



# QUÍMICA

duodécimo grado

# QUÍMICA

## duodécimo grado

M. Sc. Silvia C. Núñez Junco

Dra. C. Nilda Delgado Yanes

M. Sc. Rafael León Pérez

Dr. C. Andrés Rodríguez Jiménez

Dr. C. Miguel Enrique Charbonet Martel

M. Sc. Jorge Ignacio Sautié Ballesteros †

Dr. C. Redisber Polo Barrera



EDITORIAL  
PUEBLO Y EDUCACIÓN

Este material forma parte del conjunto de trabajos dirigidos al Tercer Perfeccionamiento Continuo del Sistema Nacional de la Educación General. En su elaboración participaron maestros, metodólogos y especialistas a partir de concepciones teóricas y metodológicas precedentes, adecuadas y enriquecidas en correspondencia con el fin y los objetivos propios de cada nivel educativo, de las exigencias de la sociedad cubana actual y sus perspectivas.

Ha sido revisado por la subcomisión responsable de la asignatura perteneciente a la Comisión Nacional Permanente para la revisión de planes, programas y textos de estudio del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas del Ministerio de Educación.

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright* y bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, así como su incorporación a un sistema informático.

**Material de distribución gratuita. Prohibida su venta**

### **Edición y corrección:**

- M. Sc. Taimí Sosa Rabelo

### **Diseño y cubierta:**

- Instituto Superior de Diseño (ISDi)

### **Instituto Superior de Diseño:**

Anelís Simón Sosa ■ María Paula Lista Jorge ■ Sara Sofía Delgado Méndez ■ Isell Rodríguez Guerra ■ Daniela Domínguez Ramírez ■ Amanda Serrano Hernández ■ Rocío de la C. Ruiz Rodríguez ■ Evelio de la Sota Ravelo ■ Ana Laura Seco Abreu ■ Arianna Ruenes Torres ■ Reynier Polanco Somohano ■ Celia Carolina Céspedes Pupo ■ Elizabeth Diana Fajardo Céspedes ■ Laura Rosa Almero Fong ■ Elizabeth Blanco Galbán ■ Laura Reynaldo Jiménez ■ Daniela Arteaga Martínez ■ Daniela Alpizar Céspedes ■ Roberto Pérez Curbelo ■ Ariel Abreu Ulloa ■ M. Sc. Maité Fundora Iglesias ■ Dr. C. Ernesto Fernández Sánchez ■ D.I. Eric Cuesta Machado ■ D.I. Julio Montesino Carmona

### **Ilustración:**

- Camila Noa Clavero

### **Emplante:**

- Yaneris Guerra Turró

© Ministerio de Educación, Cuba, 2025

© Editorial Pueblo y Educación, 2025

ISBN 978-959-13-5168-5 (Versión impresa)

ISBN 978-959-13-5182-1 (Versión digital)

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN

Av. 3.<sup>a</sup> A No. 4601 entre 46 y 60,

Playa, La Habana, Cuba. CP 11300.

epueblo@epe.gemined.cu



# ÍNDICE

<b>Prólogo</b> .....	<b>IX</b>
----------------------	-----------

## 1

### **El carbono. Sustancias inorgánicas y sustancias orgánicas del carbono** .....

.....	<b>1</b>
<b>1.1</b> El carbono: uno de los pocos elementos químicos conocidos desde la antigüedad.....	<b>2</b>
<b>1.2</b> Sustancias inorgánicas del carbono.....	<b>18</b>
<b>1.3</b> Las sustancias orgánicas .....	<b>31</b>
<b>Resumen y ejercitación</b> .....	<b>47</b>

## 2

### **Los hidrocarburos. Las sustancias orgánicas más sencillas** .....

.....	<b>49</b>
<b>2.1</b> Hidrocarburos saturados. Alcanos.....	<b>50</b>
<b>2.2</b> Hidrocarburos no saturados: alquenos y alquinos.....	<b>79</b>
<b>Resumen y ejercitación</b> .....	<b>106</b>

## 3

### **Los compuestos oxigenados de los hidrocarburos** .....

.....	<b>111</b>
<b>3.1</b> Alcoholes .....	<b>112</b>
<b>3.2</b> Aldehídos y cetonas.....	<b>135</b>
<b>3.3</b> Ácidos carboxílicos y ésteres.....	<b>155</b>
<b>3.4</b> Glúcidos .....	<b>170</b>
<b>3.5</b> Lípidos.....	<b>186</b>

# 4

## Los compuestos nitrogenados de los hidrocarburos ..... 211

4.1 Aminas .....211

4.2 Aminoácidos .....227

Resumen y ejercitación..... 240

# 5

## La química, el medio ambiente y la salud ambiental..... 247

5.1 Beneficios y perjuicios de la química.....248

5.2 Protección y contaminación atmosférica .....252

5.3 Protección y contaminación de los suelos.....264

5.4 Protección y contaminación de las aguas continentales y oceánicas. Contaminación por plásticos de mares y océanos.. 280

5.5 Influencia de la química en la salud y la medicina ambiental .....282

**Apéndices** .....297

**Anexos** ..... 355

**Bibliografía** .....425

# Prólogo

**E**ducando, cuando recibas en tus manos este libro, tendrás la oportunidad de leerlo y estudiarlo, como es característico en un joven de tu edad. Los contenidos que se presentan te ayudarán a cumplir los propósitos que tienes reservados para tu vida, en el presente y en el futuro. Lo escribimos pensando en que necesitas aprender y, sobre todo, prepararte para que ingreses a estudiar una carrera universitaria que se vincule con tus motivos, orientación y formación vocacional.

Interesarte por el estudio de la Química está entre los fines que perseguimos al poner este libro en tus manos. Su contenido contribuirá a que recibas conocimientos generales de esta asignatura, con adecuados niveles de sistematización, ampliación y profundización en los contenidos del grado y los que le antecedieron, lo que te permitirá sentar las bases necesarias para enfrentar una carrera universitaria y te ayudará a la solución de problemas en la vida cotidiana.

Te recomendamos que realices estudios individuales y colectivos, te propongas contestar y resolver los ejercicios y desafíos que aparecen a lo largo del texto, para que compruebes sistemáticamente lo que aprendes. Este hecho no solamente contribuirá a la ejercitación y generalización de los contenidos estudiados, sino que formará parte de la autoevaluación y evaluación que realizará tu profesor.

Los autores consideramos que los contenidos explicados en este libro te serán de gran utilidad y ayuda, pero debes complementarlos con la búsqueda constante en otras fuentes; incluye diferentes sitios web, enciclopedias, libros y, sobre todo, las notas de clases. No obstante, en él se expresan los conocimientos y la experiencia de valiosos profesores que tuvieron en cuenta

todo lo positivo de programas y libros anteriores, avalados por su experiencia en la práctica escolar cubana y extranjera durante muchos años, ejerciendo la humilde profesión de maestros.

Este libro surge como un modo de perfeccionar la enseñanza de la Química en el Preuniversitario. Cuenta con cinco capítulos, en ellos conocerás acerca de un grupo de sustancias que guardan mucha relación con la naturaleza de las cosas que percibes en la vida.

La lógica sucesión de los capítulos que encontrarás en el libro, está en correspondencia con los del programa, lo que posibilita sistematizar, ampliar y profundizar en los contenidos relacionados con las sustancias y las reacciones químicas que ya estudiaste en grados anteriores y adentrarte en el estudio de otras sustancias y reacciones químicas.

Cada capítulo comienza con una breve introducción de la naturaleza de las sustancias que vas a conocer y, a continuación, se presenta el contenido dividido en epígrafes numerados consecutivamente, con ejercicios para comprobar lo que aprendes. Incluye interrogantes denominadas Desafío, que te ayudarán a desarrollar capacidades intelectuales e investigativas y, por último, cada capítulo termina con ejercicios integradores que te servirán de Resumen y ejercitación.

También encontrarás un grupo de etiquetas semánticas, tales como: Algo de historia, Conoce un poco más; ¿Sabías que...?; Conéctate, entre otras, que generalmente abordan aspectos interesantes y contribuyen al cumplimiento del fin y los objetivos de esta educación y, en lo concreto, a elevar tu cultura general con el propósito de prepararte para la vida.

Los apéndices que aparecen en las últimas páginas del libro te facilitarán entender mejor el contenido. Se destaca entre ellos el que aborda los 20 aminoácidos presentes en las proteínas; la configuración electrónica de elementos químicos; códigos de riesgos y seguridad que debes observar cuando trabajes en el laboratorio escolar, y el glosario de términos, en orden alfabético, que

puedes consultar cada vez que identifiques una palabra que no entiendas porque allí encontrarás su significado.

Confiamos en que tu constancia en el estudio, destreza, preparación y evidencias de tus resultados servirán de agradecimiento a todos los maestros que contribuyeron al perfeccionamiento de esta obra que ponemos en tus manos. Deseamos que tus logros sean orgullo para todos ellos.

No queremos dejar de reconocer la contribución a esta obra del profesor José Ignacio Sautié Ballesteros, que, con su experiencia, su manera de actuar y su condición de MAESTRO nos acompañó en buena parte del trabajo con estos materiales: ¡sea este nuestro homenaje póstumo a este querido profesor!

*Los autores*



# CAPÍTULO 1

## El carbono. Sustancias inorgánicas y sustancias orgánicas del carbono

**E**l inicio de este programa en el duodécimo grado de la Educación Preuniversitaria te permitirá adentrarte y comprender, con sólidos conocimientos adquiridos en grados precedentes, una rama de la ciencia química relevante y atractiva: el mundo de la química orgánica. Se trata de la parte de la ciencia química que se encarga del estudio de las sustancias orgánicas, sus estructuras, propiedades, transformaciones y aplicaciones.

Las sustancias orgánicas son aquellas que están formadas por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y otros elementos químicos conocidos por ti y que, adecuadamente enlazados y orientados en el espacio molecular, constituyen interesantes compuestos muy vinculados con los procesos de la vida y del propio entorno en que nos desenvolvemos a diario.

Así, en este libro de texto de duodécimo grado, comenzarás a conocer mejor un elemento químico fascinante, el carbono. Verás que está presente siempre en las sustancias orgánicas, acompañado de otros elementos y en sus entramados estructurales complejos forma las sustancias más inverosímiles, pero útiles e importantes para la vida del hombre.



Aun cuando el carbono no se encuentra libre muy frecuentemente en la corteza terrestre ( $3,2 \cdot 10^{-2} \%$ ), es, después del hidrógeno y del oxígeno, el elemento más abundante en el organismo humano, en el que abarca el 17,5 % de su composición. Se halla en todos los tejidos animales y vegetales, combinado con el oxígeno y el hidrógeno, entre otros elementos. También se encuentra en los derivados geológicos de los organismos vivos (petróleo y carbones) unido principalmente al hidrógeno, con el cual forma los hidrocarburos.

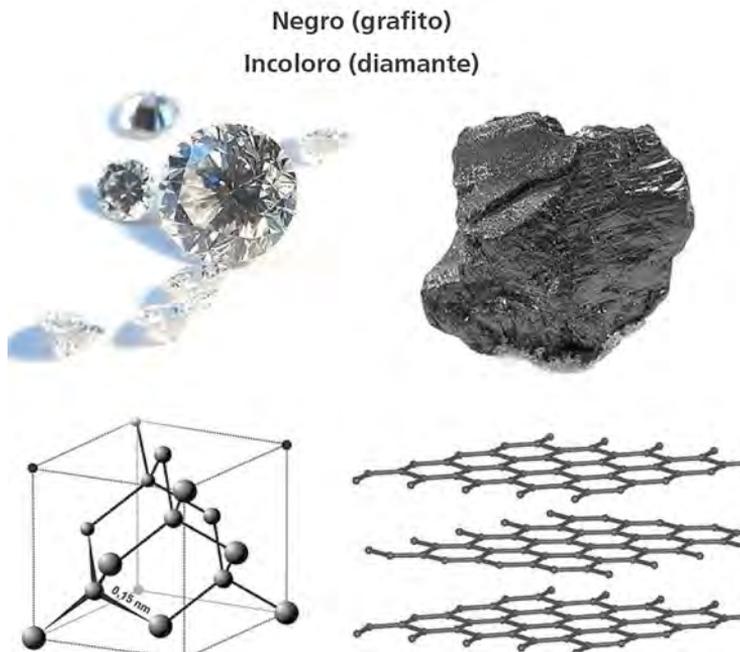
El carbón es conocido desde la antigüedad; el que se encuentra en la Tierra, se creó hace unos 5000 millones de años, durante el período de formación del sistema solar, en el que prevalecieron las reacciones químicas de fusión nuclear y mostró ser relativamente estable. Esto le permitió aportar una cantidad que representa el 0,02 % en el peso de todos los elementos. Aunque esta cantidad parece baja, el carbono es el duodécimo elemento químico más abundante en nuestro planeta.

El hombre comunitario se familiarizó con él de diferentes maneras, una de ellas como residuo de los incendios naturales, aún sin haber controlado el fuego. Ahora bien, no es lo mismo carbón que carbono. El carbón contiene carbono, pero está contaminado con otras sustancias (por ejemplo, el carbón de madera) y es un sólido formado principalmente por cadenas de átomos de carbono. El carbono puede encontrarse en estado puro en la naturaleza, como es el caso del diamante.

El carbón es uno de los llamados combustibles fósiles. Se ha acumulado en el subsuelo durante milenios y es irremplazable, por lo que su consumo desmedido implica su agotamiento. Ello conlleva a la nueva sociedad a encontrar fuentes alternativas viables de energía. Los científicos aseguran que el carbón se originó a partir de la descomposición de los vegetales terrestres en condiciones



los lápices; además, se utiliza como aditivo en los lubricantes. El diamante se emplea para la elaboración de joyas y se aprovecha su alta dureza para utilizarlo como material de corte.



**Fig. 1.1** Algunas formas en que puede encontrarse el carbono

El carbono, tal como estudiaste en el caso del agua y otras importantes sustancias, realiza un ciclo natural. Este ciclo está referido a las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera.

### Comprueba lo aprendido

- 1.1** Indaga acerca de la utilización de los diferentes tipos de carbonos naturales y haz un resumen sobre ello.



El átomo de carbono puede unirse a otros cuatro átomos monovalentes como el hidrógeno. Pero el carbono se puede enlazar de forma covalente a un segundo átomo de carbono y a un tercero y así formar largas y complejas cadenas carbonadas. Además, el enlace entre estos átomos de carbono se puede realizar en diferentes disposiciones.

Observa en esta fracción de la Tabla periódica (tabla 1.2) la posición del elemento carbono, como cabeza del grupo IVA (14) y por encima de la línea quebrada donde se ubican los elementos no metálicos, como ya estudiaste en grados anteriores. Ocupa también el centro de los elementos de la sección A (representativos). Su configuración electrónica le confiere propiedades excepcionales y determina su posición en la Tabla periódica.

**Tabla 1.2** Tabla periódica moderna. Posición del carbono

**Tabla Periódica**

The image shows a standard periodic table with the following labels and highlights:

- Labels:** "Grupo" (Group) and "Número atómico" (Atomic number) are labeled with arrows pointing to the Hydrogen (H) cell.
- Hydrogen (H) cell details:** "H", "1", "1.008", "HIDRÓGENO", "1.008".
- Carbon (C) cell details:** "C", "6", "12.011", "CARBONO", "12.011".
- Other elements in the same group (IVA):** Si (Silicio), Ge (Germanio), Sn (Estadino), Pb (Plomo).
- Other elements in the same period (2):** B (Boro), N (Nitrógeno), O (Oxígeno), F (Flúor), Ne (Neón).

Si el átomo de carbono posee cuatro electrones en su capa de valencia, entonces, de acuerdo con la regla del octeto, necesita cuatro electrones más para completarla, por lo que formaría cuatro enlaces simples con otros átomos. Esta característica electrónica podríamos explicarla utilizando las propuestas de hibridación.

Por ser un átomo muy pequeño tiene la posibilidad de formar cadenas de átomos de carbono (algunas muy largas) abiertas y cerradas,



región del espacio en que se encuentra un electrón que se caracteriza por tener una determinada energía.

En la formación de este enlace covalente, ambos orbitales se combinan para formar uno solo, el orbital de enlace, ocupado por los dos electrones, con espines opuestos, lo cual limita el número de electrones en el mismo orbital solo a dos con distinto valor del número cuántico de espín (+1/2 o -1/2), con menor energía y, por tanto, más estable.

El orbital atómico está relacionado con la energía del electrón ( $n$ ) y se representa por ( $nl$ ), donde  $l$  se denota por las letras  $s$ ,  $p$ ,  $d$  y  $f$ . Cada nivel de energía tendrá tantos tipos de orbitales como valores tenga  $n$  y el número total de orbitales en un nivel de energía será  $n^2$ . (tabla 1.3)

**Tabla 1.3** Electrones en niveles, subniveles y orbitales

Niveles de energía	Orbitales atómicos ( $nl$ )	Tipo de orbitales atómicos	Número total de orbitales en el nivel ( $n^2$ )
1	1s	1s	1
2	2s	2s	4
	2p 2p 2p	2p	

Se utiliza la notación  $n l^x$  (léase ene-ele- a la equis) para representar la distribución de los electrones de cada átomo, en la que  $x$  es el número de electrones en el subnivel. Para representar esa distribución electrónica es necesario, primero, recordar y definir algunos conceptos tales como:

- Nivel de energía:** es un estado (o conjunto de estados) cuya energía caracteriza a los electrones en un átomo. Se muestra esquemáticamente mediante "capas" a diferentes distancias del núcleo en correspondencia con la energía del electrón.

Se representa por la letra  $n$  y el número máximo de electrones se define por  $2n^2$ .

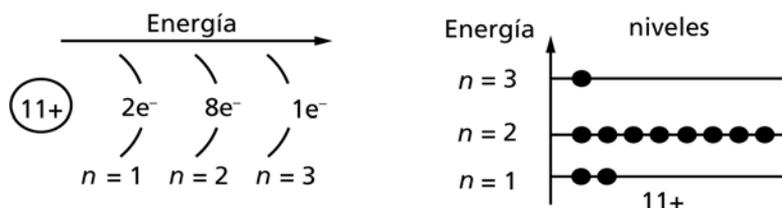
Para  $n = 1$ ;  $2 \cdot 1^2 = 2 \cdot 1 = 2$

Para  $n = 2$ ;  $2 \cdot 2^2 = 2 \cdot 4 = 8$

Para  $n = 3$ ;  $2 \cdot 3^2 = 2 \cdot 9 = 18$

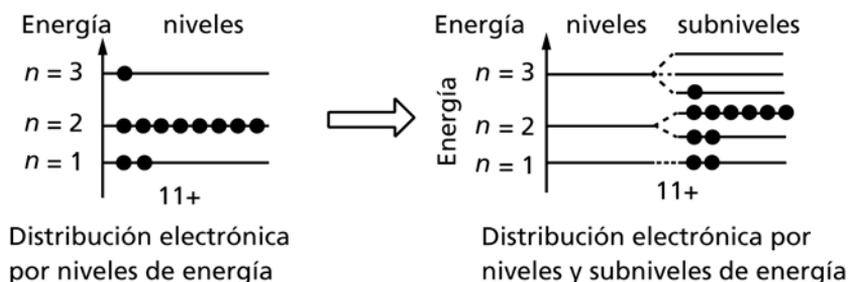
Para  $n = 4$ ;  $2 \cdot 4^2 = 2 \cdot 16 = 32$

De este modo, podemos ver que es posible representar de dos formas la distribución de los electrones: una, por niveles de energía y otra, por niveles y subniveles. Observa en la figura 1.2 por ejemplo, cómo queda esta representación para el átomo de sodio, Na ( $Z = 11$ ):



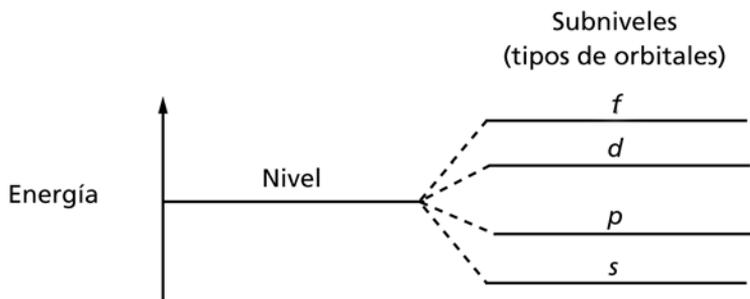
**Fig. 1.2** Formas de representar la distribución de los electrones en el átomo

- Subnivel de energía:** es una forma de movimiento de los electrones cuya energía caracteriza a los electrones en un nivel de energía. Se representa esquemáticamente mediante "subcapas" a diferentes distancias del núcleo en correspondencia con la energía del electrón. Observa un ejemplo en la figura 1.3:



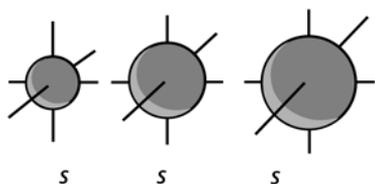
**Fig. 1.3** Formas simplificadas de representar la distribución de los electrones en el átomo

Los tipos de orbitales pueden representarse esquemáticamente como se muestra en la figura 1.4:

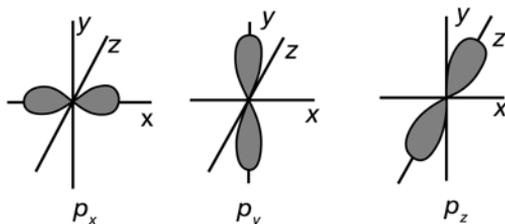


**Fig. 1.4** Forma de representar los tipos de orbitales de un subnivel

Por ejemplo, el primer orbital es el *s* en el primer nivel, que resulta esférico y adireccional. En cada nivel habrá un orbital *s*, semejante al  $1s$ , pero cada vez con mayor radio y energía. Luego, el segundo nivel contiene el subnivel  $2s$  y aparece el  $2p$  con 3 orbitales dirigidos hacia las coordenadas del plano cartesiano (figura 1.6), *x*, *y*, *z*, con mayor energía que el *s*. Hay 5 tipos de orbitales *d* y 7 del tipo *f*; estos dos últimos no los representamos por su compleja geometría espacial.

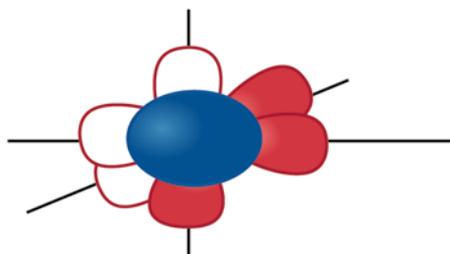


**Fig. 1.5** Forma de los orbitales *s*



**Fig. 1.6** Forma de los tres orbitales *p* en un subnivel

La representación de los orbitales del último nivel de energía del átomo de carbono se muestra en la figura 1.7, en la que puedes observar el orbital  $2s$ , que posee una forma esférica y los 3 orbitales *p* en forma de lóbulos.



**Fig. 1.7** Orbitales atómicos del nivel 2 del átomo de carbono

También suele representarse mediante casillas o cuadrados (no es la representación real) y, dentro de cada una, los electrones correspondientes:

El subnivel $s$ ( $2e^-$ ) $\rightarrow$ 1 orbital. Se representa mediante una casilla cuántica	<input type="checkbox"/>
El subnivel $p$ ( $6e^-$ ) $\rightarrow$ 3 orbitales (tres casillas cuánticas)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
El subnivel $d$ ( $10e^-$ ) $\rightarrow$ 5 orbitales (cinco casillas cuánticas)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
El subnivel $f$ ( $14e^-$ ) $\rightarrow$ 7 orbitales (siete casillas cuánticas)	<input type="checkbox"/>

Casilla con un electrón



Casilla con dos electrones



Siguiendo la lógica anterior, en el átomo de H ( $Z = 1$ ) se encuentra un electrón en su única capa o nivel; utilizando la notación  $n^l$ , la configuración es  $1s^1$ . Para el átomo de litio ( $Z = 3$ ) sería  $1s^2 2p^1$ . En el caso del átomo de azufre ( $Z = 16$ ) será  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ; aquí puede utilizarse otra notación abreviada por ser tan larga la configuración:  $(\text{Ne}) 3s^2 3p^4$ .

En el átomo de carbono ( $Z = 6$ ) tenemos la configuración  $1s^2 2s^2 2p^2$ . Es decir, posee cuatro electrones en el nivel más externo, ¿cuántos enlaces covalentes puede formar este átomo?



### Recuerda que...

Para que se produzca el enlace covalente con otro átomo, deben compartirse dos electrones que se encuentren desapareados en cada uno de ellos. O sea, solo dos electrones con espines opuestos pueden aparearse en dos orbitales que se solapan.

Para comprender mejor estos aspectos, primero, es necesario conocer cómo representar la distribución de electrones en un átomo, por subniveles y orbitales. Esta distribución se rige por un diagrama, sobre la base de la información que nos da la tabla 1.4:

**Tabla 1.4** Diagrama de Moeller

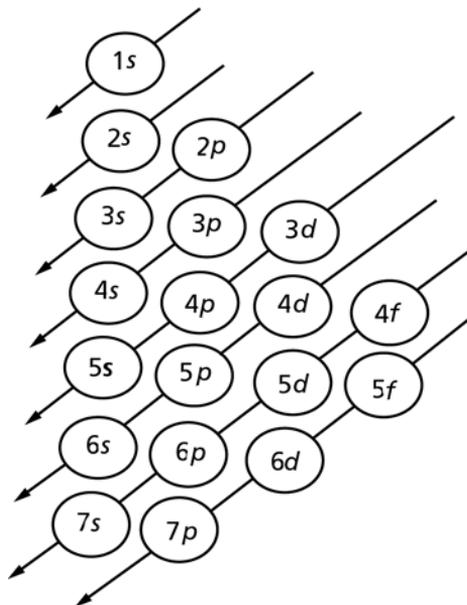
Niveles	Orbitales			
	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>f</i>
$n = 1$	1 <i>s</i>			
$n = 2$	2 <i>s</i>	2 <i>p</i>		
$n = 3$	3 <i>s</i>	3 <i>p</i>	3 <i>d</i>	
$n = 4$	4 <i>s</i>	4 <i>p</i>	4 <i>d</i>	4 <i>f</i>
$n = 5$	5 <i>s</i>	5 <i>p</i>	5 <i>d</i>	5 <i>f</i>
$n = 6$	6 <i>s</i>	6 <i>p</i>	6 <i>d</i>	
$n = 7$	7 <i>s</i>	7 <i>p</i>		

En la representación de la distribución electrónica se sigue el principio de construcción por la regla de Aufbau (que en alemán significa construcción). Esta regla nemotécnica permite determinar el orden de “llenado” de los orbitales de la mayoría de los átomos. Debe señalarse que los de menor energía se “llenan” primero que los de mayor energía.

Es importante tener en cuenta algunas reglas establecidas a partir del principio de exclusión establecido por Wolfgang Pauli (1900-1958), físico austriaco y Premio Nobel de Física en 1945 y la Regla de máxima multiplicidad de Friedrich Hund (1896-1997), físico y profesor alemán. El principio de exclusión de Pauli establece que en un mismo orbital no pueden existir más de dos electrones, los cuales deben tener espines opuestos, mientras que la regla de Hund plantea que en los subniveles  $p$ ,  $d$  y  $f$  los electrones se distribuyen de manera que exista el máximo número de electrones no apareados o lo que es lo mismo, tratando de ocupar el mayor número de orbitales disponibles antes de comenzar a parearse.

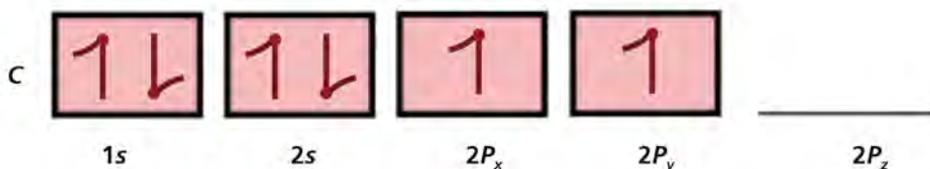
Así, de ser necesario “distribuir” 3 electrones en los orbitales  $p$  del segundo nivel, debe representarse un electrón en cada uno de los tres orbitales  $p$ , lo que se hace de la forma siguiente:  $2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ .

Con estos conocimientos, analiza el diagrama que muestra la figura 1.8:



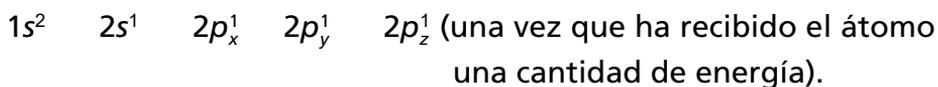
**Fig. 1.8** Principio de construcción (aplicando la regla de las diagonales)

Con el análisis del diagrama puedes aplicar una regla conocida como regla de las diagonales, que te permite representar la distribución electrónica de los átomos. Para el caso del átomo de carbono, su configuración electrónica quedaría así: C:  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$  o también



Como observas, en el último nivel de energía del átomo de carbono (el segundo) existen cuatro electrones, lo que explica la posición del elemento en la Tabla periódica. Así se justificaría este aspecto, pero no se da respuesta al hecho de que el átomo de carbono en la inmensa mayoría de sus compuestos tiene cuatro capacidades de enlace, o sea, es tetravalente.

Podemos pensar por un momento que, en el átomo de carbono, al absorber cierta cantidad de energía, un electrón del subnivel  $2s$  "puede ser promovido" al orbital  $2p$  "vacío" y de este modo existirían cuatro electrones desapareados, condición que explica la formación de cuatro enlaces covalentes: C (átomo excitado):



### Conoce un poco más

En realidad, orbital "vacío" es un recurso y no una realidad posible: si no hay electrones, no hay orbitales; por eso, si el electrón no está presente, no es posible hablar de orbital. No existen orbitales vacíos. El movimiento del electrón describe un orbital. Más bien podría



En los grupos y períodos de la Tabla periódica, al aumentar el número atómico de los átomos de los elementos químicos, las propiedades de estos varían. De esta manera las propiedades físicas y químicas de los átomos de los elementos químicos dependen, fundamentalmente, de su configuración electrónica. Si analizas los valores numéricos que aparecen en la tabla 1.5 puedes apreciar cómo estas propiedades varían de un elemento al otro.

