *Toxicology Letters*. Volumen 150. 2004, pp. 135 a 143. Elsevier, Amsterdam [consultado el 17 de diciembre de 2010].



Fuentes de vanadio.

## ACTIVIDADES

13. ¿Por qué se dice que el vanadio suscita gran cantidad de contradicciones?
14. ¿Existen recomendaciones respecto de cuál es la ingesta diaria recomendada de vanadio? ¿Podrías decir si tu dieta cubre tus necesidades de vanadio?

# Actividades finales

15. Señalá si es verdadero (V) o falso (F) y justificá tus elecciones.

- a) Las vitaminas son esenciales para la síntesis y regeneración de los tejidos de nuestro organismo.
- b) Las enzimas que participan en la digestión son específicas para cada nutriente.
- c) La digestión de las grasas da como producto aminoácidos.

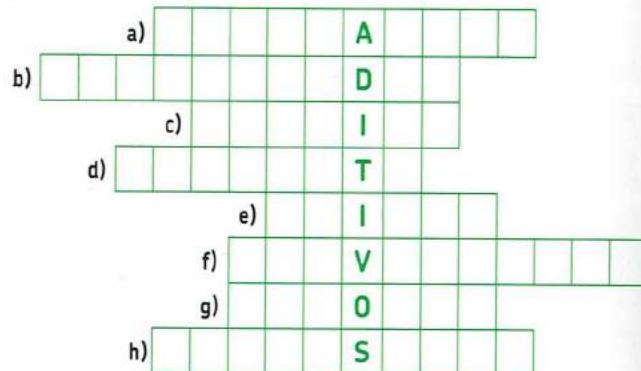
16. Marcá con una X la opción correcta:

- a) Las vitaminas son...
  - I. ...nutrientes orgánicos que participan como sustratos en los procesos de obtención de energía.
  - II. ...sustancias liposolubles indispensables sintetizadas en el organismo.
  - III. ...nutrientes que no suministran energía ni cumplen una función estructural, pero que resultan necesarios para la realización de ambos procesos.
- d) Desde el punto de vista energético, la primera línea de reserva energética son...
  - I. ...las proteínas.
  - II. ...los lípidos.
  - III. ...los glúcidos.
- c) En estado de reposo, nuestro organismo...
  - I. ...gasta más energía que cuando estamos en actividad.
  - II. ...no gasta energía.
  - III. ...gasta menos energía que cuando estamos en actividad.
- d) En nuestro organismo, los glúcidos se almacenan...
  - I. ...en forma de polímeros de aminoácidos.
  - II. ...como polímeros ramificados.
  - III. ...como polímeros lineales.
- e) Los requerimientos nutricionales...
  - I. ...solo dependen de la edad de las personas.
  - II. ...son propios de cada persona, en cada momento.
  - III. ...son iguales para todos, y durante toda la vida.
- f) Los nutrientes se clasifican en macronutrientes y micronutrientes debido...
  - I. ...al tamaño de cada uno.

II. ...a la cantidad que nuestro organismo requiere de cada uno.

III. ...a la abundancia en la naturaleza.

17. Resolvé la siguiente grilla.



a) Colorante amarillo.

b) Sustancia capaz de reforzar el sabor de un alimento.

c) Ácido que se adiciona como saborizante a los jugos de frutas.

d) Colorante rojo.

e) Edulcorante empleado en medicamentos.

f) Proceso que se realiza con los aromatizantes naturales luego de desecarlos.

g) Antioxidantes sintéticos.

h) Propiedad de los alimentos líquidos que es modificada por los polialcoholes.

18. A excepción de la vitamina B12, las vitaminas hidrosolubles son absorbidas con rapidez en la porción inicial del intestino. Pero las liposolubles solo son asimiladas cuando los lípidos ingeridos han sido emulsionados por la bilis.

a) Analizá qué sucede con las vitaminas hidrosolubles y las liposolubles que ingresan en el organismo de personas que presentan:

- cálculos en la vesícula;
- úlcera duodenal;
- insuficiencia en la secreción de jugo gástrico;
- intestino delgado más corto que lo normal.

b) ¿La carencia de vitaminas se produce solo por mala alimentación?

19. Durante un día, un joven de quince años ingiere los alimentos detallados en el cuadro, según el contenido nutritivo.

Alimentos	Hidratos de carbono (g)	Grasas (g)	Proteínas (g)
Vaso de leche	12	9	9
Trozo de pan con dulce	18	5	2
Galletitas	13	5	1
Sándwich	27	1	10
Vaso de jugo de naranja	10	1	2
Yogur	13	4	8
Plato de guiso	39	13	34
Trozo de pan	13	1	2
Vaso de gaseosa	10	-	-
Plato de ensalada	9	-	3
Uvas	9	-	1

- a) Si se considera que 1 g de grasas aporta 9 kcal y que 1 g de hidratos de carbono o de proteínas aporta 4 kcal, calculá el contenido calórico en kilocalorías/día de los alimentos que comió el joven.
- b) ¿Creés que siguió un plan alimentario equilibrado durante ese día en cuanto a los tipos de nutrientes que incorporó? ¿Y en cuanto al contenido calórico? (Considerá que el requerimiento diario para un joven está comprendido entre 2.500 y 3.000 kcal diarias).

20. Elegí tres alimentos envasados (del mismo rubro, por ejemplo, tres leches distintas o tres dulces) y elaborá una lista de los nutrientes y aditivos que contienen. Luego, clasificá los aditivos de acuerdo con las categorías descriptas en este capítulo. Calculá, luego, el valor energético cada 100 g.

- a) ¿Cuál de los alimentos elegidos emplearías en una dieta para adelgazar y cuál no utilizarías?
- b) ¿Qué alimento tiene mayor cantidad de vitaminas?
- c) ¿Son muy diferentes los aditivos de uno y otro alimento?
- d) ¿Creés que hay suficiente información en las etiquetas de cada uno?



21. Cuando los deportistas de alto rendimiento se preparan, deben pensar en la energía que su organismo requerirá durante el esfuerzo. Una estrategia muy común es comer bastante chocolate los días previos a la competencia. Discutí con tus compañeros cuál puede ser el objetivo de esta estrategia.

#### ■ Libro

Montero, Julio y Manuzza, Marcela. *Dieta paleolítica*. Sociedad Argentina de Obesidad y Trastornos Alimentarios (SAOTA).

Es un CD editado por la SAOTA, en el que se explora de manera científica, didáctica y entretenida, durante aproximadamente diez horas de grabación, interesantes temas relacionados con la nutrición y en particular el estilo de vida del paleolítico y sus beneficios para la salud.

#### ■ Internet

<http://www.seh-lelha.org/calena.aspx> [consultado en diciembre de 2010]

La Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión, Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial pone a disposición una herramienta fundamental para el cálculo nutricional. Se trata de una calculadora nutricional en línea que permite conocer el valor energético y el contenido de macronutrientes y micronutrientes de una larga lista de alimentos.

# Obesidad y desnutrición: problemas que van de la mano

**E**l ser humano obtiene energía de los alimentos y debe existir un balance entre la cantidad de energía que ingiere y la que gasta. Cuando este equilibrio se rompe, aparecen la desnutrición o la obesidad. Pero, además de la cantidad de energía, es importante saber qué alimentos la aportan. Como dice el Dr. Carmuega, "hoy, la obesidad y la desnutrición están dándose la mano en los países en vías de desarrollo y las medidas para solucionarlas son similares: una nutrición adecuada en cada etapa de la vida". Para saber causas y conocer soluciones para estos graves problemas, entrevistamos en las oficinas del CESNI al Dr. Esteban Carmuega, especialista en nutrición infantil.



El Dr. Esteban Carmuega es médico pediatra de la UBA y especialista en nutrición infantil. Actualmente es director del Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil Dr. Alejandro O'Donnell (CESNI). Sitio web: [www.cesni.org.ar](http://www.cesni.org.ar)

## ■ ¿Qué es el Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil (CESNI)?

El CESNI es una organización sin fines de lucro que nació en 1976 y que trabaja para hacer "operativo" el conocimiento para promover una mejor salud y nutrición infantil. ¿Y qué significa esto? Significa investigar sobre los problemas que son relevantes en la Argentina, para traducirlos en políticas públicas destinadas a mejorar la nutrición en la niñez y para que lleguen a los docentes, para que enseñen hábitos saludables en las escuelas, y a los investigadores, para que puedan elegir líneas de investigación prioritarias sobre los problemas que afectan el adecuado crecimiento y desarrollo de los niños.

"[...] investigar sobre los problemas que son relevantes en la Argentina, para traducirlos en políticas públicas destinadas a mejorar la nutrición en la niñez [...]"

## ■ ¿Cómo lleva adelante el CESNI sus objetivos?

El CESNI desarrolla tareas de docencia y de formación de recursos humanos y de investigación en un campo específico como la nutrición, que es una "ciencia difusa". Decimos que es una ciencia difusa porque abarca, entre otras cosas, la producción primaria de alimentos, la elaboración, los hábitos de consumo, el mercadeo, el impacto que los nutrientes tienen sobre la salud y el crecimiento de los niños a lo largo de toda su vida. El

CESNI ha sido pionero en convocar especialistas de distintas disciplinas en investigación, ya que la nutrición requiere distintos abordajes. Tenemos un laboratorio donde se hacen análisis complejos de alimentos, disponemos también de laboratorios de actividad física y composición corporal donde se estudian los componentes del cuerpo (tales como grasas y masa muscular) y la capacidad para el desarrollo de actividad física y del gasto energético.

## ■ ¿Qué alimentos son necesarios para una dieta equilibrada?

Hay cinco grupos de alimentos. El criterio de su agrupación tiene que ver con su composición nutricional y su participación en la dieta. Hay un grupo que comprende las harinas y los derivados de los cereales y todos los alimentos que se elaboran a partir de ellos, que proveen básicamente energía y vitaminas del grupo B; hay otro grupo en el cual se encuentran los lácteos y todos sus derivados: yogures, quesos enteros y descremados; en otro grupo están las carnes, las legumbres y el huevo; el cuarto grupo es el de los vegetales, las hortalizas y las frutas, y el último grupo son los azúcares y las grasas, que aportan energía. La manteca, que es la grasa láctea, forma parte de este último grupo. Una dieta equilibrada tiene un balance cuantitativo de la ingesta y una armonía entre los distintos grupos alimentarios.

■ **Se dice que los argentinos consumimos el doble de pan y carne que el resto del mundo, pero la mitad de la leche que necesitamos. ¿Qué cambios deberíamos incorporar para una dieta más saludable?**

En general, en las dietas de la Argentina hay un aumento en el consumo de grasas y de azúcares y una disminución del consumo de vegetales, hortalizas y lácteos. Y ese es un patrón que provoca deficiencias, entre las que se pueden mencionar osteoporosis en las mujeres por falta de calcio, deficiencia de hierro en los niños, deficiencia de vitaminas, como la vitamina A, y desbalance global de energía que conduce a la obesidad. Por lo tanto, el patrón de ingesta de los argentinos requiere ciertos cambios para diversificar la dieta, aumentar la ingesta de vegetales, hortalizas, frutas y lácteos, y controlar el consumo de grasas y sodio.

■ **¿Por qué a ciertos alimentos se les agregan vitaminas y minerales?**

Hoy en nuestro país existen grupos socialmente más vulnerables, es decir, los sectores más pobres de la sociedad, que tienen dietas con exceso de carbohidratos y con deficiencias de micronutrientes, que son muy importantes para la salud (los micronutrientes son sustancias que el organismo necesita en dosis pequeñas, pero indispensables para los procesos bioquímicos y metabólicos). Esto ha llevado a que la industria y los programas de políticas públicas consideren la fortificación de los alimentos que se consumen habitualmente con algunos nutrientes. Esto es muy útil para erradicar deficiencias de micronutrientes. Por ejemplo, la Argentina ha sido pionera en erradicar la deficiencia de yodo endémica, que se conoce como bocio, a través de la fortificación obligatoria de la sal con yodo. Sucede lo mismo ahora

con la fortificación obligatoria de las harinas con hierro para prevenir la anemia, y con ácido fólico, para prevenir enfermedades congénitas durante el embarazo. También se han incorporado micronutrientes en lácteos.

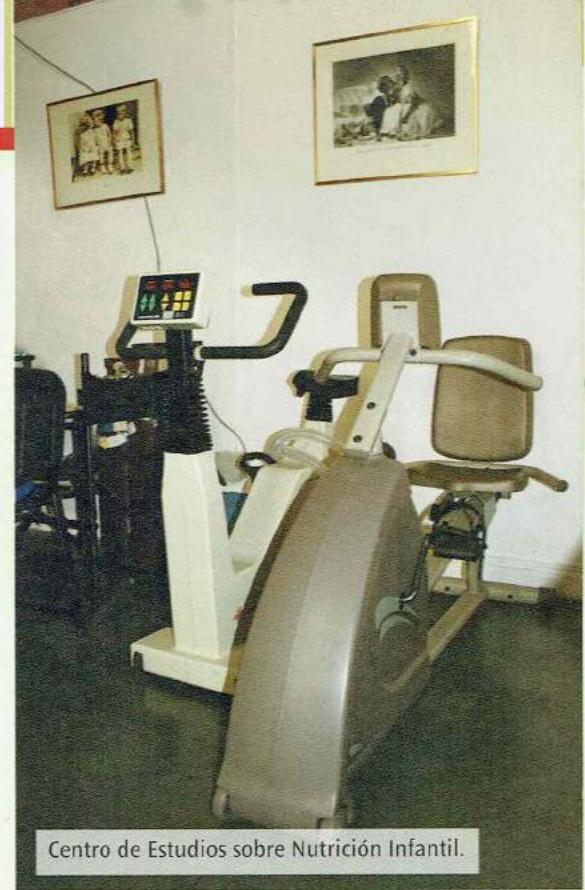
■ **De las cuatro comidas diarias recomendadas, ¿cuáles son las más importantes?**

Lo adecuado es ingerir entre tres y cinco comidas diarias, para maximizar la eficiencia en la absorción de los alimentos y para evitar que haya intervalos de ayuno muy largos. Sobre todo en los adolescentes, es necesario evitar períodos de dieta muy estrictos, a los que siguen períodos de ingesta aumentada, porque eso provocará en el futuro obesidad y trastornos de las conductas de la alimentación. No es lo mismo comer todo junto una vez al día que comerlo distribuido en cuatro comidas. Cuando uno realiza tres comidas, la que saltea habitualmente es el desayuno, y es la que no debería saltar. Uno puede comer una fruta al mediodía o hacer una cena más liviana, pero lo que no puede hacer es saltar el desayuno, porque hay que evitar los largos períodos de ayuno.

**"Lo adecuado es ingerir entre tres y cinco comidas diarias".**

■ **¿Qué problemas podría traernos saltar el desayuno?**

En particular, cuando un niño o un joven saltean el desayuno, el organismo mantiene las condiciones fisiológicas de ayuno de la noche (más de doce horas de no consumo) y el cerebro se encuentra con una "ventana" en la cual no puede responder adecuadamente. Cuando pasan entre 48 y 72 horas de ayuno, la membrana que recubre el cerebro se



Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil.

hace más permeable a otras fuentes de "combustible" y las neuronas pueden funcionar con otro "combustible alternativo". Antes de las doce horas de ayuno hay movilización de "combustibles" que permiten que las neuronas sigan funcionando. Pero entre las 12 y las 48 horas, el ayuno compromete la capacidad cognitiva. Por eso es que muchos niños, jóvenes y adultos, al no desayunar comprometen su respuesta cognitiva (aprendizaje). Pero es peor en los niños, porque su cerebro representa una mayor proporción en relación con su peso corporal.

■ **¿Podría darnos algunos consejos para un desayuno saludable?**

Un desayuno no solo debe ser fuente de azúcar. Los niños y jóvenes que desayunan una infusión clara (té o mate) con azúcar le están dando energía al cerebro, pero no le están dando al resto del organismo ningún otro nutriente esencial. Por lo tanto, es ideal que un desayuno tenga lácteos, cereales enteros (para que la velocidad con la



cual se libera la glucosa sea más lenta y esto provea energía a lo largo del tiempo) y alguna fruta entera o exprimida. La fruta debe ser exprimida. En resumen: una ensalada de fruta o una fruta, complementada con una tostada con un poco de queso y un vaso de leche o yogur o una infusión con leche son alternativas saludables.

### ■ ¿Por qué se dice actualmente que la obesidad es una "epidemia"?

La obesidad es considerada hoy en nuestro país como en el resto del mundo una "epidemia" por la velocidad de propagación, y está haciendo foco especialmente en la población infantil. No sabemos cuáles son las causas primarias del aumento de la obesidad, pero sí podemos definir que su crecimiento no está restringido solamente a las sociedades más desarrolladas. Por el contrario, está tomando mayor virulencia en los países en vías de desarrollo como el nuestro, y en los sectores de mayor pobreza, en donde la obesidad tiene una expresión mayor y más temprana. Las investigaciones más recientes ponen de manifiesto que la obesidad comienza en los primeros años de vida. Si queremos evitar y prevenir la obesidad recién en la edad escolar, estamos llegando tarde; si queremos hacerlo en la adolescencia, se complica aún más y cuando un adulto

tiene obesidad, es muy difícil de tratar. Básicamente, en la Argentina, una de cada dos personas adultas tiene sobre peso u obesidad, y de ellos, la mitad han surgido de adolescentes obesos. Por lo tanto, el período de prevención primario de la obesidad es la edad preescolar y escolar.

### ■ "La obesidad es considerada hoy en nuestro país como en el resto del mundo una 'epidemia' por la velocidad de propagación".

### ■ Estar obeso no siempre está relacionado con comer más por un mejor poder adquisitivo, ya que se ven cada vez más obesos con bajos ingresos. ¿Cómo se puede explicar esto?

Primero, una aclaración. La obesidad está relacionada con comer mal. Es decir, se come mal porque se come cuantitativamente más de lo que se necesita o se come mal porque lo que se come no contiene todo lo que se necesita. En ambos casos está mal. Hoy, en los grupos más vulnerables se está dando una serie de problemas. Por ejemplo, muchos bebés nacen con un peso menor o tienen, luego del nacimiento, un crecimiento menor durante los primeros dos años de vida. Estas son situaciones

muy frecuentes en la Argentina. Cuando estos niños crecen, aumentan menos en altura y tienen mayor riesgo de obesidad, y si a eso le agregamos una dieta rica en grasas y en carbohidratos y pobre en nutrientes esenciales para el crecimiento, esto se agrava más. Estos chicos luego llegan a la escuela con un retraso crónico de crecimiento, es decir, con menos altura que la que deberían tener, con carencias específicas como la del hierro, que causa anemia, o la de calcio y con obesidad. Esta es una mala nutrición, muy frecuente en las familias pobres.

### ■ ¿Qué medidas se deben tomar?

Es necesario intervenir oportunamente durante el embarazo (por "intervenir" entendemos tomar medidas), hacerlo también en los primeros años de vida, promover activamente la lactancia materna y enseñar buenos hábitos alimentarios durante los primeros años de vida, para que estos niños puedan tener buen peso de nacimiento, buen crecimiento posterior y menor riesgo de obesidad.

### ■ Si no se toman estas medidas, ¿qué pasará?

Pasará lo que hoy está pasando en la Argentina. Se producirá un alto gasto en salud por enfermedades prevenibles y crónicas, como la obesidad, la diabetes, la hipertensión y la enfermedad cardiovascular, que son las que concentran el mayor gasto en salud. Hay una ventana de oportunidad que tiene que ver con los primeros mil días de vida de una persona (desde la concepción hasta los primeros dos años de edad), durante los cuales las intervenciones oportunas marcan para siempre un crecimiento saludable.

## ■ En la otra vereda, en nuestro país, también se habla de desnutrición infantil, ¿Cómo se explica eso en un país donde abundan los alimentos?

La Argentina tiene una capacidad exportadora neta equivalente a diez veces su población. Hay muy pocos países que tengan esta condición en el mundo. Es decir que no habría ninguna razón lógica para explicar cómo un país que tiene tal exceso de su balance de alimentos pueda tener niños con desnutrición si no es a través de una inadecuada distribución de nuestra riqueza alimentaria. Ciertamente, el 8% de los niños en la Argentina tienen retraso crónico del crecimiento; es lo que se llama desnutrición crónica y tiene notables diferencias regionales, ya que es 50% más alta en las provincias del Noroeste y del Noreste. La pobreza y la desnutrición se asocian, y esta desnutrición genera menor capacidad productiva y de inserción en la sociedad, menor capacidad de aprender y se ve afectada la educación en los niños. Esto condicionaría un menor ingreso familiar y generaría todavía más pobreza.

## ■ La desnutrición ¿afecta solo el desarrollo del cuerpo de los chicos o también otros aspectos?

Un niño que nace con bajo peso y que no recibe lactancia materna adecuada va sumando problemas a lo largo de su vida. Estos se expresan en menor capacidad y rendimiento muscular (fuerza de trabajo), menor capacidad para aprender, menores capacidades laborales y de inserción laboral. Los problemas se van "arrastrando" y dejan consecuencias sobre toda la sociedad. Las sociedades modernas crecen a través del cuidado de su capital humano, es decir invirtiendo en educación y formación de recursos. Pero para que esto sea posible, el individuo tiene que estar

en condiciones de aprender y ahí la nutrición juega un papel clave.

## ■ ¿Existe algún ejemplo concreto de lo que nos cuenta, Dr. Carmuega?

Sí. En Guatemala se hizo un estudio muy importante sobre poblaciones que eran muy pobres, pero sobre las que se había actuado tempranamente durante el período de embarazo y durante los primeros dos años de edad. Se hizo un seguimiento durante veinte años para ver qué pasaba con esas sociedades. Las personas que habían sido intervenidas, frente a las que no habían recibido estos programas, tuvieron un aumento de novcientos dólares en su renta anual. Para un ingreso promedio anual de 3.000 dólares, esto representó un aumento de casi el 25 por ciento.

## ■ En resumen, ¿cuáles son los principales problemas nutricionales de nuestro país?

La Argentina tiene cuatro grandes problemas: 1.º el bajo peso de los niños al nacer; 2.º la insuficiencia en la lactancia materna, que afecta al 65% de la población; 3.º el retraso de crecimiento o la desnutrición crónica, que afecta al 8% de nuestra población, y 4.º la obesidad, especialmente la de aparición temprana.

## ■ ¿Hay soluciones para estos problemas?

Con muy pocas y oportunas medidas, estos problemas se solucionan. Hacen falta políticas públicas racionales para resolverlos. Los problemas mencionados se solucionan con intervenciones sobre las mujeres durante la edad fértil y durante el período de gestación, actuando en forma temprana sobre los niños en los primeros mil días críticos y trabajando sobre hábitos alimentarios y sobre el gasto energético. Por ejemplo, el pro-

## ...por qué eligió medicina.

Cuando tenía quince años mi papá me regaló un microscopio. A partir de eso comencé a estudiar hormigas, mariposas y poco a poco me fui involucrando en la investigación. Cuando tuve que elegir una carrera, no tuve dudas, tenía que estudiar medicina para ser un investigador. En el transcurso de la carrera, sin abandonar mi vocación de investigador, me atrajeron la clínica y el contacto humano, y así me hice médico y pediatra. Pero ese microscopio que me regalaron en casa marcó mi camino hacia la investigación biológica, y luego la nutrición y la pediatría fueron los campos en los cuales la pude desempeñar.

## ...qué otras actividades realiza.

Soy padre de familia, tengo cinco hijos y dos nietos, y me gusta mucho pasar tiempo con ellos. Mi otra vocación, que descubrí a los catorce años, es la navegación a vela. Le dedico mucho tiempo a encontrarme con el viento y con el río, y la navegación me ayudó a formar mi carácter y mi personalidad. Leo libros sobre temas científicos, pero también me gustan la música nacional y las películas de ciencia ficción, como *Viaje a las Estrellas*, gusto que comparto con mis hijos. De las películas de ciencia ficción lo que me atrae es pensar qué es lo que queda de la humanidad cuando se resuelven sus problemas, y lo que queda es la inquietud, la capacidad inquisidora y de investigación.

blema principal en nuestro país es el bajo peso de nacimiento y es la consecuencia de factores prevenibles durante el embarazo: control adecuado, no fumar, no tomar bebidas alcohólicas, llegar con una talla adecuada y progresar bien con el peso. La educación, en esto, juega un rol central, que incluye la escuela y toda la comunidad educativa. Los propios alumnos juegan un papel importante en el modelo que ellos llevan a sus casas y en el modelo que imparten para los más pequeños.

## ■ ¿Alguna recomendación final?

Hay que comer más frutas y hortalizas, hacer más actividad física y cuidar el consumo de sal, grasas y azúcares, especialmente las que vienen con las bebidas e infusiones. Aumentar la oferta de alimentos saludables es un deber de la sociedad.

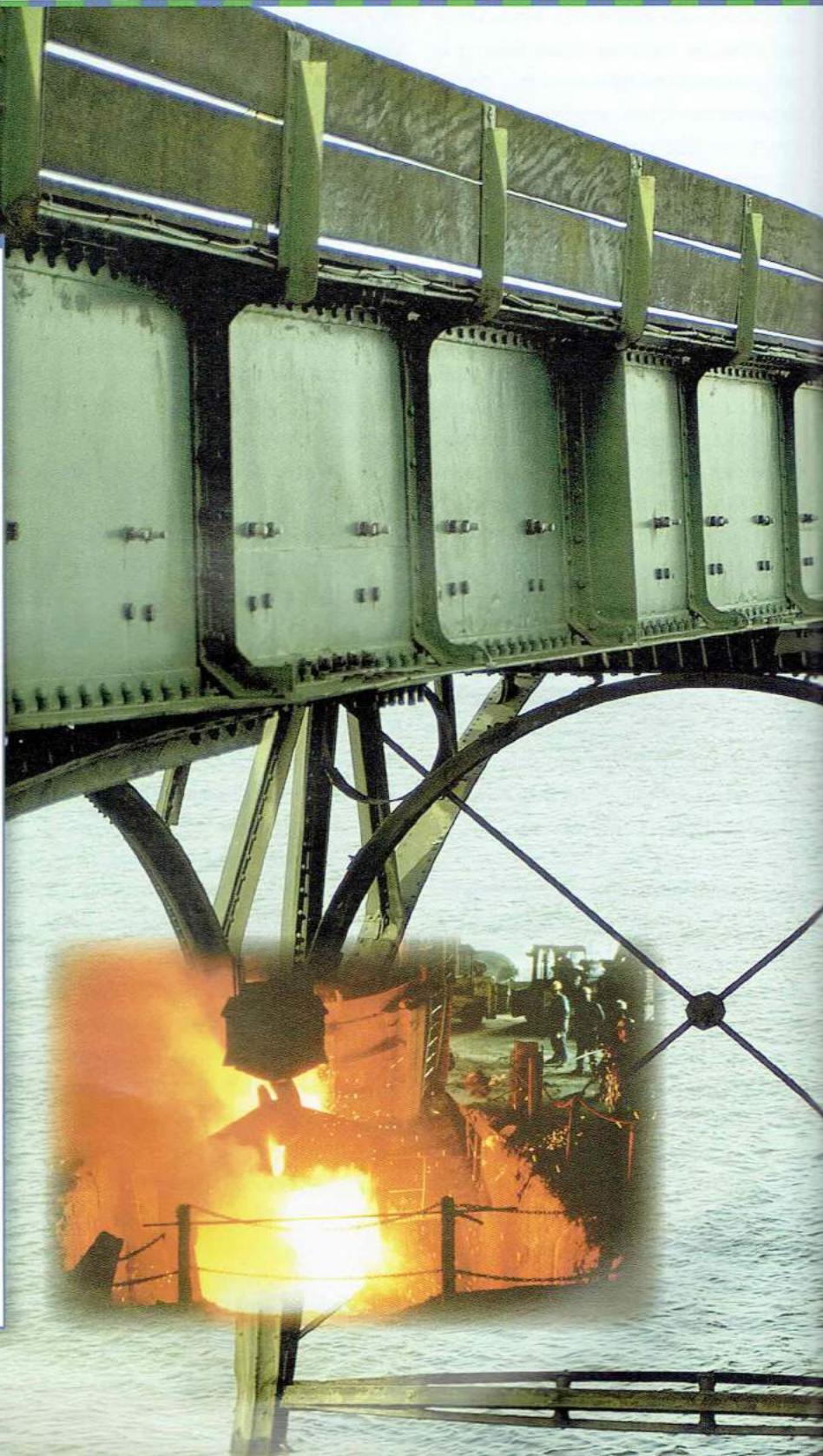
# III

# Química en procesos industriales

## Lo que se viene

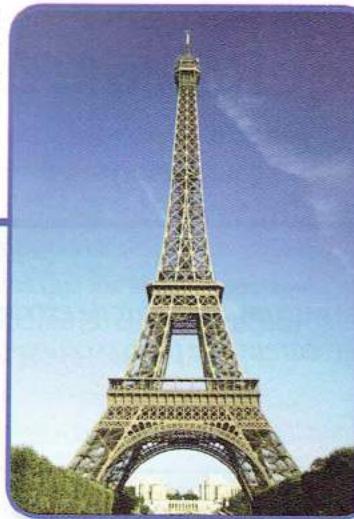
En esta sección...

- Repasarás cómo expresar la concentración de una solución (capítulo 9).
- Estudiarás la naturaleza del equilibrio químico (capítulo 9).
- Aprenderás el principio de Le Châtelier y sus aplicaciones prácticas (capítulo 9).
- Integrarás los procesos industriales de obtención de hidrógeno, amoníaco y ácido nítrico (capítulo 9).
- Aprenderás sobre los principales procesos metalúrgicos (capítulo 10).
- Repasarás cálculos estequiométricos (capítulo 10).
- Interpretarás la importancia del cuidado del ambiente en la extracción de minerales (capítulo 10).
- Estudiarás los procesos redox involucrados en las reacciones de obtención de metales (capítulo 10).
- Aplicarás estrategias para resolver problemas (capítulo 10).



## Torres de hierro

La Torre Eiffel está situada en el extremo del Campo de Marte en París, a orillas del río Sena.



Hasta fines de la década de 1870, la obtención del hierro y sus aleaciones eran muy caras, y este metal solo se utilizaba en la construcción de vías y puentes ferroviarios. Pero con el desarrollo de nuevos y más económicos procesos metalúrgicos, comenzó a florecer una nueva industria. El ingeniero francés Gustave Eiffel (1832-1923), quien diseñó la Torre Eiffel en 1889 para la Exposición Universal en París, fue tentado por su compatriota, el escultor Frédéric Auguste Bartholdi, para construir la estructura de un monumento que se obsequió a los Estados Unidos en conmemoración del centenario de la Declaración de Independencia de ese país. Conocido como Estatua de la Libertad, se inauguró en 1886. Esta estatua es obra de Bartholdi, pero su estructura interna, de hierro recubierto por cobre, fue diseñada por Eiffel.

La Estatua de la Libertad se encuentra en Nueva York, en la isla de la Libertad, al sur de Manhattan.



### Lo QUE SABÉS

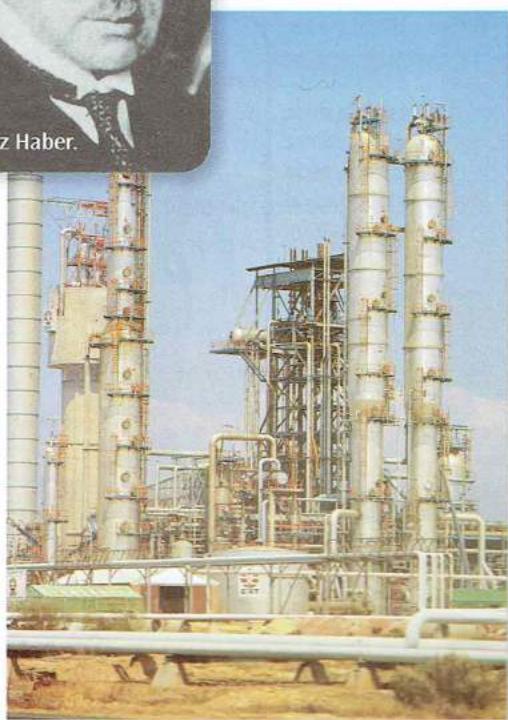
1. ¿Qué metales se nombran en el texto? Detallá algunos de sus usos más importantes.
2. ¿El hierro se encuentra puro en la naturaleza o hay que realizar algún proceso para obtenerlo?
3. ¿Por qué creés que en el siglo xix se empleaba hierro y cobre en las construcciones y no acero inoxidable?
4. Este tipo de estructuras, como la torre Eiffel y la Estatua de la Libertad, necesitan de un periódico mantenimiento debido a la corrosión. ¿Qué es la corrosión? ¿Qué materiales se corroen y cómo es posible prevenirla o evitarla?

# 9

## El equilibrio químico



Fritz Haber.



Planta de síntesis de amoníaco en Huelva, España.

*Haber fue una mente brillante y un organizador de extraordinaria energía, determinado y, probablemente, carente de todo escrúpulo.*

*Ludwig Haber (hijo de Fritz Haber)*

DURANTE LA CONOCIDA COMO SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL, PRODUCIDA ENTRE LAS DÉCADAS DE 1880 Y 1930, LA HUMANIDAD FUE TESTIGO DE UN PROCESO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO BASADO FUNDAMENTALMENTE EN LA EXPANSIÓN DE LA INDUSTRIA QUÍMICA. SE COMENZÓ A UTILIZAR EL PETRÓLEO COMO COMBUSTIBLE PARA MOTORES DE EXPLOSIÓN Y PARA SINTETIZAR NUEVOS COMPUESTOS. SE INICIÓ, ADÉMÁS, EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES, PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA-GANADERA Y, CON ELLA, LA CANTIDAD DE ALIMENTOS QUE REQUERÍA LA POBLACIÓN MUNDIAL. EL ADVENIMIENTO DE LA PRIMERA GUERRA MUNDIAL, HACIA 1914, PROVOCÓ TAMBIÉN QUE SE EXPANDIERA, PARA DESVENTURA DEL SER HUMANO, LA INDUSTRIA DE LOS ARMAMENTOS Y EXPLOSIVOS. TANTO LOS FERTILIZANTES COMO MUCHOS EXPLOSIVOS TIENEN UNA MATERIA PRIMA EN COMÚN: EL AMONÍACO.

FUE EL QUÍMICO ALEMÁN FRITZ HABER (1868-1934) QUIEN DESARROLLÓ UN MÉTODO INDUSTRIAL PARA SINTETIZAR AMONÍACO EN FORMA ECONÓMICA, QUE AÑOS DESPUÉS MEJORÓ SU COLEGA CARL BOSCH, PARA FABRICAR ABONOS NITROGENADOS. POR SUS TRABAJOS, RECIBIÓ EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA EN 1918. SIN EMBARGO, CON EL COMIENZO DE LA PRIMERA GUERRA MUNDIAL, HABER COLABORÓ PARA DESARROLLAR ARMAS QUÍMICAS DESTRUCTIVAS, BASADAS EN EL AMONÍACO Y OTROS GASES. PERO AÑOS DESPUÉS, CON EL SURGIMIENTO DEL NAZISMO, DECIDIÓ EMIGRAR A INGLATERRA, EN PROTESTA POR EL TOTALITARISMO INSTALADO EN ALEMANIA. LAS PALABRAS DE SU HIJO DESCRIBEN CLARAMENTE SU TEMPERAMENTO.

### ACTIVIDADES

1. A partir del siglo XIX se registra en el mundo un elevado crecimiento poblacional. ¿Por qué te parece que fueron importantes la síntesis de amoniaco y el desarrollo de abonos nitrogenados?
2. Nombrá los principales usos industriales del amoniaco.
3. ¿Cómo se relaciona la industria química con la de los armamentos?
4. ¿Por qué el hijo de Fritz Haber consideraba que su padre carecía de escrúpulos?

# La molaridad, una forma de expresar la concentración

Como estudiaste en años anteriores, las **soluciones** son sistemas homogéneos formados por más de un componente, como el agua mineral (figura 9-1). En general, al componente de mayor proporción se lo denomina **solvente o disolvente**, mientras que los **solutos** son los componentes en menor proporción. En el caso particular de soluciones acuosas, se toma el agua como solvente.

En este texto trabajaremos con soluciones binarias, es decir, aquellas que están formadas por dos componentes, el solvente y un único soluto.

Una de las formas de expresar la concentración de una solución más utilizadas en los laboratorios químicos es la **molaridad**, cuyo símbolo es **M**. La molaridad se define como los moles de soluto por cada litro de solución, y se expresa matemáticamente así:  $M = \frac{n}{V}$ , donde  $n$  es el número de moles del soluto y  $V$  es el volumen de la solución, expresado en litros. Por lo tanto,  $M$  lleva como unidades mol/l. Así, una solución acuosa de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) puede ser 0,5 M; significa que 1 L de esa solución contiene 0,5 moles de  $\text{NaOH}$ .

## Cálculos molares

En los laboratorios de química, a menudo es necesario resolver, mediante cálculos, algunos problemas planteados con las proporciones de un reactivo determinado. En general, pueden plantearse casos como los siguientes:

1. Se quiere preparar una solución con una concentración determinada a partir del soluto y el solvente.
2. Se quiere averiguar la cantidad necesaria de soluto o de solvente para fabricar una solución determinada.

**Caso 1.** Por ejemplo, ¿cómo se prepara una solución de cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) 0,8 M?

Primero se necesita averiguar la masa molar del  $\text{NaCl}$ , es decir, la masa de un mol ( $M$ ). En la tabla periódica de los elementos encontramos la masa atómica relativa ( $Ar$ ) del Na, que es 23, mientras que la  $Ar$  del Cl es 35,5; por lo que podemos calcular la masa molecular relativa ( $Mr$ ) del  $\text{NaCl}$  como la suma de las masas atómicas relativas:

$$Mr_{\text{NaCl}} = Ar_{\text{Na}} + Ar_{\text{Cl}} = 23 + 35,5 = 58,5$$

La masa de un mol de  $\text{NaCl}$ , entonces, es de 58,5 g. Mediante una regla de tres simple, podemos calcular la masa de 0,8 moles de  $\text{NaCl}$ :

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol NaCl} &\longrightarrow 58,5 \text{ g} \\ 0,8 \text{ mol NaCl} &\longrightarrow x = \frac{58,5 \text{ g} \cdot 0,8 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 46,8 \text{ g} \end{aligned}$$

Por lo tanto, para preparar una solución acuosa 0,8 M en  $\text{NaCl}$ , es necesario introducir en un recipiente, por ejemplo, un matraz de 1 L, 46,8 g de  $\text{NaCl}$ , agregar agua y mezclar hasta alcanzar un volumen de 1 litro.

Ahora, consideremos un ejemplo para explicar el **caso 2**. Se desea saber qué cantidad de soluto es necesaria para preparar 20 ml de una solución acuosa de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0,1 M. Para resolver este problema, se desarrolla el dato de la molaridad mediante una regla de tres simple, lo que permite averiguar el número de moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  necesarios:

$$\begin{aligned} 1.000 \text{ ml solución} &\longrightarrow 0,1 \text{ mol de } \text{H}_2\text{SO}_4 \\ 20 \text{ ml solución} &\longrightarrow x = 0,002 \text{ mol de } \text{H}_2\text{SO}_4 \end{aligned}$$

Luego, a partir del dato de la masa molar del ácido sulfúrico (98 g/mol), se halla la masa de soluto necesaria:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 &\longrightarrow 98 \text{ g} \\ 0,002 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 &\longrightarrow x = 0,196 \text{ g de soluto} \end{aligned}$$



Fig. 9-1. El agua mineral es una solución que contiene muchos solutos disueltos. La concentración de cada uno de los solutos, por ejemplo, el ion potasio, se expresa en mg/l, es decir, miligramos de ion potasio por cada litro de solución de agua mineral.

## ACTIVIDADES

5. Calculá el número de moles de ion potasio ( $K^+$ ) presentes en una botella de agua mineral que contiene 10 mg de ese mineral, aplicando la fórmula:  $n = \frac{m}{M}$ , donde  $m$  es la masa en gramos.  
Dato:  $Ar_K = 39,1$ .
6. ¿Cuántos gramos de soluto son necesarios para preparar 100 ml de solución 0,2 M de hipoclorito de sodio ( $\text{HCIO}$ )?
7. Averiguá la concentración molar de una solución que se prepara con 63 g de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), completando con agua hasta llegar a 0,5 l de solución.

## Los gases también concentran



Fig. 9-2. Ambos sistemas contienen igual cantidad de gas cloro, pero el (A) es más concentrado que el (B), ya que el gas se distribuye en menor volumen.

Las soluciones pueden presentarse en cualquiera de los estados de agregación: líquido, sólido o gaseoso. En la página anterior viste casos referidos a soluciones líquidas cuyo solvente es el agua. En esta página verás soluciones cuyos componentes son gases, como el aire filtrado.

Muchas mezclas de gases permanecen estables, pero otras participan de reacciones químicas, algunas muy importantes desde el punto de vista de la producción industrial.

La concentración de un gas determinado, ya sea como soluto o como solvente, en una solución puede calcularse de la misma manera que en el caso de las soluciones líquidas, es decir, como el número de moles del gas por cada litro de solución.

Sin embargo, como ya sabés, los gases son muy compresibles, es decir que su volumen puede aumentar o disminuir fácilmente si varían las condiciones de presión y temperatura. Por ejemplo, si se introduce 1 mol de gas cloro dentro de una jeringa imaginaria de volumen 1 L, la concentración de ese gas será 1 M; aunque si se presiona el émbolo de la jeringa, disminuyendo el volumen del gas a la mitad (0,5 l), la concentración molar resultante se podrá calcular como:  $M = \frac{n}{V} = \frac{1 \text{ mol}}{0,5 \text{ l}} = 2 \text{ M}$ , es decir, el doble que la anterior (figura 9-2).

### Ecuación de los gases y cálculos de concentraciones

El volumen de un gas es susceptible a cambios, de acuerdo con las condiciones de presión y temperatura. Estas variables pueden vincularse con el número de moles de gas, aplicando la conocida **ecuación de estado de los gases ideales**, cuya expresión matemática es:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T.$$

La ecuación de estado es válida para todos los **gases ideales**. Estos gases se suponen formados por pequeñas partículas, indistinguibles entre sí, de cuyos choques no se gana ni se pierde energía, y que se encuentran en un recipiente de gran volumen (comparado con el volumen de las partículas del gas).

Un valor muy habitual es el volumen que ocupa un mol de gas, también llamado volumen molar ( $V_M$ ) en condiciones normales de presión y temperatura (CNPT), es decir, 273 K y 1 atm resulta que:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ l} \cdot \text{atm} \cdot 273 \text{ K}}{1 \text{ atm} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}} = 22,41$$

Por lo tanto, un mol de cualquier gas en CNPT ocupa un volumen de 22,4 litros.

Si se desea averiguar la concentración de un gas, por ejemplo, hidrógeno ( $H_2$ ), en determinadas condiciones de presión y temperatura (sin que el volumen y el número de moles sean datos), puede aplicarse el siguiente razonamiento: como la concentración molar de hidrógeno (a partir de ahora se simbolizará  $[H_2]$ ) es igual a:  $\frac{n}{V}$ ; despejando  $\frac{n}{V}$  de la ecuación de estado queda que:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow \frac{P}{R \cdot T} = \frac{n}{V} \rightarrow [H_2] = \frac{P}{R \cdot T}$$

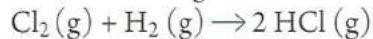
### ACTIVIDADES

8. Teniendo en cuenta que la densidad, que se define como  $d = \frac{m}{V}$ ; y sabiendo que  $n = \frac{m}{M}$ , escribe una expresión, partiendo de la ecuación de estado de los gases ideales, que vincule P, d, R, T y M.
9. ¿El volumen molar del agua ( $H_2O$ ) en CNPT es 22,4 l? Justifícá tu respuesta.
10. Calculá la concentración molar del gas cloro ( $Cl_2$ ) a 2,5 atm de presión y 100 K de temperatura.

# El equilibrio químico

Imaginá por un momento un viaje en un colectivo “especial”, cuyos pasajeros son moléculas de las sustancias A y B. Salen de la terminal cinco moléculas de A (rojas) y cinco de B (azules), y en la primera parada bajan dos moléculas de A y una de B, pero suben dos nuevas moléculas de A y una molécula de B (figura 9-3). Aunque efectivamente haya movimiento de pasajeros, ya que algunos suben y otros bajan, desde el punto de vista de la cantidad y los tipos de pasajeros podemos decir que el sistema permanece inalterado. Esta situación describe lo que se conoce como **equilibrio dinámico**.

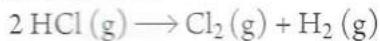
Veamos la relación de este ejemplo con los sistemas químicos. Hasta ahora habías estudiado que, en toda reacción química, determinadas sustancias, llamadas **reactivos**, reaccionan entre sí para que se obtengan otras sustancias, los **productos**. Las reacciones químicas, como recordarás, se representan mediante ecuaciones químicas, como la siguiente:



que puede leerse: “cuando reaccionan un mol de moléculas de cloro gaseoso con un mol de moléculas de hidrógeno gaseoso, se obtienen dos moles de moléculas de cloruro de hidrógeno gaseoso”.

A las reacciones que ocurren en un único sentido, como en este caso, se las llama unidireccionales o **irreversibles**. Sin embargo, en determinadas condiciones, la mayoría de las reacciones químicas ocurren en ambos sentidos, es decir, son **reversibles**.

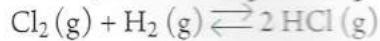
Para nuestro ejemplo, en cierto momento de la reacción y en determinadas condiciones, el cloruro de hidrógeno formado comienza a descomponerse en cloro e hidrógeno, y ocurre la reacción inversa, que puede representarse como:



Por comodidad, este tipo de reacciones se representa con ecuaciones que muestran dos flechas superpuestas, con sentidos contrarios:



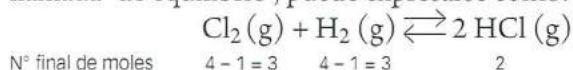
Suponé que inicialmente se introducen en un recipiente, en ciertas condiciones de presión y temperatura, 4 moles de  $\text{Cl}_2(\text{g})$  y 4 moles de  $\text{H}_2(\text{g})$ . Antes de comenzar la reacción, la situación puede expresarse así:



Nº inicial de moles 4 4 0

Luego se deja al sistema reaccionar, y al cabo de cierto

tiempo se observa que se han formado 2 moles de  $\text{HCl}(\text{g})$ . Por la estequiometría de la reacción, sabemos que se forman 2 moles de  $\text{HCl}$  cuando reaccionan totalmente, 1 mol de  $\text{Cl}_2$  y 1 mol de  $\text{H}_2$ . Esta nueva situación, llamada “de equilibrio”, puede expresarse como:



## Condición de equilibrio químico

Una reacción química alcanza el **equilibrio químico** cuando, en forma espontánea, las concentraciones mоляres de los reactivos y los productos no cambian con el tiempo. Esto no significa que la reacción directa (hacia los productos) y la inversa (hacia los reactivos) se detengan, sino que ambas reacciones ocurren simultáneamente y a la misma velocidad. Además, en los sistemas químicos en equilibrio tampoco cambian la temperatura ni la presión.

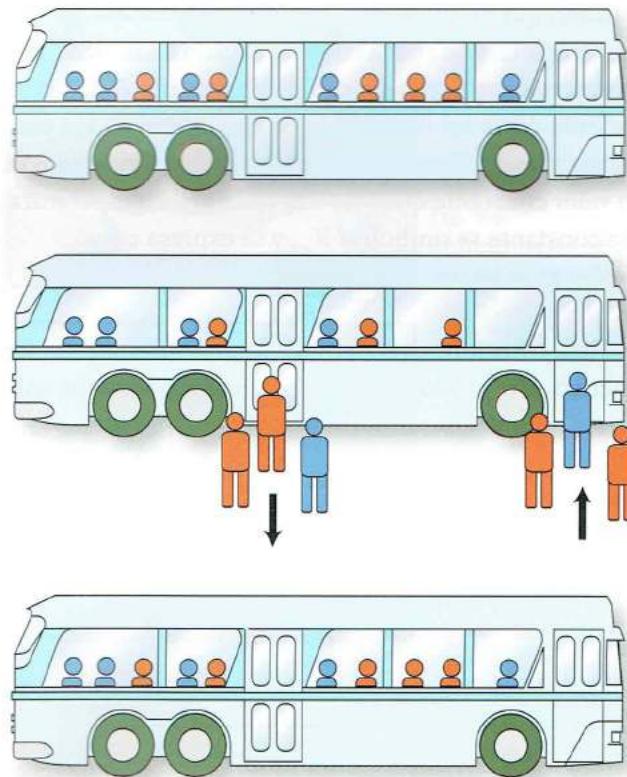


Fig. 9-3. Situación de equilibrio dinámico.

## Constantes de equilibrio

Observá los gráficos de esta página (figuras 9-4) y las ecuaciones de equilibrio de las reacciones 1 y 2. Si bien en ambas la concentración inicial de los reactivos es 1 M, en la reacción 1, la concentración de equilibrio de los reactivos es 0,7 M, mientras que en la reacción 2, la concentración de equilibrio de los reactivos es 0,1 M.

Al analizar ambas situaciones, podemos decir que en la reacción 2, el 90% de los reactivos se convirtieron en productos, mientras que en la reacción 1 solo el 30% lo hizo. Si las reacciones hubieran sido completas e irreversibles, se habría obtenido una concentración 1 M de C y H, respectivamente.

Al comparar los porcentajes, podemos afirmar que la reacción 2 presenta mayor tendencia a producirse en forma completa que la reacción 1.

Reacción 1	A	+	B	$\rightleftharpoons$	C
Concentración molar inicial	1 M		1 M		0
Concentración molar en equilibrio	0,7 M		0,7 M		0,3 M

Reacción 2	F	+	G	$\rightleftharpoons$	H
Concentración molar inicial	1 M		1 M		0
Concentración molar en equilibrio	0,1 M		0,1 M		0,9 M

También puede determinarse el grado en el que una reacción química reversible tiende a producirse en forma completa, si se aplica la **ley de acción de masas**: para una reacción química en equilibrio del tipo  $A \rightleftharpoons B$ , el cociente entre las concentraciones molares de los productos y las concentraciones molares de los reactivos es un valor constante que solo depende de la temperatura. Esa constante se simboliza  $K_C$  y se expresa como:

$$K_C = \frac{[B]_{eq}}{[A]_{eq}}$$

Para reacciones en las que interviene más de un reactivo y/o producto, y sus coeficientes estequiométricos son diferentes a 1, se multiplican las concentraciones y se eleva cada una a su respectivo coeficiente estequiométrico, como en el siguiente ejemplo:



$$K_C = \frac{[HCl]^2_{eq}}{[Cl_2]_{eq} \cdot [H_2]_{eq}}$$

A los fines prácticos, las constantes se expresan sin unidades.

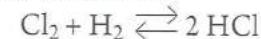
Como la constante es un cociente entre las concentraciones de los productos y las de los reactivos, cuanto mayor sea la concentración de los productos en el equilibrio, mayor será el valor de la constante. Por lo tanto, el valor de la constante da una medida de cuánto tiende a completarse una reacción: cuanto mayor sea el valor de la constante, será mayor la tendencia de la reacción a producirse en forma completa.

Por ejemplo, si consideramos la reacción que se representa mediante la siguiente ecuación:



A 350 °C el valor de  $K_C = 0,019$ , mientras que a 490 °C es de  $K_C = 0,022$ . Esto significa que a 490 °C, la reacción está más desplazada hacia los productos; aunque a ambas temperaturas la reacción directa es muy poco favorable, ya que, por ser  $K_C$  menor que 1, en el equilibrio hay mayor cantidad de reactivos que de productos.

En cambio, la reacción de formación de cloruro de hidrógeno, simbolizada como:



A 27 °C el valor de  $K_C = 3,17 \cdot 10^{16}$ , un valor tan alto como para considerar la reacción directa como prácticamente completa.

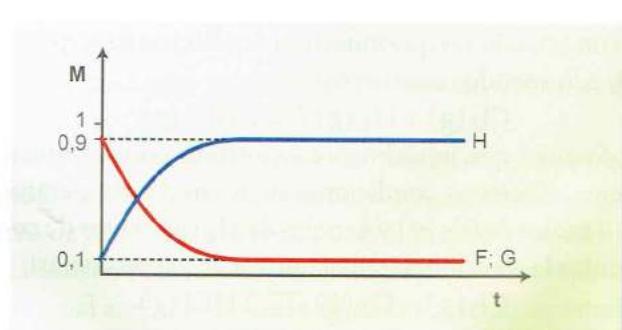
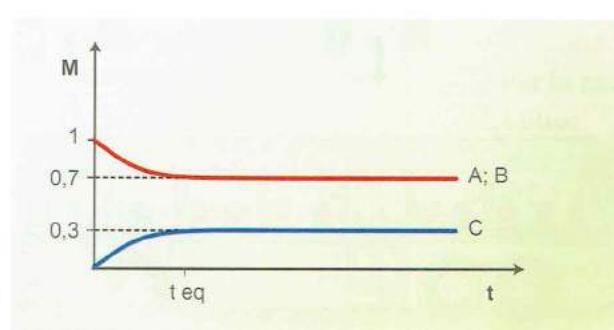


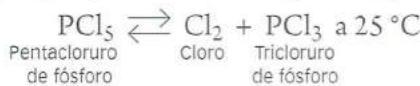
Fig. 9-4. Gráficos del transcurso de una reacción o de variación de concentraciones en el tiempo.

## Evolución hacia el equilibrio

En muchas oportunidades se desconoce si un sistema reaccionante se encuentra en equilibrio. Si lo está, resulta de gran utilidad investigar hacia dónde se desplazará espontáneamente la reacción para alcanzar ese equilibrio (figura 9-5).

Para determinar el sentido de la reacción en un instante determinado, es necesario conocer el valor de la constante de equilibrio ( $K_C$ ) de la reacción a la temperatura de trabajo, y plantear el llamado **cociente de reacción** (simbolizado  $Q_C$ ), que se calcula de manera análoga a  $K_C$ , pero en cualquier instante de la reacción, ya sea en equilibrio o en desequilibrio.

Por ejemplo, para la reacción que se expresa como:



$$K_C = \frac{[PCl_3]_{eq} \cdot [Cl_2]_{eq}}{[PCl_5]_{eq}} = 5,50$$

Suponé que en un momento determinado de la reacción se calculan las concentraciones instantáneas de los reactivos y productos, y se obtiene que:

$$[\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_3] = 2 \text{ M} ; [\text{PCl}_3] = 1 \text{ M}$$

Planteando y calculando  $Q_c$  en esas condiciones (el subíndice "i" indica "en cierto instante"), resulta que:

$$Q_C = \frac{[PCl_3]_i \cdot [Cl_2]_i}{[PCl_5]_i} = \frac{2 \cdot 2}{1} = 4$$

(tanto  $K_C$  como  $Q_C$  se expresan sin unidades).

Como  $Q_c$  resultó menor que  $K_c$ , el sistema deberá aumentar los productos y disminuir los reactivos para llegar al equilibrio y al valor de  $K_c$ ; por lo tanto, la reacción ocurrirá en el sentido de los reactivos hacia los productos (directa), hasta alcanzar el equilibrio.

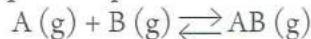
En los casos en que  $Q_c$  es mayor que  $K_c$ , el sistema se desplazará en el sentido de la reacción inversa, es decir, de los productos hacia los reactivos, hasta alcanzar el equilibrio.

Si  $Q_C = K_C$  puede afirmarse que el sistema está en equilibrio, y ambas reacciones (directa e inversa) ocurrirán simultáneamente a la misma velocidad, por lo que las concentraciones de los reactivos y los productos permanecerán constantes.

## Representaciones submicroscópicas

Los procesos de evolución hacia el equilibrio en los que intervienen gases pueden representarse mediante esquemas sencillos.

Por ejemplo, para la reacción hipotética entre los gases A y B, que puede representarse como:



cuya  $K_C$  a cierta temperatura es 1; la figura 9-6 sería una representación de equilibrio, suponiendo un volumen de 1 L, donde A está representado por las bolitas rojas y B, por las azules, si se calcula  $Q_C = \frac{4}{2 \cdot 2} = 1 = K_C$ ; con lo cual queda demostrado que el sistema está en equilibrio.

En cambio, la figura 9-7 representa un sistema fuera del equilibrio.

Si se calcula  $Q_C = \frac{5}{1 \cdot 1} = 5 \neq K_C$ , por lo que queda demostrado que el sistema está fuera de equilibrio.

Evolución hacia el equilibrio	
$Q_c < K_c$	El sistema se desplaza hacia los productos →
$Q_c > K_c$	El sistema se desplaza hacia los reactivos ←
$Q_c = K_c$	El sistema está en equilibrio.

Fig. 9-5. Evolución del equilibrio en función de  $Q_c$  y  $K_c$ .

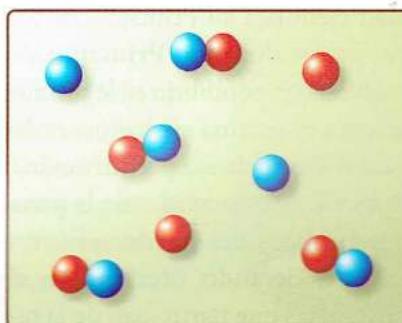
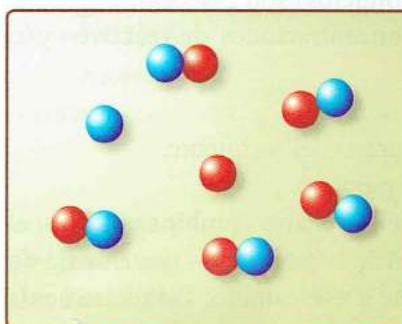


Fig. 9-6.  
Representación de un sistema en equilibrio.



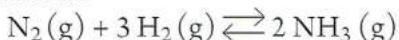
**Fig. 9-7.**  
Representación de  
un sistema fuera del  
equilibrio.

## ACTIVIDADES

11. En el esquema representado en la figura 9-7, cuyo  $Q_c = 5$ , ¿hacia dónde se desplazará el sistema para llegar al equilibrio?

## Principio de Le Châtelier

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es un gas muy conocido desde la Antigüedad. Su nombre deriva del dios egipcio Amón. Es muy soluble en agua y en estado líquido es un excelente disolvente de grasas. Además, el amoníaco es la materia prima para la fabricación de muchos compuestos que se emplean en la industria de los fertilizantes. Se obtiene industrialmente a partir de los gases hidrógeno y nitrógeno, mediante la reacción que se representa como:



La doble flecha de la ecuación muestra que la obtención de amoníaco es un proceso químico reversible. Pero si se quiere obtener amoníaco (es decir, la reacción directa), ¿es conveniente que se produzca la reacción inversa?

El químico francés Henry Louis Le Châtelier (figura 9-8) comprobó que, a pesar de que un sistema químico tiende espontáneamente a alcanzar el equilibrio, pueden realizarse modificaciones en él; por ejemplo, para obtener mayor cantidad de productos.

En 1898, como conclusión de sus investigaciones, presentó a la comunidad científica su Principio de los Equilibrios, actualmente conocido como **Principio de Le Châtelier**: “Si a un sistema en equilibrio se le produce una perturbación externa, el sistema evolucionará de forma tal de contrarrestar el efecto de esa perturbación”.

Para comprender mejor este principio, vale la pena describir qué tipo de perturbaciones puede sufrir un sistema en equilibrio, considerando únicamente el caso en que todas las sustancias que participan de la reacción (reactivos y productos) son gaseosas:

- Cambios en las concentraciones de reactivos y/o productos.
- Cambios en la presión.
- Cambios en el volumen del recipiente.
- Cambios en la temperatura.

Ante cualquiera de los cuatro cambios posibles, el sistema –según el principio estudiado– reaccionará de forma tal de oponerse a ese cambio. Estudiaremos a continuación cada uno de estos casos.

### Cambios en las concentraciones

La constante de equilibrio para la reacción que se simboliza como:



A 1.000 °C tiene un valor de  $K_c = 1,59$ .

Recordá que  $Q_c$  se expresa como:

$$Q_c = \frac{[\text{CO}]_i \cdot [\text{H}_2\text{O}]_i}{[\text{CO}_2]_i \cdot [\text{H}_2]_i}$$

Si se tiene un sistema en el que  $[\text{CO}_2]_i = [\text{H}_2]_i = [\text{CO}]_i = 1 \text{ M}$ ; y  $[\text{H}_2\text{O}]_i = 1,59 \text{ M}$ ; y se calcula  $Q_c$ , resulta:

$$Q_c = \frac{1 \cdot 1,59}{1 \cdot 1} = 1,59 = K_c$$

Es decir, el sistema está en equilibrio. Pero si se agrega, por ejemplo,  $\text{CO}_2$ , de manera tal que su concentración instantánea se eleve a 2 M, el nuevo valor de  $Q_c$  resultará:  $Q_c = \frac{1 \cdot 1,59}{2 \cdot 1} = 0,80$ , es decir, menor que  $K_c$ , por lo que el sistema evolucionará hacia la formación de productos.

Esta situación puede pensarse según el principio de Le Châtelier. Si se agregan reactivos a un sistema en equilibrio, este reaccionará de manera de contrarrestar ese cambio, desplazándose hacia la formación de productos; y, al contrario, el agregado de productos provocará la evolución del sistema hacia los reactivos.

Cuando se quiere desplazar el equilibrio hacia la formación de productos, es decir, favorecer la reacción directa, es conveniente, además de agregar reactivos, extraer los productos que se vayan formando, de manera tal de seguir forzando al sistema a modificarse para intentar retornar a la situación de equilibrio.



Fig. 9-8. Henry Le Châtelier (1850-1936).

### ACTIVIDADES

12. ¿Qué tipos de perturbaciones pueden alterar el equilibrio de una reacción química entre gases?
13. Analizá cómo se modifica una reacción en equilibrio e indicá hacia dónde se desplaza el sistema en los siguientes casos: A. Se agregan reactivos. B. Se agregan productos. C. Se extraen reactivos. D. Se extraen productos.

# Equilibrio y cambios en la presión

EL DETALLE

## ¿Cuál es la Ley de Boyle y Mariotte?

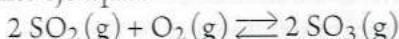
La Ley de Boyle y Mariotte, en homenaje al químico y físico inglés Robert Boyle, quien la enunció en 1662, y al físico francés Edme Mariotte, quien la presentó a la comunidad científica en 1676, tiene validez para los gases ideales. Esta ley postula que el volumen de un gas es inversamente proporcional a su presión, cuando la temperatura es constante. En otras palabras, toda vez que se aumenta el volumen de un gas, disminuye su presión; y, por el contrario, la presión de un gas aumenta cuando se disminuye su volumen. Su expresión matemática es  $P \cdot V = k$ , donde  $P$  es la presión;  $V$ , el volumen y  $k$ , una constante que depende de la temperatura.

Cuando se producen cambios en la presión de un sistema en equilibrio, por ejemplo, si aumenta, según el principio de Le Châtelier, el sistema se desplazará de forma tal de disminuir –aunque sea en parte– esa elevación de la presión. ¿Pero cómo lo realiza? Para responder esta pregunta, debemos analizar la ecuación de estado de los gases ideales:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ; despejando de ella  $P$ , resulta que  $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$ .

Si la temperatura y el volumen se mantienen constantes, la presión ( $P$ ) resulta directamente proporcional al número de moles ( $n$ ); es decir, aumenta  $P$  cuando aumenta  $n$ . Por ello, para un sistema gaseoso en equilibrio, toda vez que se aumente la presión, el sistema tenderá a disminuirla, desplazándose hacia donde se produzca un menor número de moles; y toda vez que se disminuya la presión, el sistema se desplazará hacia donde se produzca un mayor número de moles.

Para saber hacia qué lado de la reacción se produce mayor o menor número de moles, es necesario plantear la ecuación que la representa, sumar los coeficientes estequiométricos de los reactivos (por un lado), los de los productos (por otro lado) y hallar su diferencia. Si la diferencia es negativa, se pierden moles de moléculas cuando la reacción se desplaza hacia los productos; y si la diferencia es positiva, se ganan moles de moléculas.

Veamos el siguiente ejemplo:



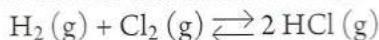
Suma de coeficientes estequiométricos de reactivos:  $2 + 1 = 3$

Suma de coeficientes estequiométricos de productos:  $2$

Diferencia:  $2 - 3 = -1$

Si se analiza la reacción directa, cuando desaparecen 2 moles de ( $\text{SO}_2$ ) y 1 mol de ( $\text{O}_2$ ) –3 moles de reactivos en total–, aparecen 2 moles de ( $\text{SO}_3$ ), por lo tanto, en este caso la reacción directa provocará la disminución del número de moles totales de la reacción y se favorecerá cuando se aumente la presión. La disminución de la presión del sistema, en este caso, favorecerá la reacción inversa (hacia la que aumenta la cantidad de moles de moléculas).

Observá que para el caso de una reacción como:



la suma de los coeficientes estequiométricos de los reactivos ( $1 + 1 = 2$ ) es igual al coeficiente estequiométrico de los productos (figura 9-9). En estos casos, las variaciones en la presión no alteran el equilibrio del sistema.

## Equilibrio y cambios en el volumen

Para los cambios en el volumen del recipiente debe tenerse en cuenta que, si la temperatura es constante, según la Ley de Boyle y Mariotte (► **EL DETALLE**), el volumen y la presión de un gas son inversamente proporcionales. Por lo tanto, un aumento del volumen del recipiente se trata, según el principio de Le Châtelier, como una disminución de la presión, por lo que el sistema se desplazará hacia donde se produzca un mayor número de moles; y si se disminuye el volumen del recipiente, esto provocará mayor presión, por lo que el sistema tenderá a desplazarse hacia donde se produzcan menos moles de moléculas.



Fig. 9-9. El HCl disuelto en agua forma una solución ácida, que comercialmente se conoce como ácido muriático.

## ACTIVIDADES

14. Planteá la expresión de  $Q_c$  para el caso de la reacción de formación de  $\text{SO}_3$ , escribiendo cada concentración como  $\frac{n}{V}$ , y observá si se modificará su valor cuando se cambie el volumen.

15. Realizá el mismo análisis anterior para la reacción de obtención de HCl y respondé: ¿se alterará el equilibrio por cambios en el volumen?



Fig. 9-10. De los escapes de los colectivos se liberan gases de nitrógeno, como el  $\text{NO}_2$ .

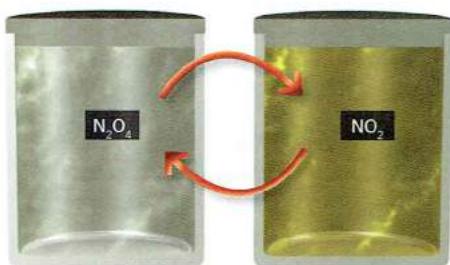


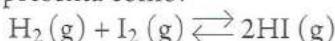
Fig. 9-11. Como la reacción directa es endotérmica, un aumento de temperatura favorecerá el producto de color marrón, mientras que cuando se disminuya la temperatura prevalecerá el reactivo incoloro.

### ACTIVIDADES

16. Explicá, empleando el principio de Le Châtelier, por qué las reacciones endotérmicas se favorecen con el aumento de temperatura.
17. Para la reacción de producción de HI (exotérmica), indicá cómo evolucionará el sistema, partiendo de una situación de equilibrio, cuando:
  - a) Se aumenta la concentración de HI.
  - b) Se disminuye la temperatura.

## Temperatura, equilibrio y constantes

La reacción de formación de ioduro de hidrógeno, a partir de los gases iodo e hidrógeno, se representa como:



y su constante de equilibrio ( $K_c$ ) puede expresarse como:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]_{\text{eq}}^2}{[\text{I}_2]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_2]_{\text{eq}}}$$

A  $350^\circ\text{C}$ ,  $K_c = 52,63$ ; mientras que a  $490^\circ\text{C}$ ,  $K_c = 45,45$ . Esto significa que a  $350^\circ\text{C}$  la reacción está más desplazada hacia los productos, ya que la expresión de la constante es un cociente entre productos y reactivos, y cuanto mayor sea el valor de la constante, habrá más concentración de productos en el equilibrio. Por otra parte, a  $490^\circ\text{C}$ , la reacción está más desplazada hacia los reactivos. Puede decirse también que la reacción directa está favorecida cuando disminuye la temperatura; y la inversa, cuando aumenta la temperatura.

Recordá que una reacción es **exotérmica** cuando se produce con liberación de calor al medio; mientras que es **endotérmica** cuando toma calor del medio para producirse. Además, si una reacción es exotérmica hacia los productos, es endotérmica hacia los reactivos, y viceversa, es decir que si la reacción directa es endotérmica, la reacción inversa es exotérmica.

Según el principio de Le Châtelier, ante un cambio en la temperatura de un sistema en equilibrio, este tratará de contrarrestarlo de la siguiente forma:

- si se aumenta la temperatura, toma calor del medio para oponerse a ese cambio;
- si se disminuye la temperatura, libera calor al medio para aumentarla.

En otras palabras, cuando se aumenta la temperatura de un sistema en equilibrio, este se desplazará hacia donde la reacción sea endotérmica (para tomar calor); mientras que cuando se disminuye la temperatura de un sistema en equilibrio, este se desplazará hacia donde la reacción sea exotérmica (liberando calor para aumentar la temperatura).

En el caso de la reacción de formación de HI, al disminuir la temperatura se forman más productos, por lo tanto, hacia los productos es exotérmica.

### Equilibrio en función de la temperatura

Para el caso de la reacción de la descomposición del gas tetróxido de di-nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ), incoloro, que se convierte en el gas dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) (figura 9-10), de color marrón y que puede representarse como:



se sabe que la reacción es endotérmica. Si se tiene una mezcla de estos gases en equilibrio, de color marrón claro, y se quiere eliminar totalmente el color, ¿se debe aumentar o disminuir la temperatura? Para resolver esta cuestión, debe pensarse que si aumenta la temperatura, según el principio de Le Châtelier, el sistema tenderá a contrarrestar el cambio absorbiendo calor y desplazándose hacia donde la reacción es endotérmica, en este caso, hacia los productos. Pero como el producto es el gas marrón, para tener el gas incoloro deberá disminuirse la temperatura (figura 9-11).

# El proceso Bosch de producción de hidrógeno

Carl Bosch (1874-1940) fue un destacado químico alemán que se ocupó de desarrollar procesos industriales para la obtención de productos químicos de uso masivo. En los primeros años del siglo XX, resultaba de suma importancia encontrar métodos industriales para producir sustancias como el hidrógeno (figura 9-12) de manera económica.

Conocedor de las teorías de Le Châtelier acerca de cómo modificar el equilibrio de una reacción química para que se desplace hacia la formación de productos, Bosch experimentó con altas presiones y catalizadores (**> EL DETALLE**) con el objetivo de observar de qué forma estos factores modificaban la velocidad y/o el equilibrio de una reacción.

El denominado **proceso Bosch** consiste en la producción de gas hidrógeno ( $H_2$ ), que se utiliza luego como reactivo para la producción de amoníaco. El hidrógeno gaseoso se forma junto con el gas monóxido de carbono ( $CO$ ), formando una mezcla denominada **gas de agua**. El gas de agua se obtiene en un gran recipiente, denominado generador, utilizando como reactivos carbono y agua, en la reacción que se representa como:



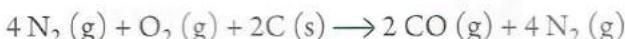
## Condiciones de las reacciones industriales

En las reacciones industriales se ponen en juego múltiples condiciones que es necesario tener en cuenta, por ejemplo: el costo, la disponibilidad de las materias primas (reactivos), la temperatura adecuada de la reacción, si se obtienen subproductos deseables o indeseables, etcétera.

La reacción de obtención de gas de agua presenta tres dificultades en cuanto a la obtención de hidrógeno: en primer lugar, también se obtiene como subproducto el monóxido de carbono, que es necesario eliminar. En segundo lugar, este proceso es endotérmico, es decir, precisa calor para que se produzca. En tercer lugar, se obtienen otros productos, provenientes de las impurezas.

Estos inconvenientes se superan cuando el hidrógeno obtenido se utilizará como reactivo para la síntesis de amoníaco ( $NH_3$ ).