**Tabla 1.5** Algunas propiedades de los elementos del grupo IV-A y de sus respectivas sustancias simples

Propiedad	C	Si	Ge	Sn	Pb
Número atómico	12	14	32	50	82
Radio atómico en pm	77	111	125	145	154
Electronegatividad escala Pauling	2, 5	1, 7	2, 0	1, 7	1, 6
Propiedad	C	Si	Ge	Sn	Pb
Primera energía de ionización en kJ/mol	1086, 5	786, 5	762	708, 6	715, 6
Propiedades metálicas	Aumentan →				
Propiedades no metálicas	Disminuyen →				

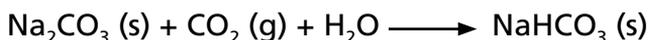
En la secuencia del carbono al plomo, el aumento gradual de las propiedades metálicas puede atribuirse a que, en los elementos más pesados, con mayor radio atómico, los electrones de la capa más externa están menos fuertemente retenidos, por lo que ceden más fácilmente sus electrones externos.

Por lo general, al aumentar el radio atómico disminuyen las energías de ionización primarias, ya que hay que aplicar menos energía para arrancarle el electrón menos fuertemente retenido.



Debido a su alcalinidad, las disoluciones de carbonato de sodio (conocido como sosa comercial) se usan como agentes limpiadores y para ablandar el agua.

El hidrogenocarbonato de sodio, también conocido como bicarbonato de sosa, de fórmula  $\text{NaHCO}_3$ , es una sustancia cristalina de color blanco que, al reaccionar con los ácidos, produce dióxido de carbono y agua, a la vez que se transforma en carbonato de sodio. En la panadería y dulcería se emplea para hacer crecer la masa. También se utiliza para obtener dióxido de carbono para extintores de incendios. Se emplea en medicina para neutralizar una cantidad excesiva de ácidos en el estómago, en la industria se utiliza para disminuir la alcalinidad del carbonato de sodio. Se encuentra en la naturaleza en muchos manantiales de agua mineral y se obtiene por la reacción del carbonato de sodio con agua y dióxido de carbono.



### 1.2.1 Sustancias simples. Estados alotrópicos

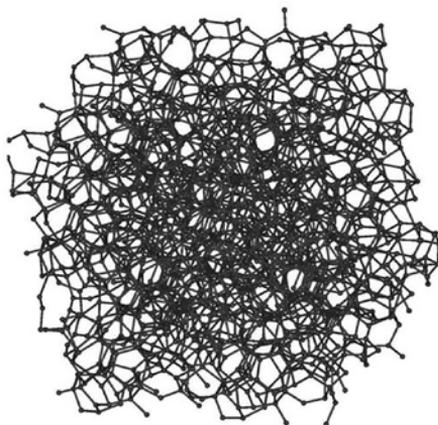
El estado alotrópico o modificación alotrópica está referida a las diferentes formas de existencia de algunas sustancias formadas por un solo tipo de elemento químico, pero con estructuras químicas distintas y, por tanto, poseen propiedades diferentes.

La alotropía (viene del griego *allos* = otro y *tropé* = cambio, giro; literalmente "otro giro", no en el sentido de girar, sino de aspecto, de matiz) es un fenómeno presente en la sustancia simple carbono. Se conocen varias formas alotrópicas del carbono, pero en este estudio nos referiremos al grafito, el diamante y los fullerenos.

#### 1.2.1.1 El diamante, el grafito y los fullerenos como estados alotrópicos del carbono

En otros libros puedes encontrar, como formas alotrópicas del carbono, el diamante y el grafito, en la mayoría de los casos con

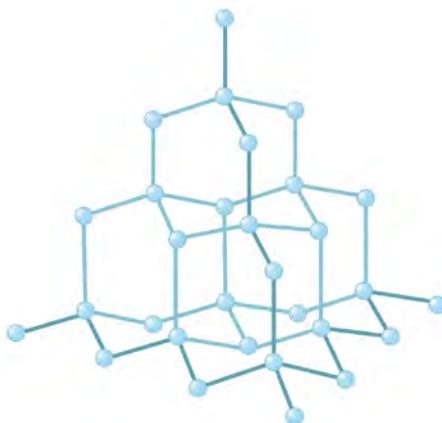




**Fig. 1.9** Estructura del carbono amorfo

El carbono amorfo tiene amplias aplicaciones en la vida. El hombre lo utiliza fundamentalmente como fuente de energía; en la fabricación de betunes y cremas para los zapatos, en neumáticos y pinturas.

En el diamante, cada átomo de carbono está rodeado por otros cuatro átomos más de carbono, con una disposición tetraédrica (por lo cual se propone una hibridación  $sp_3$  para cada átomo de carbono) y una distancia de enlace de 154 pm entre sí, de lo que resulta su estructura espacial, observa la figura 1.10.



**Fig. 1.10** Estructura del diamante

La estructura del diamante está formada por una red de átomos de carbono unidos mediante enlaces covalentes formando *tetraedros* que se repiten en el espacio constituyendo una red covalente. La gran fortaleza de los enlaces C-C le confiere una dureza extrema y elevados valores de temperatura de fusión y ebullición. De aquí su amplio uso como material de corte para otros materiales.

Dada su peculiar estructura, tiene un elevado índice de refracción, reflejando la luz sobre las superficies internas del cristal, lo que provoca el característico fulgor de las piedras preciosas y esto hace que tenga mucho valor en el mercado, observa un fragmento de diamante en la figura 1.11.

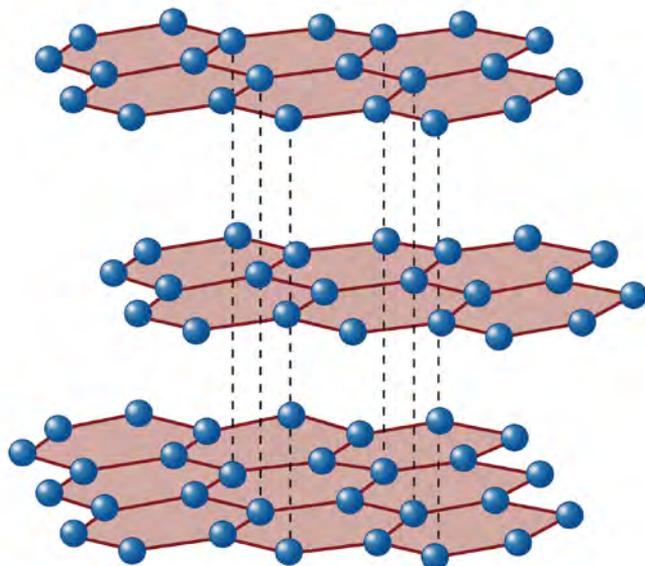


**Fig. 1.11** Representación de una parte del cristal del diamante

En la estructura del grafito, un átomo de carbono, a presión normal, está unido a otros tres átomos de carbono en un plano compuesto de celdas hexagonales; este estado se puede describir como 3 electrones de valencia en orbitales híbridos planos  $sp_2$  y el cuarto en el orbital  $p$  no hibridado, formando un enlace deslocalizado, observa en la figura 1.12 su estructura.

Los átomos de carbono se unen entre sí mediante tres enlaces covalentes formando hexágonos, que, a su vez, se distribuyen en capas que se mantienen débilmente unidas (fuerzas de Van der

Waals) gracias a electrones que se sitúan entre ellas. Estos electrones se pueden mover con cierta facilidad, lo que confiere al grafito propiedades conductoras de la electricidad y el calor. La unión entre las láminas es muy débil, por lo que son muy fáciles de separar. La posibilidad de escribir con un lápiz se debe precisamente a esto: las láminas de carbono se desprenden de la mina y marcan el papel.



**Fig. 1.12** Estructura del carbono en el grafito

El grafito se utiliza además en crisoles refractarios (resistentes a elevadas temperaturas), en electrodos, como los que se emplean en algunas celdas electrolíticas. También se usa como lubricante y como moderador en los reactores atómicos.

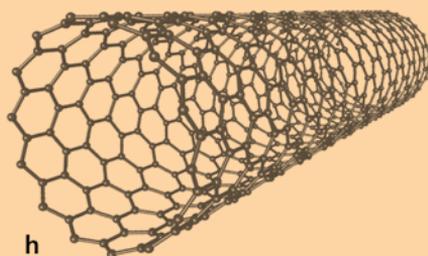
Los fullerenos tienen una estructura similar al grafito, pero el empaquetamiento hexagonal se combina con pentágonos (y en ciertos casos, heptágonos), lo que curva los planos y permite la aparición de estructuras de forma esférica, elipsoidal o cilíndrica. De ellos, la molécula de  $C_{60}$  está constituida por 60 átomos de carbono,



Algunos compuestos de los fullerenos, tales como los fulleruros, que son sales de metales alcalinos, se comportan a bajas temperaturas como superconductores ( $K_3C_{60}$  a 18 K;  $Rb_3C_{60}$  a 28 K y  $Cs_3C_{60}$  a 40 K). Los superconductores son especies capaces de conducir la corriente eléctrica sin resistencia.

### ¿Sabías que...?

Los nanotubos son estructuras tubulares (figura 1.14) cuyo diámetro es del tamaño del nanómetro. Pueden considerarse procedentes de una lámina de grafito enrollado sobre sí misma. Según el grado de enrollamiento y la manera como se conforma la lámina original, el resultado puede llevar a nanotubos de distinto diámetro y geometría interna.



**Fig. 1.14** Estructura tubular de los nanotubos

Una importante aplicación de los nanotubos, es el desarrollo de supercondensadores, dispositivos para el almacenamiento de dihidrógeno y la fabricación de paneles solares formando estructuras tubulares. Tienen un espesor 10 000 veces inferior al cabello humano (del orden de  $10^{-9}$  m) y presentan una enorme resistencia, una increíble elasticidad y propiedades eléctricas sorprendentes.

Como has podido apreciar, algunas de estas modificaciones alotrópicas se han descubierto en las últimas décadas del siglo xx,



pero, si su combustión es incompleta, se generan grandes cantidades también de monóxido de carbono, otro óxido de este elemento químico. En estos óxidos el carbono se enlaza covalentemente con el átomo de oxígeno como ilustramos en la figura 1.15.



**Fig. 1.15** Estructura del dióxido de carbono

Los valores de las temperaturas de fusión y ebullición del monóxido de carbono y del dióxido de carbono son  $-205\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-191,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. El monóxido de carbono (figura 1.16) es un gas que no encierra un riesgo directo para la vegetación o los materiales, ya que en presencia de suficiente dióxígeno, rápidamente se transforma en dióxido de carbono.



**Fig. 1.16** Estructura del monóxido de carbono

Sin embargo, para el hombre constituye un peligro mortal en lugares cerrados. Este gas se combina con la hemoglobina de la sangre, para formar una sustancia llamada carboxihemoglobina que impide que se transporte el dióxígeno a través de la sangre y se produce la asfixia. Se ha demostrado que la hemoglobina es 210 veces más afín al monóxido de carbono que al dióxígeno, lo que implica que mínimas concentraciones de este óxido pueden afectar considerablemente el transporte de dióxígeno en el organismo humano, afectándose con esto todas las funciones que en él se realizan.



Su presencia en la sangre estimula la respiración, por lo que es usado en combinación con el dióxígeno en la respiración artificial y también forma parte de los gases utilizados en el proceso de anestesia. Es uno de los principales contribuyentes al llamado efecto invernadero.



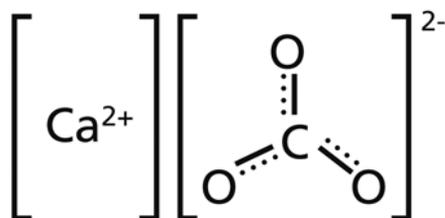
**Recuerda que...**

¿Qué es el efecto invernadero?

A través de la atmósfera llegan a nuestro planeta la luz ultravioleta y la visible. Estas radiaciones son absorbidas por la superficie terrestre y una parte de ellas, posteriormente, es emitida hacia la atmósfera como radiaciones infrarrojas. Algunos de los gases atmosféricos ( $\text{CO}_2$  y  $\text{NO}$ , entre otros) absorben estas radiaciones e impiden que sean irradiadas al espacio. Al quedar estas radiaciones en la Tierra se produce un aumento de su temperatura y es este efecto el que se conoce como efecto invernadero. Se ha determinado que, de no existir este efecto, la temperatura del planeta sería  $40\text{ }^\circ\text{C}$  más baja que lo que actualmente es.

El carbonato de calcio es una sal ternaria u oxisal que contiene carbono, de esta ya conociste en décimo grado que en Cuba la mayor parte de las rocas son calizas, es decir, están formadas principalmente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). También, la dureza de las aguas subterráneas obedece a que contienen pequeñas cantidades de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  acompañados de los iones  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$ .

La estructura de esta sal refleja el carácter iónico de esta sustancia (figura 1.18) y la presencia del carbono como átomo central. Precisamente, debido a su estructura, tiene gran utilidad en la industria, la medicina, el hogar y la vida en general.



**Fig. 1.18** Representación iónica del carbonato de calcio



¿Qué importancia tiene este material constituido fundamentalmente de carbonato de calcio?

## 1.3 Las sustancias orgánicas

Al iniciarnos por primera vez en el estudio de la química orgánica, lo primero que nos preguntamos es: ¿qué estudia esta rama de la ciencia?, ¿a qué se dedica?, ¿por qué es importante su estudio? y muchas interrogantes más. El mundo que nos rodea, e incluso nuestro propio organismo humano, está formado por una gran cantidad de sustancias, orgánicas o inorgánicas.

Las sustancias orgánicas se obtienen a partir de fuentes naturales o por vía sintética. Ejemplos de ellas son: el petróleo, el gas natural y el carbón, que constituyen las fuentes naturales más importantes para la obtención de sustancias orgánicas. Muchos medicamentos, inicialmente, fueron obtenidos de fuentes naturales y, posteriormente, por vía sintética. No obstante, en la actualidad la mayoría de los medicamentos se obtienen por vía sintética o a partir de una fuente natural, que, posteriormente, se transforma por vía sintética en el medicamento.

### ***1.3.1 Objeto de estudio de la Química Orgánica. Características generales de las sustancias orgánicas. Tipos de cadenas carbonadas. Importancia de las sustancias orgánicas***

*El objeto de la química orgánica es precisamente el estudio de la estructura, propiedades y transformaciones de los compuestos del carbono. Por esta razón, hoy suele llamarse química de los compuestos del carbono, pero prevalece, por cuestiones de respeto histórico a la ciencia y de hábitos, el nombre "química orgánica".*

Unidos al carbono se encuentran otros elementos en estas sustancias, muy frecuentemente el hidrógeno, también el oxígeno,



Los compuestos orgánicos presentan un conjunto de propiedades generales que los distinguen de las llamadas inorgánicas. La presencia del átomo de carbono implica la formación de enlaces covalentes con el hidrógeno, con él mismo y otros elementos presentes en sus moléculas.

La formación de esos enlaces covalentes con relativa facilidad para alcanzar una configuración más estable, le permite también formar cadenas carbonadas abiertas y cíclicas o cerradas. Estas características estructurales le confieren propiedades muy específicas. Veamos en la tabla 1.6.

**Tabla 1.6** Algunas características generales de varios compuestos orgánicos

Compuesto orgánico	Solubilidad en		Combustibilidad	Fusibilidad
	H <sub>2</sub> O	CCl <sub>4</sub>		
Benceno	No	Sí	Sí	Líquido a temperatura ambiente
Parafina	No	Sí	Sí	Funde fácilmente
Grasa animal o vegetal	No	Sí	Sí	Funde fácilmente
Alcohol etílico	Sí	Sí	Sí	Líquido a temperatura ambiente
Celulosa (papel de filtro)	No	No	Sí	Se descompone

Como se aprecia en la tabla anterior, las sustancias orgánicas no se disuelven generalmente en disolventes polares como el agua y sí lo hacen en aquellos apolares, tales como tetracloruro de carbono, benceno, tolueno y otros. Son combustibles y al combustionar desprenden mucha energía en forma de calor, lo cual es aprovechado por el hombre para satisfacer sus necesidades de energía, que, muchas veces por la indiscriminada utilización de esta fuente



la Universidad de Gotinga en Baja Sajonia, discípulo del anterior y famoso por la síntesis de la urea, que contribuyó a la derrota de la teoría vitalista. El término orgánica se mantiene por su carácter histórico.



Friedrich Wöhler

La inmensa mayoría de las sustancias orgánicas son moleculares con enlaces covalentes apolares o de muy baja polaridad. Esta característica las hace ser diferentes en muchos casos a las sustancias inorgánicas. En décimo grado estudiaste que estos tipos de sustancias se caracterizan por poseer valores de temperatura de fusión y ebullición relativamente bajos, son aislantes eléctricos y del calor, también que su dureza varía en dependencia de la fortaleza de las interacciones intermoleculares.

Los compuestos orgánicos forman cadenas en las cuales dos o más átomos de carbono se enlazan covalentemente, carbono-carbono mediante enlaces simples, dobles o triples, por eso se les llama cadenas carbonadas. Constituyen el esqueleto de prácticamente todos los compuestos orgánicos.

También pueden enlazarse al átomo de carbono otros átomos de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, halógenos, para dar lugar a millones de moléculas con diferentes estructuras; de modo que los átomos pueden unirse para formar compuestos sólo en proporciones determinadas por su valencia. En este sentido, se conoce que, en 1858, el alemán Friedrich August Kekulé (1829-1896) publicó su tesis sobre el enlace químico del carbono, que consistían en:

- 1.º; el átomo de carbono es tetravalente (o sea, de valencia 4).
- 2.º; un átomo de carbono puede formar enlaces con otros átomos de carbono y por tanto perder parte de su propiedad de unión con otros elementos.



¿Cuáles son las características de una estructura química?: la composición atómica, el tipo de partículas, el ordenamiento espacial de estas, el enlace químico entre ellas, su naturaleza química. Todas estas características constituyen la estructura química. Representadas por fórmulas llamadas fórmulas estructurales, de estas la que más utilizaremos es la fórmula semidesarrollada.

De acuerdo con A. M. Bútlero:

- En las moléculas, los átomos no están dispuestos de forma desordenada, sino que están unidos mutuamente en una secuencia bien determinada de acuerdo con su valencia.
- Las propiedades de las sustancias no solo dependen de los elementos que la forman, ni de la cantidad de átomos que tengan, sino también de la secuencia de unión de dichos átomos en las moléculas, es decir, del orden de la influencia mutua y de su estructura.

En esto consiste el concepto general de Bútlero: todos los átomos que forman la molécula de una sustancia compleja interactúan entre sí. A la distribución de las interacciones determinada por el orden de enlace de los átomos, Bútlero la denominaba estructura química; fue el primero en usar dicha denominación.



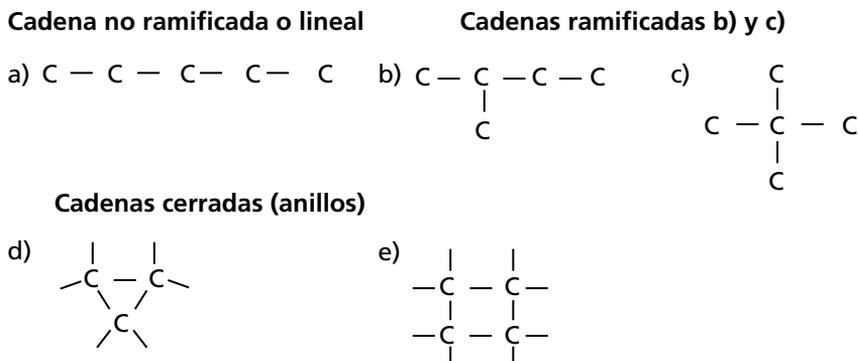
### Algo de historia

El químico ruso Alexander M. Bútlero (1828-1886), profesor en las universidades de Kazán y San Petersburgo, fue quien introdujo el concepto *estructura química* para indicar el enlace mutuo entre los átomos en un compuesto.



Alexander M.  
Bútlero

Las cadenas carbonadas pueden ser cortas, largas, ramificadas (con sustituyentes), en forma de anillos (llamadas cíclicas), de anillos con cadenas laterales, de anillos con otros anillos, entre otras. Además, el enlace de estos átomos de carbono se puede realizar en diferentes disposiciones. Ejemplos de diferentes tipos de cadenas se muestran en la figura 1.19:



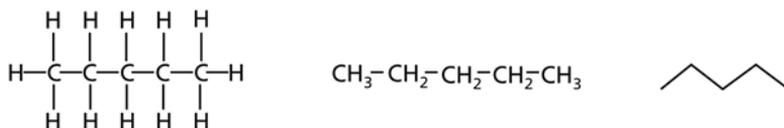
**Fig. 1.19** Ejemplos de tipos de cadenas carbonadas

Observa en la figura 1.23 que, para el caso *a*, sus átomos están distribuidos de forma lineal y para los casos *b* y *c* tienen ramificaciones. También, estas tres cadenas son abiertas, pues no constituyen un ciclo o anillo. Existen cadenas carbonadas cerradas, en anillo o también llamadas cíclicas como son las de los casos *d* y *e*.

Cuando estas cadenas carbonadas son completadas de acuerdo a la valencia de los átomos de los elementos químicos presentes, se obtiene la representación del compuesto químico, es decir, la fórmula química.

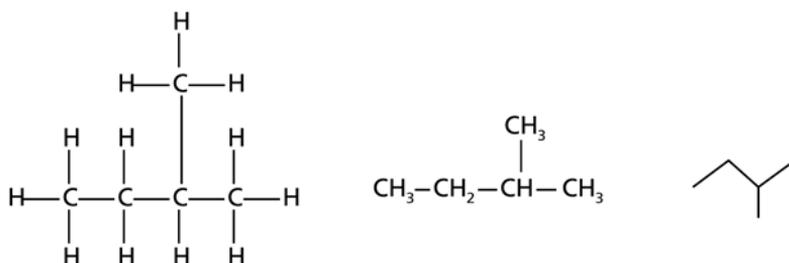
La fórmula química puede ser una fórmula desarrollada cuando en la representación se observan todos los enlaces químicos de cada átomo presente, mientras que, en la fórmula semidesarrollada solo se observan los enlaces de la cadena carbonada y se omiten los enlaces con el hidrógeno. También hay otra fórmula llamada líneoangular, en la que solo se observan líneas (segmentos) que indican los enlaces entre los átomos de carbono (no aparecen

generalmente los enlaces C – H). Algunos ejemplos de lo anterior podrás encontrarlos en la figura 1.20.



**Fig. 1.20** Diferentes formas de representación de cadenas carbonadas

En los tres casos que muestra la figura 1.24 se trata del pentano, que es un alcano, hidrocarburo de 5 átomos de carbono y 12 de hidrógeno. En cuanto a otros alcanos de cadenas ramificadas, pueden representarse solo los esqueletos carbonados, como muestra la figura 1.21. Observa que en cada extremo del enlace debe aparecer un átomo de carbono.



**Fig. 1.21** Ejemplos de esqueletos carbonados

Las tres estructuras poseen la misma fórmula química global ( $C_5H_{12}$ ) y constituyen el mismo compuesto. Se representan mediante diferentes modelos estructurales, pero la disposición de los átomos es la misma, por lo que tienen iguales propiedades por pertenecer al mismo compuesto.

### Importancia de los compuestos orgánicos

Cuando hablamos del desarrollo de un país y del bienestar de las personas, de confort en el hogar, de alimentación, de fármacos,



- b) Representa la cadena carbonada de un hidrocarburo cíclico de 5 átomos de carbono consecutivos unidos entre sí por simples enlaces.

### 1.3.2 Clasificación de las sustancias orgánicas.

#### **Grupos funcionales. Funciones químicas**

Como recordarás de lo aprendido en décimo grado, las *clases de sustancias* o *función química* son aquellas especies de composición química definida, con propiedades que les son comunes, en virtud de la semejanza en sus estructuras y, por tanto, tienen un comportamiento que les es propio.

También existen compuestos orgánicos con propiedades muy parecidas, de modo que constituyen regularidades. La causa fundamental debe buscarse en la semejanza de sus estructuras (composición química, tipo de partículas, tipo de enlaces químicos, ordenamiento espacial de los átomos e interacciones entre ellos).

En estas estructuras se encuentran átomos o grupos de átomos que les confieren a las moléculas tales propiedades, son los llamados grupos funcionales.

El *grupo funcional* en el contexto de la química orgánica, puede definirse como aquel átomo o grupo de átomos que se une a una cadena carbonada y es el principal responsable de las propiedades físicas y químicas de estas sustancias. Así tenemos las diferentes clases de sustancias orgánicas o función química, cada una de ellas tiene un grupo funcional que las caracteriza.

Es característico de las sustancias orgánicas presentar grupos funcionales comunes que les permiten constituir series o familias. De este modo, podemos encontrar sustancias como los alcoholes, con uno o varios grupos hidroxilo (OH). Este agrupamiento es, en mayor medida, la causa de la mayoría de las propiedades de los alcoholes. Así, tenemos las diferentes clases de sustancias orgánicas o función química, que se caracterizan por el grupo funcional que las identifica.



- a)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$
- b)  $\text{CH}_3 - \text{NH}_2$
- c)  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$
- d)  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$
- e)  $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- f)  $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$
- g)  $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$

**1.22.1** Refiere a cuál función química pertenece cada una.

**1.22.2** ¿Cuáles pertenecen a la misma función química? Fundamenta.



### Conéctate

Indaga sobre las diferencias que existen entre las sustancias orgánicas y las inorgánicas en [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com). Realiza un resumen de este aspecto. ¿Son totalmente diferentes?

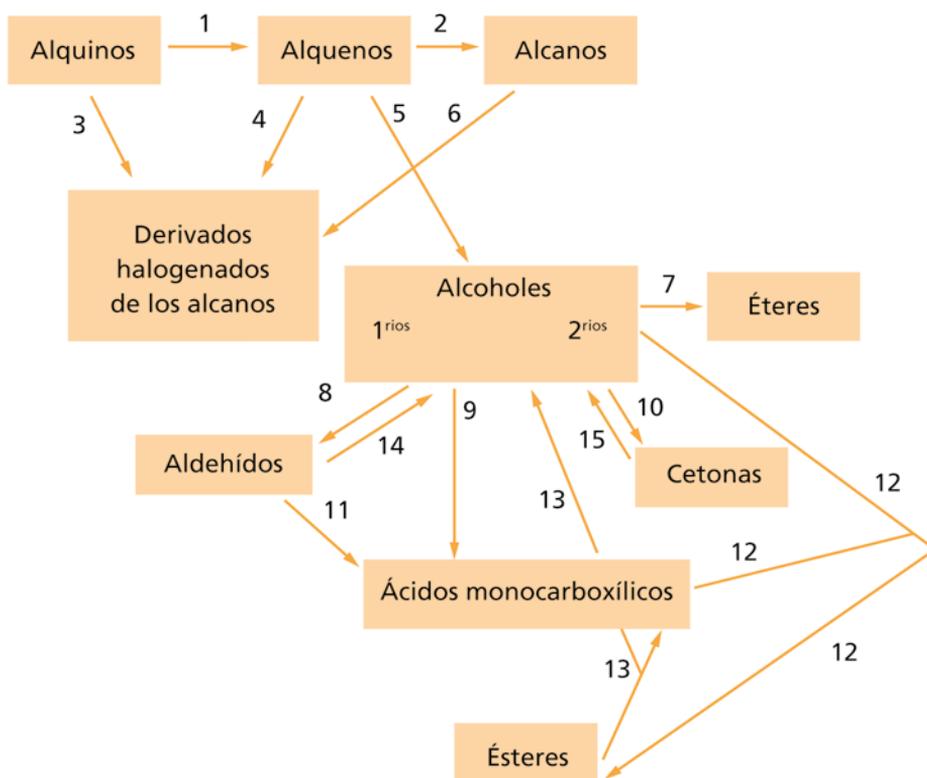
### 1.3.3 Comparación entre las sustancias orgánicas y las sustancias inorgánicas

Como ya conoces de grados anteriores, las sustancias inorgánicas tienen composición muy variada de una a otra y no son muy numerosas aquellas que poseen un elemento común. De manera general, poseen propiedades opuestas a las sustancias orgánicas, aunque no existe una delimitación muy estricta entre las sustancias orgánicas y las inorgánicas.

Los óxidos del carbono ( $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$ ), los carbonatos y algunas otras sustancias (tal como se analizó anteriormente), por contener carbono, todas ellas pudieran considerarse orgánicas, pero, de acuerdo con sus propiedades, se diferencian de las que aparecen en la tabla 1.7 y más bien se aproximan a las inorgánicas, razón por la cual se estudian en Química Inorgánica. No obstante, a partir de las sustancias



**Esquema 1** Relación genética entre sustancias orgánicas



Reacciones de adición: 1,2, 3, 4, 5

Reacciones de sustitución: 6

Eliminación intermolecular (deshidratación): 7

Reacciones de oxidación: 8, 9, 10, 11

Reacciones de esterificación: 12

Hidrólisis de ésteres: 13

Reacciones de reducción: 14, 15

Se comprende de estas relaciones que, partiendo de sustancias sencillas, con una secuencia lógica de transformaciones, se llega a otras más complejas. Los cambios antes descritos demuestran convincentemente que tras ellos se genera el desarrollo, hay movimiento, hay progreso. De tal manera, los fenómenos químicos significan



## Resumen y ejercitación

- El elemento carbono se ubica en el grupo IVA (14) del sistema periódico. Por tanto, en su capa de valencia se ubican 4 electrones.
- La gran versatilidad del carbono, al usar sus cuatro enlaces de valencia en la formación de compuestos, unida a la disposición tridimensional de estos enlaces, puede originar una enorme complejidad estructural y la existencia de millones de compuestos orgánicos.
- El átomo de carbono está presente en la inmensa mayoría de los compuestos que forman la base de los organismos vivos.
- Se conocen varias formas alotrópicas del carbono: grafito, diamante, fullerenos.
- La química orgánica es la química de los compuestos del carbono.
- El objeto de estudio de la química orgánica es la estructura, propiedades y transformaciones de los compuestos del carbono.
- Las leyes y principios que se revelan en los sistemas inorgánicos también tienen validez para los sistemas orgánicos.
- Entre compuestos orgánicos e inorgánicos existen diferencias en un grupo de propiedades que los identifican.
- La química está basada en leyes comunes para todos los sistemas químicos. Entre las sustancias orgánicas e inorgánicas existen relaciones genéticas que evidencian las transformaciones de unas sustancias en otras.
- Dentro de la ciencia química los compuestos orgánicos se caracterizan por una gran complejidad y organización desde el punto de vista estructural.
- El orbital atómico es la región del espacio donde, con mayor probabilidad, se encuentra el electrón.
- La notación  $n^x$  se utiliza para realizar la distribución electrónica de un átomo. Hay dos maneras de realizarla: por niveles de energía y por subniveles.



# CAPÍTULO 2

## Los hidrocarburos.

### Las sustancias orgánicas más sencillas

Los hidrocarburos constituyen los compuestos orgánicos químicamente más sencillos, formados únicamente por carbono e hidrógeno. La palabra hidrocarburo deriva de *hidro* (hidrógeno) y *carburo* (carbono). Son los compuestos básicos de la química orgánica y tienen como fuente natural el petróleo, sus gases acompañantes y el alquitrán de hulla.

La utilidad fundamental de estos compuestos es como combustibles, aunque también se emplean como disolventes y materia prima para obtener polímeros y otras sustancias, entre las que se encuentran los plásticos. Estos compuestos pueden encontrarse en la naturaleza en los tres estados de agregación: sólidos, líquidos y gaseosos. Los líquidos que se extraen directamente de acumulaciones geológicas constituyen el petróleo y los que se hallan en estado gaseoso constituyen el gas natural.

El gas natural es un buen combustible. Está formado principalmente de metano (79 % a 97 %), en dependencia del yacimiento. También puede contener etano, propano, butano, nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua, estos últimos en menor proporción.

La explotación de los hidrocarburos constituye hoy una actividad económica de gran importancia, pues forman parte de los



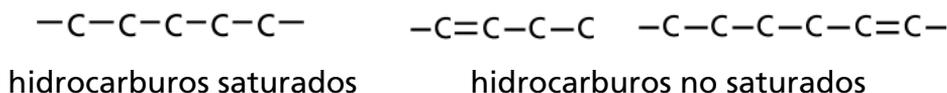
y C – H. Son enlaces covalentes (enlaces sigma  $\sigma$ ), fuertes, difíciles de romper. La fórmula química general de los alcanos es  $C_nH_{2n+2}$ . Sobre la base de esta fórmula química general, si se toma para  $n$  valores a partir de 1, se puede escribir la fórmula química global que corresponde a uno o más alcanos. Observa en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1** Fórmula química global que corresponde a uno o más alcanos

Valores de $n$	Fórmula química global
$n = 1$	$CH_4$
$n = 2$	$C_2H_6$
$n = 3$	$C_3H_8$
$n = 4$	$C_4H_{10}$
$n = 5$	$C_5H_{12}$
$n = 6$	$C_6H_{14}$

A partir de  $n = 4$ , una misma fórmula química global puede representar a distintos alcanos, pues su estructura puede ser diferente.

Los hidrocarburos se pueden clasificar según diferentes criterios, atendiendo al tipo de enlace C – C, pueden ser saturados o no saturados. También, según la forma de la cadena carbonada, son acíclicos o cíclicos. A continuación, te ofrecemos algunos ejemplos de estos tipos de compuestos:

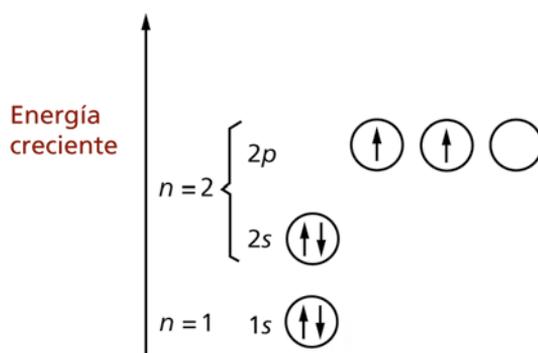


### Estructura de los alcanos

El metano, de fórmula general  $CH_4$ , es el hidrocarburo más sencillo y pertenece a la familia (función química) de los alcanos. Desde

la antigüedad se demostró por vías experimentales que la molécula de metano tiene una forma tetraédrica. Sin embargo, la justificación de esta estructura no se pudo establecer hasta el desarrollo de la teoría mecanocuántica entre los años 1920 y 1930.

Observa en la figura 2.1 cómo el átomo de carbono en su estado fundamental tiene dos electrones desapareados en el orbital  $p$ . Según esta naturaleza, debería esperarse que en lugar de formar  $\text{CH}_4$ , el carbono se uniera sólo a dos átomos de hidrógeno y formar  $\text{CH}_2$ , dejando vacío un orbital  $2p$ .

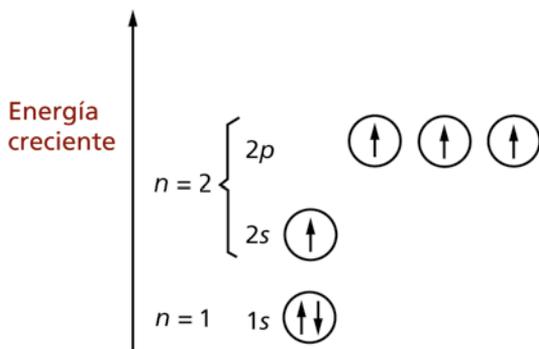


**Fig. 2.1** Estado electrónico fundamental del carbono

Sin embargo, el  $\text{CH}_2$  no existe como compuesto químico. Por adición de 401,28 kJ/mol de energía a un átomo de carbono, uno de los electrones  $2s$  puede promocionarse (suministrando energía) hasta formar otro orbital  $2p$ , dando lugar a una configuración electrónica diferente a la anterior. Observa en la figura 2.2 que, al promocionar un electrón desde el orbital  $2s$  al  $2p$ , el átomo de carbono tiene disponibles cuatro electrones para formar cuatro enlaces covalentes y de esta forma puede adoptar la configuración electrónica de gas noble.

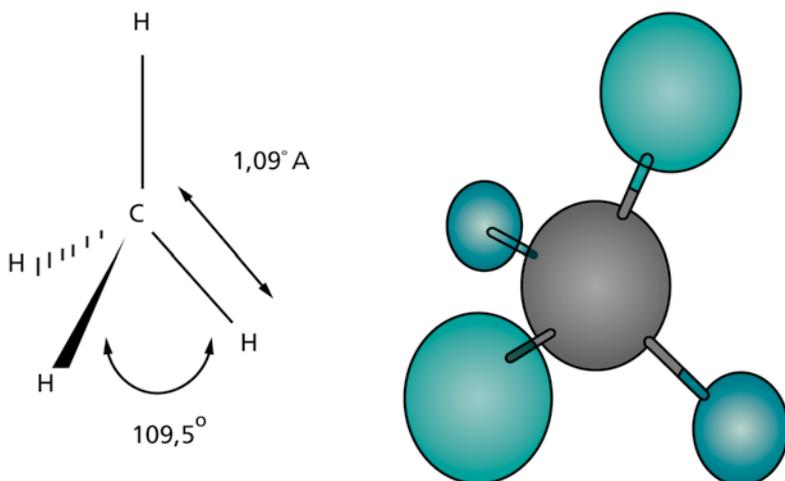
Este razonamiento explica por qué el átomo de carbono es tetravalente en lugar de divalente. Sin embargo, no explica la forma tetraédrica

de la molécula de metano y que los cuatro enlaces son energéticamente iguales. Para explicar lo anterior se desarrolló la *Teoría de la hibridación*, que plantea para este caso que, en los cuatro enlaces de la molécula, el átomo de carbono se hibrida formando cuatro enlaces del tipo  $sp_3$ , ello significa que, de cuatro partes, una corresponde a la contribución del orbital  $s$  y tres partes a la contribución del orbital  $p$ .



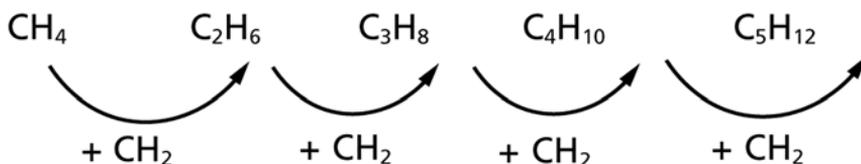
**Fig. 2.2** Estado electrónico del átomo de carbono excitado

La molécula del metano (figura 2.3) es un tetraedro perfecto con ángulos de enlaces de  $109,5^\circ$ . La distancia de enlace C-H es de  $1,09\text{Å}$ . La hibridación  $sp_3$  en el átomo de carbono explica su estructura.



**Fig. 2.3** Estructura de la molécula de metano

A todos los átomos de carbono en los alcanos se les asigna hibridación  $sp_3$ . Aunque sus fórmulas se representan lineales, en realidad las moléculas están en zigzag, ya que cada carbono forma a su alrededor tetraedros. Los alcanos que se diferencian en uno o más grupos  $CH_2$  son homólogos entre sí.



### Serie homóloga

Si hacemos una representación de los compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno solamente, comenzando por el más sencillo; notamos que la diferencia entre una estructura y la siguiente es una unidad  $-CH_2-$  (metilénica).

Cuando en una secuencia de estructuras, ocurre que la diferencia de una a otra u otras unidades es una unidad  $-CH_2-$  (metilénica), se dice que esos conjuntos de compuestos pertenecen a una serie homóloga. Estas facilitan el estudio de las familias de sustancias, ya que, al conocer las propiedades del miembro más sencillo, se puede tener una idea de las propiedades del resto de la serie.

La serie homóloga es una disposición de homólogos que se diferencian entre sí solo en la longitud de la cadena carbonada, manteniendo constante cualquier otra característica estructural; se representan de menor masa molar a mayor masa molar. La tabla 2.2 es un fragmento de la serie homóloga de los alcanos no ramificados. Observa en ella la variación de las propiedades físicas de estos compuestos con el incremento de la cadena carbonada y su masa molar.

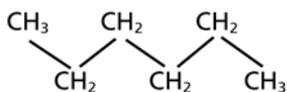
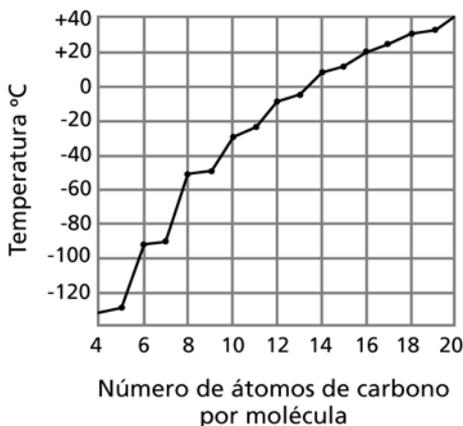
**Tabla 2.2** Fragmento de la serie homóloga de los alcanos y algunas propiedades físicas

Número de átomos de carbono	Masa molar	Fórmula semi-desarrollada	Temperatura de ebullición (°C)	Solubilidad en agua
1	16	CH <sub>4</sub>	-162	Prácticamente insoluble
2	30	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	-89	Prácticamente insoluble
3	44	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	-42	Prácticamente insoluble
4	56	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	0	Prácticamente insoluble
5	68	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	36	Prácticamente insoluble
6	80	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub>	69	Prácticamente insoluble

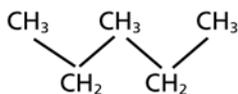
### Propiedades físicas de los alcanos

Las propiedades físicas de estos compuestos varían en dependencia de su estructura. En la tabla 2.2 puedes apreciar que los valores de temperatura de ebullición en los alcanos de cadena lineal se incrementan regularmente con el aumento de la masa molar. De esta forma, los cuatro primeros miembros de la serie homóloga de los alcanos son gases a temperatura ambiente, el pentano y el resto de los alcanos hasta 17 átomos de carbono son líquidos y de 18 átomos de carbono en adelante son sólidos.





Serie "par"



Serie "impar"

**Fig. 2.4** Gráfico de valores de temperatura de fusión de los alcanos normales

De acuerdo con la regla empírica de que sustancias semejantes (de igual naturaleza química) son solubles entre sí (lo semejante disuelve a lo semejante), los alcanos, por ser apolares, son solubles en disolventes apolares como éter de petróleo, benceno, cloroformo y otros. Por otro lado, son poco solubles en disolventes polares como el agua.

Los alcanos son poco densos. En la serie homóloga la densidad va aumentando con el incremento de la masa molar hasta un valor aproximado de 0,8 g/mL. Por tanto, son menos densos que el agua y, en una mezcla de un alcano con el agua, la fase superior corresponde al alcano.



**2.6** Indaga acerca de las características de las fuerzas intermoleculares de Van der Waals.

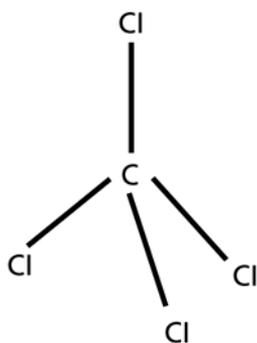
**2.7** Argumenta las afirmaciones siguientes:

- El propano es un gas a temperatura ambiente.
- La temperatura de ebullición del butano es mayor que la del etano.
- Las temperaturas de ebullición y de fusión del butano son mayores que la del etano.
- El alcano de fórmula química global  $C_5H_{12}$  es menos denso que el agua.

**2.8** El etano ( $C_2H_6$ ) es soluble en el disolvente orgánico tetracloruro de carbono, pero no lo es en agua. ¿Cómo se explica este hecho?

### Desafío

**3.** La fórmula química desarrollada del tetracloruro de carbono es:



- a) De acuerdo con la disposición espacial tetraédrica similar a la del metano, representa el átomo hibridado y clasifica el tipo de hibridación.



se utiliza el prefijo correspondiente y se añade como terminación el sufijo *-ano*.

Verifica los nombres que se corresponden con las fórmulas que se muestran en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4** Fórmulas y nombres de algunos alcanos de cadena lineal

Fórmulas semidesarrolladas de los alcanos correspondientes	Nombre del alcano
$\text{CH}_4$	metano
$\text{CH}_3\text{-CH}_3$	etano
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	propano
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	butano
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	pentano
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	hexano

Para escribir la fórmula química semidesarrollada dado el nombre del alcano lineal se siguen los pasos siguientes:

1. Se escribe la cantidad de carbonos según el prefijo.
2. Completa el hidrocarburo colocando la cantidad de hidrógenos necesarios para satisfacer la tetravalencia del carbono.

Ejemplo: pentano

1.  $\text{C - C - C - C - C}$
2.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

### Grupos alquilo o alquílicos

En la fórmula general de los alcanos  $R - H$ ,  $R$  significa un grupo alquílico; es decir, la cadena carbonada con una valencia vacante a



**Tabla 2.6** Fórmulas químicas semidesarrolladas de algunos alcanos ramificados y sus nombres

Número	Fórmulas semidesarrolladas de algunos alcanos ramificados	Nombre del alcano ramificado
1	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$	metilbutano
2	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$	2,3-dimetilbutano
3	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	3-metilhexano
4	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	2,4-dimetilhexano
5	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{CH}_2 - \text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	3-etil-2-metilpentano
6	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{CH}_2 - \text{CH}_3) - \text{CH}_3$	3,4-dimetilhexano

A continuación, te proponemos realizar un análisis de los ejemplos que se mostraron anteriormente:

1. La cadena más larga es de 4 átomos de carbono y no es necesario colocar el número en el nombre ya que solo es posible formar un metilbutano, es decir, no existe el 3-metilbutano.
2. La cadena más larga es de 4 átomos de carbono, los sustituyentes son iguales y están a igual distancia de cada extremo.
3. La cadena más larga es de 6 átomos de carbono y el sustituyente está más cerca del extremo derecho, por lo que se comienza a numerar por ese extremo.
4. La cadena más larga es de 6 átomos de carbono, los sustituyentes son iguales, pero, uno está más próximo a un extremo que el otro, por lo que se comienza a numerar por ese extremo.
5. Dos cadenas con 5 átomos de carbono e igual cantidad de ramificaciones, dos sustituyentes distintos, se numera por el extremo más cerca de un sustituyente, pero al nombrar se tiene en cuenta el orden alfabético.



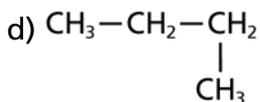
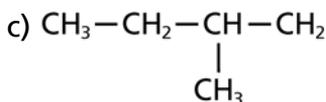
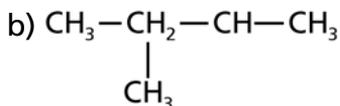
- \_\_\_ C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>
- \_\_\_ CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-CH<sub>3</sub>

a) Escribe el nombre de los compuestos seleccionados.

**2.10** Escribe las fórmulas químicas semidesarrolladas de los siguientes alcanos o grupos alquílicos:

- a) 2-metilpropano
- b) grupo propilo
- c) 3-etil-2,3-dimetilhexano
- e) 2,4-dimetilpentano

**2.11** El metilbutano o isopentano, es un hidrocarburo líquido muy volátil e inflamable a temperatura ambiente. ¿Cuáles de las fórmulas siguientes corresponden al metilbutano?

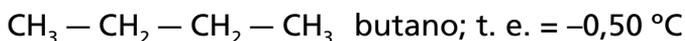


### Desafío

**4.** Cierta compuesto de carbono e hidrógeno contiene dos átomos de hidrógeno por cada átomo de carbono. La masa molar es igual a 84 g/mol. También se conoce que  $\frac{2}{3}$  de la cantidad de átomos



De ellas, los alcanos presentan solo isomería de cadena, existen otros compuestos que presentan más de una isomería. Asimismo, existe un único hidrocarburo con la fórmula química global  $\text{CH}_4$  (el metano), uno solo con la fórmula química global  $\text{C}_2\text{H}_6$  (el etano), uno solo con la fórmula química global  $\text{C}_3\text{H}_8$  (el propano), sin embargo, existen dos alcanos con la fórmula química global  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Observa cuáles son:



En la tabla 2.7 se indica el número de isómeros de algunos alcanos de cadena lineal.

**Tabla 2.7** Ejemplos de fórmulas químicas globales y cantidad de isómeros de cadenas posibles

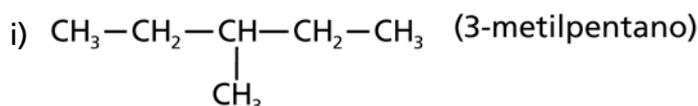
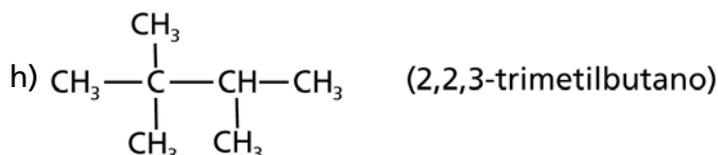
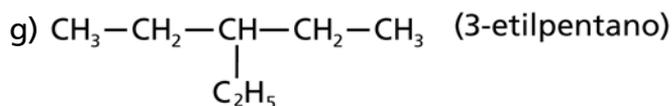
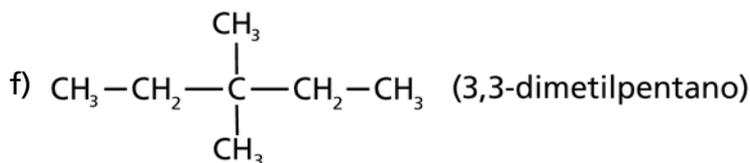
Número de carbonos	Fórmula	Número total de isómeros
4	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	2
5	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	3
6	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	5

Ahora, analiza los ejemplos que te ofrecemos a continuación y ejercita el concepto de isomería, solo tienes que seguir los pasos numerados del 1 al 3:

- a)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- b)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- c)  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- d)  $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

1. Representa las fórmulas químicas globales de cada uno.





### Comprueba lo aprendido

**2.12** Define los conceptos siguientes: isomería, isómero, isomería de cadena.

**2.13** Argumenta la afirmación siguiente:

“Dos sustancias pueden tener la misma composición cualitativa y cuantitativa y no tener las mismas propiedades.”

**2.14** Escribe la fórmula química semidesarrollada de tres isómeros de cadena de un alcano de 5 átomos de carbono. Nómbralos.

a) ¿Cuál de estos isómeros tiene mayor valor de la temperatura de ebullición? Explica.

**2.15** Escribe las fórmulas químicas estructurales de dos homólogos y de dos isómeros de la sustancia cuyo esqueleto carbonado representamos a continuación.



- a) ¿Cuál de los dos isómeros tiene mayor temperatura de ebullición? Nombra todos los compuestos representados.

### Desafío

5. Existen cuatro alcanos cuyos esqueletos carbonados se representan a continuación:

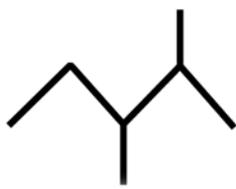
- a) ¿Tendrán iguales valores de las temperaturas de ebullición los cuatro compuestos representados? Explica.  
 b) ¿Cuáles son isómeros entre sí? Fundamenta tu respuesta.



A



B



C



D

- c) Nombra los compuestos representados.

### **2.1.4 Propiedades químicas: combustión, importancia de la combustión en la industria, el transporte y el hogar. Halogenación de alcanos. Reacciones de sustitución**

Los alcanos son denominados también parafinas, lo cual se origina del latín *parum*: poco y *affinis*: afinidad; o sea, "falta de afinidad" o "falta de reactividad". Son escasas sus reacciones químicas en condiciones ambientales. Ellos no reaccionan con una disolución de hidróxido de sodio o de potasio a temperaturas inferiores a 100 °C, ni con ácido sulfúrico o ácido nítrico, ni con agentes oxidantes tan fuertes como el permanganato de potasio o el dicromato de potasio.

Sin embargo, bajo ciertas condiciones se pueden provocar unas cuantas reacciones. Una de las más importantes, por la utilidad que tiene para el hombre, es la combustión, que es una reacción química de oxidación-reducción muy vigorosa. Es típica de muchas sustancias orgánicas. Durante la combustión se desprende una gran cantidad de energía en forma de calor y luz.

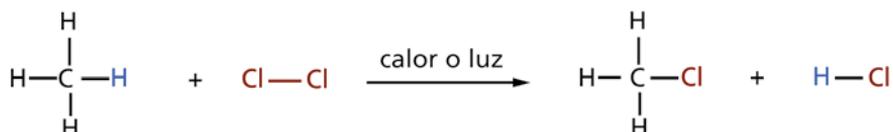
En todo proceso de combustión están presentes tres componentes: un elemento que arde (combustible), otro que admite en su seno la combustión (el comburente, generalmente el dioxígeno) y la fuente de calor que permite el inicio de la combustión. Los combustibles, entre ellos algunos explosivos, tienen oxígeno ligado químicamente, por lo que no necesitan el oxígeno del aire para realizar la combustión.

Los hidrocarburos son buenos combustibles. En dependencia de las condiciones de este fenómeno, la combustión puede ser incompleta o completa. La *combustión incompleta* da varios productos, entre ellos el monóxido de carbono y carbono (hollín), sustancias muy tóxicas y perjudiciales para la salud humana. Esta combustión se produce generalmente cuando hay defecto de dioxígeno (comburente).



## Halogenación de alcanos

Los alcanos reaccionan con halógenos en presencia de luz o calor, mediante reacciones de sustitución vía radicales libres. El difluor reacciona explosivamente y, en el caso del diyodo, la reacción es muy lenta, por lo que solo estudiarás la reacción de alcanos frente al dicloro y el dibromo. Ahora, observa el esquema de la reacción química general que representa la sustitución de alcanos:

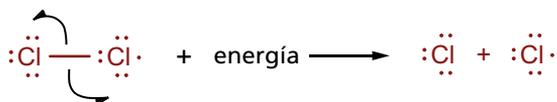


Ten presente que una condición para que esta reacción ocurra es en presencia de luz o calor; para el dicloro, que sea de 250 °C a 400 °C y para el Br<sub>2</sub>, 127 °C. Esta reacción puede ser incontrolable y produce una mezcla de productos sustituidos. Es una reacción en cadena y presenta un mecanismo en el que intervienen los radicales libres.

Los *radicales libres* son especies (orgánicas o inorgánicas), que poseen uno o más electrones desapareados (recuerda los grupos alquilo), no tienen carga eléctrica neta. Se generan en el intermedio de reacciones químicas, a partir de la ruptura homolítica del enlace covalente de una molécula, en general, son extremadamente inestables y, por tanto, con una vida media muy corta.

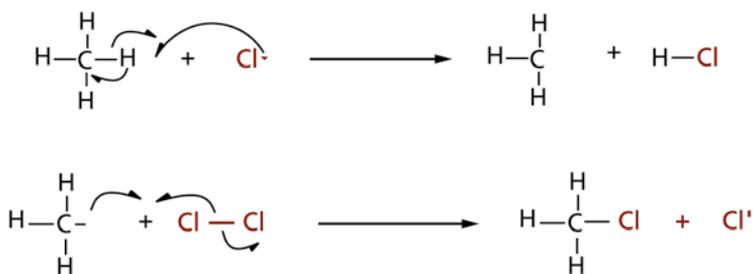
La ruptura homolítica de un compuesto químico, como su nombre indica, es la ruptura de un enlace químico, en la cual cada átomo que participa retiene un electrón del par que constituye ese enlace, formando radicales. Para que este fenómeno ocurra es necesaria cierta cantidad de energía que se conoce como *energía de disociación de enlace* y se requiere del aporte de una fuente, tal como la luz solar, el calor, los rayos ultravioletas, etcétera.





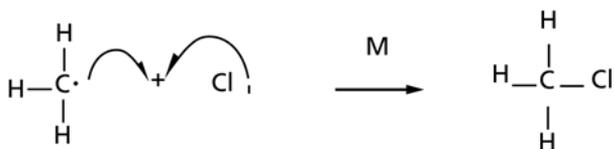
### 2. Etapa de propagación

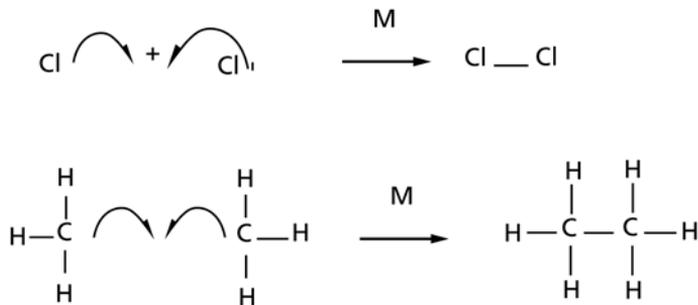
Los radicales de cloro formados pueden reaccionar con las moléculas de metano (están en gran proporción) produciendo radicales metilos:



### 3. Etapa de terminación

En esta etapa participa un tercer cuerpo *M*, que recibe la energía proveniente de los dos radicales, lo que permite que se forme un producto más estable. Mientras existan moléculas de metano se producen reacciones. Ocurre sucesivamente hasta que solo quedan radicales libres y se logra la reacción de terminación de la cadena. Así, los radicales libres pueden reaccionar entre sí, anulándose mutuamente, paso que se conoce como reacción de terminación.





Observa en el mecanismo representado, que las flechas indican cómo ocurre el proceso y van desde las especies con electrones hacia donde hay deficiencia de estos. En el caso de estas reacciones vías radicales libres se utiliza una semisaeta para indicar que la especie no tiene carga neta.

Los mecanismos mediante radicales libres ocurren en el organismo humano también, siendo incluso perjudiciales, ya que, al reaccionar con otras moléculas como las proteínas, los lípidos u otras que desempeñan una función biológica determinada, las desactivan; de modo tal, que pueden llegar a causar algunas enfermedades como el cáncer. Hay muchas sustancias antioxidantes que contrarrestan sus efectos.

### ¿Sabías que...?

Algunos malos hábitos como una dieta inadecuada, fumar, ingerir bebidas alcohólicas y determinadas patologías conducen a la producción de radicales libres. También los radicales son responsables, en buena medida, de la destrucción de la capa de ozono.

### Conéctate

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Busca en [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu) los temas:

antioxidantes y radicales libres. ¿Cuáles son algunas fuentes naturales de antioxidantes?

### Comprueba lo aprendido

**2.16** ¿Bajo qué condiciones se realiza la halogenación del metano?

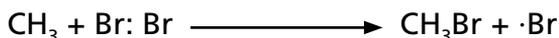
**2.17** ¿Por qué se dice que, al unirse un radical cloro con otro en la halogenación del metano, este paso constituye una reacción de terminación?

**2.18** ¿El grupo  $\text{CH}_3$  constituye un radical? ¿Por qué?

**2.19** Escribe la ecuación química que representa la combustión completa del pentano.

**2.20** Escribe la ecuación ajustada de la combustión completa de un alcano de fórmula química global  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .

**2.21** La secuencia siguiente representa un paso del mecanismo de reacción de la halogenación del metano. Clasifica este paso como etapa de iniciación, propagación o terminación.



### 2.1.5 Relación de los alcanos con el medio ambiente y la salud ambiental

Ya conoces que los alcanos forman parte importante del petróleo, el que constituye su fuente natural por excelencia. Para obtener alcanos de alta pureza química es necesario someter las sustancias de fuentes naturales a refinación. Las refinерías son las plantas químicas industriales destinadas a tales propósitos.



**2.23** Refiérete a qué medidas puedes proponer para evitar la contaminación ambiental a partir de la interacción con alguno de estos hidrocarburos.

**2.24** Investiga los procedimientos que se realizan en las refinerías de petróleo y para qué es necesario realizar este proceso.

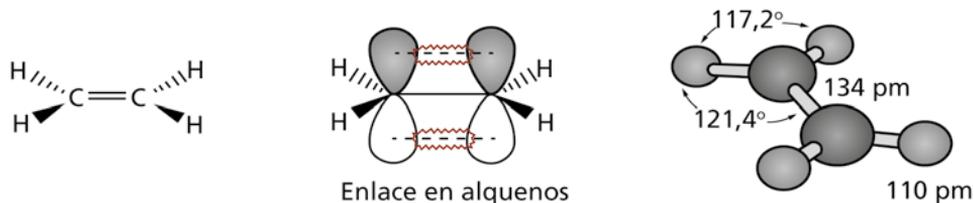
## 2.2 Hidrocarburos no saturados: alquenos y alquinos

Como ya conoces, los hidrocarburos pueden ser saturados o insaturados (no saturados). Los insaturados pueden ser de dos tipos: alquenos y alquinos, estos compuestos se identifican por la presencia del doble o triple enlace entre sus átomos de carbono. Los alquenos tienen un enlace doble entre dos átomos de carbono y los alquinos un triple enlace. Ambos tienen mayor reactividad que los alcanos.

### **2.2.1 Alquenos y alquinos. Estructuras. Series homólogas y fórmulas químicas generales. Propiedades físicas. Comparación con los alcanos**

Los alquenos son hidrocarburos con un enlace doble carbono-carbono. Se les denomina también *olefinas*. El alqueno más sencillo es el *etileno* (eteno), cuya fórmula química global es  $C_2H_4$ . Estos compuestos contienen dos átomos de hidrógeno menos que los alcanos de igual número de átomos de carbono. De ahí que la fórmula química general de los alquenos es  $C_nH_{2n}$ . Por esta razón, son conocidos como hidrocarburos no saturados o insaturados, al no tener todos los hidrógenos posibles en su estructura carbonada. Su fuente natural fundamental son los gases provenientes de la destilación catalítica del petróleo.