La primera de las reacciones de producción de amoníaco es la eliminación del oxígeno del aire (recordá que el aire es una mezcla de 21% de  $O_2$ , 78% de  $N_2$  y 1% de otros gases). Esta reacción se simboliza con la ecuación:



A la mezcla producida por monóxido de carbono y nitrógeno gaseosos se la denomina **gas generador**.

El nitrógeno se escribe en la ecuación como reactivo y producto al mismo tiempo, ya que está presente junto con el oxígeno en la mezcla de aire inicial.

Esta reacción es exotérmica, y como se produce en el mismo generador que la reacción de obtención del gas de agua (pero con anterioridad), provee la energía calórica necesaria para la reacción de obtención de hidrógeno.

En la próxima página estudiarás cómo se superan los inconvenientes de las impurezas presentes y cómo se elimina el monóxido de carbono.

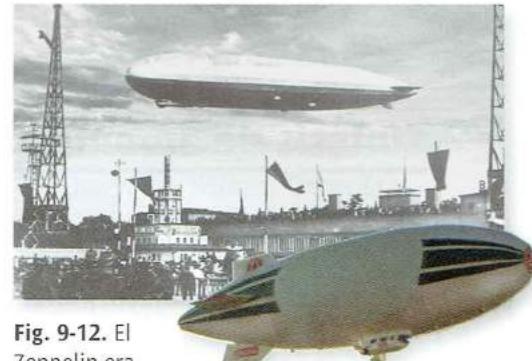


Fig. 9-12. El Zeppelin era una nave dirigible que poseía un gran depósito de hidrógeno. Como el hidrógeno es menos denso que el aire, podía elevarse; en la actualidad se emplea el gas helio.

EL DETALLE

### ¿Qué son los catalizadores?

Los catalizadores son sustancias que modifican la velocidad de las reacciones químicas, aunque sin alterar el equilibrio. A nivel industrial, es muy importante aumentar la velocidad de los procesos químicos para reducir los costos de obtención de los productos. Muchas reacciones de producción de gases emplean catalizadores metálicos, como el platino, el paladio y el hierro; y los automóviles modernos vienen equipados con dispositivos en los caños de escape, llamados convertidores catalíticos, que facilitan la conversión de gases tóxicos para el ambiente en gases inocuos.



Convertidor catalítico de gases utilizado en los automóviles.

### ACTIVIDADES

18. ¿Cuál es la composición de las mezclas conocidas como gas de agua y gas generador?
19. Escribí por lo menos cuatro condiciones a tener en cuenta en los procesos químicos industriales.

## Síntesis de amoníaco de Haber

El químico alemán Fritz Haber, con la colaboración de Carl Bosch, desarrolló un método económico para sintetizar el gas **amoníaco**, por el que, como te contamos en la primera página de este capítulo, recibió el Premio Nobel de Química en 1918. El amoníaco es muy importante para la industria, porque a partir de él se elabora gran cantidad de productos, entre ellos, desengrasantes para la cocina (figura 9-13).

En la actualidad, la síntesis industrial del amoníaco, también conocida como **proceso Haber o Haber-Bosch**, emplea como reactivos el gas de agua (hidrógeno y monóxido de carbono) y gas generador (nitrógeno y monóxido de carbono). Estos gases, obtenidos por separado en el mismo generador, se acumulan en recipientes muy grandes, denominados gasómetros.

Para comenzar, el gas de agua y el gas generador se introducen en un mismo recipiente, denominado torre de absorción, a temperatura ambiente, con el fin de eliminar las impurezas de azufre que contienen, en la forma de sulfuro de hidrógeno gaseoso ( $H_2S$ ). A esta mezcla de nitrógeno, hidrógeno, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno se la denomina **gas bruto**.

En la torre de absorción se elimina el sulfuro de hidrógeno por reacción con sales orgánicas de sodio o potasio, para que los productos solubles en agua queden retenidos en una fase acuosa:



Sal orgánica	Sulfuro de hidrógeno	Ácido orgánico	Sulfuro ácido de potasio
--------------	----------------------	----------------	--------------------------

La próxima etapa consiste en eliminar el monóxido de carbono del gas purificado en la torre de absorción. Para ello se calienta la mezcla a  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en presencia de vapor de agua y un catalizador de óxido de hierro y óxido de cromo, sobre cuya superficie se oxidan las moléculas de monóxido de carbono a dióxido de carbono, y se obtiene más hidrógeno para la síntesis de amoníaco:

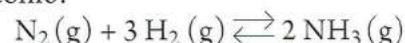


El gas producido es una mezcla de 17% de  $N_2$ , 49% de  $H_2$ , 31% de  $CO_2$ , y el resto, impurezas.

En una tercera etapa se introducen los gases hidrógeno y nitrógeno en el recipiente de reacción en la proporción estequiométrica 3:1, en presencia de un catalizador de hierro, que aumenta la velocidad de la reacción.

El proceso industrial global de obtención de amo-

níaco, una reacción exotérmica reversible, puede representarse como:



### Condiciones para la síntesis de amoníaco

Según lo que estudiaste acerca del principio de Le Chatelier, las siguientes deberían ser las condiciones ideales de reacción:

- Bajas temperaturas, ya que la reacción es exotérmica, razón por la cual la constante de equilibrio aumenta cuando se reduce la temperatura.
- Altas presiones, ya que hacia los productos se genera una cantidad menor de moles: desaparecen 4 moles de reactivos (uno de nitrógeno y tres de hidrógeno) para que aparezcan 2 moles de producto; es decir que si se aumenta la presión, el sistema se desplazará hacia donde haya menor número de moles, tendiendo a bajar la presión para contrarrestar el cambio.
- Retirar productos (amoníaco) a medida que se produce, para forzar el desplazamiento del equilibrio hacia la formación de amoníaco.

Efectivamente, en la práctica se emplean altas presiones, cercanas a las quinientas atmósferas. Sin embargo, la temperatura de trabajo es relativamente alta (aproximadamente  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ya que, a pesar de que desfavorece la reacción directa, con temperaturas menores la velocidad de la reacción es muy baja, las moléculas de los reactivos demoran en encontrarse y chocar eficazmente para convertirse en los productos.



Fig. 9-13. El amoníaco es un muy buen disolvente de grasas, por eso se lo utiliza en la fabricación de productos de limpieza.

### ACTIVIDADES

20. ¿Cómo se eliminan las impurezas de azufre en la torre de absorción?

21. ¿Cómo se elimina el monóxido de carbono del gas purificado de azufre?

# La producción industrial de ácido nítrico

El amoníaco, como viste, es un compuesto de gran importancia industrial, ya que se utiliza como materia prima para la producción de una gran cantidad de nuevos compuestos, entre ellos, el **ácido nítrico** ( $\text{HNO}_3$ ). Este ácido es, a su vez, nueva materia prima para la fabricación de medicamentos, colorantes, fertilizantes.

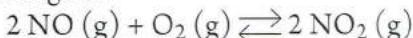
El método de obtención industrial de ácido nítrico se conoce como **proceso Ostwald** (► **EL DETALLE**). Este proceso se lleva a cabo en tres etapas, partiendo de amoníaco, a altas temperaturas y con la presencia de catalizadores formados por aleaciones de platino, rodio y paladio.

La **primera etapa** consiste en la oxidación del amoníaco gaseoso a monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ) gaseoso:



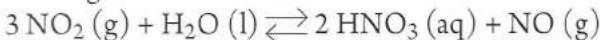
La reacción simbolizada por esta ecuación ocurre a  $900^\circ\text{C}$  y es fuertemente exotérmica, es decir, desprende calor cuando se produce.

La **segunda etapa** transcurre con la oxidación del monóxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno:



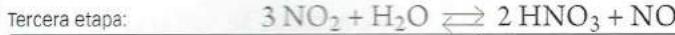
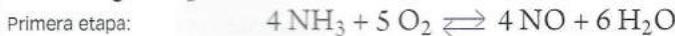
La mezcla gaseosa obtenida en la primera etapa contiene entre el 10% y el 12% de  $\text{NO}$ , que se hace reaccionar con aire, que contiene oxígeno ( $\text{O}_2$ ) para producir dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) mediante una transformación exotérmica, que se favorece a bajas temperaturas y altas presiones.

En la **última etapa** se obtiene el ácido nítrico por reacción del dióxido de nitrógeno con agua:

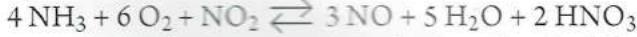


Esta es una reacción exotérmica, y se obtiene junto con el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) monóxido de carbono ( $\text{NO}$ ), que se utiliza como reactivo en la segunda etapa (formación de  $\text{NO}_2$ ).

Es interesante estudiar la reacción global de obtención de ácido nítrico para analizar los productos que se obtienen. La ecuación que representa la reacción global puede obtenerse sumando las ecuaciones de las etapas:



Si se simplifica a ambos lados de la ecuación, resulta la ecuación global:



Se observa que se obtienen como productos, además del buscado (el ácido nítrico), agua y monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ).

El monóxido de nitrógeno se recicla y se emplea en la etapa 2 como reactivo, pero la presencia de agua constituye todo un inconveniente, ya que no es posible eliminarla por destilación. El ácido nítrico y el agua forman una mezcla que, en determinadas proporciones, destila a la misma temperatura e impide su separación.

## EL DETALLE

### ¿Quién fue Wilhem Ostwald?

El método de obtención industrial de ácido nítrico lleva el nombre de Wilhem Ostwald (1855-1932), ya que este químico ruso facilitó la producción en masa de fertilizantes y explosivos utilizados durante la Primera Guerra Mundial. Ostwald recibió el Premio Nobel de Química por sus trabajos acerca de cómo los catalizadores modifican la velocidad de una reacción química. Sus investigaciones sobre el equilibrio químico lo llevaron a enunciar la ley que lleva su nombre, que rige los equilibrios de disociación de sustancias que se ionizan en agua.



Ostwald recibió el Premio Nobel de Química en 1909.

## ACTIVIDADES

22. ¿Cuáles son las principales aplicaciones de la producción industrial de ácido nítrico?
23. Consultá a tu docente cómo se llaman las mezclas que destilan a una temperatura dada sin cambios en la composición, lo que impide que se separen sus componentes. ¿Qué otras mezclas de ese tipo se conocen, además de la de ácido nítrico y agua?

# Ciencia en tus manos

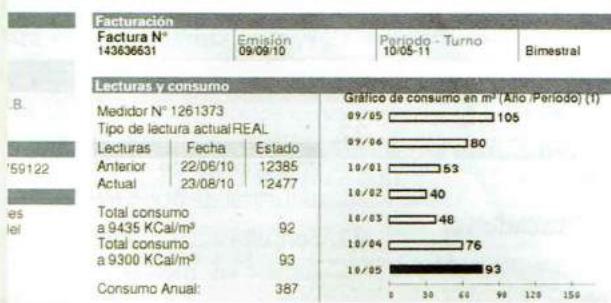
## Las representaciones gráficas

Un recurso muy importante para el registro de datos experimentales son las **representaciones gráficas**. Estas representaciones permiten visualizar con claridad y rapidez los resultados de una experiencia y la dependencia mutua de las variables del sistema en estudio.

Las **variables** son las características que se modifican cuando cambian las condiciones de un sistema. Como ya estudiaste, pueden ser **cualitativas** (si no resulta posible su medición) o **cuantitativas** (si pueden medirse).

Las variables cuantitativas pueden clasificarse en **discretas**, si su variación presenta saltos o interrupciones que indican la ausencia de valores intermedios; o **continuas**, si la variación entre los datos obtenidos no presenta interrupciones. Por ejemplo, el número de accidentes automovilísticos a lo largo de un año, contados por mes, en la ciudad de La Plata, es una variable discreta; mientras que el volumen de un gas, medido cuando la temperatura es constante y varía su presión, es una variable continua.

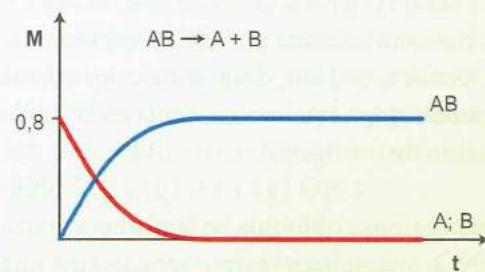
Para la representación gráfica de la variación de variables discretas, es conveniente utilizar los conocidos **diagramas de barras**. Este tipo de diagramas es muy utilizado por las empresas proveedoras de servicios públicos como el gas o la electricidad, para informar a sus clientes acerca de su consumo histórico:



Para representar gráficamente la variación de **variables continuas**, suelen emplearse dos tipos de representaciones: las curvas y los histogramas.

Las **curvas** consisten en gráficos cartesianos, es

dicho, con dos ejes perpendiculares entre sí. En el eje X o eje de las abscisas, se representa la variable independiente, mientras que en el eje Y o eje de las ordenadas se representa la variable dependiente. Estos gráficos son muy útiles, por ejemplo, para seguir el curso de una reacción química y analizar la variación de las concentraciones de reactivos y productos, como en el siguiente caso:



El gráfico permite observar que esta reacción es irreversible, ya que luego de cierto tiempo se agota la concentración del reactivo.

### Histogramas

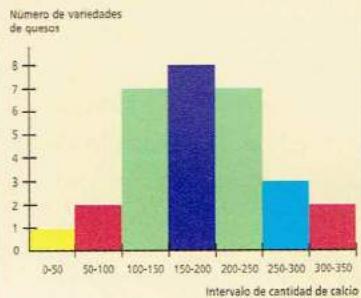
Los **histogramas**, por su parte, son un conjunto de rectángulos cuyas bases están ubicadas sobre el eje de las abscisas y corresponden a un **intervalo de clase**, definido arbitrariamente. La superficie de cada rectángulo es proporcional a la frecuencia de ese intervalo. Leé atentamente el siguiente ejemplo.

Se analizó el contenido de ion calcio en treinta variedades de queso, y los datos se volcaron en la siguiente tabla:

Intervalo de la cantidad de calcio en (mg)	Número de variedades de quesos
0-50	1
50-100	2
100-150	7
150-200	8
200-250	7
250-300	3
300-350	2

## ACTIVIDADES

Con los datos de la tabla se construyó el siguiente histograma:



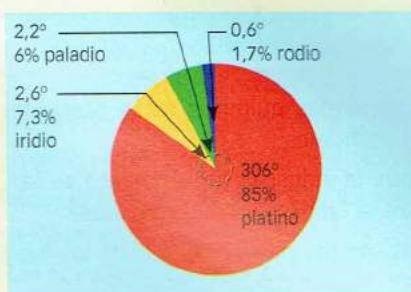
### Gráficos de torta o circulares

Cuando se desea representar gráficamente la composición de un sistema, expresando los porcentajes de cada uno de sus componentes, suelen utilizarse los conocidos como **gráficos de torta** o **gráficos circulares**, que permiten apreciar visualmente el tamaño de cada una de las “porciones”.

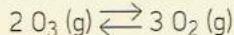
Por ejemplo, si se tiene un catalizador para reacciones de producción de gases, constituido con 85% de platino (Pt), 7,3% de iridio (Ir), 6% de paladio (Pd) y 1,7% de rodio (Rh); para construir el gráfico, se considera que el 100% corresponde a los 360° del círculo, y mediante reglas de tres simple se calcula el porcentaje de cada sector. Los resultados son los siguientes:

Metal	Porcentaje (%)	Ángulo (º)
Platino (Pt)	85	306
Iridio (Ir)	7,3	2,6
Paladio (Pd)	6	2,2
Rodio (Rh)	1,7	0,6

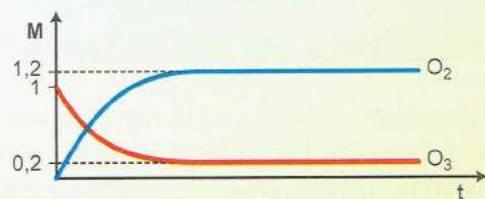
Luego, se traslada cada ángulo, mediante un transportador, al círculo dibujado:



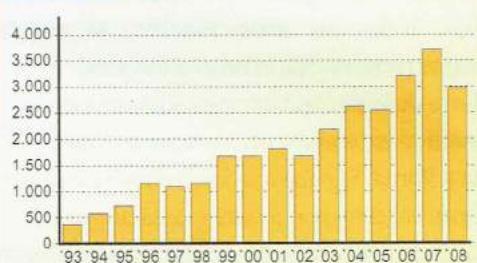
24. El siguiente es el gráfico que representa la variación de las concentraciones de reactivos y productos a lo largo del tiempo, para la reacción de descomposición del ozono ( $O_3$ ) atmosférico, a una cierta temperatura, representada por la siguiente ecuación:



A partir de sus datos, calculá la constante de equilibrio  $K_c$  a esa temperatura.



25. Los siguientes son los datos de la evolución del consumo de fertilizantes en nuestro país desde 1993 hasta 2008. Respondé las siguientes preguntas:



- a) ¿A qué tipo de representación gráfica corresponde?
- b) El consumo de fertilizantes ¿es una variable cuantitativa o cualitativa?
- c) ¿En qué años el consumo de fertilizantes superó los 2.000.000 de toneladas? Sugerencia para responder: leé muy bien los datos de la variable dependiente.

26. Si tuvieras que representar en un gráfico la historia del consumo de electricidad realizado en cada uno de los bimestres durante un año en una vivienda.

- a) ¿Qué tipo de representación utilizarías?
- b) El consumo de electricidad ¿es una variable discreta o continua?
- c) Considerando que la vivienda está ubicada en una zona serrana, sin gas natural de red, ¿cómo explicás que en los bimestres de invierno el consumo de electricidad sea mayor?

# Los fuegos artificiales, explosivos peligrosos

¡Quién no ha asistido alguna vez a un espectáculo de fuegos artificiales! Los juegos de luces y estruendos hacen estremecer a más de uno. ¡Quién no se ha visto tentado de explotar algún petardo o encender la mecha de una cañita voladora! Lo cierto es que la manipulación de artefactos explosivos conlleva riesgos muchas veces ignorados.

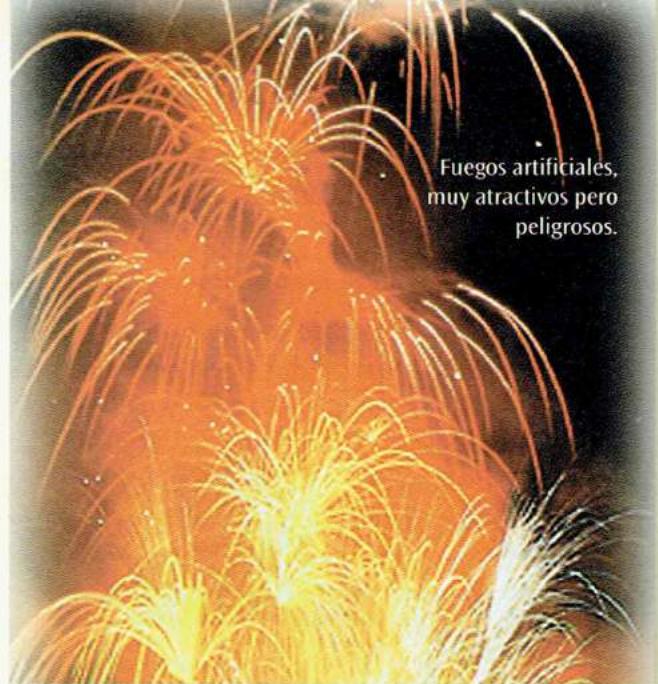
En la primavera de 1749, el rey Jorge II de Inglaterra celebró una gran fiesta para festejar la firma del tratado de paz de Aquisgrán. Durante el evento se estrenó una de las piezas cumbres del arte barroco, la *'Música para los Reales Fuegos de Arteficio'*, de Georg Friedrich Haendel. Fue una fiesta muy lucida, ya que la obra tiene un gran despliegue orquestal, que realza el impacto visual de los fuegos artificiales que acompaña. La representación fue un éxito, salvo que durante el espectáculo de la explosión de los fuegos artificiales murió el maestro pirotécnico encargado de ellos. Esa fue solo una de las innumerables muertes provocadas por la costumbre de jugar con explosivos. Todos los años, muchas de nuestras fiestas familiares terminan de la misma manera.

El uso de la pirotecnia está asociado a la antigua China y desde allí se extendió a otras regiones, como Arabia, Egipto, Grecia y Roma. Se sabe que los chinos inventaron la pólvora con fines bélicos y que a partir de la dinastía Song del norte (1127-1279) comenzaron a emplearla para usos lúdicos, en especial para la fabricación de fuegos artificiales.

Una leyenda cuenta que un cocinero de la antigua China halló por casualidad una mezcla de sulfuro, salitre y carbón de leña. Esta mezcla era inflamable y podía estallar en un espacio pequeño. Lo cierto es que numerosos son los relatos acerca de su descubrimiento.

La industria de los fuegos artificiales tuvo un desarrollo significativo a partir de la Revolución Industrial. Hacia 1786 se menciona el uso del clorato de potasio en las fórmulas y a partir de 1850 se incluyen el nitrato de sodio, el nitrato de amonio y el magnesio en las composiciones. El agregado de magnesio permitió la creación de las bengalas utilizadas por embarcaciones como señales de auxilio.

Los chinos fueron los abastecedores tradicionales de los petardos, los que siguen siendo fabricados y trenzados a mano. Los primeros petardos 'mandarines' de pólvora negra producían un estallido más bien débil cuando se los encendía. En 1916, Thomas G. (Ray) Hitt, pirotécnico innovador del estado de



Fuegos artificiales, muy atractivos pero peligrosos.

Washington, experimentó con la pólvora del flash fotográfico, una mezcla de magnesio o aluminio pulverizados y un oxidante. Muy pronto se introdujo la fórmula en la industria pirotécnica china. Los 'petardos flash' resultantes explotan con un estampido mucho más fuerte que el de sus predecesores de pólvora negra.

La pólvora del flash también hizo que las 'salvas' y los 'petardos de cañón' de fabricación casera se tornaran letales, lo que dio impulso a la campaña contra los fuegos artificiales.

Un repaso de la bibliografía sobre el uso indiscriminado e irresponsable de la pirotecnia y la consulta a los especialistas permite sintetizar los riesgos ocasionados.

El desprendimiento de chispas, partículas y escorias calientes, elementos cortantes o penetrantes, pueden causar lesiones severas en la vista o el cuerpo.

Los ruidos pueden superar los niveles convenientes para el oído humano y provocar el estallido del timpano, y señalan que pueden ocasionar incendios una vez finalizada su trayectoria.

**Fuente:** nota dirigida al presidente de la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) con motivo de la presentación del Anteproyecto de Ley: Prohibición de Artefactos de Pirotecnia (enero de 2001), del Lic. Antonio Elio Brailovsky, [en esa época] defensor del pueblo adjunto de la Ciudad de Buenos Aires.

## ACTIVIDADES

27. ¿Qué sustancias químicas están presentes en los fuegos artificiales?
28. ¿Por qué la industria del amoníaco es tan importante en la fabricación de explosivos?
29. ¿Cuáles son los riesgos del uso de los fuegos artificiales?

# Julio Verne, escritor y visionario

—En efecto, se trataba de enviar a la Luna un proyectil de 9.000 kilogramos, dándole una velocidad inicial de 10.000 metros por segundo...

—Se necesitan para ello 720.000 kilogramos de pólvora —repuso el secretario de la comisión—.

—Sin embargo —continuó el presidente Barbicane—, se necesita la cantidad de pólvora que he dicho. Pensadlo bien, 720.000 kilogramos de pólvora producirán seis mil millones de litros de gas. ¡Seis mil millones! ¿Lo entendéis?

—Pero, entonces, ¿cómo hacerlo? —preguntó el general.

—Muy sencillamente. Es preciso reducir esta enorme cantidad de pólvora conservándola con este poder mecánico.

—¡Bueno! Pero ¿cómo?

—Voy a deciroslo —respondió tranquilamente Barbicane.

Sus interlocutores le miraban ávidamente.

—Nada, en efecto, es más fácil —dijo— que reducir esta masa de pólvora a un volumen cuatro veces menos considerable. Todos conocéis esa curiosa materia que constituyen los tejidos elementales de los vegetales, llamada celulosa.

—Os comprendo, querido Barbicane —dijo el mayor.

—Esta materia —prosiguió el presidente— se saca perfectamente pura de varios cuerpos, especialmente del algodón, y no es más que la pelusa de los granos del algodonero. El algodón, combinado con el ácido nítrico en frío, se transforma en una sustancia eminentemente explosiva. En 1832, Braconnot, químico francés, descubrió esta sustancia, a la cual dio el nombre de xiloidina. En 1838, Pelouze, otro francés, estudió sus diversas propiedades, y, por último, en 1846, Shonbein, profesor de química en Basilea, la propuso como pólvora de guerra. Esta pólvora es el algodón azótico o nítrico...

—O piróxilo —respondió Elphiston.

—¿No hay un solo nombre americano que pueda ponerse al pie de este descubrimiento? —exclamó J. T. Maston a impulsos de su amor propio nacional.

—Ni uno, desgraciadamente —respondió el mayor.

—Sin embargo —repuso el presidente—, debo decir, para halagar el patriotismo de Maston, que los trabajos de un conciudadano nuestro se refieren al estudio de la celulosa, pues el colidón, uno de los principales agentes de la fotografía, no es más que piróxilo disuelto en el éter con adición de alcohol, y ha sido descubierto por Maynard, que estudiaba entonces medicina en Boston.

—¡Pues hurra por Maynard y por el fulmicotón! —exclamó el entusiasta secretario del Gun-Club.



Julio Verne (1828-1905) anticipó, entre otros productos tecnológicos del siglo XX, las naves espaciales y los submarinos.

—Volvamos al piróxilo —repuso Barbicane—. Conocéis sus propiedades, por las cuales va a ser para nosotros tan precioso. Se prepara con la mayor facilidad, sumergiendo algodón en ácido nítrico humeante, por espacio de quince minutos, lavándolo después en mucha agua y dejándolo secar.

—Nada, en efecto, más sencillo —dijo Morgan.

—Por último, comunica a los proyectiles una velocidad cuatro veces mayor que la que les da la pólvora ordinaria. Y si se mezclan con el piróxilo ocho décimas de su peso de nitrato de potasio, su fuerza expansiva aumenta considerablemente.

Esta famosa novela de ciencia ficción fue tal vez la primera que anticipó que los viajes espaciales podrían llevarse a cabo algún día. En el texto, los protagonistas dialogan acerca de las posibilidades de que el cohete espacial que van a construir salga de la Tierra. A pesar de constituir un relato ficticio, los datos acerca de los compuestos químicos a que hace referencia son verídicos.

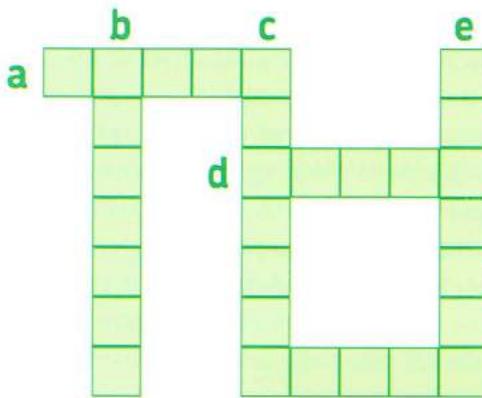
**Fuente:** Armiño, Mauro. De la traducción y prólogo.  
En: Verne, Julio. *De la Tierra a la Luna*. Madrid, EDAF, 2004.

## ACTIVIDADES

30. ¿Cuáles son los diferentes nombres con los que se conoce el algodón pólvora?
31. ¿A partir de qué compuestos químicos se fabrica el algodón pólvora?
32. ¿A qué científico americano se debe el descubrimiento del colidón, y cómo lo obtuvo?
33. Averiguá en cuál de sus novelas Julio Verne predijo la aparición de submarinos, naves desconocidas en su época.

# Actividades finales

- 34.** La conocida como “solución fisiológica” se utiliza en medicina para reponer líquidos y sales en ciertos enfermos. Se prepara disolviendo 0,9 g de NaCl en agua, llevando la solución a un volumen de 100 ml. Averiguá la molaridad de la solución fisiológica, sabiendo que el Mr del NaCl es 58,5.
- 35.** El helio es un gas más liviano que el aire. Por esta propiedad se lo emplea para inflar diferentes tipos de globos. Calculá el volumen de un globo aerostático lleno de helio que contiene 20 moles de ese gas medidos en CNPT.
- 36.** Resolvé el siguiente crucigrama con los apellidos de personalidades estudiadas en el capítulo. Se dan definiciones relacionadas con obras de su autoría.



- a)** Método industrial de producción de hidrógeno.  
**b)** Método industrial de producción de ácido nítrico.  
**c)** Método industrial de producción de amoníaco.  
**d)** Ley que vincula la presión con el volumen de los gases.  
**e)** Novela *De la Tierra a la Luna*.
- 37.** Escribí la expresión de la constante de equilibrio  $K_c$  para las reacciones representadas por las siguientes ecuaciones:
- a)**  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 NO(g)$
- b)**  $2 CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 CO_2(g)$
- 38.** Calculá el valor de la constante de equilibrio para la reacción b) del ejercicio anterior, sabiendo que, a una cierta temperatura, las concentraciones de todas las sustancias son 0,01 M.
- 39.** El dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) es uno de los gases contaminantes de la atmósfera. Se forma en el aire por

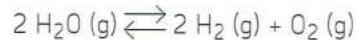
oxidación del NO (monóxido de nitrógeno) producido en los motores de los automóviles. Sabiendo que esta reacción se representa como:

$2 NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$   
y es exotérmica, indicá cómo se modificará su equilibrio cuando:

- se aumente la temperatura;
- se agregue  $O_2$ ;
- se quite NO;
- se quite  $NO_2$ ;
- se aumente la presión.

- 40.** Dados los siguientes valores de constantes de equilibrio para dos reacciones, indicá cuál tiene mayor tendencia a producirse en forma completa. Datos:  
 $K_c$  (reacción 1) =  $2,8 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_c$  (reacción 2) =  $1,22 \cdot 10^3$

- 41.** Dada la reacción endotérmica representada por la siguiente ecuación, indicá por lo menos tres formas de favorecerla.

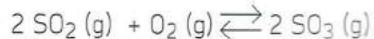


- 42.** La siguiente tabla presenta los valores de constantes de equilibrio, a ciertas temperaturas, para las reacciones cuyas ecuaciones se detallan:

	Ecuación	$K_c$	Temperatura (°C)
<b>1</b>	$2 NO_2(g) \rightleftharpoons 2 NO(g) + O_2(g)$	$1,42 \cdot 10^{-4}$	327
<b>2</b>	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$	0,142	25
<b>3</b>	$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$	56,6	450
<b>4</b>	$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$	0,050	250

- Ordenalas según su tendencia creciente a producirse en forma completa.
- Indicá en cuál o cuáles de las concentraciones de los productos en equilibrio son mayores que las concentraciones de los reactivos en equilibrio.

- 43.** Dados los valores de las constantes de equilibrio, a dos temperaturas diferentes, para la reacción que se representa como



decidí si la reacción es endotérmica o exotérmica y justifícá tu elección.

Datos:  $K_c$  (727 °C) = 279;  $K_c$  (550 °C) = 729.

**44.** Para la reacción simbolizada por:



indicá, en los siguientes casos, si el sistema está en equilibrio. De no estarlo, explicá hacia dónde se desplaza para llegar a ese equilibrio.

- a) Caso 1.  $[A] = [B] = [AB] = 2M$
- b) Caso 2.  $[A] = [B] = 1M; [AB] = 2M$

**45.** Sabiendo que la reacción de descomposición del dióxido de nitrógeno representada como:



es endotérmica, decidí y justificá cuál de las siguientes situaciones es la que más la favorece:

- a) Una temperatura de 500 °C.
- b) Una temperatura de 300 °C.

**46.** La hemoglobina -una sustancia presente en los glóbulos rojos- es la encargada del transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre. La ecuación simplificada que representa el transporte de  $O_2$  puede simbolizarse como:



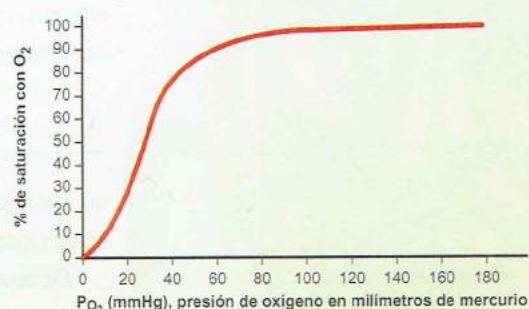
Donde Hb es hemoglobina sin oxígeno (desoxigenada);  $HbO_2$ , hemoglobina con oxígeno (oxihemoglobina).

Normalmente, cuando el oxígeno sale de los capilares pulmonares (luego de la inhalación), la presión de oxígeno en la sangre (y, por lo tanto, su concentración) es alta; predomina la reacción en el sentido directo ( $\rightarrow$ ) y un gran porcentaje de la hemoglobina presente en la sangre está saturada con  $O_2$ . Cuando regresa la sangre al capilar pulmonar (luego de pasar por todos los tejidos del organismo), la reacción en sentido contrario

( $\leftarrow$ ) se hace notable, pues el porcentaje de saturación baja notablemente.

Analizá el gráfico de la curva de disociación de la hemoglobina e indicá para qué presión de oxígeno predomina la reacción directa.

Curva de disociación de Hb (hemoglobina)



**47.** Calculá la molaridad de una solución de agua oxigenada medicinal ( $H_2O_2$ ) 10% m/V. Recordá que la forma de expresar la concentración % m/V (porcentaje masa en volumen) refiere a los gramos de soluto disueltos en 100 ml de solución.

Dato.  $M_r_{H_2O_2} = 34$ .

**48.** El metano ( $CH_4$ ) es el componente principal del gas natural que se emplea en los tubos de gas de los automóviles. Calculá cuántos moles de ese gas están presentes dentro de un tubo de  $150\text{ dm}^3$ , a  $25^\circ\text{C}$  de temperatura y 10 atm de presión, suponiendo comportamiento de gas ideal.

#### ■ Libro

Armiño, Mauro. "De la traducción y prólogo". En: Verne, Julio, *De la Tierra a la Luna*, Madrid, EDAF, 2004.

Novela de ciencia-ficción con información científica acertada sobre la fabricación de cohetes espaciales.

#### ■ Internet

<http://www.aqa.org.ar/iyq.htm> [consultado en septiembre de 2010]

Revista Industria y Química, de la Asociación Química Argentina. Ofrece información sobre industrias químicas, artículos técnicos y de ciencia aplicada y una sección especializada en educación.

<http://www.educ.ar/> [consultado en septiembre de 2010]

Portal educativo del Estado argentino. Contiene colecciones con diferentes temáticas, noticias y debates muy interesantes. No te pierdas "Las lecciones de la revolución industrial", muy relacionadas con los contenidos de este capítulo: <http://www.educ.ar/educar/site/educar/las-lecciones-de-la-revolucion-industrial.html>

<http://www.bahiablanca.gov.ar/defensa/amoniaco.html> [consultado en septiembre de 2010]

En el sitio oficial de la Municipalidad de la ciudad de Bahía Blanca, su Defensa Civil presenta un artículo imperdible acerca de los usos y peligros del amoniaco.

# 10

## Los metales y la metalurgia



Máscara inca de finales del siglo xv.



Orfebre trabajando el oro en su taller.

*No me admiro en verdad del oro y las piedras preciosas; lo que me causa estupor es la habilidad y el esfuerzo con el que la obra aventaja a la materia.*

*Pedro Martir de Angleria*

LA EDAD DEL BRONCE SE INICIÓ APROXIMADAMENTE HACE 5.000 AÑOS Y SE EXTENDIÓ DURANTE 2.000 AÑOS, CUANDO SE LOGRÓ TRABAJAR EL HIERRO.

DURANTE ESTE PERÍODO EL SER HUMANO ADQUIRIÓ LA HABILIDAD DE FUNDIR, MOLDEAR Y MEZCLAR METALES, COMO EL COBRE, EL ESTAÑO Y EL ORO.