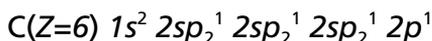
El miembro más representativo de la serie de los alquenos es el eteno o etileno. Su fórmula molecular es  $C_2H_4$  y su geometría se muestra en la figura 2.6:



**Fig. 2.6** Estructura de la molécula de eteno

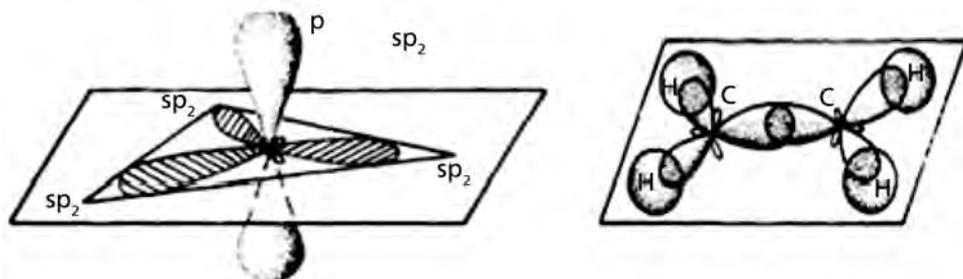
Cuando el átomo de carbono tiene doble enlace, se le asigna hibridación  $sp_2$  y el ángulo de enlace es de  $120^\circ$  aproximadamente, por lo que todos los átomos se encuentran en un mismo plano. Los hechos experimentales han demostrado que en la molécula del eteno los cuatro enlaces carbono-hidrógeno son energéticamente iguales, que los dos enlaces carbono-carbono tienen diferente energía, que el ángulo de enlace  $C - C - H$  es de alrededor de los  $120^\circ$  y el  $H - C - H$  de  $117, 2^\circ$  y que todos los átomos se encuentran en un mismo plano.

El modelo que se utiliza para explicar la estructura del eteno es la hibridación  $sp_2$ , del átomo de carbono. Según este modelo, cuando en el átomo de carbono se une un orbital  $s$  con dos orbitales  $p$  se forman tres orbitales híbridos  $sp_2$  y queda un orbital  $p$  sin hibridarse.



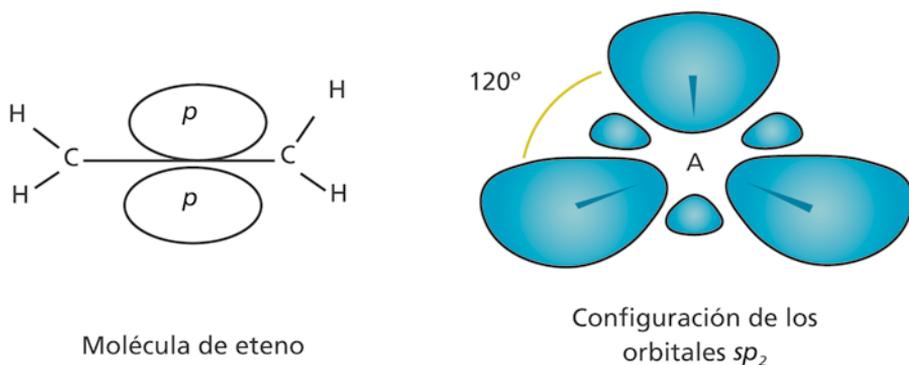
Cada uno de los dos átomos de hidrógeno del carbono se enlaza mediante los orbitales híbridos a través del orbital  $1s^1$  formando los enlaces  $sp_2^1-1s^1$ , un enlace sigma  $C - C$ ,  $sp_2^1-sp_2^1$  y un enlace adicional como resultado del solapamiento lateral, por encima y por debajo del plano de la molécula del eteno, constituyendo así

el enlace pi ( $\pi$ ) y finalmente conformando la molécula de  $C_2H_4$  (figura 2.7).



**Fig. 2.7** Formación de la molécula de eteno

La disposición espacial que tomarán los orbitales híbridos será aquella que les permita mantener la mayor distancia posible entre ellos. En este caso, de tres orbitales híbridos, la disposición espacial será trigonal plana con ángulo de enlace de  $120^\circ$  entre ellos como se muestra en la figura 2.8.



**Fig. 2.8** Molécula de eteno y la configuración de los orbitales  $sp_2$

El doble enlace  $C=C$  está formado por un enlace  $\sigma$  ( $sp_2-sp_2$ ) fuerte y otro  $\pi$  ( $p-p$ ) débil. En los alquenos de más de dos átomos de carbono, los átomos de carbono comprendidos en el doble enlace presentan hibridación  $sp_2$  y el resto  $sp_3$ .

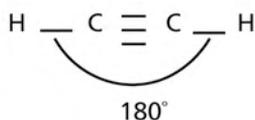
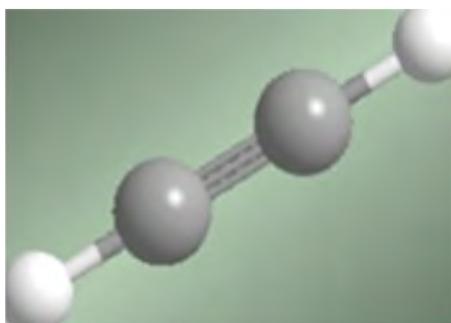
El doble enlace es más fuerte y de menor longitud que el enlace simple. La energía del doble enlace en el eteno es de 605 kJ/mol frente a los 368 kJ/mol del enlace simple carbono-carbono en el etano.



### Conoce un poco más

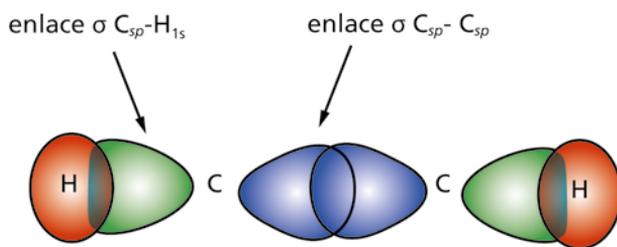
El eteno o etileno es la fitohormona responsable de los procesos de estrés en las plantas, así como de la maduración de los frutos, además del deterioro de hojas y flores y de la mutilación del fruto. La famosa frase de que “una fruta podrida echa a perder el resto de las frutas” tiene su fundamento científico precisamente en el etileno puesto que, cuando una fruta madura desprende etileno, acelera la maduración de las que la rodean.

Los alquinos o acetilenos son hidrocarburos alifáticos insaturados que contienen, al menos, un triple enlace  $\text{C}\equiv\text{C}$  en su cadena carbonada. La fórmula general para estos compuestos, cuando poseen un solo triple enlace, es  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . El representante más sencillo e importante de esta clase de compuestos es el *etino* o *acetileno* (figura 2.9):

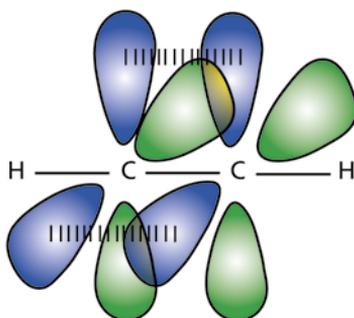


**Fig. 2.9** Estructura geométrica del etino

Observa que la estructura geométrica de este compuesto es lineal (figura 2.10), por tanto, el ángulo de enlace es de  $180^\circ$ , correspondiente a la hibridación  $sp$ . Al analizar la presencia del triple enlace carbono-carbono, se estudia la característica distintiva de las estructuras de los alquinos en general, es decir, su grupo funcional. Por métodos físicos se ha comprobado que en la molécula de etino los dos enlaces carbono-hidrógeno son energéticamente iguales, que el ángulo de enlace entre los átomos es de  $180^\circ$  y que todos ellos se encuentran en un mismo plano. Ambos enlaces, carbono-hidrógeno y carbono-carbono, son simétricos alrededor del punto de unión mediante enlaces  $\sigma$ .



sistema de orbitales  $\sigma$  del acetileno

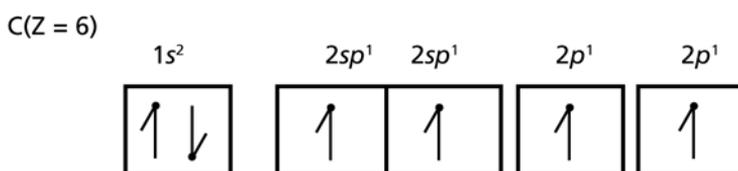


sistema de orbitales  $\pi$  del acetileno

**Fig. 2.10** Sistema de orbitales  $\sigma$  y  $\pi$  del acetileno

En la formación del triple enlace carbono-carbono están comprometidos tres electrones por cada átomo de carbono, el cual está constituido por un fuerte enlace  $\sigma$  y dos enlaces débiles de tipo pi ( $\pi$ ).

La estructura del etino se puede explicar mediante la hibridación  $sp$  del átomo de carbono. En este átomo, la unión de un orbital  $s$  y un orbital  $p$  origina dos orbitales  $sp$ , quedando dos orbitales  $p$  sin hibridar. Observemos en la figura 2.11 la estructura del átomo de carbono en el estado de hibridación  $sp$ .



**Fig. 2.11** Átomo de carbono en estado de hibridación  $sp$

El triple enlace es relativamente de menor longitud, debido al solapamiento de los orbitales y al elevado carácter  $s$  de los orbitales híbridos  $sp$  (50 % de carácter  $s$ ), lo que acorta la distancia entre los átomos de carbono que forman el enlace sigma del etino.

### Serie homóloga de alquenos y alquinos

Los alquenos y los alquinos, entre sí, también constituyen series homólogas, en las que un miembro se diferencia del otro en uno o varios grupos metilenos  $-CH_2$ , tal como analizamos en el caso de los alcanos. Nótese en la tabla 2.8 cómo, en la medida en que se avanza en la serie homóloga de estos compuestos, se hace mayor el tamaño de la molécula.

**Tabla 2.8** Series homólogas de los 1-alquenos y los 1-alquinos

Alquenos	Nombres	Alquinos	Nombres
$H_2C=CH_2$	eteno	$HC=CH$	etino
$H_2C=CH-CH_3$	propeno	$HC=C-CH_3$	propino
$H_2C=CH-CH_2-CH_3$	1-buteno	$HC=C-CH_2-CH_3$	1-butino
$H_2C=CH-(CH_2)_2-CH_3$	1-penteno	$HC=C-(CH_2)_2-CH_3$	1-pentino
$H_2C=CH-(CH_2)_3-CH_3$	1-hexeno	$HC=C-(CH_2)_3-CH_3$	1-hexino

Las clases de sustancias alcanos, alquenos y alquinos, por ser hidrocarburos con estructuras semejantes, poseen propiedades físicas similares: baja polaridad de sus moléculas y, por tanto, son poco solubles en disolventes polares como el agua, pero muy solubles en aquellas sustancias apolares como el tetracloruro de carbono o el éter de petróleo. Son menos densos que el agua y sus valores de temperatura de fusión y ebullición se incrementan con el aumento de la masa molar.

Al igual que los alcanos, los alquenos y alquinos son débilmente polares. Debido a la relativa movilidad de los electrones pi ( $\pi$ ) en estos dos últimos, sus momentos dipolares son mayores que los de los alcanos, pero poco significativos. En la tabla 2.9 se ilustran las temperaturas de ebullición de algunos de estos hidrocarburos que pueden ser comparadas con las de los alcanos de igual número de átomos de carbono.

**Tabla 2.9** Temperaturas de fusión y ebullición de los primeros representantes de la serie homóloga de alquenos y alquinos

Alquenos	TE °C	Alquinos	TE °C
eteno	-102	etino	-75
propeno	-48	propino	-23
1-buteno	-6,5	1-butino	9
1-penteno	30	1-pentino	40



**2.30** Elabora un cuadro comparativo entre el etano, eteno y etino, que contenga las características siguientes:

Sustancias	Geometría molecular	Ángulo de enlace	Energía del enlace C – C	Hibridación del carbono

### 2.2.2 Nomenclatura química y notación química de los alquenos y los alquinos de cadena lineal y ramificada

Para los alquenos y alquinos más sencillos, por lo general, se emplean los nombres comunes: etileno, acetileno, propileno e isobutileno, nombres que seguramente has escuchado alguna vez. No obstante, ya puedes identificar este tipo de sustancias por la presencia del doble o triple enlace entre los átomos de carbono.

Para nombrar los alquenos y los alquinos de cadena abierta se utilizan los mismos prefijos que en los alcanos, (et-, prop-, but-, pent-) seguidos de la terminación *-eno* para el caso de los alquenos y la terminación *-ino* para los alquinos. Por ejemplo: eteno, etino, propeno, propino.

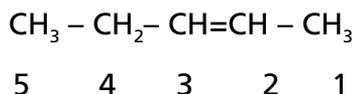
Cuando la cadena carbonada se hace más extensa sigue las reglas siguientes:

1. Selecciona la cadena más larga que contenga el doble o triple enlace.
2. Numera la cadena más larga, comenzando por el extremo más cercano al doble o triple enlace.
3. En el caso de alquenos y alquinos de cuatro o más átomos de carbono, se indica la posición del doble o triple enlace con un

número, el cual se coloca antes del nombre de la cadena principal, separada por una pleca.

Observa los ejemplos siguientes:

Ejemplo 1

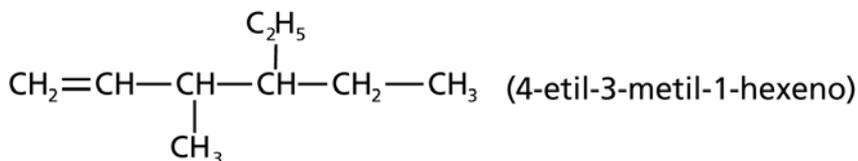


Como el doble enlace está en la posición dos, se nombra 2-penteno.

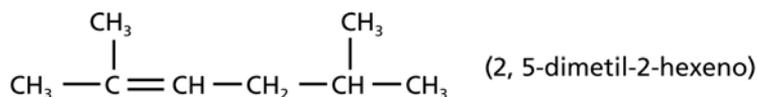


4. Si la cadena es ramificada, se nombran los grupos alquilo en orden alfabético, indicándose con un número, si es necesario, su posición en la cadena principal. En tal caso, se procede igual que en los alcanos, teniendo presente las tres reglas anteriores.

Ejemplo 2

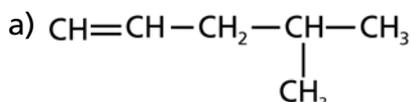


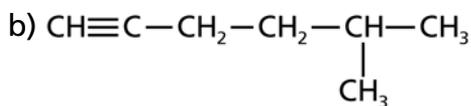
5. Si hay dos o más sustituyentes iguales, se especifica la posición y se agregan los prefijos di-, tri-, tetra-, etcétera.



## Comprueba lo aprendido

**2.31** Nombra los alquenos y alquinos representados a continuación:



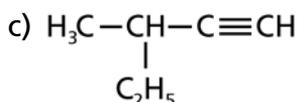


**2.32** Escribe las fórmulas semidesarrolladas de cada uno de los alquenos y alquinos siguientes:

- 1-penteno
- 3-metil-1-buteno
- 3,3-dimetil-1-hexino
- 3-etil-1-pentino

**2.33** Dados los nombres y las fórmulas químicas siguientes:

- 3-metil-1-penteno
- $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$

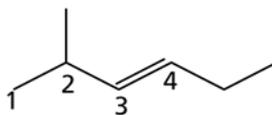
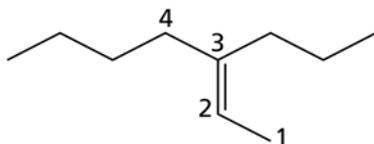


- 2,3-dimetil-1-penteno
- 3-metil-1-hexino

**2.33.1** Escribe el nombre o la fórmula química de cada uno, según corresponda.

**2.33.2** ¿Qué semejanzas y diferencias existen entre ellos?

**2.34** ¿Por qué se asigna esta numeración en las cadenas de alquenos, cuyos esqueletos se representan a continuación?







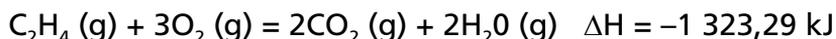


Ello se debe a la alta densidad electrónica que proporciona el o los enlaces pi ( $\pi$ ) en la región de la molécula en la que se establecen los enlaces múltiples y a que este enlace es más débil que el enlace sigma ( $\sigma$ ) debido al solapamiento lateral de sus orbitales  $p$  no hibridados. Así es en la región de los enlaces múltiples, donde hay mayor actividad química y por donde atacan preferentemente los reactivos.

Las reacciones químicas características de los alquenos y alquinos son las de oxidación y de adición.

*Reacción de oxidación:* los alquenos y los alquinos participan en reacciones de oxidación con el dióxígeno y con otros oxidantes (a diferencia de los alcanos, que no son atacados por otros oxidantes).

*Reacción de combustión completa:* los alquenos y alquinos arden en el aire, tal como lo estudiaste en los alcanos. Si la combustión es completa, producen dióxido de carbono, desprendiendo gran cantidad de energía mediante calor y luz. Un caso particular es la combustión completa del eteno:



La no saturación de la molécula determina un mayor porcentaje de carbono en los alquenos. Por esta razón, en la combustión incompleta de los mencionados compuestos, las partículas de carbono incandescentes en la llama producen mayor luminosidad que en la combustión incompleta de los alcanos de igual número de átomos de carbono.

El etino también es combustible y arde en atmósfera de dióxígeno puro, produciendo una llama no luminosa que puede alcanzar temperaturas de hasta 3 000 °C.





### 2.2.5 Halogenación e hidrogenación de alquenos y alquinos.

#### *Reacción de adición*

Como el enlace sigma ( $\sigma$ ) C – C es más estable que el enlace pi ( $\pi$ ), es de esperar que los alquenos reaccionen de modo que se transforme el enlace  $\pi$  en un enlace  $\sigma$ . En efecto, esta es la reacción más común de los enlaces dobles. De esta manera se convierte el doble enlace  $\pi$ , hablando de los alquenos, en dos enlaces  $\sigma$  C – H. Analiza, a continuación, las diferentes reacciones.

#### *Reacciones de adición*

En estas reacciones de adición todos los átomos que participan están incluidos en el producto. Estas transcurren con ruptura del enlace múltiple y la adición de los reactivos, en algunos casos, llega a saturar la molécula. Aquí participan los electrones periféricos del enlace  $\pi$  más débil. Al romperse el enlace  $\pi$  y unirse el reactivo, se producen nuevos enlaces sigmas ( $\sigma$ ), con lo que el proceso global libera energía.

El enlace sigma ( $\sigma$ ) original del alqueno o alquino no interviene en la reacción de adición y permanece intacto. Ello obedece a que el enlace múltiple (doble o triple), constituye una fuente de electrones debido a los electrones  $\pi$ , lo cual es la causa de que a dichos átomos de carbono se adicione, preferentemente, reactivos electrofílicos.

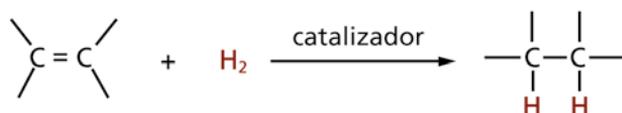
El reactivo electrofílico es aquel que tiene déficit de electrones (baja densidad electrónica), es buscador de electrones y ataca zonas de alta densidad de estos. Mientras, el reactivo nucleofílico es el que posee alta densidad electrónica y cede electrones con relativa facilidad.

Son diversas las reacciones de adición de los alquenos y alquinos. Entre ellas están: con el dihidrógeno, los halógenos y los halógenos de hidrógeno (estas dos últimas constituyen la halogenación), así como la reacción de polimerización por adición. A continuación, presentamos algunos ejemplos.

### Adición de dihidrógeno a alquenos

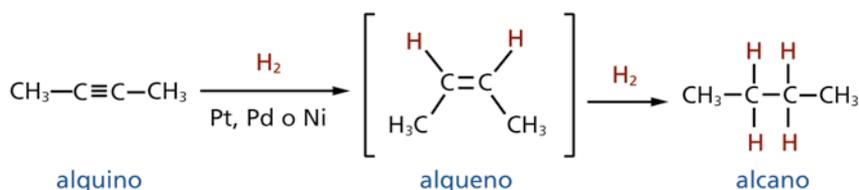
La reacción se efectúa disolviendo el alqueno en un alcohol, en un alcano o en ácido acético, agregando una pequeña cantidad de catalizador y agitando la mezcla en una atmósfera de hidrógeno. La hidrogenación tiene lugar en la superficie del catalizador metálico, donde la disolución que contiene al alqueno se pone en contacto con el hidrógeno y el catalizador.

La adsorción del hidrógeno en la superficie del catalizador provoca la debilitación del enlace H – H. Con los catalizadores de Pt, Pd o Ni, la hidrogenación es heterogénea: el catalizador (sólido) es de fase diferente a la de la disolución reaccionante:



### Adición de dihidrógeno a alquinos

Esta es una adición controlada, que se utiliza en venenos catalíticos para impedir la adición completa y el lograr que el proceso se detenga prácticamente en la formación del alqueno.



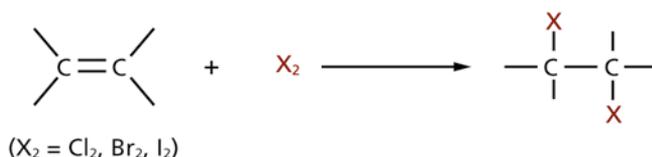
Observa que los dos átomos de hidrógeno se adicionan rompiendo el doble enlace del alqueno y forman un alcano. De esta manera, a diferencia de los alquenos, en estas reacciones los alquinos

pueden adicionar doble cantidad de moléculas de dihidrógeno, de halógeno y de halogenuro de hidrógeno, como consecuencia de su mayor insaturación.

A pesar de que estas reacciones liberan gran cantidad de energía, es preciso llevarlas a cabo en presencia de un catalizador metálico (Ni, Pt, Pd), ya que poseen alta energía de activación.

### Adición de halógenos

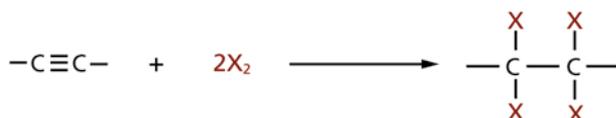
La adición de halógenos (difluor, dicloro, dibromo o diyodo) a un alqueno o alquino se realiza a temperatura ambiente. No son imprescindibles la luz o el calor y se hace mezclando los reaccionantes en un disolvente inerte, como el tetracloruro de carbono.

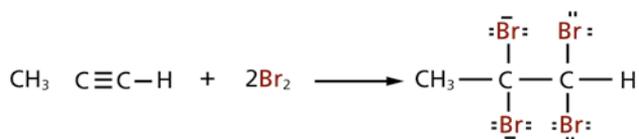


#### Adición de halógenos a alquenos

En estas reacciones el halógeno se adiciona a los dos átomos de carbono unidos por el enlace múltiple, produciéndose un derivado halogenado del alcano, en el que los átomos de halógeno se encuentran en carbonos vecinos. Para el etino se consume el doble de reactivos.

#### Adición de halógenos a alquinos



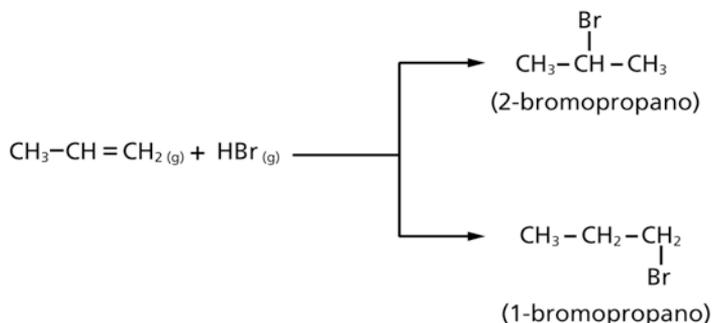


### Adición de halogenuros de hidrógeno

Los alquenos y alquinos reaccionan con los halogenuros de hidrógeno (bromuro, cloruro y fluoruro de hidrógeno), produciendo, en el primer caso, un halogenuro de alquilo y en el segundo, un dihalogenuro de alquilo.

- Adición de halogenuros de hidrógeno a alquenos

Cuando se hace reaccionar un alqueno asimétrico (es asimétrico cuando a los dos átomos de carbono unidos por el doble enlace se unen átomos o grupos de átomos desiguales), tal como el propeno, con un reactivo polar, como el HBr, se pueden obtener dos productos de reacción:



Como se puede apreciar, cuando ocurre este tipo de adición el producto que predomina es el 2-bromopropano (98,8 %). La explicación de este fenómeno fue dada por el científico ruso V. Markovnikoff en 1869, quien resumió en la regla que lleva su nombre: "cuando

se adiciona un reactivo polar a una molécula de alqueno asimétrica, la parte positiva del reactivo se adicionará preferentemente al átomo de carbono del doble enlace que contenga mayor número de átomos de hidrógeno (el átomo de carbono más hidrogenado)". Si el alqueno es simétrico como el eteno, se obtiene un solo producto halogenado.

A continuación, se muestra el mecanismo de reacción de la adición de halogenuros de hidrógeno a alquenos. Se trata de los pasos del mecanismo general de la adición de alquenos. Observa las flechas que se utilizan en los mecanismos que representan el flujo electrónico desde el *nucleófilo* al *electrófilo*.

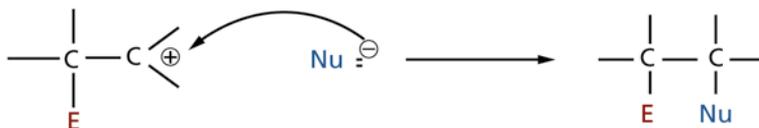
El mecanismo consta de dos pasos, el primero es un paso determinante de la velocidad y produce el intermediario (carbocatión), por la atracción de la fuente de electrones del alqueno (electrones del enlace pi) hacia el reactivo (electrofílico). El segundo paso es rápido, y consiste en la atracción de especies con cargas contrarias.

### Mecanismo general de la adición a alquenos

Paso 1: ataque del enlace  $\pi$  al electrófilo

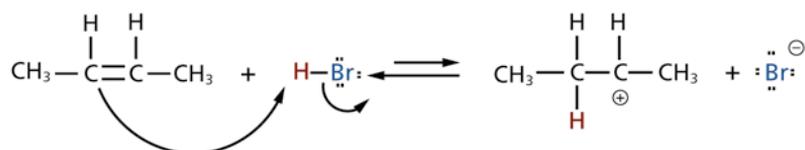


Paso 2: ataque del nucleófilo al carbocatión

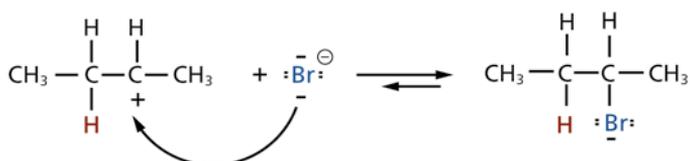


Cuando un alqueno se trata con HBr se obtiene un bromoalcano. Esta reacción es un claro ejemplo del proceso general de adición electrofílica al doble enlace. El protón del HBr es el electrófilo del proceso y el ión bromuro Br<sup>-</sup> es el nucleófilo. El mecanismo específico para la adición al 2-buteno sería:

1.º Protonación del doble enlace

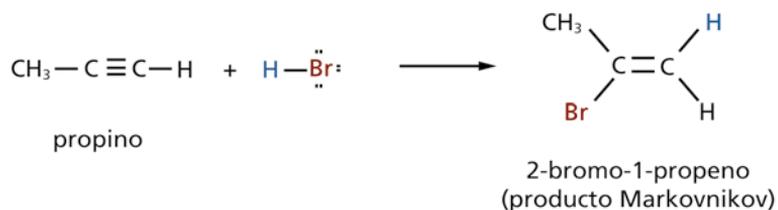


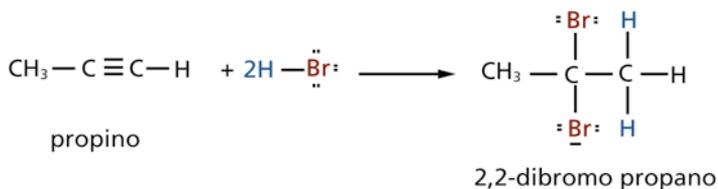
2.º Ataque nucleofílico del anión bromuro al carbocatión



### ■ Adición de halogenuros de hidrógeno a alquinos

También existe la adición de los halogenuros de hidrógeno a los alquinos. En este caso, ocurre el rompimiento del triple enlace mediante un mecanismo de reacción similar al de los alquenos. Observa los ejemplos siguientes:





### Comprueba lo aprendido

**2.39** Las reacciones de halogenación de alquenos y alquinos son más rápidas y probables que en los alcanos. Expón razones que justifiquen tal afirmación.

**2.40** Clasifica como reactivos nucleofílicos o electrofílicos los siguientes:

- $\text{Br}^{1-}$
- $\text{Cl}^{1+}$
- $\text{OH}^1$
- $\text{NH}_3$
- $\text{H}^{1+}$

**2.41** Escribe las ecuaciones químicas que corresponden a las representaciones siguientes:

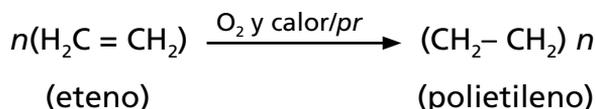
- $\text{C}_4\text{H}_8 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) =$
- $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) =$
- $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3 (\text{g}) + \text{HBr} (\text{g}) =$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g}) =$
- $\text{HC} \equiv \text{CH} (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) =$



la cadena dependerá de parámetros como la temperatura o el tiempo de reacción.

Hay dos tipos fundamentales de polimerización: por condensación y por adición. Nos vamos a centrar en esta última. En este tipo de polimerización la masa molar del polímero es un múltiplo exacto de la masa molar del monómero. Consiste en la reacción entre moléculas iguales que dan lugar a estos compuestos de alta masa molar. Esta es una reacción característica de compuestos insaturados como el eteno.

Cuando el eteno o etileno se calienta a temperatura entre 200 °C a 400 °C en presencia de dioxígeno (actúa como catalizador) y se somete a altas presiones, se obtiene un compuesto de elevada masa molar (aproximadamente de 20 000 unidades), cuya estructura es la de un alcano de cadena larga. Este polímero se conoce con el nombre de *polietileno*, por estar constituido a partir de muchas moléculas de eteno o etileno.