EL ORO FUE UNO DE LOS PRIMEROS METALES DESCUBIERTOS, YA QUE ES UNO DE LOS POCOS QUE PUEDEN ENCONTRARSE EN ESTADO NATIVO, ES DECIR, PURO EN LA NATURALEZA. ESTE METAL LLAMABA PODEROSAMENTE LA ATENCIÓN POR SU COLOR, SU BRILLO Y SU RESISTENCIA A LA ACCIÓN DEL FUEGO, QUE NO LOGRABA ENNEGRECERLO COMO A OTROS METALES.

EN MESOAMÉRICA, LA REGIÓN CENTRO-SUDESTE DE MÉXICO Y LA ZONA NORTE DE CENTROAMÉRICA, DONDE FLORECIERON LAS MÁS IMPORTANTES SOCIEDADES PREHISPÁNICAS, LOS PUEBLOS CONSIDERABAN EL ORO COMO ELEMENTO DIVINO, ASOCIADO CON EL SOL.

LA FASCINACIÓN PROVOCADA POR ESTE METAL LLEVÓ A CAMBIAR LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD, YA QUE, CON EL OBJETIVO DE POSEERLO, EL SER HUMANO SE DEDICÓ A SU EXTRACCIÓN Y EXPLOTACIÓN, Y MUCHAS VECES A ADQUIRIRLO A TRAVÉS DE LA VIOLENCIA.

EL TRABAJO CON ESTE METAL, FUNDAMENTALMENTE DESDE EL ARTE DE LABRADO, DENOMINADO ORFEBRERÍA, SE EXPANDIÓ POR TODO EL MUNDO A LO LARGO DE MUCHOS SIGLOS, Y LLEGA HASTA NUESTROS DÍAS. YA EN EL SIGLO XV, EL FILÓSOFO Y HUMANISTA ITALIANO **PEDRO MÁRTIR DE ANGLERÍA** (1457-1526) HABLABA DE ESTA HABILIDAD.

EL ORO SE HA CONVERTIDO, AL MISMO TIEMPO, EN UNA MONEDA DE INTERCAMBIO, ACUMULADA EN LOS BANCOS EN FORMA DE LINGOTES, Y EN UNA MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE JOYAS Y PIEZAS DE ARTE.

### ACTIVIDADES

1. ¿Cuáles son los principales usos históricos del oro?
2. Mencioná tres características que hacen del oro un metal muypreciado.
3. ¿Por qué el oro comenzó a trabajarse recién en la Edad del Bronce?
4. ¿Cuáles son los hitos que marcaron el comienzo y el fin de la Edad del Bronce?

# Los minerales, un recurso natural

Desde los primeros tiempos, el ser humano necesitó proveerse de ciertos recursos que le permitieron sobrevivir. Con el dominio del fuego, consiguió abrigo y refugio. Al mismo tiempo, descubrió los **minerales**, presentes fundamentalmente en las rocas y el suelo, con los que logró fabricar instrumentos sencillos para su subsistencia y su defensa.

Hoy sabemos que los minerales son sustancias puras o compuestas, la mayoría de estructura cristalina y composición definida, que se encuentran en la naturaleza como parte de los seres vivos, las rocas y el suelo. Los minerales son muy importantes para los seres vivos, ya que están presentes en todos los organismos y cumplen funciones vitales (**► EL DETALLE**).

La Asociación Mineralógica Internacional (IMA por su nombre en inglés) es un organismo que se encarga de clasificar los minerales. Según la IMA, los minerales pueden agruparse en nueve categorías, de acuerdo con su composición química (figura 10-1).

## Depósitos naturales de minerales

Los minerales que el ser humano extrae para su provecho se encuentran generalmente en depósitos o yacimientos naturales.

Las **minas** son yacimientos de minerales o rocas útiles que pueden estar a cielo abierto o ser subterráneas.

Las **canteras**, por su parte, son yacimientos de los que se extraen rocas y otros materiales que se emplean en la construcción (figura 10-2).

Los yacimientos de minerales que contienen metales se aprovechan para obtener una **mena**. Una mena es la parte de un yacimiento que contiene el mineral del que se extraerá el metal. Junto con él, la mena lleva una parte que no tiene interés económico y se desecha, denominada **ganga**. Debe tenerse en cuenta que algunos de los minerales considerados ganga, si se les encuentran aplicaciones redituables, pueden ser transformados en materiales útiles, por ejemplo, para relleno de suelos bajos.

Nombre	Ejemplos
1 Elementos	Oro (Au) - Azufre (S)
2 Sulfuros	Pirita (FeS) - Calcopirita (CuFeS <sub>2</sub> )
3 Halogenuros	Fluorita (CaF <sub>2</sub> ) - Halita (NaCl) - Cinabrio (HgS)
4 Óxidos e hidróxidos	Casiterita (SnO <sub>2</sub> ) - Magnetita (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) - Cuarzo (SiO <sub>2</sub> ) - Cuprita (Cu <sub>2</sub> O)
5 Nitratos, carbonatos y boratos	Calcita o piedra caliza (CaCO <sub>3</sub> ) - Dolomita (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )
6 Sulfatos	Yeso (CaSO <sub>4</sub> ) - Baritina (BaSO <sub>4</sub> )
7 Fosfatos	Fluorapatita (Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> F <sub>2</sub> )
8 Silicatos	Mica (Al Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> Al <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> K)
9 Sustancias orgánicas	Ámbar (C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O) - Oxalatos (CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) - Sales orgánicas

Fig. 10-1. Categorías de minerales. Salvo la categoría 9 y algunos minerales de la categoría 1 (como el azufre), en las fórmulas de los minerales siempre aparecen metales, como el hierro (Fe), el calcio (Ca), el magnesio (Mg).



Granito

Mármol

Fig. 10-2. El granito y el mármol son tipos de rocas muy comunes, utilizados en la construcción.

### EL DETALLE

#### ¿Cómo se relacionan los minerales con nuestra salud?

Los minerales están presentes en el organismo humano como parte de músculos y huesos, y además ayudan a regular diferentes clases de equilibrios en las células. Los elementos que componen en mayor proporción los minerales del cuerpo humano son: sodio, potasio, cloro, calcio, azufre, magnesio y fósforo. Estos representan el 70% de las sustancias inorgánicas del organismo. Los restantes elementos se encuentran en una proporción inferior al 0,01% de la masa corporal, y se los conoce como oligoelementos, entre los que pueden nombrarse: hierro, manganeso, cobre, cinc, yodo, molibdeno y flúor. La mayoría de los minerales se consideran esenciales para el ser humano, y deben ser incorporados en la dieta.

### ACTIVIDADES

5. ¿Cuál es la diferencia entre mena y ganga?
6. Menciona los nombres de tres óxidos minerales.
7. ¿Cuáles son los principales usos de los minerales?



Fig. 10-3. Figura de bronce de un gato sentado, de 2.600 años de antigüedad, que representaba a la diosa Bastet de Egipto.

## La metalurgia, una actividad humana

Durante la Edad de Piedra, el ser humano fabricaba vestimentas, armas, utensilios y otros objetos con materiales minerales, cueros de animales, huesos y madera. El comienzo del empleo de los metales, en la Edad del Bronce, significó un gran avance para la especie humana, pudo construir mejores armas y herramientas para la guerra, la agricultura, la caza y la pesca.

Se conoce como **metalurgia** al conjunto de técnicas de obtención y tratamiento de los metales.

La metalurgia comenzó con el cobre, el primer metal trabajado por el ser humano a fines de la Edad de Piedra, período conocido como Neolítico.

Más adelante comprobó que la mezcla de los metales, cobre y estaño, formaban una aleación, conocida como bronce (figura 10-3), que presentaba mejores propiedades que los metales por separado.

Durante los 2.000 años que duró la Edad del Bronce, el ser humano descubrió la técnica para fundir otro mineral, uno que contenía hierro, y logró con ello aislar el metal con un alto grado de pureza hace 5.000 años.

El proceso de extracción del hierro es bastante complejo. Además, para la obtención de este metal en forma pura se requieren altas temperaturas para fundirlo y modelarlo, pero resulta un producto maleable y resistente.

En la Edad Media, la metalurgia empleaba principalmente el oro y la plata para acuñar monedas, fabricar objetos artísticos y joyas.

Desde el comienzo de la Revolución Industrial, a fines del siglo XVII, hasta la actualidad, la metalurgia tuvo un importante desarrollo, tanto en la industria del hierro (hasta entonces solo utilizado para vías de ferrocarriles) como en la de otros metales y sus aleaciones: acero, aluminio, cobre, titanio, etc. Objetos e instrumentos tan diversos como carrocerías de automóviles, barcos y aviones, equipos domésticos para calefacción, vajilla de cocina, materiales médicos, implantes dentales, herrajes, aberturas y otros materiales de construcción están fabricados con metales y aleaciones de metales producidos industrialmente.

La metalurgia, en general, comprende las siguientes etapas:

- Extracción de la mena del yacimiento.
- Separación de la ganga para obtener el mineral y/o metal deseado, generalmente por el proceso de reducción, que estudiarás en la página 191.
- Purificación: eliminación de las impurezas que quedan en el metal.
- Otros tratamientos del metal, como formación de aleaciones para facilitar y mejorar sus aplicaciones.

La extracción de la mena comienza con la localización geográfica del yacimiento mineral y la evaluación económica, es decir, si es conveniente su extracción desde el punto de vista comercial. Para ello se tienen en cuenta los costos de extracción y el valor que posee en el mercado. Los modernos procesos metalúrgicos intentan aprovechar todos los materiales obtenidos, es decir, buscan utilizar la ganga como un producto rentable y no considerarla un residuo. Otro aspecto muy importante en la primera etapa del proceso metalúrgico es considerar el impacto ambiental que puede producir.

### ACTIVIDADES

8. ¿Con qué fines se empleaba la metalurgia en la Edad Media?
9. ¿Cuáles son las etapas de los procesos metalúrgicos?
10. ¿Cuáles son los principales aspectos a considerar para la extracción de un mineral?

## Contaminación ambiental y minería

La extracción del mineral o primera etapa de los procesos metalúrgicos es la que más contamina el ambiente (figura 10-4).

Una de las técnicas más empleadas en la extracción de los minerales es la **lixiviación** con cianuro, que se utiliza para extraer metales nobles (ya que son muy poco reactivos), como el oro. Este proceso consiste en disolver el oro en un medio acuoso para separar la solución que lo contiene de otros residuos sólidos; posteriormente se recupera el oro por **electrólisis**, es decir, utilizando la electricidad para provocar reacciones químicas. El oro no es soluble en agua pura; la solución que lo disuelve contiene 0,35 g de cianuro de sodio ( $\text{NaCN}$ ), un poderoso veneno, cuyo ion cianuro forma ciertas especies químicas que permiten mantener el oro en solución para separarlo de la ganga.

Para llevar a cabo la lixiviación, el mineral triturado se dispone en una plataforma a la que se le agregan millones de litros de la solución acuosa de cianuro de sodio. Y... como si esto fuera poco, estas operaciones se realizan a **cielo abierto**, en grandes extensiones de tierra, cavando cráteres gigantescos.

Esta técnica, usada en minas a cielo abierto de la Argentina y Chile, ocasiona graves daños en el ambiente, la salud de las personas y otros seres vivos. Entre los diversos tipos de impacto ambiental, pueden mencionarse:

- ▶ El deterioro del suelo, de las áreas de cultivo, la alteración de los cursos de agua y la formación de grandes lagunas de líquidos tóxicos.
- ▶ La contaminación del aire con polvo y combustibles, tóxicos o inocuos, con vapores venenosos de ácido cianhídrico ( $\text{HCN}$ ) y mercurio ( $\text{Hg}$ ), con dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y materia orgánica volátil en descomposición.
- ▶ La contaminación de aguas superficiales y subterráneas con los residuos sólidos finos, restos combustibles y otros residuos.
- ▶ La flora resulta severamente impactada, ya que puede de ser eliminada total o parcialmente. Incluso pueden afectarse bosques completos.
- ▶ La fauna también resulta afectada, ya que es ahuyentada y/o dañada en su salud por el ruido y la contaminación del aire y el agua.

▶ Sobre las poblaciones humanas y su salud, esta clase de extracción de minerales provoca efectos devastadores. Muchas se realizan sobre territorios en litigio; además, provocan asentamientos humanos en lugares muy poco convenientes por la contaminación que generan. Los agricultores y pescadores de zonas aledañas y las familias vecinas a los yacimientos pueden sufrir enfermedades debidas al envenenamiento de las aguas con cianuro y/o mercurio.

Como si esto fuera poco, este método de extracción emplea millones de litros de agua, extraída de fuentes naturales, que podrían destinarse a potabilización para consumo humano; y la devuelven al ambiente totalmente contaminada. Algunos estudios expresan que la minería a cielo abierto con técnicas de lixiviación es una actividad industrial de alto impacto ambiental e insostenible por definición, ya que la explotación del recurso supone al mismo tiempo su agotamiento.



**Fig. 10-4.** La minería a cielo abierto es una actividad altamente contaminante del ambiente.



### ACTIVIDADES

11. ¿En qué consiste la técnica de lixiviación?
12. ¿Por qué se utiliza el cianuro?
13. ¿Qué tipo de daños al ambiente produce esta técnica?

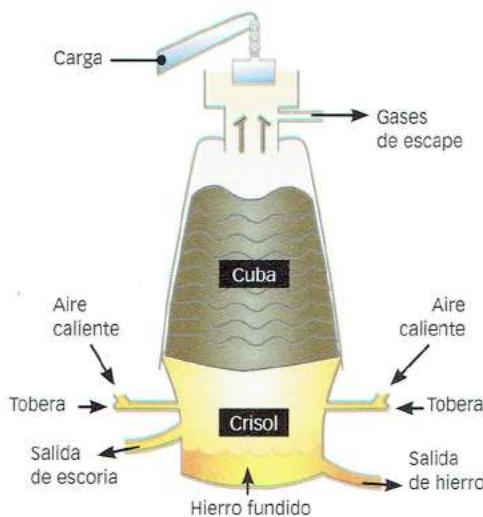


Fig. 10-5. Diagrama del alto horno.

EL DETALLE

### ¿Qué es la carga?

*La carga está formada por la mena, el coque y la piedra caliza.*

*El carbón de coque se emplea como combustible para fundir el hierro, y la piedra caliza se agrega para generar monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), que reducirá al mineral, y para separar las impurezas de silicio, que salen del horno como escoria de silicato de calcio ( $\text{CaSiO}_3$ ). Si no se agregara la piedra caliza, se formarían silicatos de hierro (como el  $\text{FeSiO}_3$ ), y se perdería hierro metálico.*

## Metalurgia del hierro

El **hierro** se conocía desde la Antigüedad, era fácilmente localizable en las rocas de color rojizo y se lo empleaba para fabricar armas y utensilios sencillos, pero sin calentarlo. Fueron los griegos quienes, hace 3.000 años, desarrollaron una técnica de tratamiento térmico. Así dio comienzo la Edad del Hierro, que se extiende hasta nuestros días.

El llamado **hierro forjado**, usado hasta el siglo XIV, consiste en una aleación de hierro y carbón vegetal, que se obtenía mezclando el mineral de hierro con carbón y calentando ambos componentes en un horno relativamente pequeño. Este tratamiento producía una masa esponjosa, compuesta de la aleación de hierro y carbono más la **escoria**. La masa esponjosa fundida se moldeaba con martillos, para darle forma y separar así la escoria.

Fue recién en el siglo XVIII cuando se comenzaron a utilizar grandes **hornos**, dentro de los cuales se calentaba el mineral de hierro para convertir el metal en una mezcla con carbono, denominada **arrabio**.

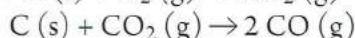
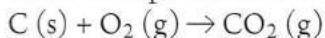
La metalurgia del hierro, conocida como **siderurgia**, es una de las industrias más importantes por las múltiples aplicaciones que tienen sus productos. El hierro, a escala industrial, se prepara en altos hornos, cuyas alturas varían entre cincuenta y ochenta metros. Se parte de mineral de hierro para obtener el arrabio, una mezcla formada, aproximadamente, por 92% de hierro (Fe), 3% de carbono (C), 2% de silicio (Si) y pequeñas porciones de manganeso (Mn), fósforo (P) y azufre (S). El arrabio obtenido se utiliza como materia prima para la fabricación de aceros, como estudiarás en la próxima página.

El proceso de obtención del arrabio puede resumirse de la siguiente forma: se parte de la mena del metal (ya eliminada la ganga), formada por óxidos de hierro ( $\text{FeO}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), el coque, un carbón obtenido de la roca hulla rico en carbono (C), y la piedra caliza, rica en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Toda esta mezcla, denominada **carga** (► **EL DETALLE**), se introduce por la parte superior del alto horno (figura 10-5).

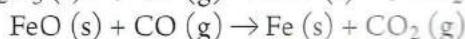
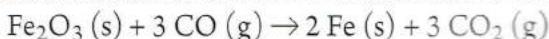
Esta atraviesa la cuba (de entre cuarenta y setenta metros de altura), que recibe chorros de aire caliente, a  $850^\circ\text{C}$ , inyectados desde unas toberas (tubos por los que entra el aire). Durante este recorrido, los óxidos de hierro se reducen y descienden por la cuba junto al resto de los sólidos, mientras que los gases que se forman (monóxido y dióxido de carbono) ascienden por la cuba para escaparse por una salida lateral, en la parte superior de la torre.

Además del arrabio, se forman silicato de calcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) y otras impurezas, que en conjunto se denominan escoria, que flota sobre el arrabio fundido en la parte inferior del horno (el crisol). La escoria se retira por una salida lateral, en la parte superior de la zona baja del horno, mientras que el arrabio se retira por otra salida, en la parte contraria y más baja del crisol.

Las ecuaciones involucradas en la producción de gases son:



Las ecuaciones involucradas en la reducción del hierro son:



## El acero

Cuando el inventor inglés Benjamin Huntsman (1704-1776) desarrolló un procedimiento para fundir hierro forjado con carbono y obtuvo de esta forma el primer **acero** que se conoce, no imaginó los enormes alcances que tendría su descubrimiento.

El acero es una aleación cuyo componente principal es el hierro, que contiene entre el 1% y el 3% de carbono (C), a la que se agregan, según el tipo de acero a fabricar, pequeñas proporciones de otros elementos, tales como níquel (Ni) o cromo (Cr).

Se obtiene industrialmente a partir del arrabio, mediante la eliminación de sus impurezas y el agregado de carbono y otros elementos (figura 10-6).

A mediados del siglo XVIII, el acero era una aleación de elevado costo de producción.

En 1855, el inventor inglés Henry Bessemer (1813-1898) logró bajar los costos de producción del acero, ya que construyó un horno por el que pasan chorros de aire caliente por el arrabio, para eliminar sus impurezas. A partir de ese momento, el acero se convirtió en el material metálico más utilizado, en particular para la fabricación de armamentos, buques y submarinos.

A mediados del siglo XX se comienzan a fabricar grandes cantidades de perfiles laminados de acero. De esta manera, el acero comienza a ser utilizado en la industria de la construcción, principalmente para puentes (**► EL DETALLE**).

## Propiedades del acero

Múltiples son las propiedades que hacen de esta aleación una de las más empleadas en numerosas industrias. Si bien algunas de ellas varían con la composición de la aleación, pueden mencionarse, en general:

- Su punto de fusión (alrededor de 1.400 °C) es menor que el del hierro (1.510 °C).
- Se puede extender o comprimir, en función de la temperatura.
- Es un material tenaz, es decir, opone mucha resistencia a romperse o deformarse, propiedad que se emplea para fabricar herramientas.
- Es dúctil, es decir, pueden formarse hilos delgados o alambres.
- Se puede soldar con suma facilidad.
- Es maleable, es decir, pueden construirse láminas muy delgadas.

- Algunos aceros presentan la propiedad de "memoria" (se desarrollará este tema en la página 196).
- Posee gran conductividad eléctrica, propiedad que se aplica en la construcción de líneas aéreas de alta tensión.

La única desventaja del acero es su facilidad de corrosión, es decir, su tendencia a la oxidación espontánea. La corrosión ocasiona grietas en el material, que en presencia de humedad y agua pueden extenderse hasta destruir parcial o totalmente el objeto de acero. Para evitar la corrosión se fabrica el **acero inoxidable**, una variedad de acero que contiene los metales níquel (Ni) y cromo (Cr), en proporción del 10%, además de algunos otros metales en menor cantidad.



Fig. 10-6. El acero es utilizado en la fabricación de utensilios de cocina.

### EL DETALLE

#### Al utilizar acero ¿se cometen errores?

El acero es un material con múltiples aplicaciones beneficiosas. Su uso produjo grandes logros en la industria de la construcción. Sin embargo, la historia da cuenta de fracasos, por errores humanos y desconocimiento de aspectos importantes de las propiedades de estos materiales. Durante las primeras décadas de la Revolución Industrial se produjeron roturas de los ejes de los ferrocarriles. En la Segunda Guerra Mundial, los cargueros estadounidenses Liberty sufrieron hundimientos, ya que el acero se tornó más débil con el descenso de la temperatura del agua. Pero el accidente más recordado, que además fue filmado en su totalidad, fue el ocurrido el 7 de noviembre de 1940, cuando los norteamericanos asistieron, azorados, a la ruptura del puente Tacoma Narrows, ubicado en Tacoma, en el estado de Washington, por efecto del viento.



Colapso del puente Tacoma Narrows, en los Estados Unidos.

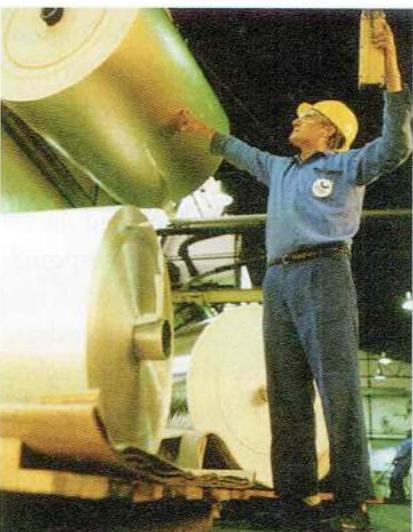


Fig. 10-7. Operario trabajando en Aluminio Argentino (Aluar), única industria productora de aluminio en la República Argentina.

EL DETALLE

### ¿Aluminio en espuma?

Uno de los nuevos materiales empleados en la fabricación de objetos tecnológicos de última generación es la espuma de aluminio. Se fabrica a partir de aluminio con un agente espumante; actualmente se usa el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La espuma de aluminio obtenida es un material poroso, con múltiples burbujas de aire en su interior. Se utiliza en las industrias automotriz, aeroespacial, naval y en la construcción, para reducir el efecto de los choques, por la ductilidad del aluminio y la posibilidad de absorción de energía de las burbujas de aire.

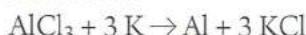
### ACTIVIDADES

15. Escribí dos ecuaciones de formación de aluminio y nombrá los reactivos involucrados en cada una.
16. ¿Cuáles son los usos actuales del cobre?
17. ¿Cuáles son las propiedades en común del cobre y el aluminio?

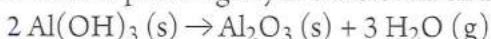
## Aluminio y cobre

El aluminio (Al) es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre; los primeros son el oxígeno (O) y el silicio (Si). Se encuentra, combinado con otros elementos, en minerales y rocas como la arcilla y la mica. Después del hierro, es el metal más utilizado por el ser humano. Es de color plateado, muy apreciado por sus excelentes propiedades, dúctil y maleable, buen conductor del calor y de la electricidad. Se extrae principalmente de los minerales bauxita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ).

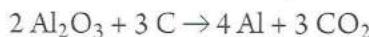
El químico alemán Friedrich Wöhler (1800-1882) fue el primero en obtenerlo puro, en 1827, mediante reacción del tricloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) con potasio, que se representa como:



En 1886, el químico estadounidense Charles Martin Hall (1863-1914) inventó un método económico para producir este metal mediante un proceso electrolítico, es decir, mediante el pasaje de una corriente eléctrica. Consiste, en una primera etapa, en calentar la bauxita con hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), con el fin de eliminar las impurezas, convirtiéndose en hidróxido de aluminio, que cuando se calienta pierde agua y se transforma en álumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ):



La álumina así obtenida se funde, mezclada con criolita, en presencia de carbón a  $1.000^\circ\text{C}$ , y mediante el pasaje de corriente eléctrica se convierte en aluminio puro. La reacción de obtención de aluminio se representa como:



El aluminio y sus aleaciones se utilizan en la fabricación de aviones, automóviles, baterías de cocina y en la construcción (figura 10-7). En forma de polvo, se emplea para pinturas y revestimientos. Hace pocos años se han desarrollado materiales de aluminio capaces de absorber golpes (► **DETALLE**).

El **cobre** (Cu) es el tercer metal más usado por el ser humano. De color rojizo, es muy apreciado por sus propiedades: gran conductividad eléctrica, ductilidad, maleabilidad y costo de producción relativamente bajo.

A partir del siglo XIX, resulta el material más utilizado para la fabricación de todo tipo de cables eléctricos. Es uno de los pocos que se pueden hallar en la naturaleza no combinado con otros elementos, es decir, en estado nativo. Además, se encuentra en minerales como óxidos y sulfuros, tales como la calcocita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) y la cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ).

La calcocita contiene apenas un 10% de cobre, por ello se realizan con este mineral, luego de ser extraído de la mina, los siguientes tratamientos:

- 1.º Se introduce el mineral, en forma de polvo, en un tanque con aceite y agua y se mezcla con detergente en medio acuoso. Este proceso se denomina **flotación**, ya que las partículas de calcocita, en presencia de aire comprimido, suben a la superficie del tanque.
- 2.º A continuación, se hace reaccionar la calcocita con oxígeno del aire, a alta temperatura, para obtener cobre. Se obtiene así un cobre todavía impuro, que termina de purificarse por electrólisis. La ecuación es:



## Los metales y la óxido-reducción

En la vida diaria, decimos que se oxida un objeto de hierro, como la lana de acero que se emplea para limpiar la vajilla, o que se oxidó una manzana que, una vez cortada, toma un color marrón claro. También es común escuchar acerca de la combustión que ocurre con los combustibles de los motores de los automóviles. Ambos procesos, combustión y oxidación, tienen en común que consisten en transformaciones químicas en las que un reactivo se transforma en producto ganando átomos de oxígeno (figura 10-8).

Por otra parte, en la metalurgia se mencionan procesos de reducción de metales, entendidos como pérdida de átomos de oxígeno.

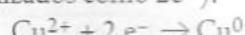
Como viste en el capítulo 2, en la Antigüedad se entendía la oxidación como todo proceso químico de ganancia de oxígeno o de pérdida de hidrógeno, mientras que la reducción se consideraba el proceso contrario. Estas definiciones son incompletas, ya que no consideran todos los casos posibles. Ampliando lo estudiado, puede decirse que:

- **oxidación** es el proceso que ocurre cuando una especie química aumenta su número de oxidación perdiendo electrones;
- **reducción** es el proceso que ocurre cuando una especie química reduce su número de oxidación ganando electrones.

Es interesante observar que para que una especie gane electrones, otra debe perderlos, por lo que la reducción y la oxidación no son independientes, sino que constituyen procesos asociados. Las reacciones globales en las que ocurren simultáneamente una oxidación y una reducción se llaman **procesos redox** o de óxido-reducción. Veamos el siguiente ejemplo: cuando se sumerge una barra de cinc en una solución de sulfato de cobre, se observa que rápidamente el cinc se recubre de una capa marrón rojiza de cobre. En este caso ocurren los procesos que se simbolizan en las siguientes ecuaciones (se escriben solo los iones que se modificaron):



oxidación, ya que el cinc aumentó su número de oxidación (de 0 en el  $\text{Zn}^0$  a +2 en el  $\text{Zn}^{2+}$ ) perdiendo dos electrones (simbolizados como  $2\text{e}^-$ ).



reducción, ya que el cobre disminuyó su número de oxidación (de +2 en el  $\text{Cu}^{2+}$  a 0 en el  $\text{Cu}^0$ ) ganando dos electrones.

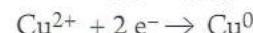
El ion cobre ganó dos electrones, los mismos que perdió el átomo de cinc. Por ello se dice que el cobre oxidó al cinc, y que el cinc redujo al cobre. A la especie química que se reduce (en este caso, el  $\text{Cu}^{2+}$ ) se la llama **agente oxidante**, mientras que a la especie química que se oxida (en este caso, el Zn) se la conoce como **agente reductor**.

Cada uno de estos procesos se define como hemirreacción, y se simboliza mediante una hemiecuación. Al sumar las hemiecuaciones de oxidación y reducción, se obtiene la ecuación redox iónica, escrita en función de los átomos y iones que se oxidan y se reducen:

Hemiecuación de oxidación:



Hemiecuación de reducción:



Ecuación redox iónica:



Como la reacción ocurre en solución acuosa, en la que están presentes también iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), que forma las sales  $\text{CuSO}_4$  y  $\text{ZnSO}_4$ , solubles en agua, se escribe de esta forma la **ecuación redox global**:

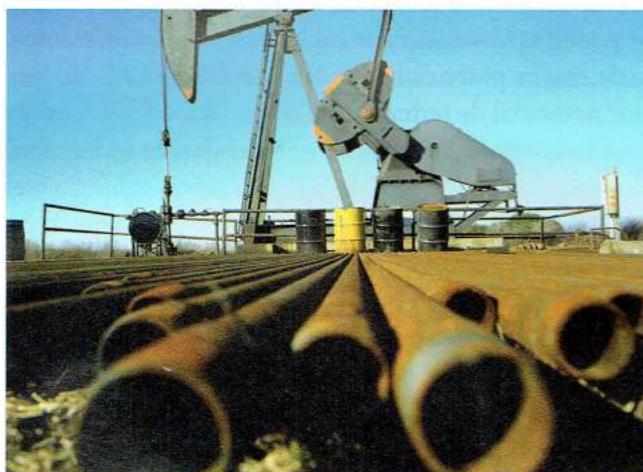


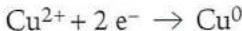
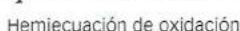
Fig. 10-8. Proceso de oxidación en tubos de hierro.

### ACTIVIDADES

18. Explicá la diferencia entre agente oxidante y agente reductor.
19. ¿En qué consiste una reacción de óxido-reducción?

## Las pilas electroquímicas

Toda vez que se sumerge un clavo de hierro en una solución de sulfato de cobre (figura 10-9), se observa que rápidamente el clavo se recubre de una capa marrón rojiza de cobre. Ocurren en este caso los procesos que se simbolizan en las siguientes hemiecuaciones:



Si se suman ambas ecuaciones, se obtiene la ecuación redox iónica:



Como habrás notado, el Fe actúa como **agente reductor** (reduce al Cu), mientras que el Cu<sup>2+</sup> es el **agente oxidante**, ya que oxida al Fe. ¿Por qué siempre el hierro reduce el cobre? ¿Podría ocurrir espontáneamente el proceso inverso?

La respuesta es que cada metal tiene una tendencia diferente a oxidarse. El hierro (Fe) tiene mayor tendencia a oxidarse que el cobre (Cu), por eso en presencia de ambos, el Fe se oxidará y el Cu se reducirá. El conocido como **potencial de reducción de una especie química** (figura 10-10) es una medida de la tendencia de esa especie a reducirse. El potencial de reducción se mide en voltios (V) y cuanto mayor sea ese potencial, mayor será la tendencia del metal a reducirse. Cuando se ponen en contacto dos especies químicas diferentes, la de mayor potencial de reducción oxidará a la de menor potencial de reducción.

Observando la tabla de potenciales de reducción, se puede advertir que el cobre, que oxida el hierro y el cinc, será oxidado por la plata, ya que el potencial de reducción de este metal es mayor que el del cobre.

Los metales cuyo potencial de reducción es positivo tienden espontáneamente a reducirse, mientras que aquellos cuyo potencial de reducción es negativo se oxidan espontáneamente. Estas propiedades se aprovechan para la fabricación de **pilas electroquímicas**, habitualmente conocidas solo como pilas.

Las pilas son sistemas que producen energía eléctrica en forma espontánea a partir de una reacción química de óxido-reducción. Constan de dos placas, llamadas electrodos, cada una constituida por un metal diferente, sobre las cuales se producen las hemirreacciones: el **cátodo** (de signo positivo), en el que se produce la reducción, y el **ánodo** (de signo negativo), en el que se produce la oxidación. Los electrones que se

pierden en el ánodo se dirigen al cátodo, lo que permite la circulación de corriente eléctrica.

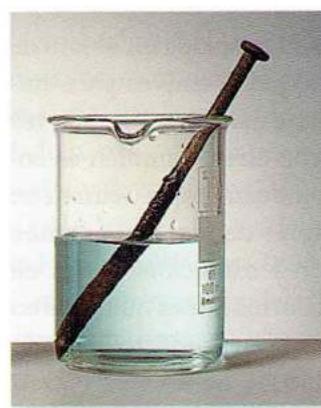


Fig. 10-9. El clavo de hierro dentro de la solución azul se recubre de una capa de cobre.

Tabla de potenciales de reducción

Reacción	Potencial (V)
$\text{Au}^+ + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1,68
$\text{Ag}^+ + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	0,80
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0,34
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Co}$	-0,28
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0,40
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0,74
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}$	-1,18
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,34
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$	-2,71
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,04

Fig. 10-10. Potenciales de reducción.

### ACTIVIDADES

20. Empleá la tabla de potenciales de reducción e indicá, para los metales Cu, Fe y Al, cuál es el de mayor tendencia a oxidarse y cuál es el de mayor tendencia a reducirse.
21. En una pila entre plata y magnesio, indicá cuál es el agente oxidante y cuál el agente reductor. Escribí la hemiecuación de oxidación y la de reducción.

## Procesos redox en la industria metalúrgica

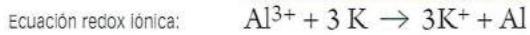
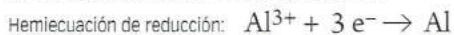
Casi todos los procesos de obtención de metales utilizados en la industria metalúrgica involucran reacciones redox. Uno de los principales es la etapa de reducción del mineral, una vez separada la mena de la ganga.

Las formas más habituales de reducción del metal son dos: la **reducción química** y la **reducción electrolítica**.

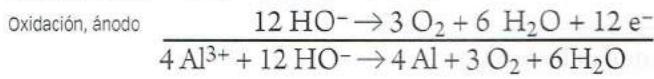
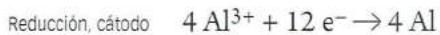
La reducción química ocurre en presencia de un agente reductor, mientras que la electrolítica sucede mediante el paso de la corriente eléctrica.

Las metalurgias del aluminio y del cobre presentan ambos tipos de procesos.

En el caso del aluminio, puede obtenerse por reducción química con potasio metálico, como viste en la página 188 (reacción propuesta por Wöhler). Las hemiecuaciones involucradas son:

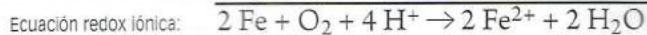


En cuanto a la reducción electrolítica, el **método Hall** permite la obtención de aluminio mediante el pasaje de corriente eléctrica. En la **electrólisis**, a diferencia de las pilas, se invierten las polaridades de los electrodos: el cátodo es negativo, mientras que el ánodo es positivo. Las hemiecuaciones involucradas son:



## La corrosión, un proceso redox

Habrás observado que, si se exponen a la humedad ambiente, muchos objetos fabricados con hierro se oxidán, es decir que se recubren de una capa rojiza que los debilita y, con el tiempo, produce grietas en el material. Este proceso, denominado genéricamente **corrosión**, ocurre con muchos metales en forma espontánea ante la presencia de humedad ambiente y oxígeno gaseoso (figura 10-11). Este fenómeno consiste en un proceso redox, que simplemente puede entenderse como una oxidación del metal y una reducción del oxígeno del aire. Para el caso del hierro se representa como:



Los iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) provienen de la reacción entre el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) del aire. Mucho tiempo antes de la invención del acero inoxidable, los procesos de corrosión naturales destruían total o parcialmente muchos objetos construidos con ese material. En 1742, el químico francés Paul Jacques Malouin (1701-1778) comprobó que si el acero se recubría con una capa muy fina de cinc, este metal lo protegía de la corrosión. Hoy este efecto se conoce como **protección galvánica**, y es también llamado protección catódica o de sacrificio.

La protección galvánica se basa en que los metales que están debajo del hierro en la tabla de potenciales de reducción se oxidan con mayor facilidad que ese metal. Por lo tanto, si alguno de estos metales (el cinc es el más utilizado por su bajo costo) se pone en contacto con el hierro, se oxidará antes que ese metal. Al mismo tiempo, es conveniente que se recubra la superficie del metal oxidable con pinturas protectoras, que actúan únicamente como barrera. Gracias a este proceso, los objetos de hierro o acero recubiertos con cinc no se oxidan, aunque sus pinturas sufren deterioros.

Se la conoce también como protección catódica, ya que el hierro se transforma en el cátodo de una pila, es decir, la zona en la que se produce la reducción, ya que le llegan los electrones que pierde el metal de sacrificio en su oxidación (ubicado en el ánodo de la pila):

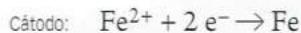
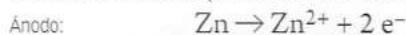


Fig. 10-11. Corrosión en bisagras de hierro de una puerta antigua.

### ACTIVIDADES

22. Describí las similitudes y las diferencias entre los procesos electrolíticos y los ocurridos en las pilas.
23. Describí la diferencia entre la reducción química y la electrolítica de los metales.



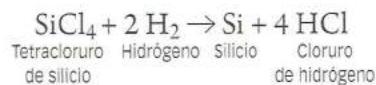
## Cálculos de pureza y rendimiento

En páginas anteriores viste que, cuando se extrae en un yacimiento mineral una mena determinada, esta presenta, además, una parte que no interesa, la ganga. Además, como ya sabés, generalmente se obtiene menor cantidad de producto que la esperada, es decir que el rendimiento real de la reacción casi siempre es menor que el rendimiento teórico. Una de las razones por las que no se obtiene la cantidad de producto es, precisamente, que los reactivos no se encuentran puros. En ese caso, el primer paso en la resolución de un problema estequiométrico es averiguar la masa de reactivo puro, que es la que realmente reacciona.

Para analizar la proporción de reactivo que se encuentra puro, con respecto a la cantidad inicial impura, se emplea el concepto de porcentaje de pureza (%P) de un reactivo, que se define como:

$$\%P = \frac{\text{Masa del reactivo puro} \cdot 100\%}{\text{Masa del reactivo impuro}}$$

Por ejemplo, el silicio es un elemento presente en la corteza terrestre en una proporción del 28% en masa, formando parte de minerales como el cuarzo, las arcillas y los feldespatos (figura 10-12). Uno de los métodos de obtención de silicio puede representarse mediante la siguiente ecuación:



Suponé que se desea calcular el porcentaje de rendimiento de esta reacción, partiendo de 3,58 kg de  $\text{SiCl}_4$  impuros, sabiendo que su porcentaje de pureza es del 95% y que con exceso de hidrógeno se obtuvieron 2 kg de  $\text{HCl}$ . Para resolver este problema, primero se calcula la masa pura de  $\text{SiCl}_4$ , que realmente reacciona mediante la siguiente regla de tres simple:

100% impuro \_\_\_\_\_ 3,58 kg

95% puro \_\_\_\_\_  $x = 3,4 \text{ kg de SiCl}_4$

que es la masa pura que debe tomarse para los cálculos estequiométricos.

En segunda instancia, se debe averiguar la cantidad de HCl esperada, teniendo en cuenta la proporción estequiométrica. Para ello, deben hallarse las masas molares de los reactivos y productos:  $M_{\text{NaCl}} = 58,5$ ;  $M_{\text{HCl}} = 36,5$ .

Por lo tanto, puede plantearse que como un mol de  $\text{SiCl}_4$  produce cuatro moles de  $\text{HCl}$ :

a partir de 170 g SiCl<sub>4</sub> \_\_\_\_ deberían producirse 4 · 36,5 = 146 g de HCl  
a partir de 3.400 g SiCl<sub>4</sub> \_\_\_\_  $x = 2.920 \text{ g HCl}$

Luego se averigua el rendimiento, aplicando directamente su expresión:

$$\% \text{ R} = \frac{\text{m HCl obtenida} \cdot 100\%}{\text{m HCl esperada}} = \frac{2.000 \text{ g} \cdot 100\%}{2.920 \text{ g}} = 68,5\% \text{ R}$$

En este caso, al tomarse en cuenta la masa pura del reactivo, otras razones son las que pudieron haber provocado que no se obtuviera el rendimiento teórico. Entre ellas podemos mencionar: la reacción no se completa, es decir, es reversible, participando de un equilibrio químico u ocurre simultáneamente una reacción secundaria que favorece la aparición de otro tipo de productos.

## ACTIVIDADES

24. Completá en tu carpeta la siguiente oración con las palabras "reactivo" y "producto":

El porcentaje de pureza se calcula a partir de las masas pura e impura de un ..... mientras que el rendimiento de una reacción alude a la proporción de ..... obtenida con respecto a la esperada.

- 25.** ¿Qué aspectos deben tenerse en cuenta para aumentar el rendimiento de una reacción de obtención de metales?

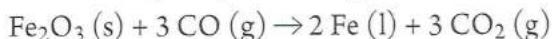
## Cálculos estequiométricos en la industria metalúrgica

En las industrias metalúrgicas deben realizarse, en forma continua, cálculos acerca de las cantidades de productos obtenidos para evaluar los costos del proceso. Para ello, se contrata a químicos analíticos que realizan cálculos estequiométricos, como en los siguientes ejemplos:

**Ejemplo 1.** Partiendo de 500 kg de hematita, un mineral de hierro cuya pureza en óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) es del 87%, se quiere saber:

- Cuántos kg de carbón (C) puro son necesarios para formar el monóxido de carbono (CO) que reaccionará con el óxido férrico.
- Cuántos kg de hierro líquido se obtendrán, teniendo en cuenta que el rendimiento de la reacción es del 82 por ciento.

La ecuación que representa el proceso es:



Para resolver este problema, primero se halla la masa pura del óxido férrico que reaccionó:

$$100\% \text{ muestra hematita} = 500 \text{ kg}$$

$$87\% \text{ muestra hematita} = x = 435 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3 \text{ puro}$$

Luego se calcula el Mr del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :

$$2 \cdot \text{Ar}_{\text{Fe}} + 3 \cdot \text{Ar}_{\text{O}} = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16 = 160$$

Como un mol de CO contiene un mol de C ( $\text{Ar}_C = 12$ ), puede realizarse esta proporción estequiométrica:

$$160 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3 = 3 \cdot 12 \text{ kg de C}$$

$$435 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3 = x = 97,9 \text{ kg de C}$$

Para calcular la masa de hierro obtenida, primero se calcula cuántos kg de hierro se obtienen a partir del mineral:

$$160 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3 = 2 \cdot 56 \text{ kg de Fe}$$

$$435 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3 = x = 304,5 \text{ kg de Fe}$$

Estos kg se obtendrían con un rendimiento teórico del 100%. Luego, considerando que el rendimiento real es del 82%, se realiza el siguiente procedimiento:

$$100\% R = 304,5 \text{ kg de Fe}$$

$$82\% R = x = 249,69 \text{ kg de Fe}$$

**Ejemplo 2.** Se quiere averiguar el volumen de gas hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), medido en CNPT, que se desprende de un horno de producción de vanadio (figura 10-13), por reducción con hidruro de calcio ( $\text{CaH}_2$ ), sabiendo que se parte de 526,3 g de mineral de vanadio, cuya pureza en óxido de vanadio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) es del 95% y exceso de hi-

druro de calcio, y que el rendimiento de la reacción es del 78%. La reacción se representa mediante la siguiente ecuación:



Primero se calcula la masa pura del óxido de vanadio:

$$100\% \text{ muestra} = 526,3 \text{ g}$$

$$95\% \text{ V}_2\text{O}_5 \text{ puro} = x = 500 \text{ g V}_2\text{O}_5 \text{ puro}$$

Luego se calcula el Mr del  $\text{V}_2\text{O}_5$ :

$$2 \cdot \text{Ar}_{\text{V}} + 5 \cdot \text{Ar}_{\text{O}} = 2 \cdot 51 + 5 \cdot 16 = 182.$$

La relación estequiométrica entre el óxido de vanadio y el hidrógeno es: a partir de 182 g de  $\text{V}_2\text{O}_5$  (1 mol) se producen  $5 \cdot 22,4 \text{ l}$  (5 moles) de  $\text{H}_2(g)$  en CNPT; por lo que se puede plantear una regla de tres simple para averiguar qué volumen se obtendría de  $\text{H}_2(g)$  en CNPT si el rendimiento teórico del 100%:

$$182 \text{ g de V}_2\text{O}_5 = 5 \cdot 22,4 \text{ l de H}_2(g)$$

$$500 \text{ g de V}_2\text{O}_5 = x = 307,7 \text{ l de H}_2(g)$$

Finalmente se considera el rendimiento real en CNPT:

$$100\% R = 307,7 \text{ l de H}_2(g)$$

$$78\% R = x = 240 \text{ l de H}_2(g)$$



Fig. 10-13. Los aceros con vanadio son aleaciones muy duras, utilizadas en hojas de cuchillos.

### ACTIVIDADES

26. Para la reacción de obtención de hierro, averigua cuántos kg de carbón serían necesarios para preparar el monóxido de carbono si su pureza en carbono (C) fuese del 85 por ciento.
27. Para la reacción de obtención de vanadio, averigua cuántos moles de este metal se obtienen junto con el gas hidrógeno.

# Ciencia en tus manos

## Resolución de problemas

Los enfoques actuales acerca del conocimiento científico entienden que lo central en la actividad científica es la búsqueda de estrategias adecuadas y creativas para responder preguntas y resolver problemas, en un intento por explicar los fenómenos naturales y/o sociales. Desde este punto de vista, no existe un único "método científico", conformado por una serie de pasos rígidos, pre establecidos, sino muchos métodos posibles.

En la vida cotidiana solemos referirnos a los problemas como situaciones complejas, de difícil resolución. En la ciencia se define un **problema** como una situación que se quiere resolver, pero para su resolución no existen pasos prefijados que puedan llevarse a cabo automáticamente, ya que debe explorarse el problema para llegar a la respuesta.

En la escuela, muchas veces se confunde problema con ejercicio. A diferencia de un problema, un ejercicio es una tarea para cuya resolución deben seguirse, mecánicamente, ciertos pasos ya establecidos. Por ejemplo, si se quiere averiguar el porcentaje de pureza de un reactivo, teniendo como datos la masa pura y la masa impura de ese reactivo, esta situación resultará para un alumno de química un mero ejercicio, ya que puede aplicar una regla de tres simple o una fórmula:

$$\% \text{ pureza} = \frac{\text{masa pura} \cdot 100\%}{\text{masa impura}}$$

### Tipos de problemas

En general, puede decirse que, en la escuela, pueden plantearse tres clases de problemas:

- **Cualitativos:** son aquellos que deben resolverse por medio de razonamientos teóricos, sin realizar cálculos numéricos o experiencias para su solución. Muchos de ellos pueden plantearse con la pregunta ¿por qué?

Por ejemplo, ¿por qué el hierro presenta mayor tendencia a oxidarse que el cobre?

- **Cuantitativos:** son aquellos en los que deben manejarse datos numéricos para alcanzar una solución.

Por ejemplo, averiguar la masa de piedra caliza



Experiencia de laboratorio.

necesaria para obtener 100 kg de cal viva, sabiendo que la reacción tiene un rendimiento del 80% y que la piedra caliza tiene una pureza del 75% en carbonato de calcio (CaCO3).

- **Pequeñas investigaciones:** son aquellos problemas en los que las respuestas deben obtenerse por medio de la experimentación. Por ejemplo, comparación de la tendencia a oxidarse de un grupo de metales.

### ¿Cómo se resuelve un problema?

La propia definición de problema indica que no existe un camino a priori para resolverlo –si lo hubiera, resultaría un mero ejercicio y no un problema–, por lo que no se dispone de "recetas para resolver problemas". Además, al plantearse la actividad científica como la búsqueda de herramientas para resolver problemas, el método que se utilizó solo puede ser determinado una vez que el problema estuvo resuelto. Sin embargo, se dispone de ciertas herramientas que pueden ayudar en algunas etapas de su resolución.

El método científico utiliza, como una de sus estrategias para resolver problemas, el **planteo de hipótesis**, para luego diseñar y ejecutar **experimentos** que permitan corroborar o refutar esa hipótesis. Análogamente, para resolver un problema es preciso plantear y comprender el problema, para **diseñar y ejecutar un plan** que permita resolverlo. Como primer paso, es necesaria la correcta definición del problema. Como todo problema plantea una pregunta, puede entenderse que resolver el problema es encontrar la respuesta.

Cada uno de los tipos de problemas mencionados requiere estrategias de solución diferentes.

## Resolución de problemas cualitativos

Para resolver los problemas cualitativos, muchas veces es conveniente intentar vincular el fenómeno en cuestión con los conocimientos previos.

Por ejemplo, ¿por qué sentimos frío cuando nos frotamos la piel con un algodón embebido en alcohol? Para resolver este problema, podría realizarse la siguiente secuencia de razonamientos:

- 1.º El alcohol, al evaporarse, cambió de estado.
- 2.º Para que un líquido se vaporice hace falta entregarle calor (proceso endotérmico).
- 3.º Por lo anterior, se concluye que el alcohol se evaporó al tomar calor de la piel.

## Resolución de problemas cuantitativos

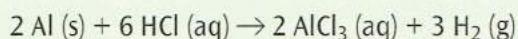
Para resolver los problemas cuantitativos pueden aplicarse algunas de las siguientes estrategias.

- **Ensayo y error:** se buscan soluciones al azar, hasta llegar a la correcta. No sirve para problemas complejos, ya que se pierde mucho tiempo.
- **Análisis parciales de metas y fines:** se establecen objetivos cortos para ir resolviendo parcialmente el problema hasta lograr la solución.
- **Búsqueda hacia atrás:** se parte del estado final y se retrocede hacia el principio.
- **Simplificación de variables:** si el problema es complejo, pueden eliminarse algunas variables, o dejarlas fijas y modificar las restantes de a una.

Ejemplo: averiguar qué masa de aluminio, obtenido en un proceso metalúrgico con una pureza del 95%, es necesaria para preparar 5 l de solución acuosa 1,2%  $\frac{m}{V}$  de tricloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ), sabiendo que la reacción tiene un rendimiento del 73%, que hay exceso de solución de HCl y que la ecuación balanceada que la representa es:

### ACTIVIDADES

28. Resolvé el siguiente problema cualitativo: ¿por qué el hierro puede ser oxidado por la plata?
29. Hallá la masa de piedra caliza necesaria para obtener 100 kg de cal viva ( $\text{CaO}$ ), sabiendo que la reacción tiene un rendimiento del 80% y que la



En principio, realizando una búsqueda hacia atrás, podría partirse de averiguar la masa de  $\text{AlCl}_3$  necesaria para preparar los 5 l de solución 1,2%  $\frac{m}{V}$ , realizando el siguiente procedimiento:

para preparar 0,1 l — se necesitan 1,2 g de  $\text{AlCl}_3$ ,  
para preparar 5 l —  $x = 60 \text{ g de } \text{AlCl}_3$

En una segunda instancia, podría llevarse a cabo un análisis parcial de metas y fines, continuando con la búsqueda hacia atrás, planteando los siguientes pasos:

1.º Averiguar la masa de  $\text{AlCl}_3$  que se habría obtenido si el rendimiento hubiera sido del 100%:

73% de rendimiento — se obtuvo 60 g de  $\text{AlCl}_3$   
100% de rendimiento —  $x = 82,2 \text{ g de } \text{AlCl}_3$  (al 100% R)

2.º Realizar la relación estequiométrica que permite deducir qué cantidad de reactivo (aluminio puro) reaccionó para que se obtuviera el 100% de rendimiento.

Para ello, se parte de:  $\text{Ar}_{\text{Al}} = 27$ ;  $\text{Mr}_{\text{AlCl}_3} = 133,5$ ; y se plantea la relación estequiométrica entre el Al y el  $\text{AlCl}_3$ , expresada en masas:

$2 \cdot 133,5 \text{ g de } \text{AlCl}_3$  provienen de —  $2 \cdot 27 \text{ g de Al}$   
 $82,2 \text{ g de } \text{AlCl}_3$  provienen de —  $x = 16,6 \text{ g de Al}$

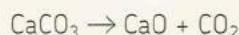
3.º Como último paso, se considera que la masa de aluminio que se encontró en la relación anterior es el 95% de la muestra de aluminio impuro de la que se partió, y se averigua qué masa corresponde al 100% de la muestra mediante el siguiente procedimiento:

95% puro de aluminio — 16,6 g

100% impuro —  $x = 17,5 \text{ g}$

muestra de aluminio impuro, solución del problema.

piedra caliza tiene una pureza del 75% en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Datos:  $\text{Ar}_{\text{Ca}} = 40$ ;  $\text{Ar}_{\text{C}} = 12$ ;  $\text{Ar}_{\text{O}} = 16$ . Ecuación que representa la reacción:



# ¿Los metales tienen memoria?

"Los metales también recuerdan". Esta afirmación es un hecho que se encargan de demostrar y desarrollar los científicos del grupo consolidado de Metalurgia Física y Transformaciones de Fase de la Universidad del País Vasco (UPV, España). Este equipo, compuesto por catorce personas, dirigidos por el profesor José María San Juan, se dedica desde hace años al estudio de las aleaciones metálicas con memoria de forma. Este concepto hace referencia a la capacidad de algunas combinaciones de diferentes elementos metálicos de ser deformadas y recuperar su estado inicial con un cambio de temperatura determinado o la desaparición de la tensión ejercida sobre ellas.

Los compuestos metálicos con esta propiedad se caracterizan porque la transformación de fase, como se denomina al cambio de la estructura cristalográfica de sus átomos en el paso de una fase de alta temperatura a otra de baja temperatura o viceversa, es reversible. Otra de las características de estas aleaciones es el llamado "efecto superelástico", que permite que estos metales, a una temperatura establecida, se deformen con la aplicación de una tensión determinada y recuperen su forma originaria instantáneamente en cuanto deja de ejercerse esa tensión.

La aparición de estas aleaciones se produce, precisamente, por la investigación militar en los Estados Unidos. La primera patente data de 1964 y tiene su origen en un laboratorio de la Marina estadounidense. La primera aleación "con memoria" se basaba en la combinación de titanio y níquel, que continúa siendo el metal más común y el que se ha estudiado con mayor profundidad. Sin embargo, el níquel no es un metal muy recomendable por su toxicidad –puede llegar a ser cancerígeno si se introduce en el cuerpo humano en determinadas cantidades–, lo que frena su uso para implantes. A este respecto, el equipo del profesor San Juan está trabajando, junto con la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica, en el desarrollo de familias de aleaciones libres de níquel.

La aplicación de estas aleaciones abarca varios campos, aunque se destacan sus posibilidades en biomedicina y aeronáutica. En cuanto a la biomedicina, los diminutos –en ocasiones, de centésimas de milímetro– tubos y mallas, bautizados *stents*, utilizados para eliminar las obstrucciones de arterias y conductos renales, están fabricados con estos materiales.



Los *stents* son mallas de acero con "memoria de forma", que se introducen en las arterias obstruidas para permitir el paso de la sangre.

Respecto de su utilización en la industria aeronáutica, las aleaciones con memoria de forma pueden unir tubos sin soldadura, lo que genera un ahorro en costos de mantenimiento en aviones comerciales y militares.

La Universidad Politécnica de Lausana, en Suiza, y el prestigioso MIT de Massachusetts, Estados Unidos, son otros de los centros con los que el equipo colabora. Con este último está investigando la aplicación de aleaciones con memoria de forma en sistemas micro electro-mecánicos. Pero no es la única línea abierta. El equipo de la universidad pública acaba de patentar un material compuesto por polvos de aleación con memoria de forma, que puede resultar muy útil, entre otras cosas, para estructuras antisísmicas, para eliminar las vibraciones en la producción de máquinas y herramientas, y prevenir la contaminación acústica.

**Fuente:** Marauri, Iñigo. "Investigadores de la UPV experimentan con metales con memoria de forma" (adaptación). En: *El País*. Madrid, jueves 20 de octubre de 2005.

## ACTIVIDADES

30. ¿A qué se refiere la expresión "memoria de forma" de los metales?
31. ¿En qué consiste el llamado "efecto superelástico"?
32. ¿Cuáles son los inconvenientes del empleo del metal níquel en las aleaciones con memoria?
33. ¿En qué campos puede aplicarse este tipo de aleaciones? Mencioná ejemplos.

# Mineros atrapados en un derrumbe

El 5 de agosto de 2010, a las 14 hora local, se produjo un derrumbe en el interior de la pequeña mina San José, de extracción de oro y cobre, ubicada en el extremo norte de Chile, a 800 km de su capital, Santiago. Por la noche, se informó al país y al mundo acerca de la gravedad de este accidente.

Inicialmente, se supuso que habían quedado atrapados 25 mineros, pero luego se elevó la cifra a 33. Se suponía que podrían estar a unos 700 metros de profundidad, pero no se sabía -por entonces- si estaban vivos ni en qué condiciones de salud se encontraban.

A partir de ese día se iniciaron las tareas para tomar contacto con ellos, a fin de poder rescatarlos.

El 8 de agosto, máquinas de sondaje iniciaron sus labores de perforación de pequeños ductos para intentar dar con la zona del refugio.

El 19 de agosto, una sonda que alcanzó los 726 metros de profundidad fracasó en su objetivo de dar con el lugar en que se pensaba que estaban los mineros. Pero otras ocho sondas continuaron adelante con sus labores de perforación.

En la madrugada del domingo 22 de agosto, una nueva sonda logró romper fondo a unos 688 metros de profundidad. Inmediatamente se escucharon ruidos, que abrieron las esperanzas de que los mineros estuviesen con vida. En las primeras horas de la tarde de ese día, el ministro de Minería de Chile, Laurence Golborne, mostró al mundo un mensaje de los mineros, recuperado por una de las barras de acero de la máquina de sondaje que decía: "Estamos bien en el refugio, los 33".

Mientras tanto, los mineros estaban confinados en un pequeño espacio, totalmente a oscuras y con una temperatura constante de 36 grados centígrados, a una distancia de la superficie equivalente a la de 7 edificios de 33 pisos cada uno. Un pequeño ducto de 15 centímetros de diámetro, que llegaba a la superficie, les permitía respirar y recibir medicinas, alimentos, notas y otros objetos que les enviaban sus familiares y las autoridades.

Los especialistas en rescate de mineros, chilenos e internacionales, llegaron a la conclusión de que las tareas de perforación para llegar hasta el refugio y poder sacar de allí a los mineros demorarían entre tres y cuatro meses. El plan de rescate incluyó la perforación de otros ductos para ventilación y comunicación, y una perforación suficientemente grande para poder rescatar a los mineros uno por uno.

Creo que los principales desafíos en este caso, suponiendo



Rescatistas trabajando en la mina San José, Chile.

que se consiga proporcionarles adecuadamente aire fresco, hidratación y alimentación, serán retos de orden psicológico", comentó el profesor Pedro Arcos González, director de la Unidad de Investigación en Emergencia y Desastres de la Universidad de Oviedo, España.

"Lo principal -afirmó el experto- es, por un lado, mantenerlos adecuadamente hidratados y alimentados y, por otro, que tengan un nivel adecuado de comunicación con el mundo exterior, con sus familiares y con apoyo de profesionales".

El 18 de septiembre, ante la alegría de los mineros atrapados, que además filmaron el acontecimiento, una de las máquinas perforadoras (de 30 cm de diámetro) penetró en el refugio, rompiendo la roca.

A partir de ese momento, los mineros debieron colaborar retirando la tierra que la perforadora introducía.

En los siguientes días, se cambió el martillo de la perforadora para agrandar el agujero a 65 cm de diámetro, suficiente para sacar por allí a los mineros.

Finalmente, los mineros fueron rescatados sanos y salvos el 13 de octubre de 2010, ante la algarabía del mundo entero.

**Fuente:** ¿Cuáles son los efectos físicos y mentales de estar atrapados bajo tierra?

En: *La Nación*, Buenos Aires, 24 de agosto de 2010.

## ACTIVIDADES

34. ¿Dónde está ubicada la mina San José y qué metales extrae?
35. ¿Cuáles eran las condiciones en las que se encontraban los mineros atrapados?
36. ¿Qué aspectos deben tenerse en cuenta para mantener con vida a personas atrapadas bajo tierra?

# Actividades finales

37. Leé el siguiente texto y luego resolvé las consignas.

*La lluvia ácida, una de las contaminaciones de la atmósfera, se debe principalmente a la formación de óxidos de nitrógeno y azufre, que en contacto con el agua se convierten en ácidos. Los óxidos de azufre pueden provenir de los procesos metalúrgicos de recuperación de metales a partir de los minerales que los contienen, generalmente en forma de sulfuros. En la etapa denominada tostación, se obtienen un óxido del metal y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) gaseoso. Este gas, en contacto con oxígeno, se transforma en trióxido de azufre  $\text{SO}_3$  (g), que luego se combina con agua para dar ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), uno de los componentes de la lluvia ácida.*

Para la ecuación que representa la etapa de tostación para el metal níquel (Ni), respondé:



- a) Si es de óxido-reducción.
- b) En caso de ser redox, indicá el agente reductor y el agente oxidante.

38. Investigá, recurriendo a sitios web de instituciones reconocidas, por ejemplo, <http://www.mineria.gov.ar/> y <http://www.greenpeace.org/argentina/>, acerca de los principales proyectos mineros en nuestro país. En un breve informe, indicá, para tres proyectos: ubicación (provincia y localidad), minerales que se extraen y principales inconvenientes desde el punto de vista ambiental que provoca la explotación.

39. Escribí los términos relacionados con los procesos metalúrgicos, cuyas definiciones se dan a continuación.

- a) Impurezas que flotan sobre el arrabio en un alto horno.
- b) Parte de un yacimiento que contiene el mineral del que se extraerá el metal.
- c) Parte de la mena sin interés económico.
- d) Yacimiento de minerales o rocas útiles.
- e) Yacimiento del que se extraen piedra y otros materiales usados en la construcción.
- f) Mezcla de hierro con carbono, que se funde a menor temperatura que el hierro puro.

40. Para los siguientes minerales: pirita ( $\text{FeS}$ ), fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), halita ( $\text{NaCl}$ ), casiterita ( $\text{SnO}_2$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), indicá:

- a) Cuáles contienen calcio.

- b) Cuáles contienen hierro.
- c) Cuáles son óxidos.
- d) Cuáles son halogenuros.
- e) Cuál se emplea en la sal de mesa común.

41. Dada la siguiente ecuación iónica:



- a) Escribí la hemiecuación de reducción y la de oxidación.
- b) Indicá el agente oxidante y el agente reductor.

42. Observá la imagen y respondé las preguntas.



- a) ¿Qué tipo de objetos pueden corroerse?
- b) ¿En qué consiste la corrosión como proceso redox?
- c) ¿Cómo se fabrica el acero inoxidable?
- d) ¿En qué consiste la protección galvánica?

43. Resolvé el siguiente problema.

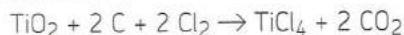
El titanio, uno de los diez metales más abundante en la corteza terrestre, recién se obtuvo puro a comienzos del siglo xx, ya que su metalurgia es muy complicada. Es menos denso que el acero y casi tan duro como el diamante. Se usa en la construcción aeroespacial, para la superficie exterior de cohetes y aviones supersónicos.

Se tienen 150 g de rutilo, un mineral de titanio cuya pureza en óxido titánico ( $\text{TiO}_2$ ) es del 85%. Se hacen reaccionar con 190 g de carbón, cuya pureza en

carbono (C) es del 95% y exceso de cloro ( $\text{Cl}_2$ ). Hallá el rendimiento de la reacción, sabiendo que se obtuvieron 225 g de cloruro titánico ( $\text{TiCl}_4$ ).

Datos:  $M_r \text{TiO}_2$ : 80;  $M_r \text{TiCl}_4$ : 190; Arc: 12.

Ecuación balanceada:



- 44.** El cinc es un metal muy utilizado en la industria de la construcción para la fabricación de techos. Resolvé el siguiente problema que involucra a este metal.

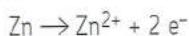
¿Cuántos moles de cloruro de cinc ( $\text{ZnCl}_2$ ) se obtienen cuando se agregan a 1,635 g de un mineral cuya pureza en cinc es del 80%, una solución acuosa que contiene 0,34 mol de ácido clorhídrico (HCl), si el rendimiento de la reacción es del 95%?

Datos:  $M_r \text{Zn}$ : 63,5;  $M_r \text{HCl}$ : 36,5;  $M_r \text{ZnCl}_2$ : 136,4

Ecuación balanceada:



- 45.** Las baterías comerciales consisten en una o varias pilas electroquímicas que mantienen una tensión constante durante un cierto lapso. La pila común consta de dos electrodos en los que se producen las hemirreacciones que se simbolizan como:



Indicá cuál de ellas corresponde al cátodo y cuál al ánodo y el signo (positivo o negativo) de cada uno de los electrodos.

- 46.** Respondé las siguientes consignas acerca de los minerales que forman parte del organismo humano:

- a) ¿Cuáles son las principales funciones que cumplen los minerales en el organismo humano?
- b) Nombrá por lo menos cinco elementos que se encuentren formando parte de los minerales en el cuerpo humano.
- c) ¿Qué son los oligoelementos? Nombrá por lo menos tres de ellos.

- 47.** Completá las siguientes oraciones, escribiendo las palabras que correspondan, referidas a la metalurgia del hierro.

La metalurgia del hierro es también conocida como \_\_\_\_\_. El hierro se prepara en altos hornos, en los que se obtiene el arrabio, una mezcla formada, aproximadamente, por 92% de \_\_\_\_\_ y pequeñas porciones de carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre.

Una vez eliminada la ganga, por la parte superior del alto horno se introduce la \_\_\_\_\_, que atraviesa la cuba. En la parte inferior del horno, además del arrabio, se forma la escoria, que contiene silicato de calcio y otras impurezas.



### Libros

Adams A. y MacKenzie W. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. Barcelona, Masson S.A., 1997.

Contiene referencias y clasificaciones sobre mineralogía e imágenes en color de diversas rocas y minerales.

Sánchez Gómez, J. *Minería y metalurgia en la edad moderna*. Madrid, Akal, 1997.

Este texto es parte de la colección "Historia de la ciencia y de la técnica". Recorre la historia de la metalurgia desde el siglo xv hasta nuestros días. Es de destacar su referencia a la evolución de la minería americana.

### Internet [sitios consultados en octubre de 2010]

<http://www.educ.ar/>

Portal educativo del Estado argentino. Contiene colecciones

sobre diferentes temáticas, noticias y debates muy interesantes. No te pierdas la nota "Conocimientos prequímicos del mundo antiguo", muy relacionada con los contenidos de este capítulo.

[http://aportes.educ.ar/quimica/nucleo-teorico/recorrido-historico/antecedentes/conocimientos\\_preqimicos\\_del\\_1.php?page=2](http://aportes.educ.ar/quimica/nucleo-teorico/recorrido-historico/antecedentes/conocimientos_preqimicos_del_1.php?page=2)

<http://mineria.ecoportal.net/>

Sitio en el que se analiza la importancia de la minería, pero también se cuestionan los efectos contaminantes de esta actividad. Contiene numerosas notas sobre estos temas, redactadas por especialistas.

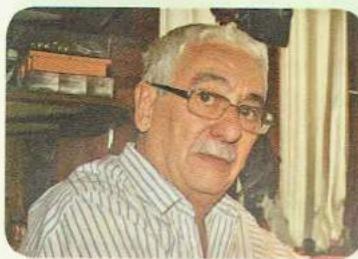
<http://www.mapaeducativo.edu.ar/atlas/mineria>

Sitio del Ministerio de Educación de la Nación que presenta información actualizada y mapas sobre minería en la República Argentina.

## La posta

Por Alejandro Balbiano.

Cuando hablamos de metales nos estamos refiriendo tanto a los elementos puros como a sus aleaciones. Son sólidos que reflejan la luz y esta característica les otorga un brillo especial. En este sentido se destaca la plata. Para que nos cuente sobre los "secretos" de la belleza de este metal y cómo se lo utiliza para confeccionar piezas únicas, entrevistamos en su taller a Juan Carlos Pallarols, un verdadero maestro de la orfebrería.



Juan Carlos Pallarols es maestro orfebre desde hace más de cincuenta años. Estudió algunos años en la Academia Nacional de Bellas Artes, pero su experiencia la hizo junto a su padre y su abuelo. Perteneció a la sexta generación de una familia de orfebres o plateros. Tiene el cargo de hacer el bastón presidencial desde que volvió la democracia en 1983.

Hizo piezas para el papa Benedicto XVI, la princesa Máxima de Holanda, Lady Diana, la familia real de España y varios presidentes argentinos.

[www.pallarols.com.ar](http://www.pallarols.com.ar)

# La magia de los metales

### ■ Maestro Pallarols, ¿qué es ser un orfebre?

Un orfebre es, tradicionalmente, la persona que trabaja con metales no ferrosos, como el bronce (una aleación de cobre y estaño), el oro y la plata. Hay orfebres que también trabajan el acero. Existe una amplia gama de orfebres que utilizan unas ciento cincuenta variedades de técnicas: enchapados, bruñido, pulido, baños metálicos, grabados y engranzados. Con los metales mencionados se hacen objetos decorativos, esculturas, servicios de mesa, condecoraciones, medallas, herrajes, adornos.

### ■ ¿Es una actividad en "peligro de extinción"?

No, afortunadamente en los últimos años la actividad empezó a "evolucionar" favorablemente. Hoy hay muchos chicos que están aprendiendo el oficio y hay más orfebres que los que había hace treinta años. Además, estoy convencido de que la economía argentina se puede modificar para mejor, si les damos importancia a todas las artesanías o artes especializadas. No solamente a la plata, sino también a los cueros, a la cerámica e incluso a los autos de alta gama.

### ■ ¿Qué ocurre en los países desarrollados del mundo?

En Europa, fundamentalmente los autos de alta gama, los fabrican los "blancos". Se los llama así porque tienen canas y son los últimos artesanos que van que-

"Un orfebre es, tradicionalmente, la persona que trabaja con metales no ferrosos, como el bronce [...] el oro y la plata".

dando de todas las especialidades, tanto en metales como en mecánica o tapicería. Esos autos son realizados por gente muy especializada.

### ■ ¿Y en la Argentina qué pasa?

En la Argentina todavía quedan muchísimos "blancos". Las guerras mundiales fueron una desgracia para los europeos, pero una "suerte" para la Argentina, en el sentido de que todos escapaban y querían trabajar en paz en nuestro país. Así hemos tenido las mejores fábricas de porcelana, de cristales, matricería. Hace cincuenta años, en nuestro país se hacían las dos terceras partes de las cajas de reloj de plata y oro que se producían en todo el mundo. En aquel entonces, la educación de los jóvenes en los talleres les permitía conocer todas las posibilidades y descubrir una vocación y así forjarse una carrera. Eso nos pasó a mí y a mis hermanos.

### ■ ¿Existen escuelas de orfebrería en nuestro país?

Sí, hay varias. La carrera se estudia, entre otras, en la Escuela Técnica Raggio, que forma muy bien a los chicos, no solo en orfebrería sino también en ebanistería, matricería, grabado de cuños, encuadernación. Mi nieta está en 2.º año de esa institución. También está la Escuela Municipal de la Joya en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Escuela Municipal de Orfebrería y Artesanías Tradicionales de Olavarría, cuyo fundador y director es el maestro Armando Ferreira.

### ■ Maestro orfebre Pallarols, ¿usted se considera un artista o un artesano?

Yo me considero, y siento un profundo orgullo, si logro ser un buen artesano.

Ese es mi objetivo. Creo que para consagrarse hay que conocer el lenguaje de cada profesión. Así como el literato tiene que conocer las reglas gramaticales, nosotros tenemos que saber cómo se manejan los metales, el fuego y la química, para que la pieza que hemos concebido en nuestra mente refleje esa idea y que no sea "hija" de la casualidad. Para ser un buen artesano, hay que ser una buena persona.