Los polímeros como polietileno, polipropileno, poliestireno, policloruro de vinilo (PVC) y otros, desempeñan un papel importante en la vida moderna, por su amplia aplicación en los más diversos campos, como son la confección de envases, embalajes, carcasas de televisores e impresoras, artículos como juguetes, bolsas para sangre y hemoderivados, etcétera.

Como conoces, el petróleo es una fuente natural por excelencia de hidrocarburos y otras sustancias orgánicas e inorgánicas. De esta manera, el petróleo resulta un punto de partida importante para los procesos de síntesis y polimerización de una gama extraordinaria de polímeros de amplio uso industrial y de la vida cotidiana.



materia orgánica procedente del zooplancton y algas que, depositados en grandes cantidades en los fondos de los mares o zonas lacustres del pasado geológico, fueron posteriormente enterrados bajo pesadas capas de sedimentos.

El permafrost, permagel o permacongelamiento, es la capa de hielo permanente en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares, como es la tundra. Puede encontrarse en áreas circumpolares de Canadá, Alaska, Siberia, Tíbet, Noruega y en varias islas del Océano Atlántico sur como las Islas Georgias del Sur y las Islas Sandwich del Sur. También se ha encontrado este fenómeno en la superficie del planeta Marte. Durante cientos de miles de años, el permafrost del Ártico y a grandes profundidades de los océanos ha acumulado importantes reservas de carbono orgánico (se estima que de 1,4 a 1,85 billones de toneladas métricas). El paulatino descongelamiento de estas zonas puede provocar significativas emisiones de este a la superficie.

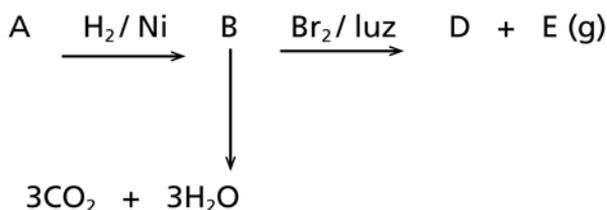
### Comprueba lo aprendido

- 2.43** Realiza indagaciones en distintas fuentes de información y elabora un resumen sobre los efectos negativos para la salud y el medio ambiente de algunos accidentes en los que han ocurrido derrames de hidrocarburos.
- 2.44** Expón varias razones que justifiquen que los polímeros son hoy esenciales para la vida moderna.
- 2.45** Argumenta la afirmación siguiente:  
Los alquenos sirven de punto de partida en la industria de la síntesis orgánica.



- Escribe la fórmula química desarrollada del compuesto nombrado en el inciso b.
- Formula un isómero de posición del compuesto representado en el inciso c.

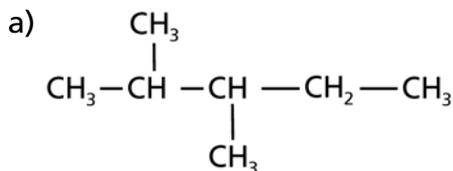
**2.49** Escribe la fórmula química que corresponda a cada sustancia representada por A, B, D, E en la relación de transformaciones siguiente:



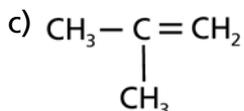
**2.50** ¿Son homólogos de la misma serie el 1-penteno y el  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3$ ?

a) Explica.

**2.51** Dados los nombres y las fórmulas químicas siguientes:



b) 3-etil-1-hexino



d)  $\text{Br}_2$

e) 2-metil-1-buteno



**2.54** Al reaccionar el 1-buteno con bromuro de hidrógeno se obtiene el 2-bromobutano en mayor proporción que el 1-bromobutano. Modela, mediante ecuaciones químicas, este proceso.

**2.55** Escribe V o F en el espacio en blanco, según sean verdaderas o falsas las afirmaciones siguientes. Justifica las que consideres falsas.

- El ion  $\text{CN}^{1-}$  es un nucleófilo.
- La adición electrofílica es característica de los alquenos.
- Toda sustancia química puede reconocerse mediante el olfato.
- A temperatura ambiente el metano es líquido y el octano es un gas.
- En la ruptura heterolítica del enlace covalente se forman iones.
- El alcano de masa molar  $58 \text{ g. mol}^{-1}$  tiene fórmula semidesarrollada:  

$$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$$
 Datos: Ar (C): 12    Ar (H): 1
- Los alcanos participan preferentemente en reacciones de sustitución por radicales libres.

**2.56** Da una explicación a los hechos siguientes:

- En general, los hidrocarburos son prácticamente insolubles en agua.
- En la adición del HBr al propeno se obtiene el 2-bromopropano en mayor proporción.
- El homólogo del metano, de fórmula  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ , tiene mayor valor de la temperatura de ebullición.



# CAPÍTULO 3

## Los compuestos oxigenados de los hidrocarburos

Los compuestos oxigenados derivados de los hidrocarburos constituyen varias funciones químicas, familias o clases de sustancias que tienen en común, además de carbono e hidrógeno, el átomo de oxígeno, pero se diferencian en los grupos funcionales y, por lo tanto, se diferencian en sus estructuras y en sus propiedades.

En este capítulo las principales clases de compuestos oxigenados que estudiarás son: alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos monocarboxílicos y glúcidos. Existe otra serie de compuestos de gran importancia biológica como los lípidos, aminoácidos, proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos, que contienen oxígeno y, en algunos casos, otros elementos, que también serán analizados en el capítulo.

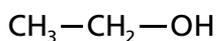
Los alcoholes son sustancias de gran importancia para la síntesis orgánica y algunos de ellos son de uso cotidiano como el alcohol etílico o etanol (conocido en Cuba como "alcohol de bodega" cuando es mezclado con otras sustancias más tóxicas y se usa como combustible doméstico). También está el metanol, alcohol metílico o alcohol de madera, mucho más tóxico que el etanol, pero de aspectos físicos parecidos. Su empleo y manipulación incorrectos puede acarrear serios daños al organismo, si es ingerido.



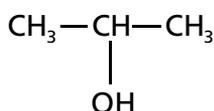
y secundario o terciario, si se une, respectivamente, a un carbono secundario o terciario.

Ten presente que un átomo de carbono primario es aquel que está unido solo a otro átomo de carbono, un átomo secundario es el que está unido a dos átomos de carbono y un átomo terciario es el que está unido a tres átomos de carbono.

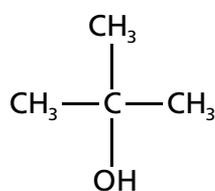
Los alcoholes pueden ser también saturados o insaturados, en dependencia de si hay enlaces múltiples en su cadena carbonada. Los alcoholes monohidroxilados saturados se pueden representar de forma general con la fórmula R-OH, donde R es la cadena carbonada y OH su grupo funcional. Veamos estos ejemplos de alcoholes monohidroxilados:



(etanol, primario)

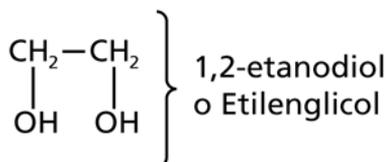


(2-propanol, alcohol secundario)

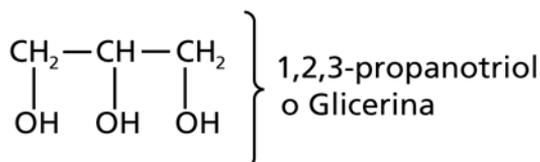


(metil-2-propanol, terciario)

En los alcoholes polihidroxilados los grupos hidroxilo (-OH) se ubican en cada átomo de carbono; esto se debe a que, si se enlazan a un mismo átomo, originan un compuesto muy inestable. Observa los ejemplos que se consideran a continuación:



(alcohol dihidroxilado, un diol)



(alcohol trihidroxilado, un triol)



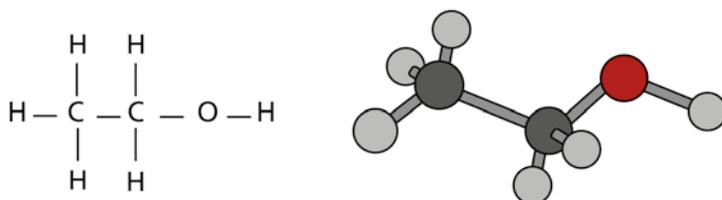
### Conoce un poco más

Los árabes conocieron el alcohol extraído del vino por destilación. Sin embargo, su descubrimiento se remonta a principios del siglo xiv, atribuyéndose al médico francés Arnau de Villanova, sabio alquimista y profesor de medicina en Montpellier. Fue Antoine Lavoisier (1743-1794), quien dio a conocer el origen y la manera de producir el alcohol por medio de la fermentación vínica, demostrando que, bajo la influencia de la levadura de cerveza, el azúcar de uva se transforma en ácido carbónico y alcohol.

### Estructura química de los alcoholes

Como ya conoces, los alcoholes monohidroxilados contienen un grupo hidroxilo ( $-\text{OH}$ ), que es el grupo funcional y el que determina sus propiedades. La fórmula general de los alcoholes es  $\text{C}_n\text{H}_{(2n+1)}\text{OH}$ .

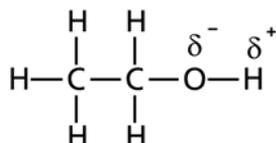
La fórmula química global del etanol o alcohol etílico, conocido comúnmente con el nombre de alcohol, es  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  y su fórmula estructural desarrollada es de la manera que ilustra la figura 3.1.



**Fig. 3.1** Estructura de la molécula de etanol

Observa que la posición del átomo de hidrógeno (H) del grupo  $-\text{OH}$  en la molécula de los alcoholes se diferencia de los otros átomos de hidrógeno por el hecho de estar unido al átomo de oxígeno. De esta forma, los enlaces  $\text{C}-\text{C}$ ;  $\text{C}-\text{O}$ ;  $\text{C}-\text{H}$  y  $\text{O}-\text{H}$  son todos covalentes; en el grupo hidroxilo ( $-\text{OH}$ ) el enlace  $\text{O}-\text{H}$  es polar, debido a la mayor electronegatividad del átomo de oxígeno. Por consiguiente,

el par de electrones de este enlace se encuentra desplazado hacia el oxígeno. Este desplazamiento electrónico en la molécula es una consecuencia de la diferencia de electronegatividades entre el oxígeno y el hidrógeno y se puede representar de la forma que se muestra en la figura 3.2.



**Fig. 3.2** Polaridad del grupo OH en los alcoholes

### Serie homóloga

Los alcoholes monohidroxilados (con el grupo funcional en el primer átomo de carbono) constituyen una serie homóloga. El primer representante es el metanol, de un átomo de carbono. Observa la tabla 3.1, que te ofrece los datos de algunos miembros de esta serie.

**Tabla 3.1** Algunas propiedades de los compuestos de la serie homóloga de los 1-alcoholes

Fórmula química semidesarrollada y global		Masa molar	Temperatura de ebullición (°C)	Solubilidad en agua (g/100 g de H <sub>2</sub> O)
CH <sub>3</sub> - OH	CH <sub>4</sub> O	32	64,5	∞
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46	78,3	∞
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60	97	∞
CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74	118	7,9
CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	138	2,3
CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	102	156,5	0,6

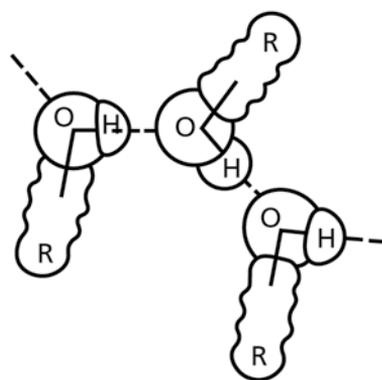
## Propiedades físicas de los alcoholes

Del análisis de la tabla anterior puedes inferir que, con el incremento de la masa molar de estas sustancias, aumentan las temperaturas de ebullición, debido también al incremento de las fuerzas intermoleculares. Observa en la tabla 3.2 los valores de las temperaturas de ebullición de alcanos y alcoholes de masas molares comparables.

**Tabla 3.2** Algunas propiedades de los miembros de la serie homóloga de los 1-alcoholes

Fórmula química semidesarrollada de alcanos y alcoholes	Masa molar	Temperatura de ebullición (°C)
CH <sub>3</sub> - CH <sub>3</sub>	30	-88,5
CH <sub>3</sub> - OH	32	+64,7
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	44	-42,2
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - OH	46	+78,3

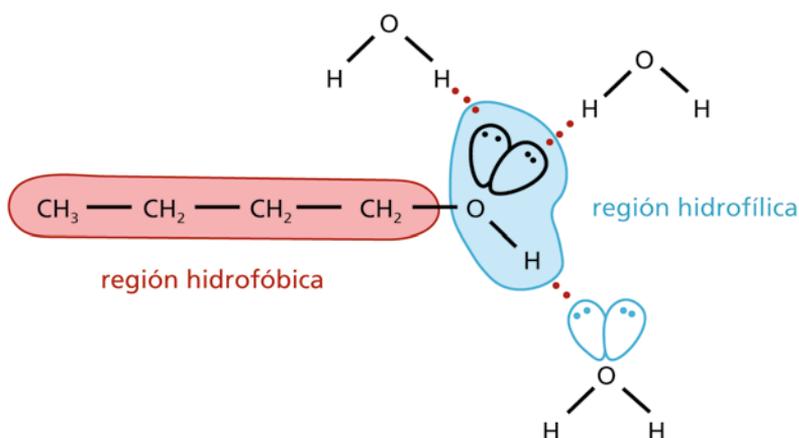
Como puedes apreciar, existe una marcada diferencia entre los valores de las temperaturas de ebullición de los alcanos y los alcoholes de masas molares comparables; esto se debe a la presencia de asociaciones por puente de hidrógeno en los alcoholes, que incrementan las atracciones entre las moléculas, por lo que se necesita más energía para separarlas. Observa en la figura 3.3 la representación de las asociaciones moleculares por puente de hidrógeno en los alcoholes.



**Fig. 3.3** Asociaciones moleculares por puente de hidrógeno en los alcoholes

## Solubilidad de los alcoholes

Contrariamente a lo que ocurre en los hidrocarburos, los primeros alcoholes de la serie homóloga son solubles en agua, esto se debe a la formación de asociaciones por puentes de hidrógeno entre ambas moléculas (figura 3.4). No obstante, al aumentar la cadena carbonada (zona hidrofóbica), predomina la naturaleza apolar del alcohol y disminuye la solubilidad en agua. Aquí se refleja la poca influencia de la polaridad del grupo hidroxilo en el proceso de disolución de estas dos sustancias, este aspecto hace que los alcoholes, a partir de siete o más átomos de carbono, lleguen a ser prácticamente insolubles en agua.



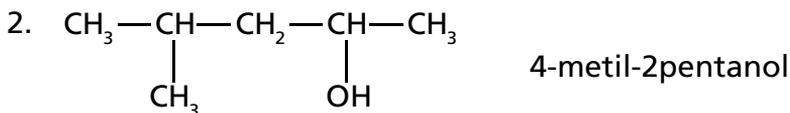
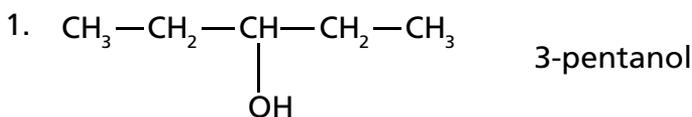
**Fig. 3.4** Región o zona hidrofóbica que establece las asociaciones por puente de hidrógeno con el agua

### Comprueba lo aprendido

- 3.1** ¿Por qué el 1-butanol tiene mayor temperatura de ebullición que el metanol?
- 3.2** ¿A qué atribuyes que exista una diferencia tan grande entre las temperaturas de ebullición del propano ( $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y el etanol ( $78,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ )?



2. En los alcoholes ramificados se nombra la cadena más larga que contenga el grupo funcional por el nombre del alcano correspondiente, cambiando la terminación -o por -ol, los sustituyentes se nombran en orden alfabético, de los localizadores se seleccionan los más bajos posibles, como se hace en el caso de los alquenos y alquinos ramificados. Se utilizan prefijos griegos cuando se repite el mismo sustituyente. Observa los nombres que se le atribuyen a las fórmulas en los ejemplos siguientes:

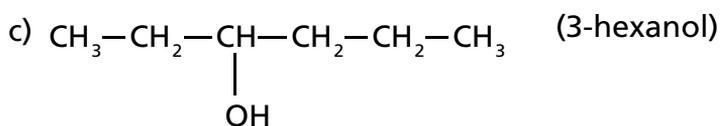
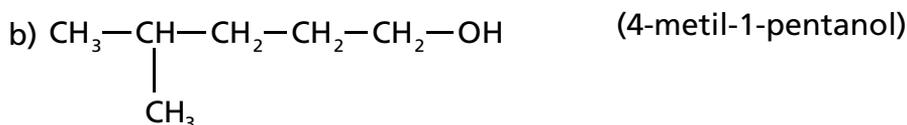
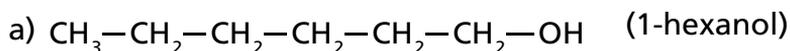


	Nombre común:	Nomenclatura IUPAC:
$\text{CH}_3 - \text{OH}$	alcohol metílico	metanol
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	alcohol <i>n</i> -propílico	1-propanol
$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	alcohol isopropílico	2-propanol
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	alcohol <i>n</i> -butílico	1-butanol
$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array}$	alcohol <i>sec</i> -butílico	2-butanol
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	alcohol <i>terc</i> -butílico	2-metil-2-propanol



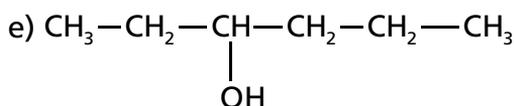
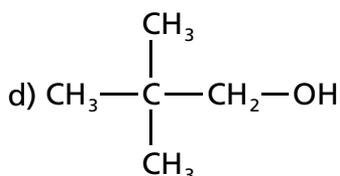
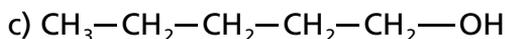
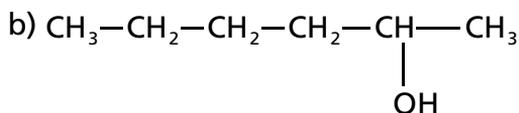
### 3.1.3 Isomería de los alcoholes. Isomería de cadena, de función y de posición

Con el estudio de los hidrocarburos en el capítulo 2, definimos el concepto de isomería. Los alcoholes monohidroxilados presentan diferentes tipos de isomería: de cadena, de posición y de función. En este epígrafe te proponemos abordar las dos primeras: de cadena y de posición. Observa que para un alcohol monohidroxilado de seis átomos de carbono, pueden presentarse diferentes isómeros, entre ellos:



Como se aprecia en los ejemplos anteriores, se trata de tres alcoholes con diferentes estructuras y, por tanto, tienen diferentes propiedades, pero responden a la misma fórmula química global o molecular,  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ . En estos casos, los alcoholes representados en los incisos a y b presentan isomería de cadena (solo cambia la estructura de la cadena carbonada). Los representados en los incisos a y c, isomería de posición del grupo  $\text{—OH}$  (solo cambia la posición del grupo  $\text{—OH}$ ). Los representados en los incisos b y c, isomería de cadena y de posición. Observa que en estos dos casos (b y c) la diferencia está en la posición del grupo  $\text{—OH}$  y también en la cadena carbonada.





**3.11** Escribe las fórmulas químicas semidesarrolladas y los nombres de todos los isómeros que respondan a la fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ .

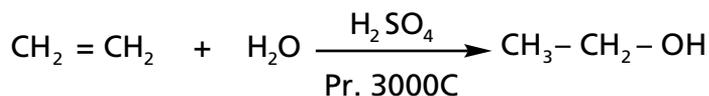
### 3.1.4 Obtención de alcoholes en el laboratorio.

#### Industria del etanol en Cuba

Nos referimos anteriormente a la importancia del etanol, que es uno de los alcoholes monohidroxilados más representativos y de mayor uso por el hombre. También es uno de los productos químicos orgánicos sintéticos más antiguos con el cual tuvo contacto el hombre.

Existen varias formas de obtenerlo en el laboratorio y en la industria. Hay dos vías principales, la hidratación de alquenos, que se lleva a cabo a partir del craqueo del petróleo y la fermentación de azúcares. Grandes cantidades del etanol que se produce en el mundo se prepara mediante la reacción del eteno con agua (hidratación

de alquenos), en presencia de un catalizador ácido, a una temperatura de 300 °C, aproximadamente y bajo presión.



En este método se utiliza el eteno, un hidrocarburo que se forma en grandes cantidades durante el proceso de craqueo del petróleo; en él se producen altos rendimientos de alcohol (superiores al 97 %).



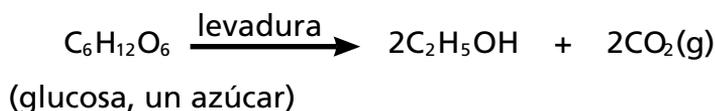
### De la historia

El método de craqueo térmico (también conocido como "proceso de cracking Shújov") fue inventado por el ingeniero ruso Vladimir Shújov (1853-1939) y patentado en 1891. El craqueo se refiere a un proceso químico en el que se rompen moléculas para originar otras más pequeñas.



Craqueo térmico

La fermentación de los azúcares por la levadura es otro método que produce etanol y dióxido de carbono. Gran parte de la producción mundial de etanol se obtiene del procesamiento de la materia de origen renovable (caña de azúcar y/o derivados, como la melaza y también del sorgo dulce, sorgo rojo, remolacha, papa y otros); o sea, se trata de aquellas plantas que contienen azúcares. El etanol así producido se conoce como *bioetanol*.



El afán de producir mucho bioetanol es el responsable de grandes deforestaciones y del aumento del precio de los alimentos en varias partes del mundo, al suplantar selvas y terrenos agrícolas para la producción de sus materias primas. No obstante, en la actualidad no es posible sustituir completamente el consumo actual de combustibles fósiles por bioetanol.

En Cuba todo el etanol que se produce se obtiene a partir de las mieles finales de la fabricación del azúcar de caña. Aquí se emplea la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, la cual produce dos enzimas: zimasa e invertasa. La zimasa actúa sobre la sacarosa, la glucosa y la fructosa que contienen estas mieles y las transforma en etanol con desprendimiento de dióxido de carbono, tal como vimos en la ecuación química anterior.

El producto resultante de la fermentación se somete a un proceso de destilación y se obtiene el alcohol industrial, que es una mezcla de 95 % de alcohol y 5 % de agua. Esta mezcla se conoce como alcohol al 95 % y su temperatura de ebullición constante es de 78,3 °C.

Son varias las industrias existentes en Cuba dedicadas a obtener el etanol por fermentación, generalmente aledañas a los centrales azucareros, de donde procede la materia prima. Observa en la figura 3.5, que luego de obtenerse este producto, se somete a una destilación.

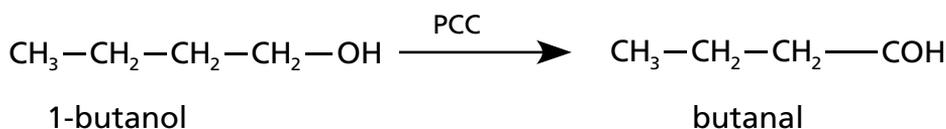


**Fig. 3.5** Proceso de destilación del etanol



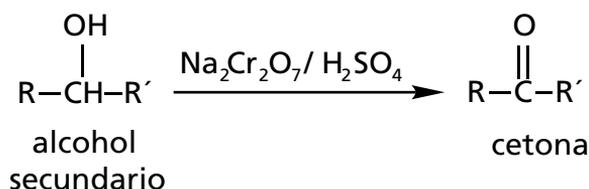




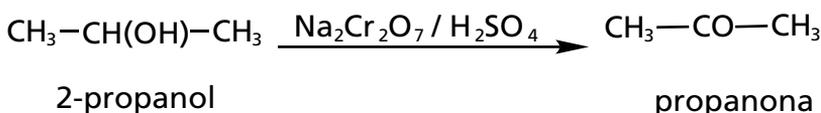


### Oxidación de alcoholes secundarios

Los alcoholes secundarios se oxidan fácilmente, para obtener excelentes rendimientos de cetonas. El ácido crómico es un reactivo adecuado para la oxidación de alcoholes secundarios en el laboratorio. Observa las ecuaciones químicas que identifican este proceso:



Ejemplo:



Puedes tener en cuenta que, para escribir los esquemas de estas reacciones, es suficiente con colocar encima de la flecha al agente oxidante que se representa por la notación [O].

Los alcoholes terciarios son resistentes a la oxidación.

### Comprueba lo aprendido

**3.15** Escribe la fórmula química semidesarrollada de cada uno de los compuestos siguientes:

- a) 1-propanol      b) 3-pentanol      c) 2-metil-2-butanol





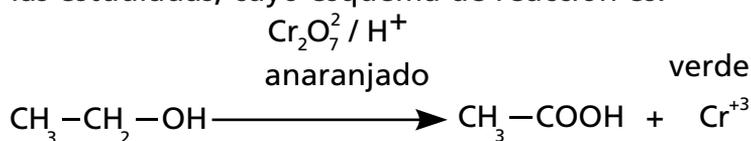
**Fig. 3.6** Aplicaciones de los alcoholes

Otras aplicaciones de los alcoholes están relacionadas con sus propiedades físicas. Por ejemplo, el etilenglicol se usa como anti-congelante, debido a su alta temperatura de ebullición, su baja temperatura de congelación y su gran solubilidad en agua.

El etanol es un desinfectante utilizado en hospitales, laboratorios y entidades (cementeros) para lavar las manos. Su mayor potencial bactericida se obtiene a una concentración de aproximadamente el 70 %. Es bueno conocer que, cuando el etanol se utiliza para propósitos científicos e industriales, es necesario “desnaturalizarlo” o adulterarlo con la adición de otras sustancias más tóxicas, con la finalidad de hacerlo *inadecuado para beber*. Para este proceso se utiliza una gran variedad de desnaturalizantes que incluyen el metanol o alcohol metílico y algún hidrocarburo como el etilbenceno o el tolueno.

El único alcohol que puede ser ingerido y no es tóxico en proporciones moderadas, es el etanol, que es una de las llamadas drogas lícitas en muchos países, incluyendo Cuba, cuya industria ronera es una de las más reconocidas a nivel mundial.

Una de las causas de los accidentes de tránsito es la conducción bajo los efectos de la ingestión de bebidas alcohólicas por los conductores, sobre todo en los períodos vacacionales y/o festivos. Un método químico para detectar el nivel de alcohol en el organismo es mediante el aliento del conductor (figura 3.7), llamada prueba del alcohol (alcotest), que es precisamente una reacción de oxidación de las estudiadas, cuyo esquema de reacción es:



**Fig. 3.7** Prueba del alcohol

El color anaranjado del reactivo (dicromato de potasio en medio ácido) cambia a verde al producir iones cromo III, cuando la persona que se analiza sopla para llenar un globo en el que el reactivo está colocado en el interior del dispositivo, este interactúa con los vapores del alcohol del aliento, reaccionando y produciendo la oxidación

del alcohol a ácido y la aparición del color verde del ión  $\text{Cr}^{3+}$ , que justifica el cambio de color mencionado.

El metanol, conocido como “alcohol de madera”, de olor, color y sabor similar al etanol, es muy venenoso al tomarlo, respirarlo durante períodos prolongados o dejarlo mucho tiempo en contacto con la piel, puede conducir a la ceguera o la muerte.



### Conoce un poco más

El etanol, ingerido en exceso y frecuentemente, ataca el Sistema Nervioso Central (SNC). El sitio de oxidación es el hígado. La ingestión de alcohol disminuye la absorción intestinal de las vitaminas del grupo B y favorece la aparición de enfermedades por carencias (beriberi, pelagra y polineuritis). Produce aceleración cardíaca, vasodilatación periférica, sensación de calor en la piel, pero favorece la pérdida de calor y es perjudicial, si el sujeto debe exponerse al frío. Su consumo habitual va ligado a la aparición de enfermedades como la cirrosis hepática y el hígado graso.

El etanol constiuye el principal componente de las bebidas alcohólicas como el vino (alrededor de un 13 %), la cerveza (5 %) o licores (hasta un 50 %). El consumo de bebidas alcohólicas es una práctica muy antigua del hombre, pero sus excesos causan graves trastornos al organismo humano, generando el alcoholismo.

El alcoholismo es un padecimiento que desencadena una fuerte necesidad de ingerir alcohol, de forma que existe una dependencia física de esta sustancia. Consiste en un consumo excesivo de alcohol de forma prolongada. Es una enfermedad crónica, producida por el consumo incontrolado de bebidas alcohólicas, lo cual interfiere en la salud física, mental, social y/o familiar, así como en las responsabilidades laborales. Tras el consumo excesivo de alcohol puede aparecer la inconsciencia y, a niveles extremos, puede llevar a un envenenamiento por alcohol y a la muerte.



## 3.2 Aldehídos y cetonas

Los aldehídos y las cetonas son compuestos orgánicos oxigenados en los que el grupo funcional característico de ambos es el grupo carbonilo  $\text{-CO}$ , son compuestos que están presentes en la naturaleza, son muy reactivos y tienen gran importancia en la síntesis de otros compuestos químicos.

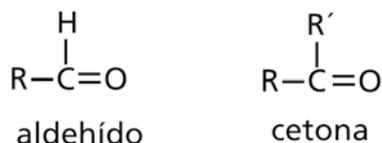
En este epígrafe puedes dar respuestas a interrogantes como: ¿cuál es el grupo funcional de estas sustancias?, ¿qué influencia tiene este en las propiedades físicas y químicas de los aldehídos y las cetonas? o ¿qué tipo de isomería presentan?

### 3.2.1 Aldehídos y cetonas. Estructuras. Series homólogas.

#### Propiedades físicas

La fórmula química general de los aldehídos y las cetonas se puede escribir como:  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ . Como puedes apreciar, son sustancias químicas que tienen similitudes y diferencias. Los aldehídos se pueden representar por la fórmula general  $\text{RCHO}$  y las cetonas por  $\text{RCOR}'$ . Aquí  $\text{R}$  y  $\text{R}'$  representan grupos alquílicos alifáticos o aromáticos.

Observa la figura 3.8 y aprecia que, si el grupo funcional está en el primer átomo de carbono  $\text{-CHO}$ , el compuesto pertenece a los aldehídos y si el grupo funcional  $\text{-CO-}$  está en un átomo de carbono secundario, el compuesto pertenece a una cetona. De esta manera podrás distinguir estas sustancias.



**Fig. 3.8** Fórmulas químicas generales de aldehídos y cetonas



*Series homólogas*

Cada una de estas clases de sustancias forman una serie homóloga, en las que los miembros se diferencian en uno o varios grupos metilenos,  $-\text{CH}_2$ . Los aldehídos y las cetonas son aquellos compuestos que poseen el grupo funcional carbonilo, ( $=\text{C}=\text{O}$ ), que es uno de los grupos más importantes en la Química Orgánica. Por esta razón, frecuentemente se les denomina compuestos carbonílicos.

Los aldehídos presentan el grupo carbonilo en uno de los extremos de la cadena carbonada, enlazado a un átomo de carbono y a otro de hidrógeno (excepto en el caso del primer representante de la serie homóloga, en el cual el grupo está asociado a dos átomos de hidrógeno). El metanal es el primer representante de los aldehídos y su grupo carbonilo contiene dos átomos de H. En el caso de las cetonas son sustancias en las que el grupo carbonilo está enlazado a dos átomos de carbono y el primer representante de estas es la propanona.

En la tabla 3.3 representamos la fórmula y algunas propiedades físicas de miembros de las series homólogas de los aldehídos y las cetonas. También puedes profundizar en otras series de estos mismos compuestos porque solo te mostramos los aldehídos no ramificados y las 2-cetonas no ramificadas.

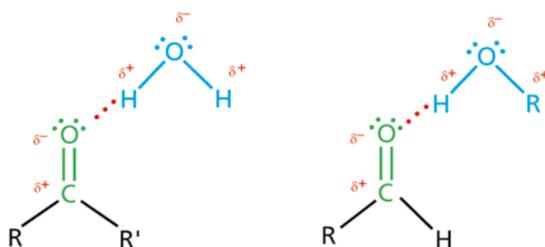
**Tabla 3.3** Serie homóloga de algunos aldehídos y cetonas

Serie homóloga de los aldehídos no ramificados			
Fórmula química semidesarrollada	Masa molar (g/mol)	Temperatura de ebullición/ $^{\circ}\text{C}$	Solubilidad (g/100 g de $\text{H}_2\text{O}$ )
$\text{H}-\text{CHO}$	30	-21	$\infty$
$\text{CH}_3-\text{CHO}$	44	20	$\infty$
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$	58	49	$\infty$
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CHO}$	72	76	7,6
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CHO}$	86	103	poco soluble
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CHO}$	100	131	poco soluble

Serie homóloga de las 2-cetonas no ramificadas			
Fórmula química semidesarrollada	Masa molar (g/mol)	Temperatura de ebullición/°C	Solubilidad (g/100 g de H <sub>2</sub> O)
CH <sub>3</sub> – CO – CH <sub>3</sub>	58	56	α
CH <sub>3</sub> – CO – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	72	80	26
CH <sub>3</sub> – CO – (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	86	102	6,3
CH <sub>3</sub> – CO – (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> – CH <sub>3</sub>	100	150	2,0

### Propiedades físicas

Como se observa en las series homólogas de los aldehídos y las cetonas, sus propiedades físicas varían con el aumento de la masa molar. Las temperaturas de ebullición aumentan con el incremento de grupos metileno (–CH<sub>2</sub>), debido al incremento de las fuerzas intermoleculares. Los aldehídos y las cetonas de baja masa molar son apreciablemente solubles en agua, porque forman asociaciones intermoleculares por puentes de hidrógeno con el agua (figura 3.11); pero, a medida que aumenta la cadena carbonada, la solubilidad disminuye porque comienza a prevalecer la zona apolar de la molécula de estos compuestos (zona hidrofóbica), cambiando su naturaleza eléctrica.



**Fig. 3.11** Asociaciones intermoleculares puentes de hidrógeno entre moléculas de aldehídos y cetonas con las de agua

## Comprueba lo aprendido

**3.22** Escribe la fórmula semidesarrollada de los compuestos que se nombran a continuación y expresa cuál, de cada uno de los pares dados, tiene mayor temperatura de ebullición. Explica en cada caso.

- a) butanal y 1-butanol
- b) pentano y pentanal
- c) 2-pentanona y 1-pentanol
- d) propano y propanona

**3.23** Representa la estructura electrónica del grupo carbonilo y expresa por qué tiene características polares.

**3.24** Los aldehídos son alcoholes deshidrogenados. Argumenta esta afirmación.

### 3.2.2 Nomenclatura química y notación química de aldehídos y de cetonas

El sistema IUPAC proporciona una nomenclatura determinada para los aldehídos, basada en reglas similares a las de otras clases de compuestos orgánicos. Para el caso de los aldehídos, en general los nombres utilizan el sufijo *-al*. A continuación, se resumen las reglas de nomenclatura en dos pasos:

1. En los aldehídos no ramificados se nombra la cadena por el nombre del alcano correspondiente, sustituyendo la *-o* final por el sufijo *-al*. La posición del grupo  $\text{>C=O}$  funcional no es necesario especificarla, ya que en estos compuestos siempre estará localizado en el primer átomo de carbono o átomo de carbono terminal de la cadena carbonada.

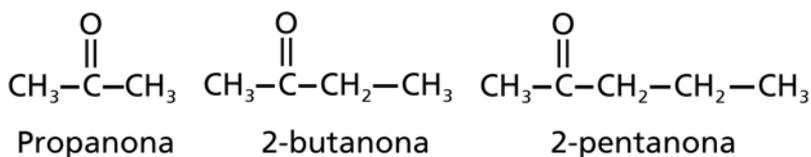


carbonilo. A continuación, se resumen las reglas de nomenclatura de cetonas en los dos pasos siguientes:

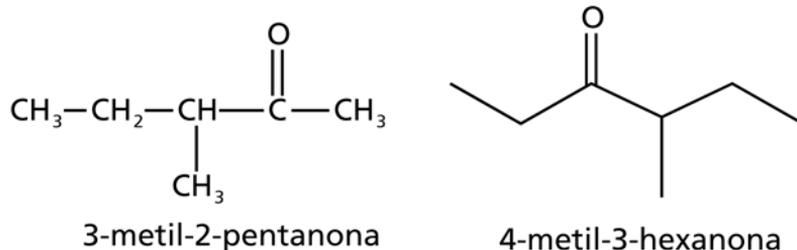
3. En las cetonas de cadena carbonada no ramificadas, estas se nombran como el alcano correspondiente sustituyendo la *o* final por el sufijo *-ona* y se especifica, si es necesario, la posición del  $\text{>C=O}$  grupo funcional. Para ello, se numera la cadena y se usa el número más bajo posible correspondiente al átomo de carbono que está unido el grupo carbonilo (localizador) y el localizador se coloca delante del nombre separado por una pleca.
4. En las cetonas ramificadas se nombra la cadena más larga que contenga el grupo funcional como el nombre del alcano correspondiente, cambiando la terminación *-o* por *-ona*, los sustituyentes se nombran en orden alfabético y los localizadores se seleccionan para formar el número más bajo posible, como se hace en el caso de los alquenos y alquinos ramificados y, cuando se repite, se utilizan prefijos griegos.

A continuación, te presentamos algunos ejemplos para que practiques las reglas anteriores.

a) *Cetonas no ramificadas*



b) *Cetonas de cadenas ramificadas*



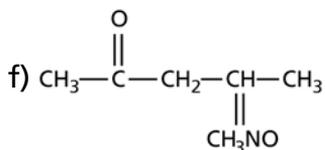
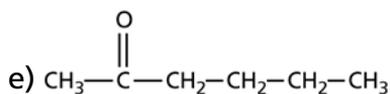
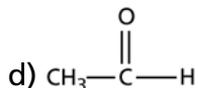
### Comprueba lo aprendido

**3.25** Nombra o formula según corresponda. Utiliza la fórmula química semidesarrollada.

a) 3-metil-2-hexanona

b) metilpropanal

c) dietilbutanal



**3.26** Completa el siguiente cuadro.

Nombre	Fórmula química semidesarrollada	Función química
3-metil-hexanona	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_2}{\text{CH}} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{H}$	
3etil-2-metil-heptanal		
	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_3$	

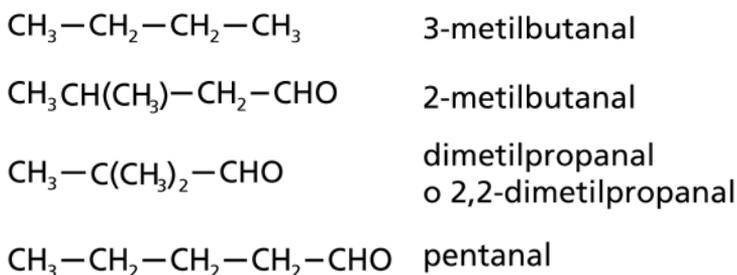
**3.27** Identifica por su fórmula química semidesarrollada y por su nombre, un compuesto que posee dos átomos con hibridación  $sp_2$ , que tiene 2 hidrógenos en total y es homólogo del butanal.

### 3.2.3 Isomería de aldehídos y de cetonas. Isomería de función

Para el estudio de la isomería de estos compuestos debes poner en práctica la definición de este concepto que ya conoces con anterioridad. Los aldehídos solo presentan isomería de cadena y de función, ¿por qué no es posible que estos compuestos tengan isomería de posición? El grupo funcional solo se localiza en el primer átomo de carbono, esta es una de las características estructurales de estos compuestos.

En el caso de las cetonas, además de la isomería de cadena y función, sí es posible la isomería de posición, ya que el grupo funcional se localiza en un átomo de carbono secundario y su posición puede ser variada. Para la isomería de función de estas dos clases de sustancias, nos referiremos a la isomería entre ellas solamente.

Ahora observa que, para un aldehído de fórmula global  $C_5H_{10}O$ , se pueden representar las siguientes formulas semidesarrolladas:



Como se puede observar los cuatro compuestos anteriores responden a la misma fórmula global, pero difieren en su estructura ya que tienen distintos tipos de cadena, por lo que entre ellos la isomería es *de cadena*.



- a) ¿Qué tipo de isomería presentan los compuestos representados? Explica.  
 b) Nómbralos.

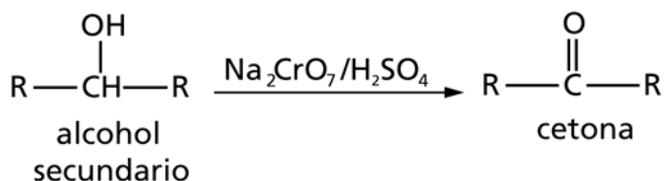
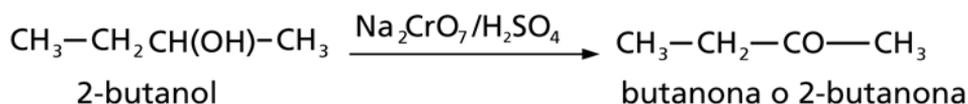
**3.29** Escribe las fórmulas semidesarrolladas y los nombres de:

- a) dos isómeros de cadena de fórmula  $C_4H_8O$   
 b) dos isómeros de posición de fórmula  $C_7H_{14}O$   
 c) dos isómeros de función de fórmula global  $C_5H_{10}O$

**3.30** Escribe la fórmula semidesarrollada y el nombre de todos los isómeros de función del hexanal.

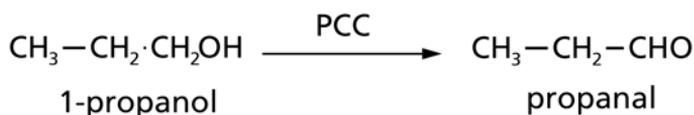
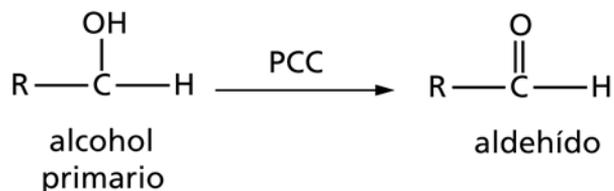
### 3.2.4 Obtención de aldehídos y de cetonas

Cuando estudias reacciones de otros grupos de funciones químicas, puedes apreciar algunos de los mejores métodos para obtener aldehídos y cetonas. Son varios los métodos que se utilizan en el laboratorio, en este momento solo nos referiremos a la oxidación de alcoholes alifáticos primarios y secundarios con oxidantes adecuados. Presta atención a las reacciones químicas que te representamos a continuación:

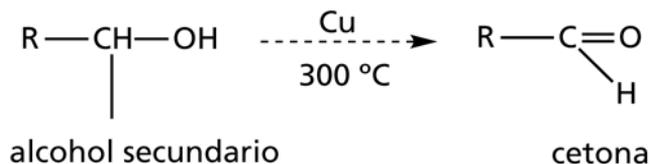
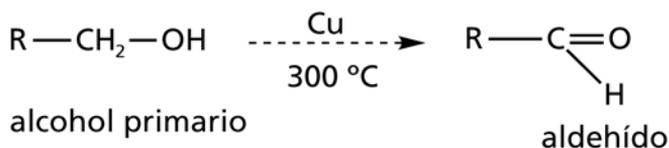


En el caso de obtención de aldehído a partir de un alcohol primario por oxidación de este, debe utilizarse un oxidante moderado como el PCC para que no se produzca una sobreoxidación hasta

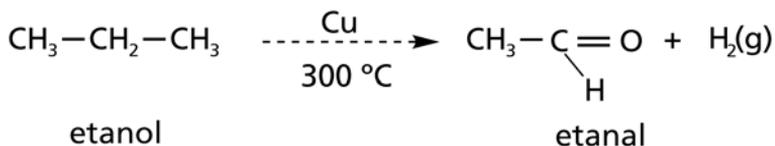
ácido. Se trata del clorocromato de piridinio (PCC), un complejo de óxido de cromo VI con piridina (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N) y ácido clorhídrico (HCl).



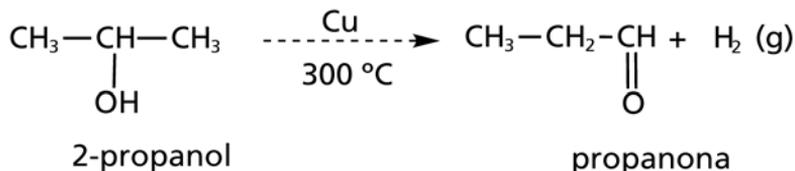
La obtención industrial de los aldehídos y las cetonas, en dependencia de la naturaleza del alcohol que intervenga en la reacción, se realiza a partir de la oxidación catalítica con aire y el producto de la reacción de oxidación puede ser un aldehído o una cetona. La reacción se efectúa haciendo pasar vapores del alcohol sobre cobre metálico calentando a 300 °C.



### Ejemplo 1

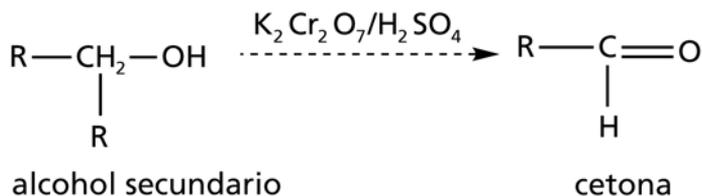
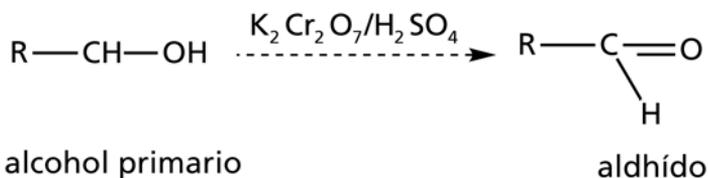


Ejemplo 2



En el laboratorio se emplean diferentes agentes oxidantes para la obtención de los aldehídos y las cetonas. Uno de ellos es el dicromato de potasio en medio ácido ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{H}^+$ ), conocido como mezcla crómica, el cual se hace reaccionar con un alcohol primario o uno secundario.

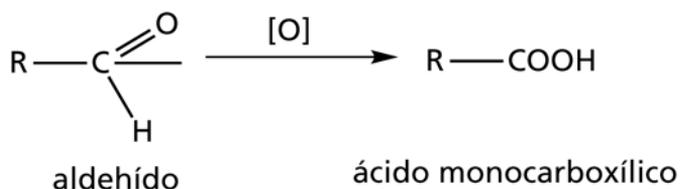
También es importante que conozcas que en la reacción de obtención de los aldehídos es necesario ir eliminando el aldehído de la mezcla de reacción con la misma rapidez con que se forma, para evitar que esta sustancia pueda oxidarse y convertirse en otra.



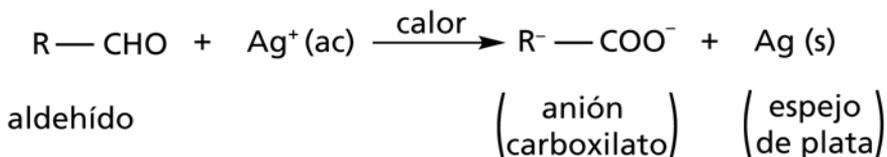
Comprueba lo aprendido

**3.31** Representa el esquema de la oxidación controlada del 1-pentanol.





También lo hacen con oxidantes débiles, tales como una disolución amoniacal de iones plata (reactivo de Tollens) y la disolución alcalina de iones cobre II (reactivo de Fehling). Al hacer reaccionar el reactivo de Tollens con unos mililitros de un aldehído, calentando suavemente, se observa la aparición de una capa de plata metálica que se deposita en las paredes del recipiente. Esta reacción se conoce con el nombre de "espejo de plata". En esta reacción el aldehído se oxida a ion carboxilato y el ion  $\text{Ag}^+$  se reduce a plata metálica. En este caso, el proceso general se puede representar así:



### Conoce un poco más

El reactivo de Tollens se prepara añadiendo dos gotas de disolución de hidróxido de sodio al 5 %, en 1 mL de disolución acuosa de nitrato de plata al 5 %. Se formará un precipitado de hidróxido de plata, el cual se disuelve con una disolución acuosa de amoníaco de concentración 2 mol/L, en la que se forma el ion complejo (diamin-plata I  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ )

En esta reacción, el ion  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , que es un oxidante, es capaz de oxidar al grupo carbonilo a carboxilo, lo que se evidencia por la precipitación de plata metálica que se deposita en las paredes del





### De la historia

Hermann von Fehling (Alemania, 1811-1885). Profesor de la Universidad de Stuttgart. Propuso el reactivo que lleva su nombre, que se utiliza para la determinación de azúcares reductores.



Hermann  
von Fehling

A diferencia de los aldehídos, las cetonas no reaccionan con estos reactivos, ya que estas no se oxidan con facilidad. La oxidación de las cetonas solo se logra con mezclas oxidantes fuertes y calor, en las que ocurren rupturas de enlaces C – C. Por ello, estos reactivos son útiles para identificar aldehídos y, en particular, para diferenciarlos de las cetonas en sus respectivas reacciones químicas.



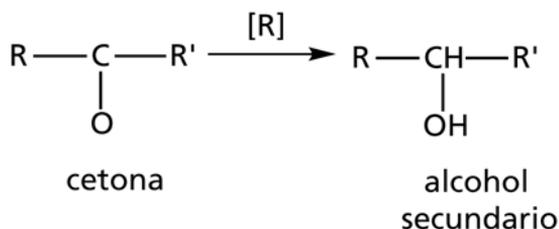
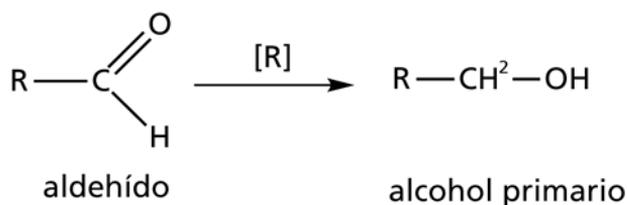
### Conoce un poco más

Existen otros reactivos de identificación de aldehídos como el reactivo de Benedict: este se prepara con una disolución que contenga sulfato de cobre II, sulfato de sodio o cloruro de sodio, carbonato de sodio e hidróxido de sodio. Este reactivo oxida al grupo carbonilo presente en la glucosa a carboxilo, que estudiaremos en la próxima subunidad. En dicha reacción, el cobre 2+ de color azul se transforma en diferentes especies químicas hasta precipitar en forma de óxido de cobre 1+ de color rojo ladrillo.

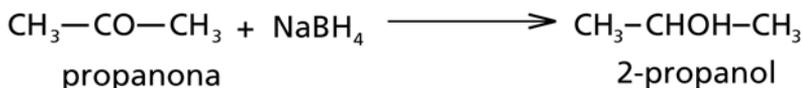
### Reacciones de reducción

De manera contraria al proceso de oxidación de alcoholes primarios, *los aldehídos se reducen para formar estos compuestos*. Por su parte, *las cetonas se reducen para producir alcoholes secundarios*,

a partir de un reductor apropiado. Estas reacciones químicas se representan por los esquemas siguientes:



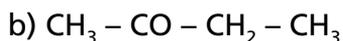
Como puedes apreciar, las representaciones anteriores ilustran la obtención de un alcohol primario y de uno secundario a partir de un aldehído y de una cetona, respectivamente. La notación que se utiliza en el esquema de reacción para representar encima de la flecha al agente reductor es [R], algunos ejemplos pueden ser:  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{LiBH}_4$ ,  $\text{H}_2$  (con catalizadores). Analiza los ejemplos siguientes:



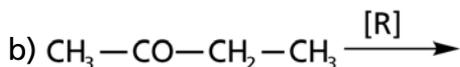
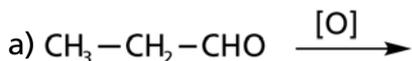
$\text{NaBH}_4$  reductor de aldehídos y cetonas

### Comprueba lo aprendido

**3.34** Debate con tus compañeros cómo se pueden diferenciar experimentalmente los compuestos representados a continuación:



**3.35** Completa los esquemas de reacción siguientes:



**3.36** Propones a tus compañeros una vía de síntesis del propanal, a partir del propano, si dispones de todos los recursos necesarios en el laboratorio.

a) Escribe las ecuaciones químicas.

### 3.2.6 Aplicaciones de los aldehídos y las cetonas

Los aldehídos y las cetonas se encuentran entre los compuestos de mayor importancia, tanto en la bioquímica como en la industria química. Se han aislado una gran variedad de aldehídos y cetonas a partir de plantas y animales; muchos de ellos, en particular, los de peso molecular elevado, tienen olores fragantes y peculiares. Por lo general, se les conoce por sus nombres comunes, que indican su fuente de origen o cierta propiedad característica.

El alcanfor es una cetona que se encuentra en forma natural y se obtiene de la corteza de un árbol, que posee el mismo nombre. Tiene un olor fragante y característico; conocido desde hace mucho tiempo por sus propiedades medicinales, es un analgésico muy usado en linimentos.

Otras dos cetonas naturales, beta-ionona y muscona, se utilizan en perfumería. La beta-ionona es la esencia de violetas. La muscona, obtenida de las glándulas odoríferas del venado almiscero macho, posee una estructura de anillo con 15 átomos de carbono (figura 3.12).



**Fig. 3.12** Aplicaciones de cetonas y aldehídos en diferentes etapas

La acetona (propanona), que es muy reconocida para quitar esmalte de uñas, es la cetona comercial más importante, con una producción anual de tres millones de toneladas. Tanto la propanona como la butanona son disolventes industriales comunes. Algunas de estas de origen natural y otras artificiales se emplean en la cosmología como aromatizantes y perfumes.

El aldehído más simple, el formaldehído (metanal), es un gas incoloro de olor irritante. Desde el punto de vista industrial es muy importante; suele hallarse como una disolución acuosa al 40 % llamada formalina. Se usa para conservar muestras biológicas. El formaldehído en disolución se combina con las proteínas de los tejidos y los endurece, haciéndolos insolubles en agua.

El acetaldehído (*etanal*) es un líquido volátil e incoloro, de olor irritante. Es una materia prima muy utilizada en la fabricación de muchos compuestos orgánicos. También, estos compuestos, de manera general, se utilizan en la fabricación de resinas, plásticos, pinturas, esencias y disolventes, entre otros.

## Comprueba lo aprendido

**3.37** La propanona (acetona) es muy utilizada para remover esmaltes de uñas. ¿En qué propiedades de esta sustancia se basa esta aplicación?

### 3.3 Ácidos carboxílicos y ésteres

Los ácidos carboxílicos son compuestos orgánicos que poseen uno o más grupos carboxilo ( $-\text{COOH}$ ). Están presentes en la naturaleza, intervienen en la descomposición de la materia orgánica incluyendo la fermentación de frutas como la guayaba y el tamarindo; ejemplos de estos son el ácido ascórbico (vitamina C), el ácido tartárico y el ácido cólico presente en la bilis. El ácido cítrico es uno de los intermediarios del ciclo de Krebs (ciclo bioquímico que ocurre en el organismo vivo) junto a otros ácidos.

Muchos de estos ácidos se obtienen en el laboratorio a partir de reacciones químicas y contribuyen al desarrollo de la industria química; como ejemplos podemos señalar al ácido etanoico (ácido acético) cuya disolución del 4 % al 5 % es el vinagre, el ácido benzoico como preservante de alimentos y el ácido acetilsalicílico (aspirina), como importante medicamento.

Los ésteres, derivados de los ácidos carboxílicos, son compuestos que se encuentran en los frutos y flores de muchas plantas, fundamentalmente. Poseen olores agradables y son componentes importantes de muchos aceites esenciales en la naturaleza.

#### **3.3.1 Ácidos monocarboxílicos. Estructura. Serie homóloga.**

##### ***Propiedades físicas***

Los ácidos carboxílicos también pueden considerarse como derivados de los hidrocarburos, en cuyas moléculas un átomo de hidrógeno



En la tabla 3.4 te mostramos la serie homóloga de los homólogos lineales (no ramificados) y sus propiedades físicas.

**Tabla 3.4** Serie homóloga y algunas de las propiedades físicas de ácidos monocarboxílicos

Fórmula química semidesarrollada	Masa molar (g/mol <sup>-1</sup> )	Solubilidad en agua (g/100 g H <sub>2</sub> O)	Temperatura de ebullición (°C)
ácido metanoico $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	46	8	101
ácido etanoico $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	60	α	118
ácido propanoico $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	74	α	141
ácido butanoico $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	88	α	163
ácido pentanoico $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	102	3,7	186
ácido hexanoico $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	116	0,7	280



**3.39** Identifica, entre los compuestos orgánicos representados, dos que sean homólogos:

- a)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$       b)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$   
 c)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 - \text{COOH}$       d)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

e) Establece una secuencia, en orden descendente, según los valores de temperatura de ebullición de cada uno.

**3.40** Se dispone de tres ácidos, cuyas fórmulas químicas se dan a continuación.

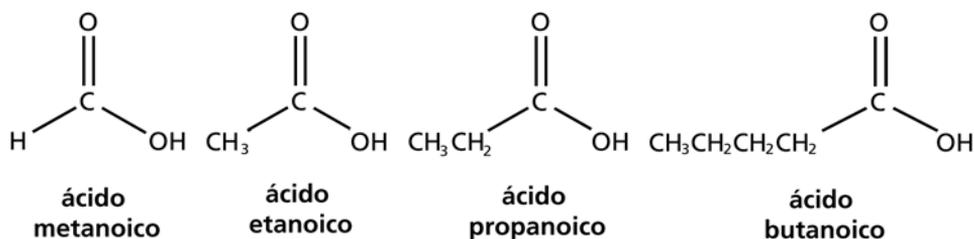
- a)  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$       b)  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{COOH}$   
 c)  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$

Si se conoce que los valores de la temperatura de ebullición son; 240 °C, 163 °C y 186 °C, ¿qué temperatura corresponde a cada compuesto? Explica tu respuesta.

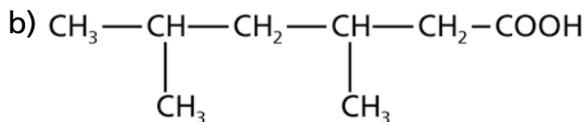
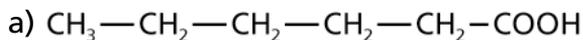
**3.41** ¿Existirá algún ácido alifático monocarboxílico en estado gaseoso a temperatura ambiente? Fundamenta.

### 3.3.2 Nomenclatura química y notación química de los ácidos monocarboxílicos

La nomenclatura IUPAC para los ácidos carboxílicos emplea el nombre del alcano que corresponde a la cadena más larga de átomos de carbono, que incluye al ácido carboxílico. La -o final de alcanos se sustituye por el sufijo -oico, y se antepone la palabra ácido.







- c) ácido 2,2-dimetilbutanoico  
 d) ácido hexanoico  
 e) ácido propanoico  
 f) ácido 3,3-dietilhexanoico

**3.43** Completa el siguiente cuadro:

Nombre	Fórmula química semidesarrollada
ácido 2-metilpentanoico	
	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$
ácido 2,4-dimetilhexanoico	

**3.44** Representa, por su fórmula química semidesarrollada, un ácido monocarboxílico de cuatro átomos de carbono que posee un carbono terciario.

- a) Nombra el compuesto representado.

### 3.3.3 Obtención de los ácidos monocarboxílicos

Las bebidas alcohólicas fermentadas, como el vino y la sidra, se exponen al aire, el alcohol que contienen estas se oxida a ácido etanoico y se obtiene el vinagre del vino y el vinagre de manzana, respectivamente. Industrialmente, el ácido etanoico se obtiene



Las reacciones más importantes de los ácidos están relacionadas con sus propiedades ácidas, en las que se produce la ruptura del enlace oxígeno-hidrógeno (O–H). Las características ácidas en estos compuestos orgánicos se deben a la estructura de su grupo funcional.

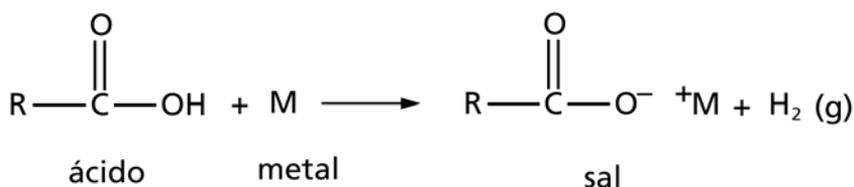


### Recuerda que...

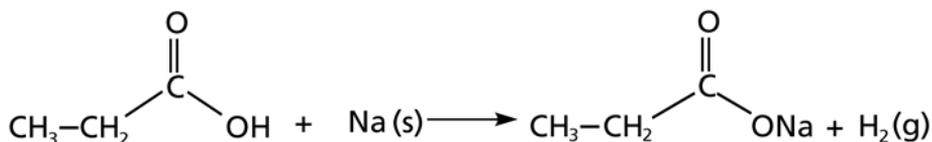
Los ácidos que has estudiado son sustancias que frente a metales activos producen hidrógeno gaseoso y la sal correspondiente.