■ **Usted mencionó que cada pieza no debe ser fruto de la casualidad sino que hay que poder repetirla, ¿a qué se refiere?**

Eso me lo han recalcado muchos maestros que tuve. Los primeros fueron mi abuelo y mi papá. Siempre me decían: "No puede ser que tu obra sea obra de la casualidad, vos tenés que hacer una hoja y poder repetir otra igual". Con eso querían decir que es muy importante conocer y hacer todos los cursos que sean necesarios, para saber cómo se engarza una piedra, cómo se hace la fundición de un metal, cómo se logra una aleación de determinado tipo. Para eso hay que ser un gran artesano.

**"Yo me considero, y siento un profundo orgullo, si logro ser un buen artesano".**

■ **¿Qué tipos de metales y aleaciones utiliza para hacer sus creaciones?**

La base principal de nuestro trabajo es la plata. Por eso en la Argentina a los orfebres también se los llama "plateros". Nosotros traemos la plata pura de los Yacimientos Mineros Agua de Dionisio (YMAD), una mina de plata que está en la provincia de Catamarca. Esa plata tiene un 99,9% de estado de pureza y de acuerdo con la obra que vamos a realizar se hace la aleación. La plata en estado puro

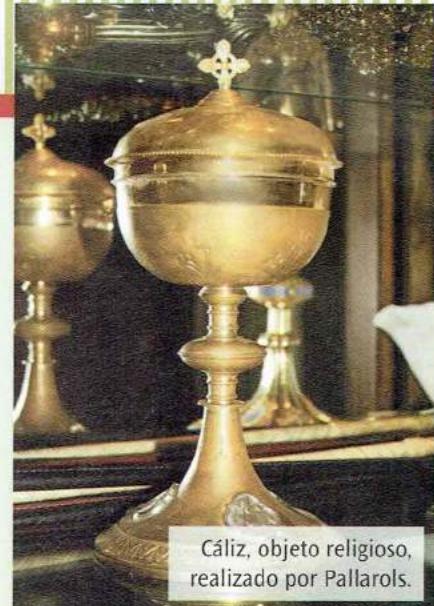
es blanda como el estaño y el plomo, y en ese estado no es posible hacer una pieza. Para hacerla resistente se le agrega cobre y se logra la plata 950, 925 y 900 (según la proporción de cobre agregado; la plata 950, por ejemplo, tiene 95% de plata y 5% de cobre). En esa concentración conserva la blancura intensa y el brillo. La plata es un material noble, que se lo compara con la Luna, por la luminosidad que tiene, por la blancura y la transparencia de su brillo. La plata no es famosa por su resistencia, sino por su belleza.

■ **¿Cuál es el secreto para ser un buen platero?**

El secreto del platero es encontrar el término medio entre belleza y resistencia. Por ejemplo, cuando hago un estribo, fabrico las partes que requieren resistencia en plata 800 y luego hago la cobertura superficial, que es la que luce el cincelado, en plata de más alto título o concentración. Además, la plata es un material sumamente sensible a la oxidación, pero también con el mínimo rozamiento con la piel o con la ropa vuelve a brillar. Es el milagro que tiene la plata. Conociendo estas intimidades del metal es que el artesano puede obtener una pieza mucho más bella.

■ **¿Cuándo es el momento justo para utilizar la plata?**

La plata se purifica con fuego. Siempre uso una frase de San Malaquías cuando le pregunta a Dios "cuál es el momento en el cual la plata está realmente purificada" y la voz del creador le responde "cuando veas reflejada tu cara en ella". Cuando uno coloca dos o tres kilos de plata en un crisol y lo calienta, llega un momento en que se forma como una yema de huevo muy grande que está flotando en algo transparente (por el agregado de bórax o tetraborato

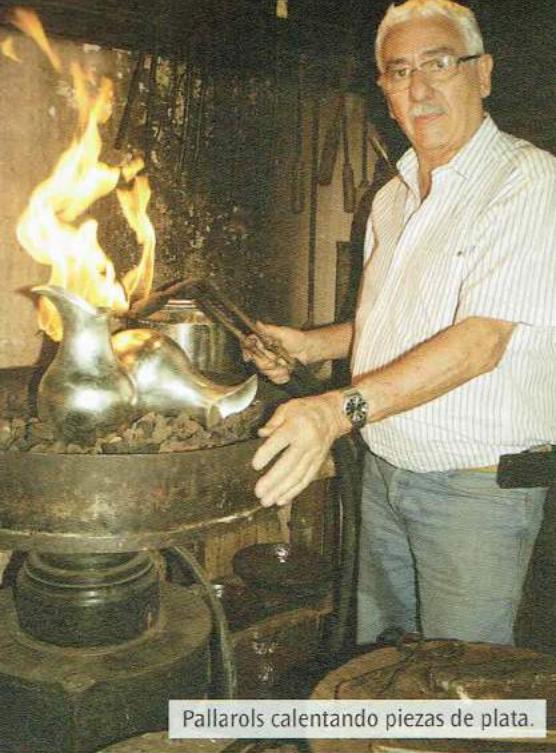


Cáliz, objeto religioso, realizado por Pallarols.

de sodio que la purifica y desoxida), y cuando uno se ve realmente reflejado en la plata fundida, ese es el punto justo.

■ **¿Cómo se prepara el oro para hacer enchapados?**

Para hacer un baño de enchapado de una pieza, hay que preparar primero la sal de cloruro de oro. Hace cincuenta años que la preparo y hay pocas cosas que me sorprenden tanto como esa elaboración. El oro puro no es atacado por ningún ácido. La única mezcla que consigue disolver el oro es el "agua regia", que se prepara mezclando dos partes de ácido clorhídrico y una parte de ácido nítrico. A ese ácido le agregamos láminas muy finitas de oro, y el metal empieza a entrar como en ebullición. La mezcla va tomando un color levemente amarillo. A medida que se va disolviendo el oro y se van evaporando los ácidos, empieza a tomar un color naranja y luego un rojo cada vez más intenso, que va desde el rojo rubí, pasando por el color "sangre de toro" y finalmente un rojo más intenso llamado "sangre de dragón". Al llegar al color negro, se ha formado la sal, que se disuelve en cianuro de potasio. Mediante el sistema de galvanizado se puede "metalizar" luego una pieza de plata y dejarla de color oro (enchapado).



Pallarols calentando piezas de plata.

### ■ ¿Se puede realizar este proceso sin electricidad?

Para lograr que el oro que está disuelto se adhiera a una pieza se utiliza el paso de la electricidad a través de un ánodo y un cátodo. Se necesita entre medio y un voltio, según la velocidad con la que queremos hacer el proceso. Pero ¿qué pasa si no tenemos una batería o electricidad? Mi padre me enseñó que atravesando unas veinte papas con un alambre de cobre y un alambre de cinc, y tomando de ahí un ánodo y un cátodo, se genera la corriente necesaria para hacer el trabajo. Ese sistema funciona entre tres y seis horas. Así dorábamos piezas usando papas cuando trabajamos en la provincia de Corrientes.

### ■ ¿Algunos de los materiales que utilizan son tóxicos?

Si bien en apariencia parece que tenemos más que ver con la alquimia que con la química, en realidad sabemos lo peligrosas que son ciertas sustancias. Por ejemplo, nosotros utilizamos en el taller cianuro de potasio, que sirve, entre otras cosas, para la purificación de metales,

pero también usamos ácido clorhídrico. A lo largo de mi vida he visto aprendices que no evaporaban bien el ácido clorhídrico y lo mezclaban con productos que tienen cianuro. Se produce el gas cianhídrico, que es un gas letal. Es muy importante para el artesano saber y aprender muy bien sobre los materiales que utiliza. Es sumar experiencia y saber.

### ■ ¿Qué es más importante para ser un buen orfebre, el aprendizaje o la experiencia?

El conocimiento es muy importante, pero hay que agregarle luego esa sabiduría que da el trabajo. Mi abuelo me contaba siempre una anécdota. Cuando se hizo la custodia para el Congreso Eucarístico (en el culto católico, la custodia es la pieza de plata o de oro donde se coloca la hostia ya consagrada), había que fundir un lingote de 25 o 30 kilos de plata. Era para hacer la base de la custodia que hoy está en la catedral. Eso lo hizo una empresa alemana y los Pallarols les prestamos los crisoles y los hornos como colaboración de nuestra familia. Utilizando los manuales de metalurgia y siguiendo las temperaturas para fundir, no salía. Lo fundieron tres o cuatro veces y salía lo que nosotros llamamos "metal agrio", que se resquebraja un poco. Entonces lo llamaron a mi abuelo.

### ■ ¿Y él qué hizo?

Él utilizaba un varillita larga de acero, que nosotros llamamos "badila", y cuando los alemanes le preguntaban a qué temperatura había que sacar la plata, él les decía "no sé". Pero que cuando les dijera "ahora", tendrían diez segundos para

**"El conocimiento es muy importante, pero hay que agregarle luego esa sabiduría que da el trabajo".**

volcarlo en el molde. Sabía que cuando se derretía la punta de la badila y producía una bolita de fuego que brillaba, era el momento justo. Así se hizo, previo agregado de bórax y vidrio (otro secreto de la experiencia) y salió un lingote de once kilos impecable, que luego se laminó. Hoy es la base de la custodia que está en la Catedral de Buenos Aires.

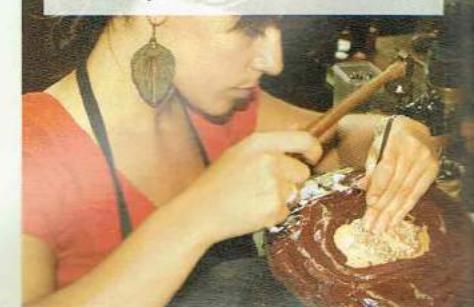
### ■ La orfebrería ¿es un trabajo de hombres o de mujeres?

Es una actividad de hombres y de mujeres. Hay tareas que requerían fuerza o eran muy sucias y las hacían exclusivamente los hombres. Pero la orfebrería no es cuestión de fuerza, sino de maña. Hoy hay tareas que son de gran refinamiento y sensibilidad que las mujeres las hacen muy bien. En mi familia yo he tenido una tía, hermana de mi mamá, que cuando era pequeña ingresó en el taller y trabajó con papá hasta los treinta años. Era una gran platera. Ahora hay sobrinas, hermanos y hermanas e incluso una nieta que están trabajando con nosotros.

### ■ ¿Qué obras tuyas lo representan mejor?

Me gusta trabajar en cosas que tienen que ver con la fe, con la liturgia religiosa y también los bastones de mando. Mi padre hizo bastones de mando presidenciales, mi abuelo también y yo participo desde 1982. Con el bastón de Néstor Kirchner introduce un cambio. Le di al bastón un estilo argentino, el de la platería criolla. Hice una cosa muy

En la actualidad hay muchas mujeres que se dedican a la orfebrería, en este caso una joven cincelando.



Bastón de mando presidencial que perteneció a Néstor Kirchner.

simple: representé cada provincia con un cardo y tres pimpollos por las islas del Atlántico Sur. Además, utilicé madera de urunday, un árbol de las selvas sudamericanas que tiene grandes virtudes. Su madera es simple, pero resistente, aguanta las inclemencias del clima: frío, agua, sol, no se tuerce, no se pudre, y cuando uno la trabaja brilla por sí sola. Es una madera rica en ceras y resinas. Siempre le menciono al presidente cuando le entrego el bastón, en un pequeño escrito que le hago, que tenga la sabiduría de esta madera: que no se tuerce, no se quiebra fácilmente, no se rompe y que brilla por sí sola.

### ■ También son famosas sus rosas de plata, ¿cómo las hace?

Las rosas de plata que yo hago me han hecho famoso en el mundo a partir de la rosa de la princesa Máxima de Holanda. Le di un color blanco nacarado, y eso lo consigo con fuego y ácido sulfúrico. Es la magia del fuego y el ácido combinados. Parece que tuviera pétalos reales.

### ■ En algunas de sus obras han participado miles de personas. ¿Por qué no nos cuenta esa experiencia?

La orfebrería es una artesanía que está muy ligada a los acontecimientos

históricos. En 1983 comencé a compartir el cincelado de los bastones de mando presidencial con muchos vecinos de la ciudad, y con el correr de los años, recorrió el país entero desde Ushuaia hasta La Quiaca, haciendo todos los bastones de mando presidencial. En el último bastón participaron 700.000 personas en una sola obra y con un objetivo en común. También hice un cáliz para Juan Pablo II cuando vino a la Argentina y luego uno nuevo para el papa Benedicto XVI. Después de trabajar y de recorrer durante meses el país, se lo entregamos en Roma. En ese cáliz trabajaron 212.000 personas. En el cáliz del Papa, lo que más me impactó, y siempre lo recuerdo, es que mucha gente escribía (aparte de hacerlos golpear sobre la pieza, pongo un libro para que escriban y que cada uno se exprese) que no eran católicos, pero que se sentían orgullosos de participar en algo que tenía que ver con la fe, con la historia y con la unidad de los argentinos. Pienso que no sirve de nada hacer cosas bonitas si no están cargadas de humanidad.

### ■ Usted participó en la restauración de algunas piezas del Teatro Colón, muchas de ellas hechas por su abuelo. ¿Cómo fue esa experiencia?

Mi bisabuelo muere en 1904, y mi abuelo decide venirse a vivir a Buenos Aires para trabajar en el Teatro Colón. Mi abuelo hizo gran parte de las piezas de orfebrería de ese teatro. Cuando me llamaron para ayudar en la restauración fue una gran emoción, porque sé que estuve caminando y tocando cosas que había hecho mi abuelo hacía cien años. Fueron unos meses mágicos.

**"Mi abuelo hizo gran parte de las piezas de orfebrería de ese teatro. Cuando me llamaron para ayudar en la restauración fue una gran emoción porque sé que estuve caminando y tocando cosas que había hecho mi abuelo hacía cien años".**

### ...por qué eligió la orfebrería.

Soy hijo, nieto, bisnieto, tataranieto, y un par de generaciones más hacia atrás, de una familia que se dedicó toda su vida a la artesanía de los metales preciosos. La sensación que siento es que sigo con papá o con el abuelo incursionando en distintas cosas que tienen que ver con el fundido, con el forjado, con la química, que nos ayudan a poder moldear esos metales. La orfebrería es un modo de expresión y una forma de vida que me hace sentir feliz y digno. Desde muy chiquito empecé en forma práctica el trabajo con el abuelo y con papá en el taller en Lomas de Zamora. Puedo decir con orgullo y alegría que hoy no conozco la diferencia entre el juego y el trabajo. No sé si algún día dejé de jugar y empecé a trabajar. Despues comencé Bellas Artes, pero en 2.º año de la Academia Nacional de Bellas Artes, la situación económica de mi familia era comprometida porque a raíz de la fundición del monumento de Eva Perón (con la revolución de 1955) mi papá perdió su casa y se fue a trabajar a la provincia de Corrientes. Yo preferí abandonar la Academia de Bellas Artes y acompañarlo. Me parecía que iba a aprender mucho más. Afortunadamente hice eso, porque papá murió a los sesenta años, y así pude aprovechar los últimos cinco años de su vida intensamente, acompañándolo y aprendiendo muchos secretos del oficio.

### ...cuáles son sus pasatiempos.

Me encantan las plantas. Tengo mi propia huerta en un campo chico en San Antonio de Areco. Ahí también compartimos con una de mis hijas, que es veterinaria, la pasión por criar animales. He restaurado todos los carroajes que había en el campo. Me hacen feliz todas las tareas que me hagan soñar, que me permitan trabajar con mis manos, con mi imaginación, con el color o con la forma. Me gusta la buena música clásica, el tango, la música española y el buen folclor. Me encanta leer poesía, historia, cuentos y novelas.



Rosa de plata.



## CASOS REALES

**D**esde Sherlock Holmes hasta la actualidad de Lie to me, aclarar enigmas o resolver situaciones complejas siempre ha estimulado nuestra imaginación.

Ahora bien, tanto en la ficción como en la vida real, la resolución de casos difíciles implica, la mayoría de las veces, investigar exhaustivamente, proponer diferentes hipótesis y tratar de llegar a una conclusión. Esto mismo ocurre cuando tenemos que resolver situaciones en las que el conocimiento científico juega un rol clave.

*En esta sección te presentamos casos reales, con la información disponible. Para cada uno, tendrás una lista de los participantes con su rol bajo el título "Actores involucrados". Contarás, además, con datos concretos en "Herramientas de análisis" e información adicional en "Para tener en cuenta".*

A veces, tendrás que identificar primero el o los problemas. En todos los casos, habrá preguntas para contestar, desde ¿cuáles son las causas del problema? hasta ¿cuáles serían las posibles soluciones? ¡y de ellas, las mejores opciones?

Sobre las respuestas que halles, deberás debatir en grupo para encontrar una explicación de los hechos. Algo muy importante: cualquiera que sea tu respuesta, deberás poder argumentarla.

*¡A proponer y defender tus ideas, entonces!*

**Decreto de prisión en Mafalda**

## Petróleo en el banquillo de los acusados

El 1991 se presentó en la Corte Suprema de Justicia un caso que generó una polémica que aún hoy sigue vigente: el decreto de prisión preventiva contra el ex presidente Raúl Alfonsín.

En el año 1991 se realizó la audiencia de prisión preventiva contra el expresidente Raúl Alfonsín y su esposa, María Soledad, en el año 1991. La fiscalía lo acusó de haberse beneficiado con la "licitación irregular" de la compra de 100 mil barriles de petróleo en el año 1982. La licitación se realizó para abastecer las necesidades de la Comisión de Hidrocarburos, la cual era encargada de proveer de combustible a las unidades productivas y administrativas del Estado.

Algunos sectores de la oposición consideraron que el decreto violaba la Constitución, ya que no existía una demanda judicial contra el ex presidente. La Corte Suprema lo dejó en libertad, pero el caso siguió siendo objeto de debate.

**Monumento al abuelo**

- El decreto se realizó el 19 de diciembre de 1991.
- La fiscalía lo acusó de haberse beneficiado con la "licitación irregular" de la compra de 100 mil barriles de petróleo en el año 1982.
- La licitación se realizó para abastecer las necesidades de la Comisión de Hidrocarburos.
- Los sectores de la oposición consideraron que el decreto violaba la Constitución, ya que no existía una demanda judicial contra el ex presidente.
- La Corte Suprema lo dejó en libertad.

**El decreto de prisión preventiva contra el ex presidente Raúl Alfonsín y su esposa, María Soledad, se realizó el 19 de diciembre de 1991.**

**Alfonsín y su esposa, María Soledad, en la audiencia de prisión preventiva.**

**Los resultados**

En 1991 se presentó en la Corte Suprema de Justicia un caso que generó una polémica que aún hoy sigue vigente: el decreto de prisión preventiva contra el ex presidente Raúl Alfonsín.

La Corte Suprema lo dejó en libertad, pero el caso siguió siendo objeto de debate.

**Monumento al abuelo**

- El decreto se realizó el 19 de diciembre de 1991.
- La fiscalía lo acusó de haberse beneficiado con la "licitación irregular" de la compra de 100 mil barriles de petróleo en el año 1982.
- La licitación se realizó para abastecer las necesidades de la Comisión de Hidrocarburos.
- Los sectores de la oposición consideraron que el decreto violaba la Constitución, ya que no existía una demanda judicial contra el ex presidente.
- La Corte Suprema lo dejó en libertad.

**Los resultados**

En 1991 se presentó en la Corte Suprema de Justicia un caso que generó una polémica que aún hoy sigue vigente: el decreto de prisión preventiva contra el ex presidente Raúl Alfonsín.

La Corte Suprema lo dejó en libertad, pero el caso siguió siendo objeto de debate.

**Monumento al abuelo**

- El decreto se realizó el 19 de diciembre de 1991.
- La fiscalía lo acusó de haberse beneficiado con la "licitación irregular" de la compra de 100 mil barriles de petróleo en el año 1982.
- La licitación se realizó para abastecer las necesidades de la Comisión de Hidrocarburos.
- Los sectores de la oposición consideraron que el decreto violaba la Constitución, ya que no existía una demanda judicial contra el ex presidente.
- La Corte Suprema lo dejó en libertad.

## Búsqueda de petróleo en el mar

### *Para trabajar con los temas de la sección I*

## Petróleo en el banquillo de los acusados

## *Para trabajar con los temas de la sección I*

**Hierro, ¿suplementar o enriquecer?**

El hierro es un nutriente esencial ya de la infancia, casi siempre en forma de suplemento. Los niños y adolescentes tienen una tasa alta de absorción de este mineral. Que haces, entonces, para garantizar su consumo y evitarte preocupaciones adicionales con el tema?



**1. Hierro, absorción y necesidad**

- **¿Qué es el hierro?** Es un mineral que forma parte de la hemoglobina, la proteína que transporta el oxígeno en las células.
- **¿Por qué es importante?** El hierro es esencial para la salud y el desarrollo del niño. Ayuda a prevenir la anemia, que es la carencia de hierro en el organismo.
- **¿Cuál es la necesidad?** La cantidad de hierro que se recomienda para los niños varía según la edad: 10 mg para los bebés de 0 a 6 meses, 15 mg para los niños de 1 a 3 años y 10 mg para los adolescentes.
- **¿Por qué es necesario suplementar?** La absorción de hierro es menor en los niños que no comen carne, pescado o pollo. La mejor fuente de hierro es la carne roja, pero también se absorbe bien el hierro vegetal, aunque es más difícil de digerir.
- **¿Cuándo es necesario suplementar?** Si tu hijo tiene una dieta pobre en hierro o si tiene problemas de absorción, como la coccidioides o la enfermedad de Crohn, es recomendable suplementar.

## A favor y en contra de la minería

*Para trabajar con los temas de la sección III*

*Para trabajar con los temas de la sección II*

• 100 •

## *Para trabajar con los temas de la sección II*

**A favor y en contra de la minería**

卷之三

# Petróleo en el banquillo de los acusados

El 15 de enero de 1999 a las 14:30, el barco alemán *Sea Paraná* chocó contra el buque *Estrella Pampeana* de la empresa Shell, en el Río de la Plata. Se produjo un derrame de 5.300 m<sup>3</sup> de hidrocarburos. La "mancha" se desplazó hasta las playas de Magdalena y afectó unos 30 km de costa de la provincia de Buenos Aires. Se contaminaron el agua, la flora y la fauna, y el petróleo entró en la desembocadura de arroyos y humedales. Los pobladores de la zona mencionaron también que se contaminaron las napas de agua.

El Municipio de Magdalena presentó una demanda millonaria contra la empresa Shell por daños ecológicos en las costas y aguas del distrito.

### Herramientas de análisis

- En febrero de 1999, el Municipio de Magdalena demandó a Shell por da-



Ave empetrada.

En 1999 ocurrió el peor derrame de petróleo en aguas dulces argentinas como consecuencia del choque de dos barcos. El accidente provocó daños ambientales, pero también una fuerte disputa entre la empresa petrolera y el Municipio de Magdalena.

ños al ambiente y pidió un embargo por 50 millones de pesos. La causa recayó en el Juzgado Federal N.º 1 de La Plata.

- En marzo de 1999, la causa pasó al Juzgado Federal N.º 2 de La Plata, que ordenó el embargo y lo elevó a 60 millones de pesos.
- En noviembre de 2002, el juez federal de La Plata condenó a Shell a ejecutar tareas de remediación por un valor de 35 millones de dólares.
- En diciembre de 2007, el caso pasó a los juzgados federales de la Capital.
- En un arreglo extrajudicial, la petrolera ofreció 9,5 millones de dólares, es decir, unos 35 millones de pesos.

### Actores involucrados

- Empresa petrolera.** Es la dueña del barco monocasco, es decir que no tenía el doble casco que los países desarrollados exigen a los buques petroleros que transportan petróleo.
- "Junqueros".** Son los principales afectados por el derrame. Unas 120 familias vivían de la recolección y venta de los juncos que crecen junto al río y eran utilizados para tejidos.
- Municipio de Magdalena.** Tiene unos 20.000 habitantes que vivían princi-

palmente del turismo y la recreación. Antes del accidente, su balneario era visitado durante el verano por unas 10.000 personas, hoy no llegan a 3.000.

- Plebiscito.** Fue convocado por el Municipio de Magdalena en respuesta a la propuesta de la empresa petrolera. A través del voto debían decidir si aceptaban el dinero o si estaban a favor de continuar el juicio.

### Para tener en cuenta

Los ecosistemas de la costa de Magdalena se mantenían prácticamente vírgenes, por lo que Naciones Unidas los declaró Reserva Mundial de Biosfera. Hoy, a raíz del derrame, existe contaminación.

La empresa Shell no reconoció la responsabilidad del accidente. Más de veinte años después, presentó un acta-acuerdo al Municipio de Magdalena, en la que ofreció la suma de casi 10 millones de dólares y la colaboración para brindar asesoramiento legal, ambiental, tecnológico.

El Municipio de Magdalena convocó a un plebiscito para votar por la afirmativa o por la negativa ante la propuesta de la petrolera. El voto se llevó a cabo el 17 de mayo de 2009 y dio un resultado del 77% a favor y el 23% en contra del acuerdo.

La empresa Shell afirma que los estudios indican que ya no hay rastros de petróleo en la costa. Sin embargo, los ambientalistas aseguran que el daño aún existe.

### ACTIVIDADES

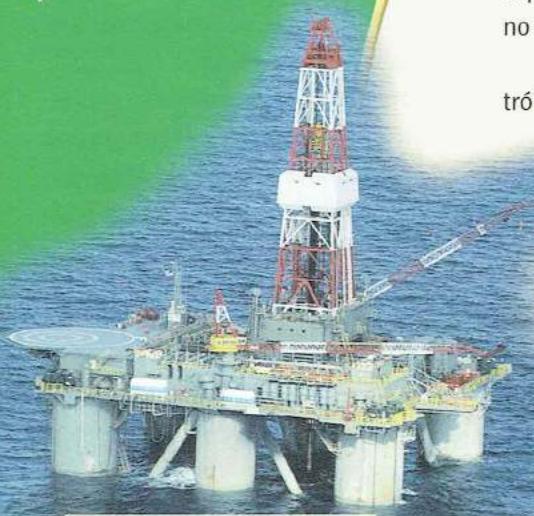
- El choque de los barcos fue un accidente, pero ¿creés que se podrían haber evitado los efectos del derrame? ¿Cómo?
- Si hubieras tenido que votar en el plebiscito de Magdalena, ¿por qué opción habrías votado? ¿Por qué?
- Sobre la base del estudio de caso, para qué utilizarías el dinero que eventualmente podría pagar la empresa Shell: ¿para indemnizar a los afectados o para remediar el ambiente? Justificá.



## Derrame de petróleo en el Golfo de México

# Búsqueda de petróleo en el mar

*La humanidad tiene gran necesidad de energía y el petróleo es la forma más sencilla de generarla. Las reservas se agotan y los precios suben. La búsqueda de petróleo en el mar es una alternativa, pero esta actividad puede ocasionar graves problemas.*



### Actores involucrados

- **Pozo petrolero.** El pozo Macondo se encontraba a 80 km de la costa este de los Estados Unidos a una profundidad de 1.500 metros.
- **Presidente de los Estados Unidos.** En representación de un país cada vez más ávido de petróleo, autorizó el 31 de marzo de 2010 nuevas perforaciones de petróleo y gas en las aguas del Golfo de México.
- **Empresa petrolera.** Fue la que alquiló la plataforma petrolera *Deepwater Horizon*. Recién luego de casi cuatro meses pudo detener el derrame de petróleo submarino.
- **Pobladores locales.** Son los que viven en los estados más afectados por el derrame: Louisiana, Mississippi, Alabama y Florida.
- **Especies amenazadas.** Son las que viven fundamentalmente en los humedales de Louisiana. Un tercio de las ostras y los camarones de los Estados Unidos proviene de esas aguas. El derrame afectó también a los peces, sobre todo al atún de aleta azul y a los manglares.

**L**os países desarrollados necesitan cada vez más petróleo para mantener sus economías en acción. Pero el problema es que las reservas terrestres se están agotando y, para colmo, se estima que el precio del barril alcanzará valores muy altos en los próximos años. La ecuación económica basada en el valor del barril y en la escasez de las reservas hace posible una jugada de riesgo: la exploración para buscar petróleo en pleno mar.

Los Estados Unidos utilizan más petróleo que cualquier otro país del planeta, pero no tienen muchas reservas propias, salvo en el mar. Dependen en un 60% del petróleo extranjero, principalmente de Venezuela y de los países árabes. Pero existen importantes depósitos petroleros en las profundidades del Golfo de México, uno de los lugares más peligrosos para perforar. Hoy el Golfo repre-

senta el 30% de la producción petrolera de los Estados Unidos y la mayor parte proviene de aguas profundas (entre 305 y 1.524 metros) y de aguas ultraprofundas (más de 1.525 metros). Desde 1980 no se permitían perforaciones *offshore*, es decir, en aguas abiertas, cuando George Bush (padre) así lo dispuso. Esa moratoria fue anulada en 2008 por George Bush (hijo). El nuevo presidente Barack Obama mantuvo esa medida. Durante casi treinta años, la exploración petrolera en el mar estuvo prohibida por la amenaza de posibles accidentes que podrían dañar el ambiente. El levantamiento de la prohibición se basó en estudios del Servicio Geológico, que arrojaron datos según los cuales la costa atlántica estadounidense podría tener casi 4.000 millones de barriles de petróleo en cada pozo. Hoy los Estados Unidos importan unos 2.000 millones de barriles al año de las naciones de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

En este contexto, la gigantesca plataforma petrolera marina *Deepwater Horizon*, una de las torres de perforación más avanzadas del mundo, estaba perforando el pozo Macondo en abril de 2010, en las aguas profundas del Golfo de México. Desde el principio hubo problemas: huracanes, se trabó la tubería de perforación, y como estaban atrasados en los tiempos de perforación saltaron pasos en los sistemas de seguridad.

La tragedia estaba al caer, y sucedió. El 20 de abril de 2010, la superpla-

Mancha de petróleo en el mar.

taforma marina *Deepwater Horizon* se incendió, explotó, y dos días después se hundió en pleno Golfo de México. De esta manera comenzó un derrame de petróleo que es considerado el peor desastre ecológico de los Estados Unidos. ¡Y uno de los peores del mundo!

## Herramientas de análisis

- El petróleo es hoy un recurso irreemplazable y se usa como combustible, para producir plásticos y es materia prima para la industria química.
- Los pozos en aguas profundas suministran una gran cantidad de petróleo, pero se encuentran a muy alta presión, son como botellas de gaseosas calientes y agitadas esperando a que alguien las destape.
- Durante años, los altos costos de las perforaciones profundas mantuvieron las plataformas comerciales cerca de la costa. Pero los descubrimientos espectaculares en alta mar aceleraron la demanda global de exploración en aguas profundas. Se estima que para el 2020 los pozos de más de 400 m de profundidad proveerán el 10% del petróleo mundial.
- El problema es que los avances tecnológicos para perforar fueron más rápidos que los métodos de preventión de explosiones y limpieza de derrames. La empresa utilizó los mismos mecanismos que se usaban treinta años atrás.

## Para tener en cuenta

El derrame de petróleo del Golfo de México fue de alrededor de 750 millones de litros y no tiene precedentes. Sin embargo, las pérdidas de petróleo en el Golfo no son nuevas. Durante los últimos cuarenta años, 1,5 millones de litros se han derramado de oleoductos, plataformas y pozos, y unos 155 millones de litros anuales son vertidos de orificios naturales en el fondo del Golfo.

La primera respuesta de la empresa petrolera fue quemar el petróleo en superficie, para que la mancha de petróleo no llegara a la costa. Luego se pusieron barreras para absorber el petróleo del agua a lo largo de la línea costera. Se utilizó además un dispersante químico (*Corexit 9.500*) para remover el petróleo. Según algunos especialistas, este producto puede ser más tóxico para la vida marina que el propio petróleo. Se calcula que las operaciones de limpieza costarán cerca de 450.000 millones de dólares.

Las estimaciones fueron las siguientes: una cuarta parte del petróleo derramado fue removido; otra cuarta parte se evaporó o se disolvió; un cuarto restante sigue disperso en el agua y es potencial-

mente tóxico para los organismos marinos, y el último cuarto permanece como manchas en las playas.

Habrá un antes y un después del derrame de petróleo en el Golfo. Además de once muertos, el accidente generó un desastre ecológico. El gobierno de Barack Obama dijo que se detendrá toda la exploración submarina y en el futuro se exigirá, para nuevas perforaciones, una distancia a las costas superior a los 120 km. Probablemente el accidente llevará a reforzar las reglamentaciones para la producción petrolera en aguas profundas, pero el refuerzo de las normas de seguridad tendrá consecuencias sobre los costos de producción.

Los efectos ecológicos del derrame disminuirán gradualmente, pero el impacto socioeconómico será devastador. Nada de ostras, nada de cangrejos y nada de pesca al menos en el futuro cercano. El incidente de la *Deepwater Horizon* es consecuencia directa de nuestra “adicción global” al petróleo. Este combustible tiene un costo en los surtidores, pero también tiene un precio ambiental.

## ACTIVIDADES

1. En 1989, luego del accidente del buque petrolero *Exxon Valdez* (que provocó un derrame sobre 2.000 km de la costa de Alaska), el gobierno de los Estados Unidos reforzó la legislación sobre transporte marítimo, obligando al uso del doble casco para los barcos, ¿te parece que el derrame del Golfo dará lugar a nuevas reglamentaciones? ¿Cuáles?
2. ¿Por qué te parece que los países desarrollados seguirán corriendo altos riesgos en la exploración petrolera en el mar? Justifícá.
3. Teniendo en cuenta lo ocurrido en el derrame del Golfo del México, ¿qué es mejor: prevenir el derrame o remediar luego las consecuencias? ¿Por qué?

La plataforma de perforación Q4000 opera en el Golfo de México en el lugar de la catástrofe.

## Hierro, ¿suplementar o enriquecer?

*El hierro es un micronutriente esencial y se lo encuentra naturalmente en los alimentos, pero se estima que el 70% de los chicos argentinos no alcanza a cumplir la ingesta recomendada de este mineral. Qué hacemos, ¿recetamos hierro como medicamento o enriquecemos algunos alimentos con él?*



### Actores involucrados

- **Empresas alimentarias.** Son las empresas, fundamentalmente lácteas y harineras, que suplementan leches en polvo y harinas con hierro.
- **Niños menores de dos años.** Son los más afectados por la anemia, lo que les genera graves consecuencias en su desarrollo intelectual, su capacidad de defensa frente a las infecciones y su capacidad de trabajo muscular.
- **Investigadores médicos especialistas en nutrición.** Son los que mencionaron que la anemia es la más emblemática de las deficiencias nutricionales y, en nuestro país, afecta a uno de cada tres menores de dos años. En cambio, en Chile, esto ocurre en uno de cada veinte chicos.
- **Legisladores nacionales.** Son los diputados y senadores nacionales que, siguiendo el consejo de los investigadores científicos, sancionaron leyes para enriquecer o fortificar leches y harinas con hierro.

**E**l hierro es un micronutriente imprescindible para el buen funcionamiento del organismo; esto significa que se trata de una sustancia que el organismo humano necesita en dosis pequeñas, pero indispensables para los distintos procesos bioquímicos y metabólicos. Sin hierro, nuestro cuerpo funciona "lento", ya que una de sus funciones es oxidar la glucosa para convertirla en energía. Es decir que disponemos del combustible (glucosa), pero no lo podemos usar correctamente.

Cuando falta hierro debido a una deficiencia en la alimentación, se produce la anemia. Esta es una enfermedad caracterizada por una disminución anormal en el número de glóbulos rojos o en su contenido de hemoglobina, es decir, la sustancia que transporta el oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos. Los efectos de la falta de hierro son más graves si se trata de niños pequeños. Incluso si se da

en una etapa muy temprana de la vida, aunque luego se lo suplemente adecuadamente, pueden quedar secuelas. La falta de hierro en el organismo disminuye la capacidad muscular, baja las defensas y hace que la capacidad de prestar atención sea menor.

El 70% de los chicos argentinos, aproximadamente, no alcanzaría a cumplir la ingesta recomendada de hierro, situación que en los primeros años de vida tiene una incidencia probada sobre el desarrollo de la capacidad intelectual. El primer año de vida del niño es muy importante porque es un período de crecimiento rápido y, según como haya sido el estado nutricional de la madre, el niño nace con pocas reservas de hierro. A partir del cuarto mes de vida, a los niños se les debe dar un suplemento de hierro hasta los quince meses de edad, sobre todo cuando no son amamantados. La leche humana tiene un tipo de hierro que se absorbe mucho mejor que el de la leche de vaca. El otro período crítico es la pubertad, por el crecimiento rápido que tiene el organismo.

En los alimentos, el hierro se presenta bajo dos formas: una que se denomina "hem", presente en los productos de origen animal, y otra denominada "no hem", que se encuentra en los vegetales. El hierro de origen animal se absorbe mucho mejor que el de origen vegetal. Las lentejas, por ejemplo, tienen mucho hierro, pero conviene acompañarlas con un poco de carne, para aumentar la absorción. El hierro de origen vegetal se absorbe mejor si está acompañado por hierro de origen animal.

Existen dos estrategias principales para la prevención de la falta de hierro: suplementar con hierro medicamentoso, es decir que el médico recete hierro como medicamento, o fortificar los alimentos con hierro.

## Herramientas de análisis

- La deficiencia de hierro es la causa más frecuente de anemia en los niños. Según la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud, en la Argentina presentan anemia el 16% de los menores de cinco años, el 35% de los niños de 6 a 24 meses de edad y el 20% de las mujeres en edad fértil.
- Es difícil explicar cómo en la Argentina hay niños que nacen con bajo peso de nacimiento, con mal crecimiento en los primeros años, y que tienen deficiencias de hierro, cuando nuestro país es uno de los principales productores de alimentos ricos en hierro y el país con mayor consumo *per cápita* de carne roja del mundo.
- La suplementación con hierro está indicada cuando hay una alta frecuencia de anemia y esta es de moderada a severa. Por otra parte, la suplementación, tal como es recomendada por la Sociedad Argentina de Pediatría, no se cumple en la práctica. Por ejemplo, solo el 28% de los niños anémicos del Gran Buenos Aires y el 19% en Misiones han recibido hierro medicinal.
- Luego de varios estudios sobre la prevalencia de anemia por deficiencia de hierro, el Ministerio de Salud de la Nación impulsó una legislación que estableció la fortificación de la leche en polvo distribuida a través de programas alimentarios. Se sancionaron dos leyes. La ley 25.459 de Fortificación de leche entera en polvo y la Ley 25.630 de Prevención de anemias y malformaciones del tubo neural.



## Para tener en cuenta

La carencia de hierro puede prevenirse mediante modificaciones de la dieta, el enriquecimiento de los alimentos o la suplementación medicamentosa.

La carencia de hierro es la principal causa de anemia en el niño, el adolescente y la mujer en edad fértil. Su frecuencia es mayor en los países pobres y en desarrollo, y se estima que en América Latina afecta a alrededor de 100 millones de personas. Los lactantes son uno de los grupos más susceptibles de padecer este tipo de carencia. Se calcula que entre el 12% y el 69% de los niños menores de seis años sufre de anemia en América Latina.

El enriquecimiento de los alimentos es uno de los métodos para prevenir la carencia de hierro en la población. Para su implementación se debe seleccionar un alimento ("vehículo") que sea consumido amplia y constantemente por el grupo objetivo. La leche y los cereales son los alimentos enriquecidos más utilizados en lactantes. El enriquecimiento de la leche con hierro es una medida de bajo costo y de probada eficacia.

El inconveniente de la fortificación es que se trata de una estrategia de mediano plazo; sus efectos son evidentes luego de uno o dos años de la implementación del programa, y no son suficientes para corregir las anemias moderadas a severas ya existentes. Para ellas es necesario usar la suplementación medicamentosa. Por eso, ambas estrategias no son mutuamente excluyentes, sino que pueden y deben usarse en combinación: el enriquecimiento como medida preventiva y los suplementos medicamentosos de hierro para el tratamiento de los casos diagnosticados de anemia. Por esta

razón, debería plantearse una estrategia combinada de aumento del contenido de hierro de la dieta e incorporación de algún agente facilitador de la absorción, como el ácido ascórbico, para asegurar su efectividad.

La Argentina ha sido pionera en erradicar la deficiencia de yodo endémica, que se conoce como bocio, a través de la fortificación obligatoria de la sal con yodo. Ahora el desafío es erradicar la anemia a través de la fortificación obligatoria de las harinas con hierro y ácido fólico.

Hoy se sabe que la deficiencia temprana de hierro deja una cicatriz indeleble de entre siete y doce puntos menos en el coeficiente intelectual, aunque luego sea tratada. Por eso los alimentos deben fortificarse con hierro, por eso las mujeres embarazadas tienen que tomar hierro durante el embarazo y por eso la harina fortificada que llega a la mujer en edad fértil sirve para prevenir la deficiencia en sus hijos.

### ACTIVIDADES

1. Si un niño menor de dos años o un adolescente en crecimiento se alimenta en forma balanceada y variada, ¿necesita incorporar hierro extra en su dieta? ¿Por qué?
2. Analizá los siguientes casos y decidí cuál de ellos será el mejor para prevenir la anemia. Justificá.
  - a) Una dieta de vegetales ricos en hierro, como espinaca y lentejas.
  - b) Una dieta que combina lentejas y carne.
  - c) Un buen vaso de leche fortificado con hierro.
3. Teniendo en cuenta que el exceso de hierro casi no trae problemas y que la deficiencia provoca tantos problemas en los chicos, ¿existe algún argumento contrario a la implementación de un programa de enriquecimiento de todas las leches con hierro? Justificá.



# A favor y en contra de la minería

*Los minerales son un recurso natural muy importante para la economía de nuestro país, pero para extraerlos se requiere responsabilidad y compromiso social, ya que de lo contrario su explotación puede provocar daños irreparables.*



## Actores involucrados

- **Personas que dicen "sí a la mina".** Son los mineros y los que obtienen beneficios directos o indirectos del trabajo en ellas. Son pobladores locales, pero también hay muchos inmigrantes, que son ajenos a las tradiciones locales.
- **Personas que dicen "no a la mina".** Son los pobladores locales, generalmente de pequeñas poblaciones, que serán los perjudicados por los efectos tóxicos de los químicos utilizados para extraer los minerales.
- **Empresas mineras.** Son las que hacen grandes inversiones, muchas de ellas de riesgo, pero cuando tienen éxito se llevan las ganancias. En nuestro país pagan un 3% de regalías, pero también brindan fuentes de trabajo. Son las más criticadas cuando ocurren daños ambientales. Buscan principalmente: oro, plata, platino, cobre, plomo y cinc.
- **Ambiente.** Es el afectado por los contaminantes químicos mineros. La minería, además, utiliza gran cantidad de agua que se emplea en los procesos de extracción, y es contaminada por las sustancias químicas. La minería de metales produce más desperdicios sólidos que los basurales de las ciudades argentinas.
- **Autoridades provinciales.** Son los gobernadores de las provincias de San Juan, La Rioja, Jujuy, Tierra del Fuego, Catamarca, Salta, Santa Cruz y Río Negro. Defienden la autonomía de sus territorios para explotar los recursos naturales.

**L**os minerales tienen gran importancia por sus aplicaciones en todas las actividades humanas y la industria moderna, ya que dependen directa o indirectamente de ellos. La minería es la obtención selectiva de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre. También se denomina así a la actividad económica relacionada con la extracción de metales, como el oro o el cobre, de los cuales se puede obtener un beneficio económico.

Hasta la década del noventa, la Argentina no hacía un uso importante de sus recursos geológicos, pero en los últimos quince años nuestro país se ha convertido gradualmente en un país minero. En 1993 fueron promulgadas una serie de leyes que regularon la actividad minera y proporcionaron un marco favorable para la inversión extranjera a través de incentivos fiscales y tributarios.

La minería bien aplicada genera muchas oportunidades, como la creación y mejoras de vías de comunicación, puentes, carreteras, etc. Además, crea escuelas, servicios médicos, trabajo, capacitación técnica y desarrollo. Pero todo esto tiene que ir de la mano de una política clara y estricta de respeto al ambiente, de apoyo a las comunidades vecinas y de cuidado a las personas que trabajan en esta actividad: los mineros. La humanidad necesita cierta cantidad de minerales para satisfacer sus necesidades. Pero también es cierto que el consumo excesivo de una parte de la sociedad está destruyendo las formas de sustento y el ambiente de otra parte de la población, la que habita en áreas afectadas por la minería.

Actualmente, más del 60% de los materiales extraídos en el mundo se obtienen mediante la modalidad de minería de superficie, lo que provoca la devastación del ecosistema en el cual se instala (deforestación, contaminación, destrucción de ambientes y alteración del agua). Dentro de este tipo de minería se distinguen, entre otras, las minas a cielo abierto (generalmente para minerales metálico) y las canteras (para materiales de construcción e industriales, como arena, granito, pizarra, mármol, grava y arcilla).

En nuestro país se han puesto en operación minas a cielo abierto que son aquellas que para ser explotadas necesitan ser excavadas en superficie con medios mecánicos o con explosivos. Hoy se considera que, en términos sociales y ambientales, la minería a cielo abierto es una de las actividades industriales de mayor impacto ambiental.

## Herramientas de análisis

- La minería moderna y responsable es una actividad económica que, si

se desarrolla bajo estrictos controles de seguridad, resulta, en lugares apartados, una puerta a la modernidad, al desarrollo y al progreso.

- Algunas empresas mineras promueven el uso de energías renovables a través de la construcción de centrales generadoras de energía eólica y de parques solares. Estas iniciativas son parte de una actividad que busca combinar tecnologías probadas con el cuidado del ambiente.
- La minería a cielo abierto en la Argentina, por ejemplo, la del oro, supone dinamitar la roca superficial y llevarla a pequeñas dimensiones. Para extraer el mineral deseado se mezcla la roca pulverizada con una "sopa química", que en el caso del oro está compuesta por cianuro de sodio; en el caso de la plata, por arsénico, y en el del cobre, por ácido sulfúrico. Para estos procesos se emplean enormes cantidades de agua y energía eléctrica.
- Las minas a cielo abierto afectan los ecosistemas donde se instalan, interrumpen los ciclos del suelo, del agua, de la flora y de la fauna, y afectan gravemente la imagen de sostenibilidad que tienen los ambientes nativos.

### Para tener en cuenta

Las principales ventajas de la explotación minera son que colabora fuertemente en el desarrollo de un país a través de su aporte al crecimiento productivo, a las exportaciones y al ingreso de divisas. Además, impulsa el trabajo en lugares donde no hay otras actividades. La desventaja es la contaminación ambiental, ya que afectan el suelo, las capas freáticas y los ríos.

La minería es una industria transitatoria, ya que se trata de una explotación de recursos que se agotan. En las minas a cielo abierto, para obtener apenas una onza de oro (cantidad suficiente para producir un anillo) se extraen más de 250 toneladas de roca y mineral.

La Argentina cuenta con una variedad de riquezas mineras distribuidas a lo largo de su territorio y ocupa el sexto lugar en el ranking mundial de recursos mineros. Si bien la actividad minera está presente en todo el país, el 95% se concentra en doce provincias, de las cuales tres representan el 77% del producto sectorial. Catamarca se destaca en la producción de oro, cobre y litio; Buenos Aires sobresale en la producción de rocas de aplicación (arenas, calizas y triturados pétreos o piedra partida) y minerales no metalíferos (arcillas y yeso) y

en Santa Cruz predomina la producción de oro y plata.

En 2010, el Congreso argentino aprobó una ley que protege a los glaciares y prohíbe la minería y la perforación petrolera en sus alrededores. Se trata de la Ley 26.639 de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial o Ley de los Glaciares.

Todos los recursos son del dominio de las provincias en cuyo territorio se encuentran. En este sentido, la ley fue resistida por las autoridades provinciales, que dependen en gran medida de la minería como fuente de empleo y de ingresos. En cambio, contaba con el respaldo de los grupos ambientalistas para los cuales la minería a cielo abierto altera el ecosistema.

El economista Manuel Enrique Hinds sostiene que la minería "se puede hacer de una manera sucia o de una manera limpia; de lo que se trata aquí es de hacerla de una manera limpia y eso requiere de una ley que regule la industria en el país". Hay que encontrar un justo equilibrio entre las necesidades socioeconómicas y la explotación del recurso natural.

### ACTIVIDADES

1. Sabiendo que la mina de oro de Cerro Vanguardia, Santa Cruz, utiliza cianuro para purificar el oro extraído, pero que luego lo recupera, respondé las siguientes preguntas:
  - a) ¿Creés que esto es una buena medida medioambiental? ¿Por qué?
  - b) Mencioná por los menos dos motivos por los cuales en otras minas no se hace lo mismo. Justifícá.
2. Si el oro no es indispensable para la existencia humana y, de hecho, tiene muy pocas aplicaciones prácticas, ¿por qué la mayoría de las minas de nuestro país explotan este mineral?

Mina a cielo abierto, Proyecto Bajo de la Alumbrera, explotación de cobre y oro en la provincia de Catamarca.

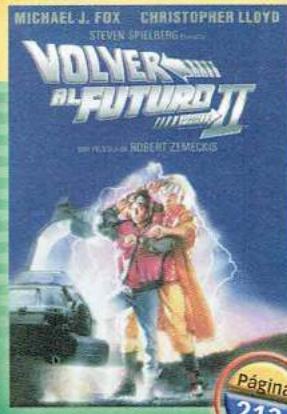


## Una sección de película

Las películas nos causan asombro, alegría, miedo, tristeza... muchas nos divierten y otras pueden llegar a aburrirnos muchísimo. Sea como fuere, el Séptimo Arte provoca nuestros sentidos. Y, como si esto fuera poco, muchas películas también nos dejan pensando... ¿Qué pasa cuando la ficción "toca" temas científicos? Los resultados pueden ser sorprendentes... y nos inducen a hacernos preguntas y a tratar de encontrar respuestas. ¡A veces imposibles en la vida real!

**¿Podemos utilizar basura como combustible?**  
**¿Se puede reemplazar el petróleo? ¿Qué puede ocurrir si el petróleo se acaba? Si hablamos de la obtención de energía por parte de los seres humanos, ¿cómo afecta a nuestro organismo comer demasiadas grasas o demasiados dulces? Además, ¿de qué estamos compuestos los seres vivos? ¿Puede una persona tener implantes de metal? ¿Estás listo? ¡Que comience la función!**

Para las películas calificadas como AM13 ("solo aptas para mayores de 13 años") o AM16 ("solo aptas para mayores de 16 años"), se recomienda que los padres de adolescentes menores de esas edades sean quienes decidan la conveniencia de verlas.

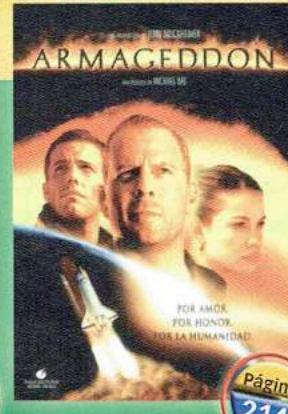


Página 213

¿Me cargo cien pesos de basura, por favor?

Volver al futuro II (ATP)

Para trabajar con los temas de la sección I.

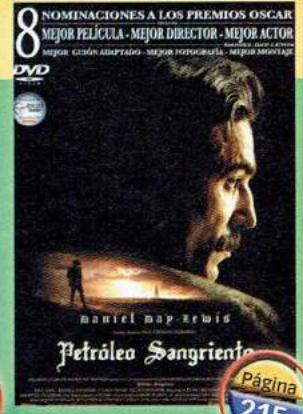


Página 214

¿El fin del mundo o del petróleo?

Armageddon (AM13)

Para trabajar con los temas de la sección I.

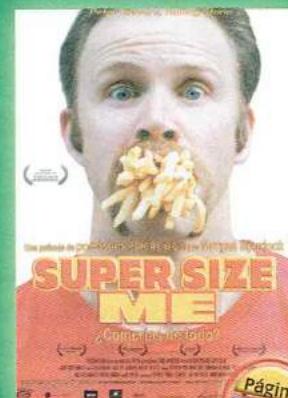


Página 215

¿El fin del mundo o del petróleo?

Petróleo sangriento (AM13)

Para trabajar con los temas de la sección I.

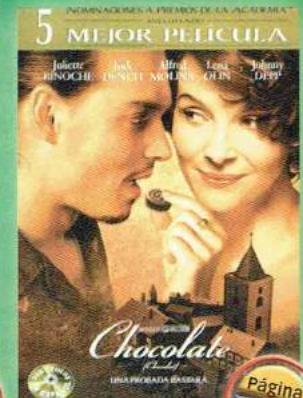


Página 216

Una hamburguesa con chocolate

Super size me (ATP)

Para trabajar con los temas de la sección II.

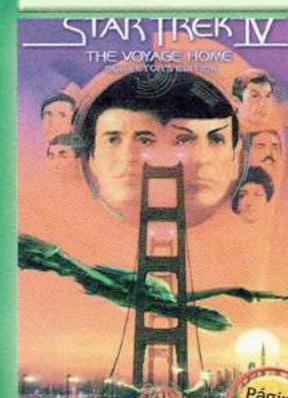


Página 217

Una hamburguesa con chocolate

Chocolate (AM13)

Para trabajar con los temas de la sección II.

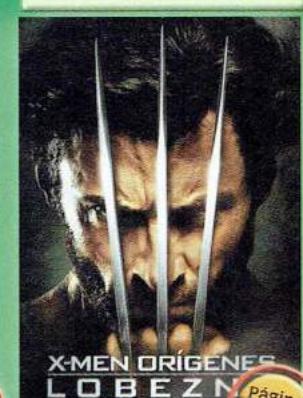


Página 218

Metales de ciencia ficción

Star Trek IV (ATP)

Para trabajar con los temas de la sección III.



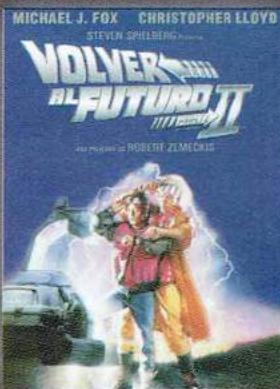
Página 219

Metales de ciencia ficción

X-Men Orígenes (AM16)

Para trabajar con los temas de la sección III.

# ¿Me carga cien pesos de basura, por favor?



Título	Volver al futuro II (Original: Back to the Future II)
Año	1989
Director	Robert Zemeckis
País	Estados Unidos
Idioma	Inglés
Género	ciencia ficción – comedia

### Sinopsis

Marty McFly tiene una familia perfecta gracias a su anterior viaje en el tiempo, hasta que llega nuevamente su amigo Doc con la máquina del tiempo (mucho más moderna) y le dice que deben viajar al futuro para solucionar un problema con la ley que tendrá uno de sus futuros hijos. El viaje al futuro soluciona un problema y crea otro. Para que todo vuelva a ser perfecto deberán viajar del futuro al presente, y de ahí, al pasado.

El sábado 26 de octubre de 1985, mientras Marty está con su novia Jennifer, llega desde el futuro el Dr. Emmett Brown, más conocido como Doc, a bordo de su auto De Lorean y choca contra unos tachos de basura. El auto en realidad es una máquina para viajar en el tiempo. Doc les dice que deben viajar al futuro, ya que los futuros hijos de la pareja van a ser encarcelados y corren peligro. Antes de viajar hasta el año 2015, Doc Brown toma basura de los tachos y la arroja en un dispositivo que dice Mr. Fusión, un reactor de energía

casera. Le tira cáscaras de bananas, papas fritas y los restos del contenido de una lata de cerveza. Marty le pregunta a Doc qué está haciendo y él le responde: "Necesitamos combustible". En *Volver al futuro II* se cuenta que el auto De Lorean utiliza, para viajar a través del continuo espacio-tiempo, basura como fuente de energía en lugar de petróleo o plutonio como usaba en la primera parte de la saga. Y no solo eso, ahora el auto "vuela" hacia el futuro. Luego de cumplir su misión, antes de regresar a 1985, recargan el generador de fusión con restos de comida y mostaza.

La verdad es que los realizadores de cine están cada día más exagerados. Viajar al futuro, vaya y pase, pero que el combustible alternativo para los autos sea basura ¡es sin duda de ciencia ficción! O quizás no. Veamos la realidad.

En la actualidad no es posible viajar en el tiempo, pero existe un dispositivo llamado gasificador, equivalente al Mr. Fusión. Por gasificar entendemos usar calor para transformar sólidos orgánicos en gas metano. A través de la gasificación es posible convertir casi cualquier materia orgánica en un combustible gaseoso, que se puede quemar en la combustión interna de una máquina, ya sea la del De Lorean o la de un auto común.

Mediante la gasificación, los sólidos orgánicos generan un combustible que arde prácticamente sin liberar humos contaminantes. Un émulo de Doc en los Estados Unidos transformó su Honda Accord en un coche que a partir de basura le permite salir a pasear gratis. Dentro del "tanque de combustible" del Honda se pueden meter desde cáscaras de manzanas hasta virutas de madera, pasando por restos de hojas o los excrementos del perro. Y no solo existe un prototipo de este tipo de vehículos. En agosto de 2010, la

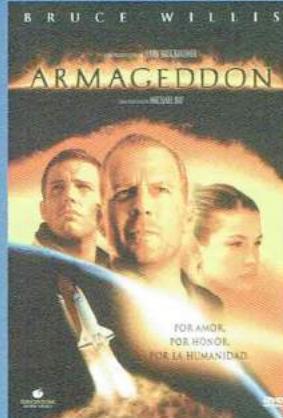
marca de autos Volkswagen presentó en el Reino Unido un vehículo que también funciona con basura como único combustible. Tiene la misma forma del conocido Escarabajo y para recorrer unos 20.000 km necesitará una cantidad de basura equivalente al desperdicio de setenta casas. Es una idea genial, ya que en el futuro las personas no tendrán que gastar en combustible y podrán reciclar los desperdicios de la comida. Los coches propulsados con gas proveniente de la gasificación de la basura no necesitan adaptar sus motores, tienen la ventaja de que este tipo de gas es renovable (a diferencia del gas natural) y no hay que cultivar campos para producir combustible (como en el caso del biodiesel). Por otro lado, la Argentina es el país con mayor número de vehículos que se mueven con gas natural, con 1,6 millones, seguido de Pakistán (1,5 millones) y Brasil (1,4 millones), y todos ellos podrían circular con metano proveniente de la basura, sin necesidad de adaptaciones. Además, esos motores generan menos ruido y emiten menos gases de efecto invernadero que los que utilizan nafta o diésel. No te vamos a contar si Marty logra resolver el problema de sus futuros hijos, pero la película nos deja un mensaje: usar basura como combustible alternativo podría tener dos beneficios. Por un lado, sería posible reemplazar el petróleo –cada vez más escaso y caro– y por otro, reducir la cantidad de basura en el mundo, un verdadero problema global.

### ACTIVIDADES

1. ¿Te parece que los autos que utilizan basura como combustible alternativo ayudarán a solucionar problemas ambientales y de consumo? ¿Cuáles? Justifícá.

# ¿El fin del mundo o del petróleo?

**Ciencia  
CLUB**



Título	Armageddon
Año	1998
Director	Michael Bay
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	ciencia ficción – catástrofe

**Sinopsis**

Un asteroide va a chocar contra la Tierra. En la NASA encuentran una posible solución: enviar a un equipo de astronautas al espacio para que lo destruya. Para ello recurren al mayor experto en perforaciones petrolíferas y a su equipo de perforadores, para que aterricen en la superficie del asteroide, lo perforen e introduzcan una bomba nuclear que al estallar desvíe su trayectoria y el planeta se salve.

El petróleo es un recurso natural no renovable y actualmente es la principal fuente de energía en los países desarrollados. En general, se lo encuentra en yacimientos subterráneos y para extraerlo hay que realizar profundas perforaciones.

Hoy te vamos a contar dos pelis en las cuales la extracción de petróleo forma parte de sus tramas. La primera es *Armageddon*. El film comienza con una lluvia de meteoritos que caen como misiles sobre la ciudad de Nueva York, destruyendo todo a su paso. Parece una tragedia, pero es solo el comienzo de un problema muchísimo mayor. En realidad, estos meteoritos son parte de un asteroide gigantesco, del tamaño de Texas, que se está acercando a la Tierra. En dieciocho días chocará contra nuestro planeta, lo cual significará el fin de la humanidad. Por eso la peli se llama *Armageddon*, un término bíblico que aparece en el libro del "Apocalipsis" y se refiere al fin del mundo o de los tiempos a través de una serie de catástrofes.

Mientras esto ocurre, en el mar de la China un grupo de operarios está trabajando en una plataforma petrolera, rodeados por activistas de Greenpeace que se quejan por la contaminación de los océanos. Los meteoritos siguen cayendo y, luego de analizar varias alternativas, los técnicos de la NASA llegan a la conclusión de que la mejor forma de evitar la hecatombe es perforar el asteroide e introducir una bomba atómica. Al explotar, se dividirá en dos pedazos, que pasarán lejos de la Tierra. Para ello deciden traer al mejor perforador del mundo, Harry Stamper, quien dice: "La perforación es una ciencia, un arte" y acepta la misión con la condición de llevar a su equipo. La peli es de ciencia ficción, pero lo que es real es que los mejores perfo-

radores del mundo son los que trabajan en las plataformas marinas. Se denomina "plataforma petrolera" al conjunto de instalaciones ubicadas en los mares para extraer petróleo del subsuelo marino. En los primeros tiempos, las plataformas perforaban a profundidades de cientos de metros. Hoy, con el avance de la tecnología, se llega hasta los 4.000 metros o más. Estas instalaciones son sumamente complejas y robustas para poder soportar los enormes embates que reciben del oleaje marino y la maquinaria tan potente que albergan para extraer el petróleo del subsuelo marino.

Como ocurre en el film, muchas personas se oponen a la perforación petrolera marítima, ya que están preocupadas por el impacto sobre el ambiente. Un ejemplo del avance de estas tecnologías lo da la plataforma Deepwater Horizon, que el 2 de septiembre de 2009 perforó el pozo petrolero más hondo de la historia, con una profundidad vertical de 10.685 metros. Pero lamentablemente también tuvo otro triste récord: el 22 de abril de 2010 se hundió como resultado de una explosión que tuvo lugar dos días antes, lo que provocó uno de los más importantes derrames de petróleo del mundo.

Pero, si los peligros son tan grandes, ¿por qué se sigue perforando en pleno mar? La respuesta es sencilla: el alto precio del petróleo actual (y en alza) y las cada vez más escasas reservas en tierra firme hacen que valga la pena correr esos riesgos. Además, las necesidades mundiales de energía continúan creciendo.

Después del estreno de la peli, la NASA destacó un error: no se puede hacer estallar un asteroide de ese tamaño con una sola bomba nuclear.



Título	Petróleo sangriento (original: There will be blood)
Año	2007
Director	Paul Thomas Anderson
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	drama

#### Sinopsis

Una historia sobre la familia, la avaricia y el petróleo, que gira en torno a un explorador de Texas de comienzos del siglo XX, en los primeros años del negocio del petróleo. El magnate intentará adueñarse de varios yacimientos enfrentándose con los dueños de los campos explotados.

La otra peli es *Petróleo sangriento* y muestra otra cara de la perforación: la relacionada con los primeros tiempos de esa actividad y cómo se hace para extraer el "oro negro" de las profundidades de la tierra firme.

Es el año 1898, Daniel Plainview está cavando con un pico y una pala en el fondo de un pozo. Está buscando petróleo a la vieja usanza. Analiza rocas y sigue cavando. Todo es un esfuerzo terrible. Finalmente, luego de varios años, descubre petróleo. Lo saca del pozo con baldes y está vestido con botas, piloto y gorro impermeable. ¡Un "enchastre"! Luego, descarga el petróleo en una precaria piletas directamente sobre la tierra. Daniel dice que su pozo produce 2.000 barriles diarios del "oro negro". Un día recibe la visita del hijo de un granjero, que le pasa el dato de

que en el campo de su padre hay petróleo. Daniel viaja a la zona con su hijo adoptivo y descubre que luego de un terremoto ha aflorado un betún empetrificado. Encuentra que en el polvoriento pueblo de Little Boston hay un mar de petróleo bajo la tierra. Arma torres de madera y compra terrenos a precios muy bajos. A los campesinos les promete riqueza y educación, pero lo único que hace es amasar una fortuna personal.

Pero su vida es triste y miserable. Nada apaga su avaricia: para no gastar en fletes ferroviarios para transportar su petróleo, arma oleoductos que llegan hasta el mar. Y como si esto fuera poco, saca petróleo de los terrenos que no compró, por la técnica de drenaje. Como los pozos petroleros ocupan una extensión determinada bajo tierra, da lo mismo sacarlo de un punto que de otro cercano, desde un terreno vecino.

En la actualidad, el petróleo se extrae mediante la perforación de un pozo sobre el yacimiento, como en la peli, pero las torres de perforación no son de madera, sino de hierro, y se acompañan de una mesa rotatoria (que transmite energía), trépanos (que sirven para triturar la roca), tuberías y un fluido de perforación (que permite sacar los "recortes" del pozo y enfriar el equipo). Además, se cementa el tubo de extracción para asegurar su impermeabilidad a las filtraciones de agua y evitar que se mezcle con el petróleo. Luego se colocan en la parte superior de la tubería –en su salida a la superficie– los cierres con llaves de seguridad, necesarios para soportar la presión interna del gas disuelto en el petróleo.

La industria petrolera actual incluye los procesos de exploración, explotación, refinación y transporte, frecuentemente a través de oleoductos que llevan hasta

buques petroleros, igual que en la peli. La medida técnica y financiera del petróleo es el barril, que corresponde a la capacidad de 158,98 l. Sin embargo, el petróleo no se acumula más en "piletas de petróleo" a cielo abierto. Hace un tiempo se descubrió que las aves migratorias, como patos y gansos de la Patagonia, confunden desde las alturas estas piletas con lagunas naturales de agua. Al descender, se "empetraban" irremediablemente. Las empresas petroleras de nuestro país han tapado todas las piletas y con ello desapareció el riesgo para las aves.

No te vamos a contar si los "perforadores" salvan a la Tierra ni si el malvado petrolero finalmente se queda conforme con su vida, pero es bueno recordar que si bien el petróleo es un combustible necesario para nuestra vida moderna, también hay que encontrar un equilibrio entre su extracción y el cuidado del ambiente.

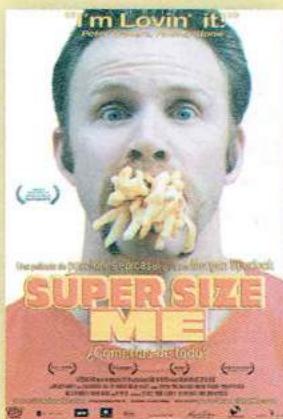
#### ACTIVIDADES

1. ¿Te parece que el título *Armageddon* representa bien la catástrofe que se avecina sobre la Tierra? ¿Por qué?
2. ¿Por qué la NASA elige a perforadores de petróleo y no a astronautas para solucionar el problema con el asteroide?
3. ¿Por qué crees que para el personaje Daniel Plainview el petróleo tenía tanta importancia?
4. El petróleo es la fuente principal de energía del mundo moderno, pero su explotación genera problemas en el ambiente. ¿Cuáles son? Sugerí algunas soluciones para esos problemas.



Super Size Me / Chocolate

# Una hamburguesa con chocolate



Título	Super Size Me
Año	2004
Director	Morgan Spurlock
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	documental

## Sinopsis

Curioso documental en el que Morgan Spurlock investiga en su propio cuerpo los efectos de la comida chatarra consumiendo únicamente en locales de una marca famosa mundialmente, tres veces al día durante un mes. Posteriormente acude a especialistas médicos para hacerse análisis y ver sus niveles de colesterol y el aumento de peso. Los resultados son sorprendentes.

Los seres humanos ingerimos alimentos por dos motivos fundamentales: para regular el metabolismo y mantener las funciones fisiológicas (motivos nutricionales) y por satisfacción y búsqueda de sensaciones gratificantes (motivos psicológicos).

Hoy te vamos a contar dos películas relacionadas con los alimentos. Una es un documental y la otra es una comedia dramática con tintes románticos.

En *Super Size Me*, que en castellano podría traducirse como "Súper engórdame", el director, productor, guionista y protagonista Morgan Spurlock se sometió a un "experimento alimentario". Durante

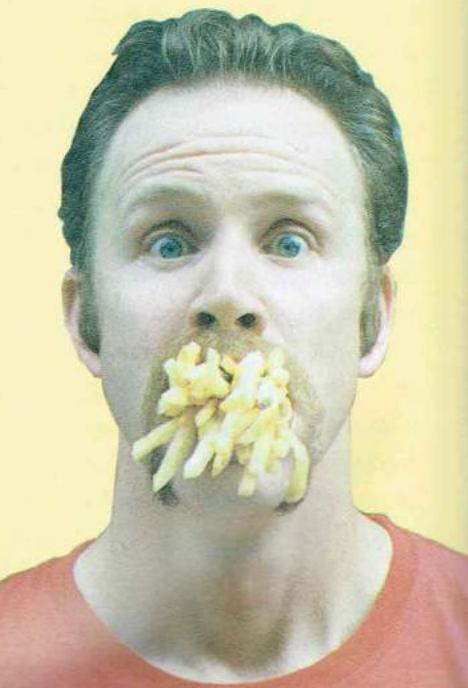
treinta días comió y bebió exclusivamente productos de una conocida marca de comidas rápidas. A lo largo del documental, Morgan comió tres veces al día hamburguesas, papas fritas, postres azucarados y tomó gaseosas, sumando unas 5.000 kcal diarias. Antes del experimento, ingería unas 2.500 kcal, pesaba 84 kilos y tenía 11% de grasa corporal. Consultó a un cardiólogo, un clínico, una gastroenteróloga y una nutricionista. Le midieron los niveles de colesterol, azúcar en sangre y triglicéridos. Todo normal.

Comienzo del experimento. Desayuno con dulces y café con crema. Almuerzo con hamburguesas gigantes, papas grandes y gaseosa de más de un litro (lo que en Estados Unidos se conoce como porción *Super Size*). Cena, igual. Como te imaginarás, Spurlock aumentó de peso, pero también experimentó cambios de humor y daño en el hígado. ¿Para qué hizo esta investigación? El motivo es que en los Estados Unidos declararon en 2000 una "epidemia" de obesidad, y la causa principal, según el realizador, eran las comidas rápidas y baratas. Además, según la opinión de Morgan, estas comidas, ricas en grasas y azúcares, son psicológicamente adictivas, quizás tanto como el tabaco y las drogas. Veamos si lo que plantea Spurlock en el documental tiene fundamentos.

Los Estados Unidos se han convertido en la nación "más gorda" del mundo, con casi cien millones de americanos obesos o con sobrepeso. Esto representa el 60% de los adultos estadounidenses. En los últimos veinte años se ha duplicado la obesidad en niños y adolescentes y hoy es la segunda causa de muerte prevenible en los Estados Unidos; la primera es el tabaquismo. El neurocientífico Paul Kenny, del Instituto de Investigaciones Scripps, investigó el impacto de una dieta de comida cha-

tarra en el comportamiento y la química cerebral. En su estudio, demostró que desencadena los mismos cambios en el cerebro que los causados por la adicción a las drogas. Concretamente, actúa sobre neuromoduladores (compuestos que transmiten los impulsos nerviosos) como la dopamina. Sin embargo, los expertos creen que no se puede hablar de adicción en los mismos términos que cuando nos referimos a las drogas. Si bien desde el punto de vista neurológico hay coincidencias, la comida es necesaria para la supervivencia y las drogas no lo son. Por eso, la activación de los circuitos de recompensa que produce un estímulo natural no puede ser totalmente equivalente al que genera una sustancia que no es imprescindible.

Spurlock, al final de su experimento, llegó a pesar 95 kilos, sus enzimas hepáticas aumentaron de manera alarmante, el colesterol subió 65 puntos y el porcentaje de grasa corporal subió a 18. Le tomó ocho semanas de dieta vegetariana estricta para recuperar el valor original de colesterol y las funciones normales del hígado, y catorce meses para perder los once kilos ganados en treinta días.





Título	Chocolate (original: Chocolat)
Año	2000
Director	Lasse Hallström
País	Estados Unidos y Reino Unido
Idioma	inglés
Género	drama – romántica

#### Sinopsis

Vianne se traslada con su pequeña hija a un pueblo rural de Francia. Allí abre una tienda en la que vende deliciosos chocolates. Los habitantes la reciben con desconfianza, ya que el alcalde no está a favor del negocio. Pero Vianne es una mujer con un encanto especial y se va ganando poco a poco la simpatía y la amistad de los vecinos.