#### Reacción con los metales activos

Los ácidos monocarboxílicos reaccionan con metales activos liberando hidrógeno y formando la sal orgánica correspondiente. Aquí manifiestan su comportamiento como ácido.

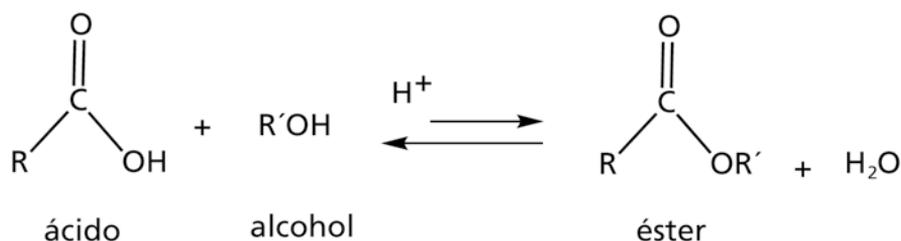


Ejemplo:

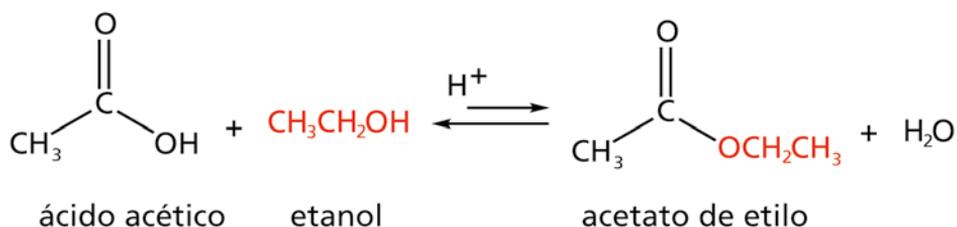


#### Esterificación

Los ácidos carboxílicos reaccionan con alcoholes, en presencia de un catalizador ácido, formando ésteres y agua. Esta reacción se conoce como *reacción de esterificación de Fischer*.



Las reacciones de esterificación se efectúan bajo catálisis ácida, puesto que en ausencia de ácidos fuertes estas reacciones proceden de forma muy lenta. Si está presente una cantidad catalítica de ácido, el equilibrio se alcanza al cabo de unas horas, calentando a reflujo una mezcla del ácido carboxílico y del alcohol. Como se aprecia en el esquema, en el equilibrio la concentración del éster es baja; para desplazar el equilibrio hacia la formación del éster, se añade un exceso del ácido carboxílico o del alcohol. También se puede aumentar la proporción de éster en el equilibrio eliminando el agua formada en la reacción.



### Conoce un poco más

La reacción química de la síntesis de la aspirina se considera una esterificación. El ácido salicílico es tratado con anhídrido acético, un compuesto derivado de un ácido. Este proceso produce aspirina y ácido acético, el cual se considera un subproducto de la reacción.

### Comprueba lo aprendido

**3.47** Representa el esquema de la reacción del ácido etanoico con el calcio metálico.

**3.48** Representa la reacción del 4-metil-1-pentanol con el ácido etanoico en medio ácido, que produce un compuesto de olor agradable (esencia de platanito), con fórmula:



a) ¿Qué nombre recibe este tipo de reacción?

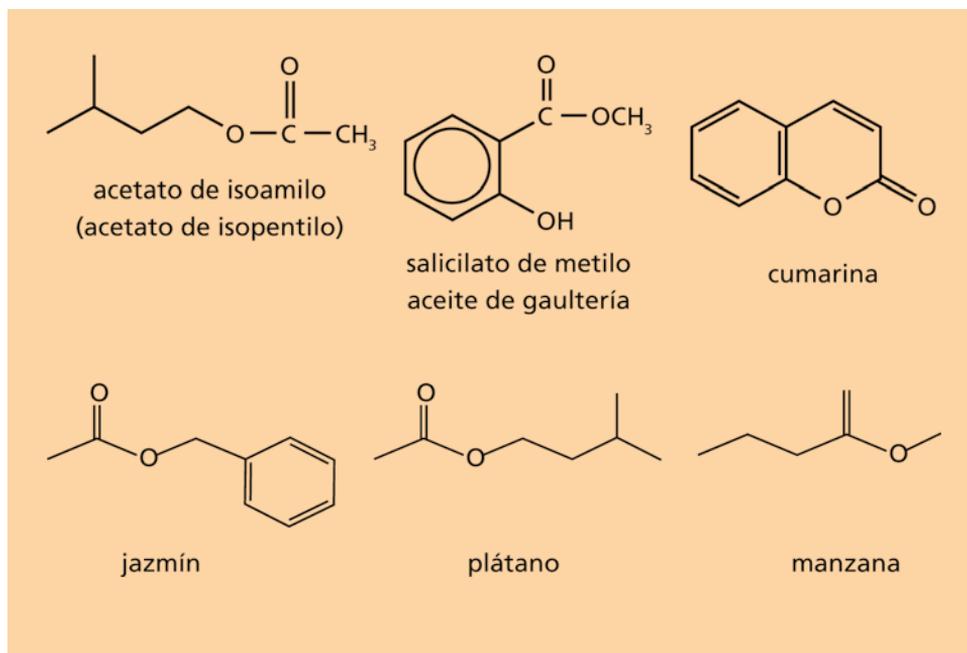
### 3.3.5 Estructura de los ésteres. Isomería de función. Hidrólisis de los ésteres

Los ésteres son los derivados de ácidos carboxílicos más frecuentes. Están presentes en los aceites esenciales de las plantas, dando lugar al aroma que se asocia a las flores y frutas maduras. Por ejemplo: el olor del plátano maduro se debe, principalmente, al éster acetato de isoamilo; el olor del jazmín se debe a la presencia del éster etanoato de bencilo; el olor de la manzana, al éster butanoato de metilo; el aceite de gaulteria, que se utiliza como medicamento, contiene salicilato de metilo; el aceite de lavanda y de clavo dulce contienen cumarina, que actúa como fijador, haciendo duraderos sus olores.



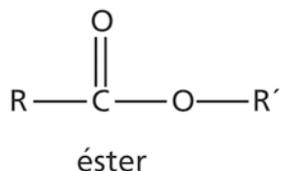
#### Conoce un poco más

Las fórmulas estructurales representadas son fórmulas en las que solo aparecen los átomos de los elementos que caracterizan la estructura, el resto de los átomos se encuentran simplificados u omitidos; así, en cada extremo de los segmentos existe un átomo de carbono, el cual está unido a átomos de hidrógeno para satisfacer la tetravalencia del carbono y los segmentos representan los enlaces químicos correspondientes.

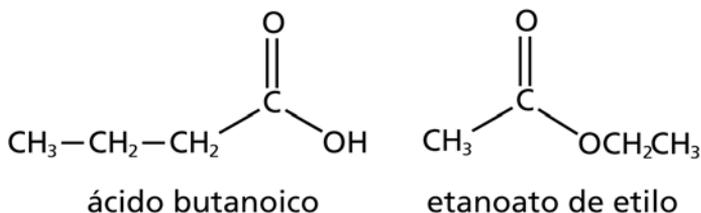


### Estructura química de los ésteres

La fórmula general de los ésteres es:

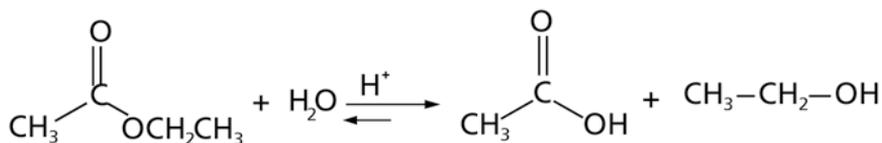


Los ésteres presentan isomería de función con los ácidos monocarboxílicos de igual cantidad de átomos de carbono; así, el ácido propanoico y el etanoato de metilo (ambos con fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ ) son isómeros de este tipo. Observa los ejemplos que se presentan a continuación y podrás percatarte de que estas sustancias pertenecen a distintas funciones químicas, son isómeros de función y tienen igual fórmula global:  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ .



### Hidrólisis de los ésteres

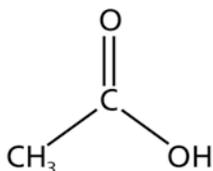
La hidrólisis de un éster catalizada por un ácido, es el proceso inverso del equilibrio de esterificación de Fischer. La adición de un exceso de agua desplaza el equilibrio hacia la formación del ácido y del alcohol. Cuando los ésteres reaccionan con el agua se obtiene el alcohol y el ácido correspondiente. Observa el ejemplo siguiente:



### Comprueba lo aprendido

**3.49** Identifica a qué tipo de función química pertenecen los compuestos representados a continuación:

a)



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



de frutas y alimentos. Además, se utiliza en la preparación de colorantes y productos farmacéuticos.

### ¿Sabías que...?

El ácido ascórbico (vitamina C) posee una estructura compleja, muy conocido por combatir el escorbuto, enfermedad que se adquiere por no consumir frutas frescas y cítricos en las dietas. Se conoce que, entre los años 1497 y 1499, el explorador portugués Vasco de Gama perdió la mitad de su tripulación en uno de sus viajes, por el escorbuto. Más tarde, también se conoció que el ácido ascórbico inhibe el cáncer gástrico y cervical, combate el resfriado común, cura la infertilidad y se utiliza en algunos tratamientos contra el SIDA.

Los ésteres son muy utilizados en la industria para muchos fines y, en especial, como disolventes. El etanoato de etilo es un buen disolvente de una amplia variedad de compuestos y también se encuentra en los productos de limpieza, abrillantadores, pegamentos y difusores de los sprays (figura 3.14).



**Fig. 3.14** Algunas aplicaciones de los ésteres



o fósforo). Su nombre se deriva de la palabra glucosa, que proviene del vocablo griego *glykys*, que significa dulce, aunque solamente lo son algunos monosacáridos y disacáridos. Constituyen sustancias orgánicas sintetizadas en las plantas al combinarse el dióxido de carbono y el agua, con la ayuda catalítica de la clorofila y la energía solar, en el proceso de fotosíntesis.

Son compuestos orgánicos muy abundantes en la naturaleza. Por ejemplo, la glucosa o azúcar de uva, la sacarosa, la celulosa, que representa el material de soporte de las plantas y el almidón, que se almacena en las semillas. Además, sirven de alimento a los seres humanos y a las plantas.

Los glúcidos son biomoléculas, compuestos químicos característicos de la materia viva. Presentan enlaces químicos de tipo covalente, por lo que son portadores de mucha energía y son difíciles de romper. Esta energía es liberada cuando la molécula es oxidada en los procesos metabólicos y de ahí su gran utilidad como fuentes de energía biológica.

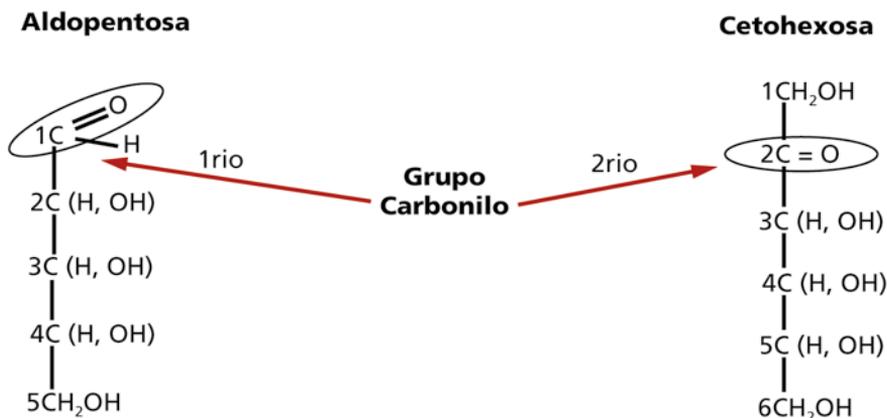
### **3.4.1 Sacáridos. Estructura y características generales.**

#### **Clasificación**

Los glúcidos o sacáridos son aldehídos polihidroxilados, cetonas polihidroxiladas o en una misma molécula pueden existir aldehídos polihidroxilados y cetonas polihidroxiladas. De todos los compuestos biorgánicos, la clase más abundante en el mundo biológico, con más del 50 % de masa seca de la biomasa terrestre, son los glúcidos. Poseen una variedad de funciones diferentes. Algunos son importantes componentes de las células, otras actúan como sitios de reconocimiento sobre la superficie de la célula y otros carbohidratos sirven como fuente de energía metabólica.

Los glúcidos pueden ser simples o complejos, así es su clasificación. Dentro de los simples se encuentran los monosacáridos y los complejos son aquellos cuya hidrólisis origina dos o más monosacáridos.

Mediante esta clasificación pudieran llamarse disacáridos, si su hidrólisis origina dos monosacáridos. Si origina entre 3 y 10 monosacáridos, se llaman oligosacáridos y cuando originan más de 10 monosacáridos se clasifican como polisacáridos. Otra clasificación es la que depende de la posición del grupo carbonilo, en la que se encuentran las *aldosas* o *cetosas*. Observa la figura 3.15, que pertenece a cada una de ellas.



**Fig. 3.15** Ejemplo de una aldosa y una cetosa

### ¿Sabías que...?

En 1838 Andrés Dumas utilizó por primera vez el término glucosa, dado que el compuesto es dulce y proviene de la miel.

### Comprueba lo aprendido

**3.58** El ácido acético tiene fórmula global  $C_2(H_2O)_2$ . ¿Consideras que se puede afirmar, de acuerdo con su fórmula, que esta sustancia es un carbohidrato? Justifica tu respuesta.

**3.59** De las palabras encerradas entre paréntesis (alcano, monosacárido, glicérido, alcohol, oligosacárido), subraya las que corresponden a un carbohidrato.

**3.60** Un compuesto A tiene tres grupos OH en su cadena y además un grupo carboxilo. ¿Se pueda afirmar que este compuesto es un carbohidrato? Argumenta.

**3.61** Resume la importancia de los glúcidos para los seres vivos.

### 3.4.1.1 Monosacáridos: glucosa. Estructura. Propiedades químicas. Oxidación de la glucosa. Aplicaciones

Los monosacáridos más comunes tienen de tres a siete átomos de carbono y entre ellos encontramos la glucosa y la fructosa. De estos, el más importante es la glucosa, que posee 6 átomos de carbono en su molécula y es una hexosa según su clasificación.

El glúcido más abundante en la naturaleza es la glucosa. Los animales la obtienen a partir del consumo de los alimentos que la contienen, que, por lo general, son las plantas. Las plantas producen glucosa por fotosíntesis al absorber el agua a través de sus raíces y utilizan el dióxido de carbono del aire para sintetizar glucosa y dióxígeno.

La fotosíntesis es el proceso contrario al que realiza el organismo humano para obtener energía, específicamente la oxidación de la glucosa a dióxido de carbono y agua. Las plantas requieren de energía para realizar la fotosíntesis. Estas obtienen la energía a partir de la radiación solar, la cual es fijada por las moléculas de clorofila de las partes verdes de las plantas.

### ¿Sabías que...?

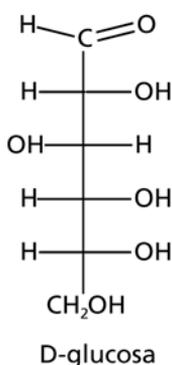
En el siglo XVIII comenzaron a surgir trabajos que relacionaban los conocimientos de la química con los de la biología. En la década de 1770, el científico inglés Joseph Priestley (descubridor del  $O_2$ ) explicó la producción de oxígeno por los vegetales y reconoció que el proceso era el inverso de la respiración animal, que consumía tal sustancia.



Joseph  
Priestley

### Estructura de la glucosa

La glucosa tiene fórmula global  $C_6H_{12}O_6$ . Posee en su estructura un grupo aldehídico y cinco grupos  $-OH$ . Usando una fórmula química conocida como estructura de Fischer, representamos la estructura de la glucosa (figura 3.16). Pertenece a las aldohexosas: *aldo* significa que tiene el grupo aldehídico, *hex* que tiene 6 átomos de carbono y *osa* es la terminación utilizada para nombrar a los sacáridos.



**Fig.3.16** Fórmula plana (estructura de Fisher) de la D-glucosa



#### Conoce un poco más

Se ha comprobado que la molécula de glucosa existe en disolución con una cadena abierta, en equilibrio con una estructura cíclica (cerrada), en la cual el grupo aldehído (carbono 1) interacciona con el grupo hidroxilo del carbono 5. En este equilibrio predomina la forma cíclica.

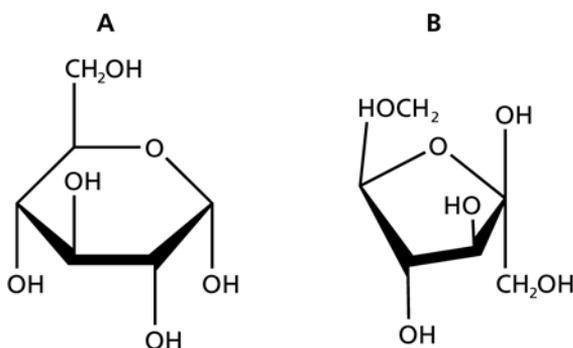
### Oxidación de la glucosa

Debido a que la molécula de la glucosa posee el grupo funcional de los alcoholes ( $-OH$ ) y el de los aldehídos ( $-CHO$ ), interviene en

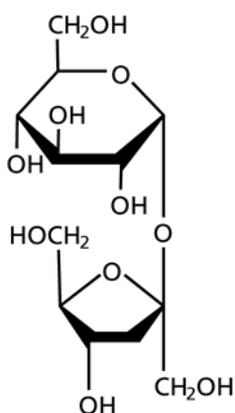




unión de dos unidades estructurales, una de glucosa y otra de fructosa mediante un átomo de oxígeno. Este enlace se denomina enlace *glicosídico*. En el caso de la sacarosa, se establece entre el átomo de carbono número 1 de la glucosa (anillo hexagonal) y el carbono 2 de la fructosa (anillo pentagonal), por lo que el grupo carbonilo no queda libre, como se observa en la figura 3.17; A representa a la glucosa y B, a la fructosa, ambas son formas cíclicas (cadenas cerradas), fórmulas de Haworth, que permiten obtener mayor información acerca de sus estructuras y de los disacáridos que se originan a partir de ellos, como el que se representa en la figura 3.18.



**Fig. 3.17** Fórmulas químicas de la glucosa y la fructosa



**Fig. 3.18** Estructura de la sacarosa



cultural muy profundo en nuestro país. La materia prima de esta industria es la caña de azúcar. Es bueno que conozcas que, en el tallo de la caña, además de sacarosa están presentes otros componentes (figura 3.19):

- agua en un 70 %; fibra en un 13 %; cenizas en un 0,5 %; sacarosa en un 15 %, otros azúcares en un 1 %; gomas en un 0,2 %; grasas y ceras en un 0,2 %; sustancias nitrogenadas en un 0,4 % y ácidos orgánicos en un 0,2 %.



**Fig. 3.19** Plantación de caña de azúcar

El proceso agroindustrial del azúcar comprende dos etapas principales (figura 3.20):

1. Etapa agrícola: cultivo de la caña de azúcar.
2. Etapa industrial: obtención de azúcar crudo y azúcar refino.



**Fig. 3.20** Proceso agroindustrial del azúcar



### *Aplicaciones de la sacarosa*

La sacarosa en la industria alimentaria se utiliza por su sabor dulce, agradable al paladar y su alto poder energético. El azúcar común es una importante fuente de energía en la dieta alimenticia moderna y su consumo es elevado actualmente. No obstante, no es significativo su aporte de vitaminas y minerales al organismo.

Una de las tareas priorizadas por el Estado cubano es la revitalización de la industria azucarera a partir de la siembra de variedades de caña de alto rendimiento, la modernización de la maquinaria y la búsqueda de un alto valor agregado para el logro de su rentabilidad y sostenibilidad.

El alto consumo de sacarosa puede ser perjudicial para la salud. Asociado a ello están la diabetes mellitus, la obesidad como un síndrome metabólico y factor de riesgo de padecimiento de enfermedades cardiovasculares, ictus, cáncer, entre otras.



#### **Conoce un poco más**

La diabetes mellitus es un trastorno en el que el organismo no produce suficiente cantidad de insulina o no responde normalmente a esta, lo que provoca que las concentraciones de azúcar (glucosa) en sangre sean anormalmente elevadas.

Las industrias productoras de azúcar de caña en Cuba aportan otros renglones importantes, tales como los subproductos y derivados de esta. En la actualidad, se obtiene, a partir del bagazo de la caña, papel, cartón, combustible y fibras textiles. De las mieles finales que no cristalizan más azúcar, se obtienen alcoholes y otros subproductos. Las melazas se utilizan para la alimentación del ganado y otros animales (figura 3.22).



**Fig. 3.22** Aplicaciones de subproductos y derivados de la caña de azúcar

### Comprueba lo aprendido

**3.66** Investiga acerca del rol que desempeña la sacarosa en la alimentación humana.

a) ¿Puede ser dañino para la salud el consumo excesivo de sacarosa? Fundamenta.

**3.67** Describe dos etapas en la fase industrial de fabricación de azúcar de caña.

**3.68** Explica en qué consiste la etapa de concentración. Puedes buscar información en otras fuentes.

**3.69** Busca un artículo de actualidad en el que se hable acerca del desarrollo de la industria azucarera y de sus derivados en Cuba y haga un informe.

Resume la importancia económica de la producción del azúcar y sus derivados en Cuba.

### Desafío

**9.** Da una explicación al hecho de que la sacarosa no se oxida frente a los reactivos de Tollens o Fehling.

### 3.4.3 Fermentación de la glucosa. Importancia

La glucosa manifiesta una reacción que no experimentan los alcoholes, ni los aldehídos: la *fermentación*. Esta puede ser láctica, alcohólica, etcétera. En todas, la glucosa se descompone bajo la acción de un catalizador orgánico o enzima.

La fermentación alcohólica es característica de las hexosas y se realiza bajo la acción de catalizadores biológicos. En la fermentación, las hexosas se convierten en alcohol etílico.



#### Conoce un poco más

El proceso de fermentación ocurre en ausencia de dioxígeno. Este proceso es propio de varios microorganismos, tales como algunas bacterias y levaduras. También se produce en la mayoría de las células de los animales, incluido el ser humano.

En este proceso, la glucosa es fermentada por la acción de los microorganismos unicelulares como las levaduras (*saccharomyces cerevisiae*), originando etanol, dióxido de carbono y energía metabólica. La ecuación general de esta reacción puede representarse así:



La fermentación láctica de la glucosa se produce por la acción de la enzima lactobacilus y origina el ácido láctico. El proceso de formación del ácido láctico tiene lugar durante la acidificación de la leche y en el ensilado de los forrajes, en el que se ofrece el medio ácido que impide la putrefacción de las proteínas y la obtención de forrajes de alta calidad.

La fermentación láctica es una ruta metabólica anaeróbica que ocurre en la célula, en la cual se oxida parcialmente la glucosa para obtener energía. El ácido láctico viene siendo un producto de desecho. También se forma este ácido durante la actividad muscular intensa.

La fermentación tiene amplios usos y beneficios para el hombre: obtención de bebidas, condimentos, pan y dulces, suplementos nutritivos, yogurt, queso, conservación de alimentos, entre otros (figura 3.23).



**Fig. 3.23** Usos de la fermentación



### Conéctate

Indaga en [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu) qué son las levaduras y cuáles son las levaduras químicas.

La glucosa es muy utilizada desde el punto de vista nutritivo, pues cuando se oxida en el organismo produce gran cantidad de energía. Es la fuente primaria de síntesis de energía de las células, dada su oxidación catabólica y es el componente principal de polímeros de importancia estructural como la celulosa y de almacenamiento energético como el almidón y el glucógeno (o glicógeno). Constituye uno de los tres monosacáridos dietéticos (junto con la fructosa y la galactosa) que pasan directamente al torrente sanguíneo durante la digestión. Las células lo utilizan como un intermediario metabólico.

Estos glúcidos son tomados de la sangre por el hígado y almacenados ahí como glucógeno, que sirve como una fuente constante de glucosa para la corriente sanguínea. La glucosa es uno de los principales productos de la fotosíntesis y combustible para la respiración celular.

Existe un isómero de la glucosa, la D (+) glucosa, que se conoce comúnmente como *dextrosa* y es el azúcar de la sangre, por ser el combustible metabólico fundamental para todos los tejidos y órganos en el hombre. En etapas de convalecencia se suministra al organismo como suero reconstituyente.

Por su sabor dulce la glucosa se emplea en confitería para la preparación de caramelos y golosinas. Su carácter reductor y su bajo costo hacen que se le emplee en la confección de espejos. También la vitamina C (ácido ascórbico) se produce en la industria a partir de la glucosa.

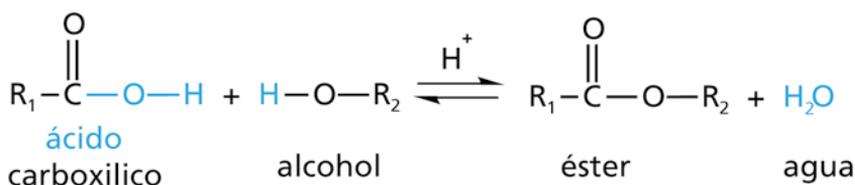


carbono (entre 12 y 22) y un grupo carboxilo terminal. La presencia de dobles enlaces en el ácido graso reduce su temperatura de fusión. Los ácidos grasos se dividen en saturados e insaturados.

- Saturados: sin dobles enlaces entre átomos de carbono; por ejemplo, ácido láurico, ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido araquídico y ácido lignogérico.
- Insaturados: con uno o más dobles enlaces entre átomos de carbono; por ejemplo, ácido palmitoleico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolénico y ácido araquidónico.

Los denominados ácidos grasos esenciales no pueden ser sintetizados por el organismo humano y son: el ácido linoleico, el ácido linolénico y el ácido araquidónico, que deben ingerirse en la dieta.

Una reacción de esterificación está representada a continuación:

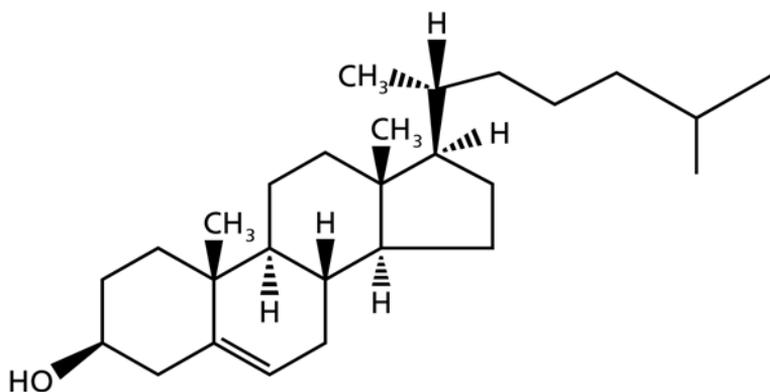


### 3.5.1 Lípidos en la naturaleza. Estructura. Importancia económica y biológica

En ocasiones, seguramente has escuchado planteamientos como los seis que aparecen enumerados a continuación; ellos guardan relación con estas sustancias y, sin embargo, puedes darles una explicación más acabada a tales asuntos:

1. Un deportista fue sancionado por uso de *sustancias prohibidas* que pueden favorecer sus resultados.
2. Ante la falta de un refrigerador, la carne frita se sumerge en grasa para protegerla de la descomposición.





**Fig. 3.24** Estructura de un esteroide (colesterol)

El colesterol está presente ampliamente en el organismo humano, pero no se conocen todavía todas sus funciones biológicas. Una función conocida es que sirve como un intermediario de la biosíntesis de todos los esteroides del cuerpo humano, de ahí que sea esencial para la vida. No se requiere que en la dieta esté presente el colesterol ya que el cuerpo puede sintetizar toda la cantidad que necesita.

Cuando en la dieta están presentes alimentos ricos en colesterol, originan niveles altos de este en sangre (figura 3.25), siendo esta una de las causas del desarrollo de la *aterosclerosis* (endurecimiento de las arterias) y de los ataques al corazón que ocurren cuando el colesterol en forma de placas bloquea el acceso de la sangre al órgano.

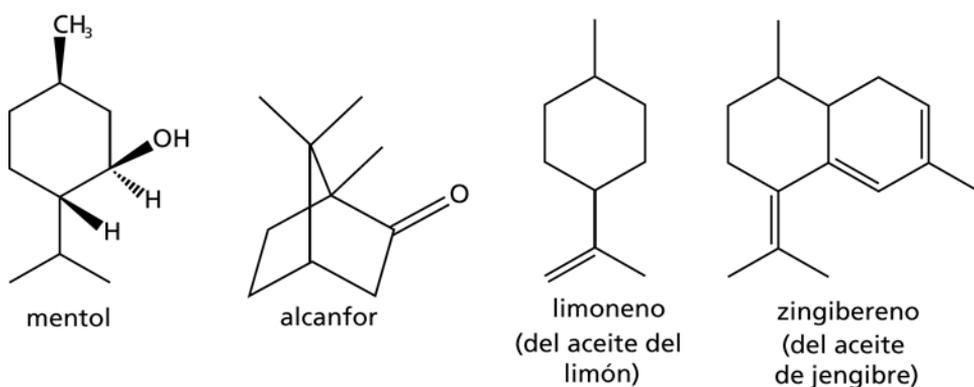


**Fig. 3.25** Muestra de cálculos biliares formados fundamentalmente por colesterol

Actualmente muchas investigaciones están encaminadas a encontrar vías que minimicen el nivel de colesterol mediante una dieta o medicamento adecuado.