La otra peli que tiene en su trama un componente alimentario es *Chocolate*. La historia transcurre en un pueblo tranquilo de la campiña francesa, donde sus habitantes se aferran a sus tradiciones y costumbres. Pero un día de invierno se levanta un fuerte viento del norte y con él llegan al pueblo Vianne y su hija Anouk para alquilar el local desocupado de la pastelería. En lugar de eso, abren una chocolatería a la que le ponen de nombre Chocolatería Maya. Vianne comienza a preparar chocolates e infusiones de todo tipo y sabor y con ellos comienza a cambiar la vida de las personas del pueblo. Sin embargo, el alcalde Reynaud, muy conservador, piensa que no es una buena idea inaugurar una chocolatería. Una no-

che en que Anouk no puede dormir, su madre le cuenta la historia de su abuelo George. Él era boticario (lo que hoy sería un farmacéutico) y en 1927 la Sociedad Farmacéutica organizó una expedición a Centroamérica. Lo envió para estudiar las propiedades de ciertos compuestos naturales. Una noche lo invitaron a tomar cacao sin refinar, la bebida que los antiguos mayas usaban en sus ceremonias sagradas. Los mayas creían que el cacao tenía el poder de hacer aflorar los sentimientos y revelar los destinos. El chocolate es rico, no hay quien lo dude. Veamos ahora algo sobre su origen y sus propiedades curativas y alimenticias. El árbol de cacao, *Theobroma cacao*, se originó en México y era un alimento muy común entre los mayas. De ahí el nombre simbólico de Chocolatería Maya, que se usa en la peli. El chocolate es un alimento que se obtiene mezclando azúcar con dos productos derivados de las semillas del cacao: la pasta de cacao sólida y la manteca de cacao. Los dos principales ingredientes alimenticios del chocolate son la grasa y el azúcar. Los hidratos de carbono aportan la mitad de su energía, y las grasas proporcionan la otra mitad. El chocolate aporta ácido fólico o vitamina B9, compuesto importante para la correcta formación de las células sanguíneas. El chocolate es estimulante para los seres humanos principalmente debido a la presencia de teobromina, un alcaloide de la familia de la cafeína. Sin embargo, el consumo excesivo de chocolate, como cualquier otro alimento rico en calorías, aumenta el riesgo de obesidad. Hoy sabemos que el chocolate además de rico es beneficioso para la salud humana porque contiene potentes antioxidantes que protegen el corazón. Además, posee una elevada dosis de triptófano, un aminoácido muy importante en nuestro organismo,

ya que es regulador de neurotransmisores que facilitan una sensación de placer, y reforza las defensas.

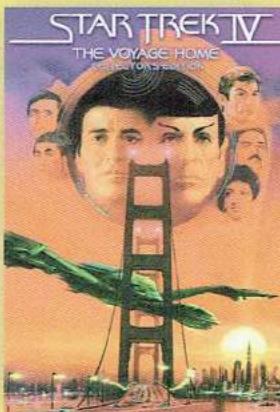
Vianne llegó con el viento del norte, pero no te contaremos si se irá con él y menos si continuará con la chocolatería contra la opinión del alcalde. Pero cuando veas estas películas, recordá que comer una rica hamburguesa con papas fritas está bueno, y si después le agregás de postre un chocolate, mejor. Pero todo con moderación, es decir, no todos los días, para que disfrutes de la comida sin que te provoque problemas de salud.

#### ACTIVIDADES

1. ¿Existen pruebas que permitan demostrar que la comida chatarra es adictiva, como sostiene el director de la película *Super Size Me*? ¿Cuáles?
2. ¿Qué problemas le trajo a Morgan Spurlock la ingesta de una dieta rica en grasas y azúcares por treinta días? ¿Te parece que fue un experimento válido para demostrar que la comida chatarra es la causante de la epidemia de obesidad en los Estados Unidos? Justificá.
3. Averiguá si las bebidas alcohólicas y el tabaco son considerados alimentos. ¿Qué tienen en común con las comidas ricas en grasas y azúcares?
4. El chocolate ¿es solo un alimento? ¿Qué otra función cumple? Justificá.
5. ¿Por qué Vianne le puso Chocolatería Maya a su negocio? ¿Representa bien sus intenciones? ¿Por qué?



# Metales de ciencia ficción



Título	Star Trek IV: Misión salvar la Tierra (Original: Star Trek IV: The voyage home)
Año	1986
Director	Leonard Nimoy
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	ciencia ficción

## Sinopsis

En el siglo XXIII, una sonda desconocida emite una serie de mensajes indescifrables que alteran el campo electromagnético de la Tierra y provocan tremendo cataclismo. En un intento para salvar a la humanidad, el almirante Kirk y su tripulación viajan en el tiempo y regresan al San Francisco de 1986, donde se encuentran con un mundo de punks, pizza y autobuses que les resultan tan extraños como los extraterrestres que han encontrado en los lugares más alejados de la galaxia.

Los metales tienen gran importancia en nuestras sociedades actuales y suelen ser duros y resistentes. Hoy te vamos a contar dos pelis de ciencia ficción en las que los metales forman parte de sus tramas. La primera es *Star Trek IV*. El film comienza con una imagen inquietante: un vehículo sonda de un tamaño gigantesco se acerca a la Tierra desde el espacio profundo. Emite poderosas ondas de alta frecuencia y como no reconoce ninguna frecuencia humana, a medida que se acerca, comienza a absorber toda la energía disponible, evapora las aguas de los mares y la temperatura baja en forma alarmante. Las transmisiones de la sonda están dañando a todo el planeta, que no podrá sobrevivir si no encuentran la forma de responderle. Es el año 2286. En ese momento están regresando a la Tierra los tripulantes de la nave estelar *Enterprise*, a bordo de una nave de la flota Klingon (ya que el *Enterprise* había sido destruido en la peli anterior). Estudiando los mensajes, el oficial científico Spock se da cuenta de que son similares a los cantos de las ballenas jorobadas, que se han extinguido en el siglo XXI. La única solución será viajar al pasado para traer una ballena que con su lenguaje le responda a la sonda y la Tierra se salve. Regresan a 1986 y descubren que en un "oceanario" de San Francisco tienen "casualmente", una pareja de ballenas. Tema resuelto, pero ¿cómo

las traen? Deben construir un estanque dentro de la nave espacial que los llevó al pasado, pero no tienen dinero para pagar los materiales. Así que el ingeniero Scott le "regala" al dueño de una fábrica

de materiales flexibles, el Dr. Nichols, la fórmula del aluminio transparente (un material desconocido en esa época) para que "invente" la fórmula y se llene de dinero, a cambio de gruesos paneles de polivinilo para transportar a las ballenas al futuro. Hasta aquí, la ficción. Veamos ahora la realidad...

No existen ballenas jorobadas adultas en la piletta de ningún "oceanario", pero nadie sabe si se extinguirán durante el siglo XXI. Esperemos que no. Pero la cosa más fantosa de la peli es, sin lugar a dudas, la existencia del aluminio transparente. Sin embargo, en 2009 la fantasía se hizo realidad. Un equipo internacional dirigido por científicos de la Universidad de Oxford publicó en la revista *Nature Physics* que habían desarrollado una variedad de aluminio que tiene la particularidad de ser transparente. Para obtenerlo, bombardearon el metal "tradicional" con rayos X provenientes de un láser superpotente y lograron algo que parecía imposible: un metal transparente. Utilizaron un láser para modificar el comportamiento de los electrones de cada átomo de aluminio que formaba parte de la muestra, pero sin alterar su estructura cristalina. "Lo que hemos creado es un nuevo estado de la materia que nadie ha visto antes", dijo Justin Wark, profesor del Departamento de Física de la Universidad de Oxford. Es un metal tan fuerte como el acero, pero aún no estará disponible para todos, ya que este extraño metal es increíblemente costoso e inestable. Producido de esta manera es una novedad, pero en realidad el aluminio transparente ya era conocido por todos. Está presente en las mezclas de óxidos de aluminio, hierro y titanio, a las que comúnmente llamamos zafiros y rubíes, gemas preciosas que no son otra cosa que cristales de aluminio transparente.



Título	X-Men Orígenes: Wolverine (Original: X-Men Origins: Wolverine)
Año	2009
Director	Gavin Hood
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	ciencia ficción – acción

#### Sinopsis

Es la "preuela" de la película *X-Men*. En *Orígenes*, situada diecisiete años antes, se cuenta la historia sobre el pasado violento y romántico de Wolverine, su compleja relación con su hermano Víctor y el siniestro programa Arma X. Wolverine quiere vengarse de Víctor, culpable de la muerte de su novia.

En *X-Men Orígenes* la estrella es Wolverine, un mutante que posee poderes regenerativos que le permiten curarse de cualquier herida, incluidos disparos y cortes con armas filosas. Tiene una fuerza sobrehumana y, como si esto fuera poco, sus poderes de regeneración le permiten estar siempre joven. Tiene doscientos años, pero parece un muchacho de treinta. Pero lo más destacado es que tiene tres garras retráctiles en cada mano que le salen entre los nudillos cuando se pone nervioso.

En un momento de la película, el comandante William Striker y un ejército de mutantes viajan a Nigeria, África, y entran en el búnker de un traficante de diamantes. Matan a todos, según parece, para apropiarse de las piedras preciosas, pero en realidad Striker está buscando otra cosa: una piedra negra aparentemente sin valor, que está sobre el escritorio del traficante. Este le dice que la encontró en un pequeño poblado

y que cayó del cielo. Es un fragmento de meteorito. Para encontrar el lugar donde cayó, matan a muchos inocentes. Wolverine se cansa de tanta violencia, se aleja del grupo de mutantes y se pelea a muerte con su hermano Víctor, otro mutante de fuerza descomunal al que le crecen unas garras tremendas en cada mano. Pasan seis años. Víctor se encuentra con Wolverine y mata a su novia. Reaparece entonces Striker, quien le ofrece unas "armas especiales" para vencer a Víctor, que está fuera de control. Wolverine quiere venganza y acepta. El comandante ha encontrado lo que buscaba en África y con eso ha creado un compuesto metálico tan duro como indestructible: el adamantium. Fusionan los huesos de Wolverine inyectándole el extraño mineral. No hay rechazo y ahora sus garras son unas cuchillas mortales de un brillo espectacular. El adamantium, término que proviene del latín y quiere decir "duro como el acero", es una sustancia química "ficticia", cuya fórmula exacta es un secreto. Se lo prepara con metales derretidos a una temperatura de 800 °C y cuando se enfriá es indestructible. Todo esto en la ficción.

En el mundo real, el ser humano también busca metales cada vez más duros y resistentes. Veamos el caso del acero. La primera vez que el hombre obtuvo hierro también lo encontró en meteoritos que cayeron sobre la Tierra, igual que el adamantium. Con el paso del tiempo, se descubrió que una aleación de hierro y carbono, el acero, era una forma más dura y resistente que el hierro solo.

Luego se descubrió el templado, un tratamiento térmico al que se somete al acero para aumentar su dureza, su resistencia y su tenacidad. El proceso se lleva a cabo calentándolo a una temperatura aproximada de 915 °C. Después, la masa

metálica se enfriá rápidamente. Otra coincidencia con el adamantium. Si bien no existe un metal irrompible, existen formas de obtener aleaciones cada vez más duras y resistentes, con metales poco comunes como vanadio, tungsteno, molibdeno y cromo. La última coincidencia es que también se usa el acero inoxidable para prótesis de huesos rotos o en su reemplazo. En la Argentina, la mayoría de las prótesis que se fabrican son de acero inoxidable, aleaciones de cobalto o forjadas en aleación de titanio.

Como siempre, no te contaremos si los tripulantes de la *Enterprise* logran traer a las ballenas de regreso para salvar a la Tierra o si Wolverine logra vengarse de su hermano, pero es bueno tomar conciencia de que aun las pelis que parecen más fantasiosas pueden contener elementos que en un futuro cercano dejarán de ser de ficción.

#### ACTIVIDADES

1. Compará ambas películas y respondé las siguientes preguntas:
  - a) ¿Qué metal forma parte de la trama en cada una de ellas?
  - b) ¿Son ficticios o existen en el mundo real?
  - c) ¿Te parece que con los avances tecnológicos alguno de ellos se podrá "inventar"? ¿Cuál? Justifícá.
2. Sabiendo que las ballenas existen sobre la Tierra hace cincuenta millones de años y el ser humano, hace 200.000 años, ¿cuándo pensás que la sonda vino por primera vez a la Tierra? ¿Por qué?

# Glosario

## ACCIÓN DINÁMICA ESPECÍFICA (ADE)

Gasto energético asociado al proceso de digestión.

## ÁCIDOS TRICARBOXÍLICOS

Conjunto de ácidos que forman parte fundamental del ciclo de Krebs, también llamado ciclo de los ácidos tricarboxílicos.

## ACILGLICÉRIDOS

Denominación general para las moléculas compuestas por glicerol esterificado con ácidos grasos.

## ADICIÓN

Reacción en la que se agrega uno o más átomo a una molécula.

## AERÓBICO

Proceso que ocurre en presencia de oxígeno.

## ALCANOS

Moléculas orgánicas saturadas, lineales o cíclicas, con o sin ramificaciones.

## ALIFÁTICO

Moléculas orgánicas simples, que pueden ser lineales o ramificadas.

## ALMIDÓN

Polímero de glucosa que sirve como reserva energética en vegetales.

## ALQUENOS

Moléculas orgánicas con insaturaciones del tipo doble enlace entre átomos de carbono. Pueden ser lineales o cíclicos.

## ALQUILACIÓN

Reacción de extensión o ramificación de un alcano.

## ALQUINOS

Moléculas orgánicas con insaturaciones del tipo triple enlace entre átomos de carbono. Pueden ser lineales o cíclicos.

## AMILASAS

Enzimas que degradan hidratos de carbono.

## AMINOÁCIDOS

Constituyentes elementales de las proteínas. Poseen un carbono central, denominado carbono α, un resto (simbolizado con una R), un grupo carboxilo y un grupo amino. Hay veinte aminoácidos fundamentales, y cientos de aminoácidos modificados, que derivan de los primeros veinte.

## AMINO-TERMINAL

Extremo amino libre en una cadena peptídica.

## ANABOLISMO

Proceso bioquímico de síntesis de estructuras complejas a partir de otras más simples.

## ANAERÓBICO

Proceso que ocurre en ausencia de oxígeno.

## ANFIPÁTICO

Moléculas que poseen, a la vez, zonas polares y zonas no polares.

## ANFÓTERO

Molécula que posee, a la vez, carácter básico y ácido, como los aminoácidos.

## ANÓMEROS

Compuestos isómeros que se diferencian únicamente en la configuración alrededor del carbono anomérico.

## ANTIOXIDANTES

Sustancias que retardan o previenen la oxidación de otras sustancias por acción de los oxidantes.

## APOENZIMA

Enzima sin sus grupos prostéticos.

## AROMÁTICO

Moléculas orgánicas que contienen anillos bencénicos.

## AROMATIZANTE

Sustancia que provee un olor agradable.

## ARRABIO

Material fundido que se obtiene en los altos hornos luego de producida la reducción del mineral de hierro. Contiene principalmente hierro y carbono.

## BIOGÁS

Mezcla gaseosa producida por la fermentación en ausencia de oxígeno de materia orgánica. Contiene entre el 50% y el 70% de metano, dióxido de carbono y pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno.

## BIOMOLÉCULAS

Macromoléculas que componen a todos los seres vivos: lípidos, proteínas, hidratos de carbono y ácidos nucleicos.

## CADENA RESPIRATORIA

Pasaje de electrones en la membrana mitocondrial, durante el cual se incrementa la diferencia de potencial electroquímico a ambos lados, como consecuencia del bombeo de protones ( $H^+$ ).

## CANTERAS

Yacimientos de los que se extraen rocas y otros materiales empleados en la construcción.

## CARBONO ANOMÉRICO

Átomo de carbono que se encuentra formando parte de un grupo carbonílico y determina la existencia de dos estereoisómeros de un azúcar dado.

## CARBOXILO-TERMINAL

Extremo carboxilo libre en una cadena peptídica.

## CATABÓLICO

Proceso bioquímico de degradación de estructuras complejas en otras más simples.

## COENZIMA

Grupo prostético orgánico requerido para la acción de ciertas enzimas.

## COFACTOR

Grupo prostético inorgánico, necesario para la actividad enzimática.

## COLESTERINA

Nombre primitivo con el que se denominó al colesterol.

## COLESTEROL

Lípido compuesto por cuatro anillos condensados, con múltiples funciones biológicas: control de la fluidez de membranas, precursor de hormonas y vitaminas, etcétera.

## COLESTEROL BUENO

Nombre común para las lipoproteínas HDL, que transportan colesterol desde los tejidos hacia el hígado.

## COLESTEROL MALO

Nombre común para las lipoproteínas LDL, que transportan colesterol desde el hígado hacia los tejidos.

## COLORANTE

Sustancia utilizada para resaltar o conferir color a un alimento.

## COMBUSTIBLE

Sustancia capaz de quemarse liberando energía.

## COMBUSTIBLE ALTERNATIVO

Combustible que reemplaza a aquellos derivados del petróleo.

## COMBUSTIÓN

Reacción de oxidación que da como producto dióxido de carbono, agua, luz y calor.

## COMBUSTIÓN COMPLETA

Reacción de combustión en la que los reactivos se transforman totalmente en dióxido de carbono y agua, sin dejar residuos.

### COMBUSTIÓN INCOMPLETA

Reacción de combustión en presencia de cantidad insuficiente de oxígeno. Además de dióxido de carbono y agua, se produce carbono que deja un residuo en forma de finas partículas de carbono y monóxido de carbono.

### COMPUESTOS NITROGENADOS

Compuestos orgánicos que poseen nitrógeno en su estructura.

### COMPUESTOS OXIGENADOS

Conjunto de compuestos orgánicos que poseen en su composición, además de carbono e hidrógeno, oxígeno.

### CONSERVANTE

Sustancia que evita la degradación biológica producida por microorganismos. Se emplea para preservar alimentos.

### CORROSIÓN

Proceso de óxido-reducción que consiste en una oxidación del metal con su consecuente deterioro.

### CRAQUEO CATALÍTICO

Proceso que permite que las moléculas de hidrocarburos se rompan por la acción de catalizadores adecuados a temperaturas más bajas (500 °C).

### CRAQUEO TÉRMICO

Proceso que permite que las moléculas, sometidas a altas presiones y temperaturas (700 °C), se rompan.

### CROMATOGRAFÍA

Método físico de separación de moléculas de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas.

### DECARBOXILACIÓN OXIDATIVA

Reacción en la cual el ácido pirúvico pierde una molécula de CO<sub>2</sub>, y acetila una molécula de coenzima A. Es la fase inmediatamente posterior a la glucólisis, y anterior al inicio del ciclo de Krebs.

### DESTILACIÓN FRACCIONADA

Proceso de destilación que permite recolectar fracciones a diferentes temperaturas. Es el proceso que se emplea para refinar el petróleo crudo y obtener las distintas fracciones.

### DESTILACIÓN PRIMARIA O TOPPING

Destilación de petróleo que se realiza a presión atmosférica una vez separada la fracción gaseosa que el petróleo pueda contener.

### DESTILACIÓN SECUNDARIA O CRAQUEO

Proceso practicado al petróleo en el que se produce la ruptura de las largas cadenas carbonadas de hidrocarburos y se obtienen hidrocarburos de cadenas más pequeñas.

### DIABETES MELLITUS

Enfermedad en la que el organismo no puede controlar los niveles de glucosa en la sangre, como consecuencia de una producción deficiente de insulina o una incapacidad de esta hormona para ejercer su efecto.

### DIPOLO ELÉCTRICO

Sistema formado por dos cargas iguales de signos opuestos y separadas por una distancia fija. Se caracteriza por una magnitud vectorial denominada momento dipolar.

### DISACÁRIDOS

Hidratos de carbono formados por dos monosacáridos.

### EDULCORANTE

Sustancia utilizada para endulzar un alimento. Puede ser natural, como el azúcar, o artificial, como la sacarina.

### ELECTROFÍLICO

Que tiene avidez por los electrones no apareados de un átomo o de una molécula.

### ELIMINACIÓN

Es la pérdida de dos sustituyentes de una molécula or-

gánica. Durante esta reacción se creará una insaturación: doble o triple enlace o anillo.

### ENANTIÓMEROS

Compuestos isómeros con distinto poder rotatorio.

### ENDERGÓNICO

Proceso metabólico que requiere energía.

### ENDOTÉRMICO

Proceso que ocurre con la incorporación de calor desde el medio.

### ENERGÍA POTENCIAL

Indica la capacidad que tiene un sistema para realizar un trabajo debido a su posición o configuración.

### ENLACE GLUCOSÍDICO

Unión química que se establece entre monosacáridos. Es una unión covalente, que puede ser de tipo  $\alpha$  o  $\beta$ , y entre los átomos 1 y 4, o 1 y 6.

### ENLACE PEPTÍDICO

Unión de tipo amida que se establece entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino de otro.

### ENZIMAS

Proteínas con actividad catalítica. Tienen la capacidad de acelerar o permitir reacciones químicas específicas.

### EQUILIBRIO QUÍMICO

Estado que se alcanza cuando las concentraciones de reactivos y productos ya no cambian con el tiempo.

### ESCORIA

Mezcla que se obtiene durante el calentamiento del hierro en presencia de carbono y sílice, además del arrabio. Contiene silicato de calcio.

### ESPECIAL

En términos de metabolismo, que una sustancia sea esencial significa que es impres-

cindible y que no puede ser sintetizada por el propio organismo; por lo tanto, debe ser incorporada con la dieta. En el contexto de la química orgánica, el término se refiere a la esencia de una mezcla compleja; por ejemplo, las sustancias esenciales que dan aroma, "esencia", a una flor.

### ESFINGOMIELINAS

Moléculas compuestas por ácidos grasos esterificados con una molécula de esfingol y una molécula de ácido ortofosfórico. Son uno de los principales lípidos que conforman la estructura del tejido nervioso.

### ESFINGÓSIDOS

Moléculas compuestas por ácidos grasos esterificados con una molécula de esfingol, unida a un monosacárido.

### ESTABILIZANTE

Agente que permite que las emulsiones y las suspensiones no sedimenten, y mantengan un aspecto agradable y estable.

### ESTEQUIOMETRÍA

Relación proporcional entre los reactivos que participan de una reacción y los productos que se obtienen.

### ESTEROIDES

Lípidos derivados del ciclopentano perhidrofenantreno.

### ESTRUCTURA CUATERNARIA

Estructura formada por la asociación de más de una cadena peptídica.

### ESTRUCTURA PRIMARIA

Secuencia de aminoácidos que conforma una proteína.

### ESTRUCTURA SECUNDARIA

Estructura espacial de un grupo de aminoácidos consecutivos.

# Glosario

## ESTRUCTURA TERCIARIA

Estructura espacial de los aminoácidos que conforman una proteína, independientemente de si son contiguos o no.

## ETAPA CLARA

Primera fase de la fotosíntesis, que depende de la luz, durante la cual la energía lumínica es convertida en energía química. También se la conoce como etapa fotoquímica.

## ETAPA OSCURA

Segunda fase de la fotosíntesis, durante la cual la energía química obtenida en la fase clara es utilizada para sintetizar azúcares de reserva. También es conocida como etapa bioquímica, y no requiere la presencia de luz.

## EXERGÓNICO

Proceso metabólico que libera energía.

## EXOTÉRMICO

Proceso que ocurre con la liberación de calor al medio.

## FENILCETONURIA

Enfermedad metabólica producida por el déficit congénito de la enzima fenilalanina hidroxilasa.

## FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Conjunto de reacciones metabólicas en las que se obtiene energía a partir de glúcidos simples, con acumulación de etanol.

## FERMENTACIÓN LÁCTICA

Conjunto de reacciones metabólicas en las que se obtiene energía a partir de glúcidos simples, con acumulación de ácido láctico.

## FOSFOGLICÉRIDOS

Lípidos compuestos por dos ácidos grasos, una molécula de glicerol y un grupo fosfato.

## FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

Reacción bioquímica de pro-

ducción de ATP, gracias a la energía disipada durante el pasaje de protones ( $H^+$ ) a través de la bomba ATP sintetasa.

## FOTÓLISIS

Ruptura de una molécula producida por efecto de la luz, como ocurre con el agua durante la etapa clara de la fotosíntesis.

## FOTOSÍNTESIS

Conjunto de reacciones metabólicas producidas en las plantas en las cuales se obtiene energía química a partir de la energía lumínica.

## FUELOIL

También llamado petróleo crudo residual, es el residuo que queda en la parte inferior de la torre de destilación luego del proceso de destilación fraccionada.

## FUERZAS INTERMOLECULARES

Fuerzas entre moléculas que las mantienen unidas. Son también denominadas fuerzas de Van der Waals.

## FUNCIÓN QUÍMICA

Conjunto de átomos que otorga a una molécula determinadas propiedades. Entre ellos se encuentran los grupos amino, carboxilo e hidroxilo.

## FURANO

Estructura cíclica de cinco átomos de carbono.

## GANGA

Parte de la mena que no tiene valor o interés.

## GAS BRUTO

Mezcla de nitrógeno, hidrógeno, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, utilizada en la síntesis de amoníaco.

## GAS NATURAL

Mezcla gaseosa de hidrocarburos que generalmente acompañan a un yacimiento de petróleo.

## GASOIL

Fracción de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo, entre los 275 °C y los 300 °C.

## GERMEN

Nombre antiguo otorgado a los microorganismos.

## GLUCÓGENO

Polímero de glucosa que sirve como reserva energética en animales.

## GLUCOGENOGÉNESIS

Síntesis de glucógeno.

## GLUCOGENOLÍSIS

Degradación de la molécula de glucógeno, como paso previo a la degradación de la glucosa que lo forma.

## GLUCOLÍPIDOS

Hidratos de carbono combinados molecularmente con lípidos. Son estructuras presentes, por lo general, en las membranas biológicas.

## GLUCÓLISIS

Ruptura de la molécula de glucosa que ocurre en el citoplasma de la célula, por la cual se forman dos moléculas de piruvato durante el catabolismo de la glucosa.

## GLUCONEOGÉNESIS

Síntesis de glucosa a partir de otras sustancias orgánicas no glucídicas.

## GLUCOPROTEÍNAS

Hidratos de carbono combinados molecularmente con proteínas.

## GLUCOSA

Monosacárido de rol fundamental en el metabolismo de los hidratos de carbono en los seres vivos.

## GRÁFICO DE BARRAS

Gráfico en el que cada magnitud se representa con barras verticales, referidas a un eje

perpendicular y cuyas unidades se encuentran al costado.

## GRÁFICO DE CURVAS

Gráfico de una variable dependiente en función de una independiente, realizado sobre un par de ejes cartesianos.

## GRÁFICO DE TORTA

Representación de las proporciones de distintos grupos parciales, sobre un total. Se representa como porciones de un círculo.

## GRUPO PROSTÉTICO

Estructura química que acompaña a la enzima. Puede ser orgánico o inorgánico.

## HALOGENACIÓN

Reacción de adición o sustitución de un átomo cualquiera por un átomo de halógeno en una molécula.

## HEXOSAS

Hidratos de carbono simples conformados por un esqueleto de seis átomos de carbono.

## HIDRATOS DE CARBONO

Una de las cuatro biomoléculas que componen a los seres vivos. Están compuestas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, y responden a la fórmula  $C_n(H_2O)_n$ , con n mayor o igual a 3. También se los llama glúcidos o carbohidratos.

## HIDROCARBUROS

Sustancias orgánicas compuestas por carbono e hidrógeno. La fuente natural más importante de hidrocarburos son el petróleo y el gas natural.

## HIDROFÍLICO

Que no repele el agua.

## HIDROFÓBICO

Que repele el agua.

## HIDROGENACIÓN

Reacción química de adición de hidrógenos a una molécula insaturada.

## HIDROSOLUBLE

Que es soluble en agua.

## HISTOGRAMA

Gráfico de frecuencias relativas, con formato de barras.

## HOLOENZIMA

Enzima con sus grupos prostéticos.

## ICOSANOIDEOS

Lípidos derivados de ácidos grasos de veinte átomos de carbono, como el ácido araquidónico.

## ÍNDICE DE OCTANO

Valor numérico que indica la capacidad antidetonante de una nafta. Por ejemplo, si una nafta posee 95 octanos, significa que su capacidad antidetonante es equivalente a la de una mezcla de 95 partes de octano y 5 partes de heptano.

## INSULINA

Proteína producida por el páncreas que regula la concentración de glucosa en la sangre.

## ISÓMEROS

Se trata de compuestos que poseen igual fórmula molecular, pero su disposición espacial o estructural es diferente, por lo que poseen propiedades físicas y químicas distintas.

## LIPASAS

Enzimas que degradan lípidos.

## LÍPIDOS

Una de las cuatro categorías de biomoléculas. Todos ellos poseen, en promedio, un marcado carácter hidrofóbico.

## LIPOSOLUBLE

Que es soluble en solventes lipídicos.

## lixivación

Extracción de los metales nobles de interés a partir de la mena, utilizando cianuro.

## MACRONUTRIENTES

Nutrientes presentes en los alimentos en grandes proporciones.

## MENA

Es el mineral que contiene una cantidad tal de un determinado elemento que hace posible extraerlo de él.

## METABOLISMO

Conjunto de reacciones bioquímicas de síntesis y degradación que mantienen funcionando la maquinaria celular.

## METABOLISMO BASAL

Tasa metabólica de un cuerpo en reposo. Es la energía que se gasta cuando el organismo no está en actividad.

## MICRONUTRIENTES

Nutrientes presentes en los alimentos en pequeñas proporciones.

## MINA

Yacimientos minerales o rocas útiles que pueden estar a cielo abierto o ser subterráneas.

## MOLARIDAD

Expresión que se refiere a la concentración de una solución y que indica el número de moles de soluto disueltos en un litro de solución.

## MONOSACÁRIDOS

Hidratos de carbono compuestos por una única unidad estructural, que es un azúcar simple.

## MOSAICO FLUIDO

Modelo de membrana biológica que contempla una bicapa lipídica, con moléculas de colesterol que regulan su fluidez, proteínas integrales, periféricas y transmembranosas y glúcidos asociados, entre otras propiedades.

## MUTARROTACIÓN

Proceso de interconversión

entre anómeros que ocurre en solución acuosa.

## NAFTA

Fracción de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo, hasta los 175 °C.

## NOMENCLATURA QUÍMICA

Normas establecidas internacionalmente por IUPAC para nombrar los compuestos químicos.

## NUCLEASAS

Enzimas que degradan ácidos nucleicos.

## NUCLEOFÍLICO

Que tiene avidez por los átomos que poseen pares de electrones no comprometidos en una unión atómica, y que poseen cierta densidad parcial de carga positiva como consecuencia de la electronegatividad de sus sustituyentes.

## OLIGOELEMENTOS

Nutrientes pertenecientes a la familia de los micronutrientes, que se encuentran en muy baja proporción en los alimentos.

## OLIGOSACÁRIDOS

Hidratos de carbono formados por varios monosacáridos.

## OXIDACIÓN

Reacción de pérdida de electrones o de protones, según la reacción que se esté analizando.

## PENTOSAS

Azúcares simples conformados por un esqueleto de cinco átomos de carbono.

## PEPTIDO

Polímero conformado por unos pocos aminoácidos: si son dos, se denomina dipéptido; si son tres, tripéptido; si son cuatro, tetrapéptido, y así sucesivamente.

## PETRÓLEO

Mezcla de hidrocarburos de origen natural y fósil.

## PETRÓLEO CRUDO

Petróleo sin refinar, tal como se lo extrae de los yacimientos.

## PIRANO

Estructura cíclica de seis átomos de carbono.

## PODER OXIDANTE

Capacidad de una especie química para oxidar a otra, mientras se reduce.

## PODER REDUCTOR

Capacidad de una especie química para reducir a otra, mientras se oxida.

## PODER ROTATORIO

Capacidad de una sustancia en solución para rotar el plano de la luz polarizada incidente. Esta capacidad se mide con la ayuda de un aparato denominado polarímetro.

## POLARÍMETRO

Aparato empleado para medir el ángulo de rotación que produce la solución de una sustancia determinada sobre el plano de un haz de luz polarizada.

## POLISACÁRIDOS

Hidratos de carbono formados por numerosos monosacáridos.

## POTENCIAL ELECTROQUÍMICO

Forma de energía potencial, debida a una diferencia de cargas a uno y otro lado de una membrana, producida por la acumulación de iones.

## PROTEASAS

Enzimas que degradan proteínas.

## PROTECCIÓN GALVÁNICA

Capa de cinc que recubre al acero para protegerlo de la corrosión. Este acero se conoce como acero galvanizado.

# Glosario

## PROTEÍNA

Polímero conformado por aminoácidos unidos entre sí por medio de enlaces de tipo peptídicos.

## PROTEÍNA FIBROSA

Proteínas insolubles en agua, con estructura de fibras, como el colágeno y la queratina.

## PROTEÍNA GLOBULAR

Proteína soluble en agua, con forma de ovillo, como la albúmina.

## PUNTO ISOELÉCTRICO

Acidez (pH) del medio con la cual las moléculas del tipo zwitterion poseen igual cantidad de cargas positivas que negativas. En ese caso, se dice que la carga neta es cero.

## QUEROSÉN

Fracción de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo, entre los 175 °C y los 275 °C.

## QUIMIOSÍNTESIS

Conjunto de reacciones metabólicas similar a la fotosíntesis, durante las cuales se obtiene energía a partir de materia inorgánica, en lugar de utilizar la energía solar.

## RANCIDEZ

Grado de oxidación de los ácidos grasos insaturados. Los

ácidos grasos de los triglicéridos pueden oxidarse, dando lugar a ácidos grasos de cadenas más cortas, que poseen un olor desagradable.

## REACCIÓN DE HIDRÓLISIS

Reacción de ruptura de una molécula, con el agregado de una molécula de agua.

## REDUCCIÓN

Reacción de ganancia de electrones o protones, según la reacción que se esté analizando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lista de citas que se utilizan para justificar una metodología, un razonamiento o una conclusión. Se espera que las referencias hagan alusión a material escrito comprobable, fiable y claro.

## RESERVA DE COMBUSTIBLE FÓSIL

Consiste en el volumen estimado de petróleo crudo y gas natural o carbón considerado comercialmente explotable.

## RESPIRACIÓN CELULAR

Conjunto de reacciones metabólicas gracias a las cuales los seres vivos pueden utilizar la energía contenida en los hidratos de carbono.

## SAPONIFICABLE

Molécula que posee grupos carboxílicos que pueden re-

accionar con sustancias alcalinas para dar sales.

## SAPONIFICACIÓN

Proceso de tratamiento de lípidos para la obtención de sales de ácidos grasos.

## SERIE HOMÓLOGA

Conjunto de compuestos que poseen un mismo grupo funcional y difieren en el número de átomos de carbono.

## SIDERURGIA

Industria del hierro.

## SOLUTO

Sustancia que en una mezcla homogénea se encuentra en menor proporción.

## SOLVENTE

Sustancia que en una mezcla homogénea se encuentra en mayor proporción. También se lo denomina disolvente.

## SUSTITUCIÓN

Reacción de reemplazo de un átomo por otro, o bien un grupo de átomos en una molécula.

## TERPENOIDES

Lípidos que pueden ser considerados polímeros del isopreno.

## TETROSAS

Azúcares simples conforma-

dos por un esqueleto de cuatro átomos de carbono.

## TRIGLICÉRIDOS

Lípidos compuestos por tres ácidos grasos esterificados con una molécula de glicerol.

## TRIOSAS

Azúcares simples conformados por un esqueleto de tres átomos de carbono.

## VARIABLES CUALITATIVAS

Variables que pueden evaluarse, pero no cuantificarse, como el color o la textura.

## VARIABLES CUANTITATIVAS

Variables que pueden medirse, como la altura y el peso.

## YACIMIENTO

Lugar geográfico donde se halla naturalmente una roca, un mineral o un fósil.

## ZWITTERION

Molécula que posee, a la vez, una carga negativa y una positiva, como los aminoácidos frente a ciertas condiciones de pH.



Saberes clave **SANTILLANA**

ISBN 978-950-46-2324-3

9 789504 623243