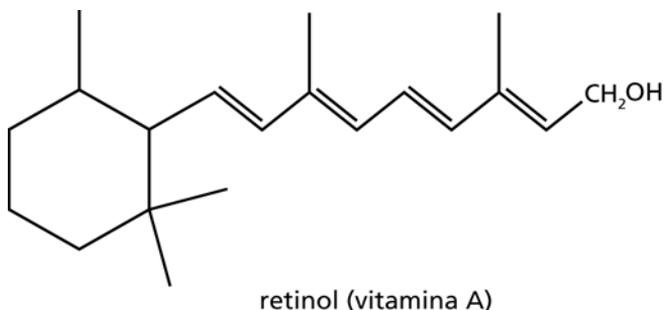
Ciertos compuestos relacionados con los esteroides y que se obtienen a partir de las plantas, se conoce que disminuyen el nivel de colesterol en sangre proveniente de la dieta. Estos son los llamados fitostanoles y fitosteroles que logran actuar inhibiendo la absorción intestinal del colesterol ingerido en la dieta. Estos compuestos son reconocidos internacionalmente como alimentos que se van difundiendo en la actualidad. Generalmente el término colesterol se puede utilizar para una mezcla de colesterol, otros lípidos y proteínas.

Los *terpenos* y *terpenoides* (figura 3.26) son una familia de compuestos diversos que tienen esqueletos formados por unidades de isopreno. Los terpenos se pueden aislar de las plantas: con frecuencia tienen aromas o gustos agradables y son muy utilizados como saborizantes, aromas y medicamentos.



**Fig. 3.26** Estructuras de algunos terpenos

El  $\beta$ -*caroteno* se encuentra en las zanahorias y en otros vegetales, está presente también en todas las hojas verdes. Se transforma en vitamina A en la pared del intestino delgado, está relacionado fundamentalmente con la vista. Observa su estructura en la figura 3.27.



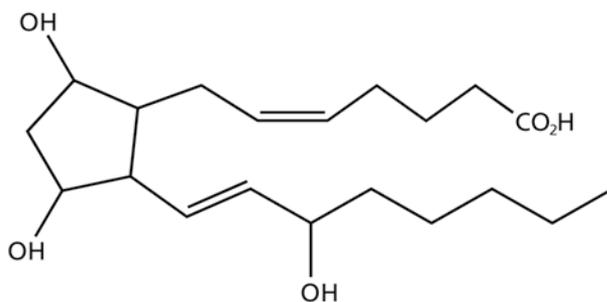
**Fig. 3.27** Estructura del retinol un  $\beta$ -caroteno



### Conoce un poco más

Algunos animales tales como los insectos usan como señales de comunicación el sonido, la luz y la electricidad y se basan en sustancias químicas que secretan, empleándolas como signos de comunicación de forma grupal e individual, son llamados mensajeros químicos. Pertenecen a esta clase de sustancia la feromona del insecto del algodón que es un terpenoide.

Las *prostaglandinas* (PG) son derivados de ácidos grasos que son reguladores bioquímicos, incluso más potentes que los esteroides. Se denominan prostaglandinas porque se aislaron por primera vez a partir de la próstata. Están formadas por un ácido carboxílico de 20 átomos de carbono, que contiene un anillo de ciclopentano y varios grupos funcionales (figura 3.28).

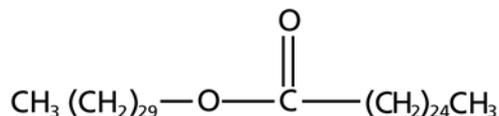


**Fig. 3.28** Estructura una prostaglandina

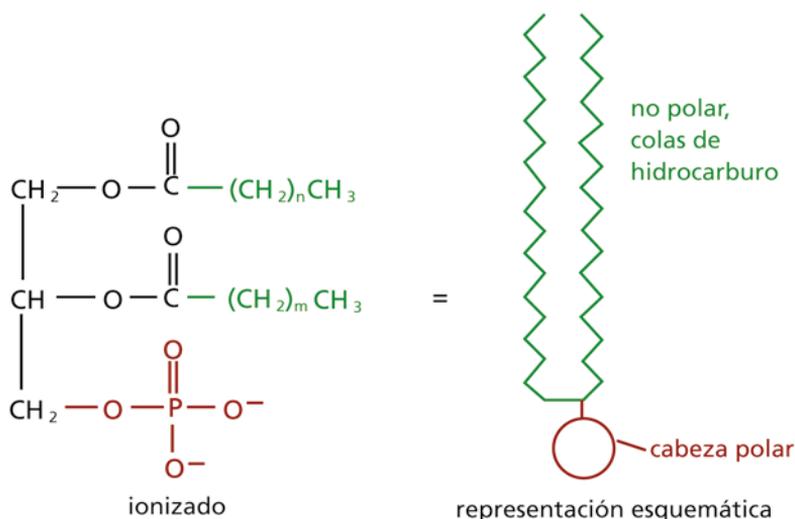


amplificar los sonidos de alta frecuencia que emiten estos cetáceos para la localización del alimento.

La *cera de la abejas* es una mezcla de ceras, hidrocarburos y alcoholes que las abejas utilizan para construir los panales de miel. Un componente de esta sustancia puede representarse con la estructura siguiente:

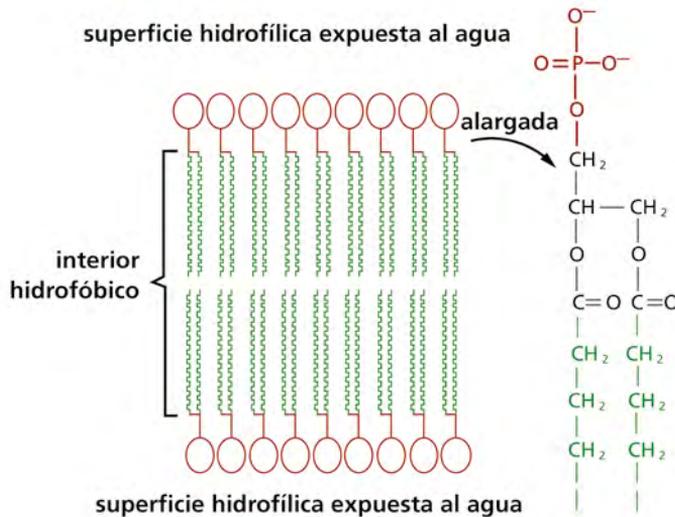
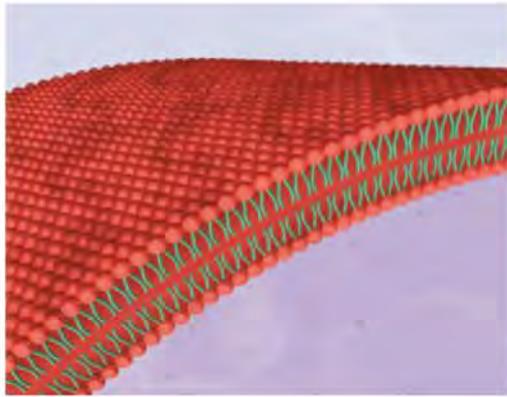


Los *fosfoglicéridos* tienen un grupo del ácido fosfórico en lugar de uno de los ácidos grasos de un triglicérido. Están formados por una estructura generalmente alargada con una cabeza polar y una cola apolar.



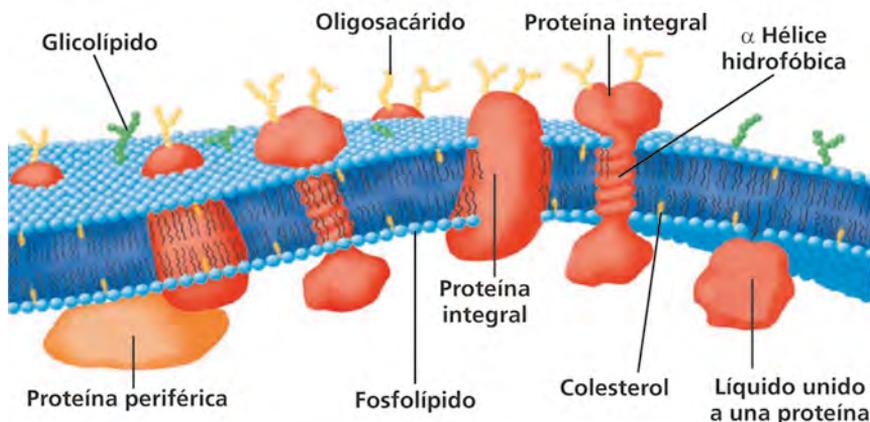
La característica de tener una cabeza polar y una larga cola apolar les permite que se orienten frente a determinadas interacciones y puedan formar agrupamientos llamados micelas (formas esféricas y distintos tipos de capas formando las membranas que son vitales para los organismos vivos).

Los fosfolípidos separan a las células de su entorno y también determinan el flujo específico de información entre el contenido de las células y el entorno (figuras 3.30 y 3.31). Estos lípidos son los componentes más importantes de las membranas celulares (alargadas) y de las micelas (esféricas).



Los fosfoglicéridos se pueden agregar en forma de membrana de dos capas con sus cabezas polares expuestas a la solución acuosa y las colas de hidrocarburos protegidas en la parte interior. Esta doble capa de lípidos es una parte importante de la membrana celular.

**Fig 3.30** Doble capa de lípidos en la membrana celular



El esquema muestra a una membrana. Las proteínas integrales (en naranja), el colesterol (en amarillo), bicapa de fosfolípidos (en azul), los carbohidratos componentes de las glicoproteínas (en amarillo claro) y los glicolípidos (en verde), estos están presentes solamente en la capa externa de la membrana.

**Fig. 3.31** Capa de la membrana

La importancia económica y biológica de los lípidos (figura 3.23) está relacionada, en primer lugar, con la importancia de este tipo de compuestos para el mantenimiento de la vida, por su acción como sustancia de reserva de energía y su participación en una gran variedad de reacciones; en segundo lugar, desde el punto de vista económico, reviste gran importancia en la industria de la elaboración de cosméticos, ceras y otras sustancias usadas en los tratamientos de belleza y para curar enfermedades de la piel, en la industria de alimentos para la elaboración de panes, dulces, carnes en conserva y otra gran variedad de productos, la mayor importancia de estos compuestos radica en la industria del jabón y los detergentes, imprescindibles para la limpieza e higiene personal y doméstica, en nuestro país existen grades fábricas de jabones y detergentes, en estos momentos con colaboración internacional para su producción (figura 3.32).



**Fig. 3.32** Utilidad de los lípidos

Las vitaminas A, D, E y K son liposolubles, lo que significa que estas solo pueden ser digeridas, absorbidas y transportadas en conjunto con las grasas. Las grasas son fuentes de ácidos grasos esenciales, un requerimiento dietario importante y juegan un papel vital en el mantenimiento de una piel y cabellos saludables, en el aislamiento de los órganos corporales contra el shock, en el mantenimiento de la temperatura corporal y promoviendo la función celular saludable.

De esta manera, las grasas sirven como reserva energética para el organismo al ser degradadas para liberar glicerol (glicerina) y ácidos grasos libres. El glicerol o glicerina puede ser convertido por el hígado y entonces ser usado como fuente energética.

## Comprueba lo aprendido

**3.74** ¿Qué es una reacción de esterificación?

**3.75** Investiga cuáles son las empresas que, en Cuba, se ocupan de la producción de jabones y detergentes.

### *3.5.1.1 Los triglicéridos: lípidos obtenidos a partir de ácidos grasos y glicerina*

Los *glicéridos* son ésteres de ácidos grasos simples provenientes del alcohol trihidroxilado conocido como glicerina. Los más conocidos son los triglicéridos, en los que los tres grupos OH del alcohol han sido esterificados por ácidos grasos. Por lo general, se les denominan grasas, si se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente.

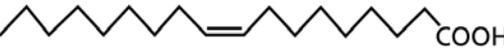
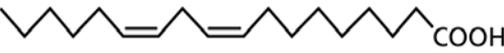
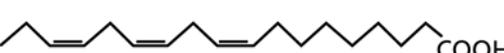
Las grasas se encuentran en el organismo animal en todas partes del cuerpo y en las plantas, de donde pueden ser extraídos por mecanismos bastante asequibles, como aceites, por ejemplo, el de maní, el de coco, que brindan posibilidades para ser usados en la alimentación y la industria.

Las *grasas* y los *aceites* generalmente se utilizan para almacenar energía a largo plazo en las plantas y en los animales. Las grasas son un recurso más eficiente que los carbohidratos para almacenar energía a largo plazo porque el metabolismo de un gramo de grasa libera dos veces más energía que un carbohidrato. Un adulto de 70 kg de peso almacena alrededor de 1 000 kcal (4 185 kJ) de energía disponible como glucógeno (0,2 kg) y alrededor de 140 000 kcal (585 900 kJ) de energía a largo plazo como grasa (15 kg), que es suficiente para mantener sus necesidades metabólicas por tres meses.

La mayoría de los triglicéridos saturados son grasas ya que son sólidos a temperatura ambiente. Si los triglicéridos tienen varias insaturaciones, son aceites, ya que son líquidos a temperatura ambiente.

En las tablas 3.6 y 3.7 se muestran importantes ácidos grasos saturados y no saturados. Observa que su temperatura de fusión es superior a la del ambiente, por lo tanto, son sólidos en estas condiciones (25 °C) y también a la temperatura del cuerpo humano (37 °C). Mientras que los ácidos grasos insaturados tienen sus temperaturas de fusión por debajo de 25 °C por lo que son líquidos a esta temperatura y a la del cuerpo humano.

**Tabla 3.6** Algunos ácidos grasos y sus temperaturas de fusión

Nombre	Cabonos	Estructura	Temperatura de fusión (°C)
<b>Ácidos saturados</b>			
Ácido láurico	12		44
Ácido mirístico	14		59
Ácido palmítico	16		64
Ácido esteárico	18		70
<b>Ácidos insaturados</b>			
Ácido oleico	18		4
Ácido linoleico	18		-5
Ácido linolénico	18		-11

La mayoría de las grasas y aceites naturales son mezclas de triglicéridos que contienen varios tipos de ácidos grasos saturados e insaturados.

**Tabla 3.7** Composición de algunos ácidos grasos

Fuente	Ácidos grasos saturados				Ácidos grasos insaturados		
	láurico	mirístico	palmitico	esteárico	oleico	lino-leico	linolé-nico
Grasa de ternera	0	6	27	14	49	2	0
Manteca de cerdo	0	1	24	9	47	10	0
Grasa humana	1	3	27	8	48	10	0
Aceite de arenque	0	5	14	3	0	0	30*
Aceite de maíz	0	1	10	3	50	34	0
Aceite de oliva	0	0,1	7	2	84	5	2
Aceite de soja	0,2	0,1	10	2	29	51	7

\*contiene grandes cantidades de ácidos grasos incluso más insaturados

La acumulación de grasa en exceso en el organismo es la causa del sobrepeso y la obesidad, que son factores de riesgo para adquirir enfermedades crónicas que pueden dañar seriamente la salud de las personas. Cada año fallecen por lo menos 2,8 millones de personas adultas como consecuencia del sobrepeso y la obesidad.

La insulina humana es secretada por el páncreas y controla el nivel de azúcar en el organismo. Esta actúa en la membrana celular como

un sistema insulina-receptor permitiendo el transporte de la glucosa desde la sangre hacia el interior de la célula. Si hay acumulada grasa en exceso o la insulina no es excretada en cantidad suficiente por el páncreas, no podrá actuar con efectividad.

Lo anterior provoca que la célula no reciba la glucosa o la reciba en una cantidad inferior a la necesaria. En la actualidad existen técnicas de ingeniería genética que permiten sintetizar insulina idéntica a la insulina humana, esto permite atender a los pacientes que son diabéticos que necesitan dosis de insulina y cuya población ha crecido considerablemente debido fundamentalmente a la falta de ejercicio físico (sedentarismo) y a una dieta no balanceada (sobrepeso y obesidad) que se consideran los dos principales factores de riesgo (figura 3.33). La enfermedad hasta ahora es crónica y va deteriorando los procesos metabólicos responsables de la vida.



**Fig. 3.33** La diabetes constituye una de las consecuencias del sedentarismo, el sobrepeso y la obesidad

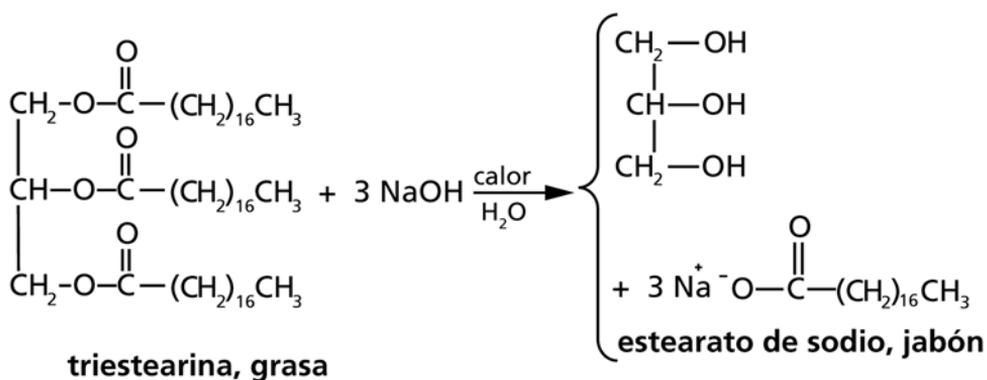
## Comprueba lo aprendido

**3.76** ¿Qué son los triglicéridos?

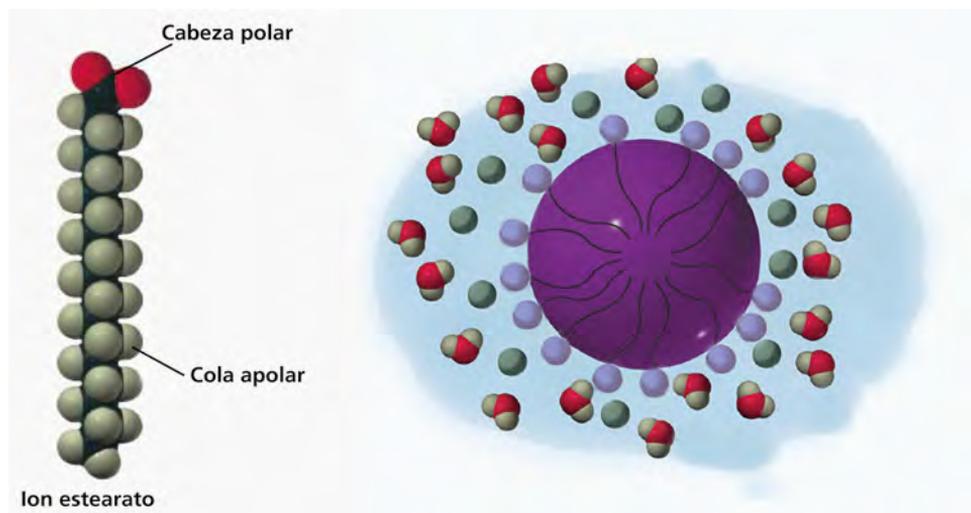
**3.77** ¿Cómo influye la temperatura corporal en el estado físico de las grasas en los organismos vivos?

### 3.5.2 Saponificación de grasas y aceites. Jabones y detergentes

La saponificación es la hidrólisis básica de las grasas y los aceites, que tiene entre uno de sus productos el jabón. La saponificación se descubrió antes del año 500 a.n.e., cuando se encontró que, al calentar grasa animal con ceniza de madera, se obtenía una sustancia sólida blanquecina. El jabón se obtiene hirviendo grasa animal o vegetal con hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. Así, químicamente el jabón es una sal sódica o potásica de un ácido graso.

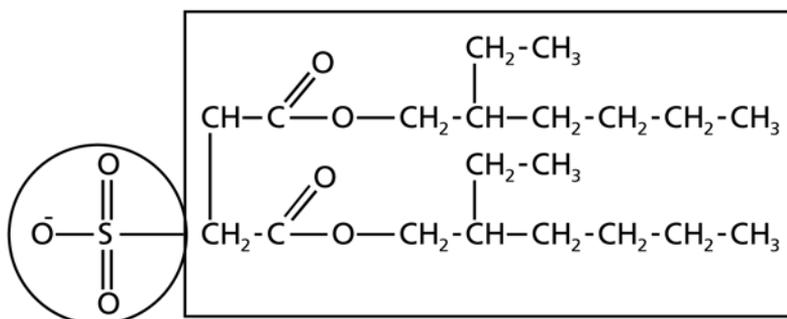


El jabón como sal sódica de un ácido graso es el jabón sólido y la sal potásica de un ácido graso es el jabón líquido. El esquema del estearato sería (figura 3.34):



**Fig. 3.34** Estearato de sodio

El agua por sí sola no es muy efectiva para la limpieza, ya que la suciedad contiene moléculas apolares. El jabón tiene una gran capacidad como limpiador debido a que las moléculas apolares se disuelven en la parte interior de las micelas y son eliminadas con la micela durante el proceso de limpieza. Los detergentes también actúan de forma similar, un ejemplo se representa esquemáticamente a continuación.



Ejemplo de una estructura de un surfactante

En Cuba existe una industria de jabonería que se ha ido desarrollando, alcanza gran calidad en sus producciones, fundamentalmente para el mercado nacional; en estos momentos en ella se ha establecido la cooperación internacional como empresas mixtas.

### Comprueba lo aprendido

**3.78** Identifica la clase de lípido (simple o complejo) que aparece relacionado en cada planteamiento al inicio del epígrafe.

**3.79** ¿La mantequilla estará formada por lípidos? Explica.

**3.80** Relaciona la columna A con la columna B, usando la mejor respuesta:

A	B
1. Sustancias que se definen por su estructura.	___ Fácilmente hidrolizable a constituyentes más simples
2. Sustancia que se define por la operación que se realiza para aislarla.	___ No se hidrolizan fácilmente
3. Glicéridos	___ Proteínas
4. Terpenos	___ Lípidos

**3.81** Cuando bajo determinadas condiciones, se pone a reaccionar la tripalmitina, grasa con una disolución de hidróxido de potasio, se produce jabón y glicerina.

- a) ¿Qué nombre recibe este proceso?
- b) ¿De cuál ácido graso proviene la tripalmitina?
- c) ¿Es el ácido graso saturado o insaturado?



- En la serie homóloga las propiedades físicas de sus miembros varían de acuerdo con la variación de sus respectivas masas molares.
- La nomenclatura y notación química de los compuestos oxigenados orgánicos se rige por normas establecidas por la IUPAC.
- Las propiedades químicas más importantes de los alcoholes son: la oxidación (incluye la combustión), la deshidratación intra e intermolecular y la reducción.
- Puesto que los alcoholes pueden, en ciertas condiciones, comportarse como ácidos o como bases, presentan carácter anfótero.
- Conocidas las relaciones de masa-volumen y volumen-volumen se pueden resolver problemas químicos con cálculos sobre la base de las propiedades químicas de cada función.
- Las diferentes clases de sustancias orgánicas se caracterizan por mantener relaciones genéticas (unas generan a la otras). Entre los alcanos, los alquenos, los derivados halogenados, los alcoholes monohidroxilados, los aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos hay una relación estrecha: unos pueden obtenerse a partir de los otros mediante diferentes reacciones químicas.
- Las diferentes posibles fórmulas estructurales de estas clases de sustancias oxigenadas nos explican el fenómeno de la isomería presente en ellas.
- Los aldehídos y las cetonas son aquellos compuestos que poseen el grupo funcional carbonilo ( $-C=O$ ).
- El grupo carbonilo es un grupo polar. Por esta razón, los aldehídos y las cetonas son sustancias polares.
- Los aldehídos y cetonas son compuestos muy semejantes entre sí en la mayoría de sus propiedades. Pero los aldehídos son más reactivos que las cetonas.



- La composición química de la sacarosa responde a la unión de dos unidades estructurales, una de glucosa y otra de fructosa mediante un átomo de oxígeno llamado enlace glicosídico.
- La industria de la sacarosa o azucarera es una de las principales industrias de Cuba. Junto al cultivo y procesamiento industrial de la caña de azúcar hay un arraigo cultural muy profundo en nuestro país.

**3.83** Escribe las fórmulas semidesarrolladas de un alcano, un alcohol secundario, un aldehído y un ácido monocarboxílico de cuatro átomos de carbono.

Nombra cada compuesto.

**3.84** Escribe las fórmulas y los nombres de:

- a) un alqueno de tres átomos de carbono
- b) un alcohol secundario de cuatro átomos de carbono
- c) un aldehído de tres átomos de carbono
- d) una cetona de cuatro átomos de carbono
- e) un ácido carboxílico de tres átomos de carbono

**3.85** ¿Cuál de las siguientes sustancias utilizarías con preferencia para obtener un ácido orgánico: un alcohol secundario, una cetona, un alcohol primario o un alcano? Explica.

**3.86** Escribe las fórmulas semidesarrolladas de los homólogos inferior y superior del ácido propanoico.

**3.87** Representa las fórmulas semidesarrolladas de los principales compuestos orgánicos que se obtienen cuando reaccionan:

- a) ácido acético con 1-propanol, utilizando ácido sulfúrico como catalizador
- b) ácido butanoico con carbonato de sodio



*\* Nota aclaratoria*

En el proceso de planeación y edición de los materiales de la asignatura Química de duodécimo grado para el III Perfeccionamiento del Sistema Nacional de Educación, se produjo un error en la presentación del Programa de Química, no atribuible a la Editorial Pueblo y Educación, en cuanto al orden de aparición de los contenidos; en este sentido, aparece el contenido Lípidos en el epígrafe 4.3, correspondiente a los compuestos nitrogenados.

Sin desconocer las propiedades químicas y características de un gran número de lípidos asociados a los procesos vitales y bioquímicos, no ha sido tradición estudiarlos en este contexto, por lo cual se ha de ubicar en el capítulo 3 Los compuestos oxigenados de los hidrocarburos, en la subunidad 3.5, teniendo en cuenta que completaría el estudio de los compuestos oxigenados de los hidrocarburos, sin profundizar en otros aspectos que se abordan en la Educación Superior.

En las Orientaciones Metodológicas y el Libro de texto el contenido está en el capítulo que corresponde al orden establecido para el estudio de la asignatura tradicionalmente.

El Colectivo de autores de estos materiales solicita a los profesores de Química del país que disculpen cualquier problema que esto pueda ocasionar para su preparación y la impartición de la asignatura.

*Jefa del Colectivo de autores*



# CAPÍTULO 4

## Los compuestos nitrogenados de los hidrocarburos

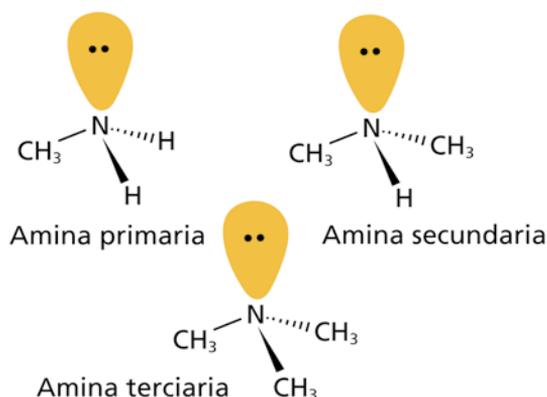
Con este capítulo se da continuidad al estudio de la Química de los compuestos del carbono. Ya se conocen algunos contenidos químicos tratados al inicio del estudio de los compuestos orgánicos: los hidrocarburos y los compuestos oxigenados que se derivan de estos; ahora se comienza con el estudio de los compuestos orgánicos más sencillos, que contienen átomos de nitrógeno y que se conocen como compuestos nitrogenados derivados de los hidrocarburos o compuestos nitrogenados orgánicos.

### 4.1 Aminas

Las aminas se encuentran en pequeñas cantidades en la naturaleza y se originan fundamentalmente durante la descomposición del pescado, carnes y desperdicios orgánicos. También, se puede considerar a estas sustancias como compuestos nitrogenados derivados del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en el que uno o más grupos alquilo (R) o arilo (Ar), están unidos al nitrógeno, ocupando el lugar del hidrógeno.



secundarias o terciarias, según el número de átomos de hidrógeno que se han sustituido en el amoníaco (figura 4.3).



**Fig. 4.3** Clasificación de las aminas

### Comprueba lo aprendido

**4.1** Selecciona cuál de las siguientes fórmulas químicas semidesarrolladas corresponde a una amina. Argumenta.

- a)  $C_6H_5 - \ddot{N}H_2$
- b)  $H_5 - CO - \ddot{N}H_2$ ;
- c)  $C_6 H_5 - CO - CH_3$

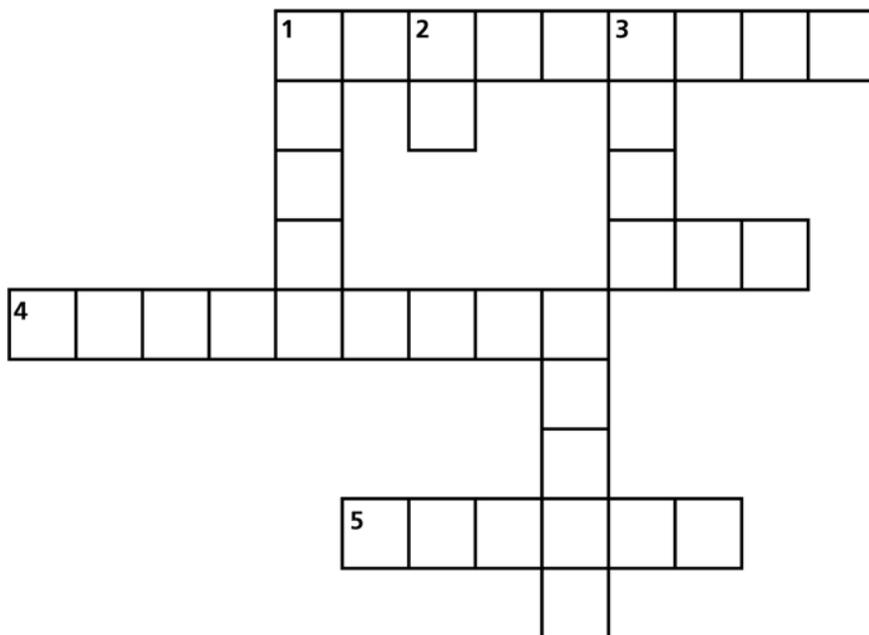
**4.2** Clasifica las siguientes aminas en terciarias, secundarias o primarias según corresponda:

- a)  $CH_3 - CH_2 - CH_2 - \ddot{N}H_2$
- b)  $(CH_3 - CH_2)_2 \ddot{N} - CH_3$
- c)  $CH_3 - CH_2 - \ddot{N}H - CH_3$

**4.3** ¿Cómo clasificarías la siguiente amina? Explica.



4.4 Completa el acróstico siguiente:



*Horizontales*

1. Tipo de amina de acuerdo al tipo de cadena del grupo *R*.
4. Nombre de un grupo alquilo de 5 átomos de carbono (invertido).
5. Nombre del grupo alquilo con un átomo de carbono.

*Verticales*

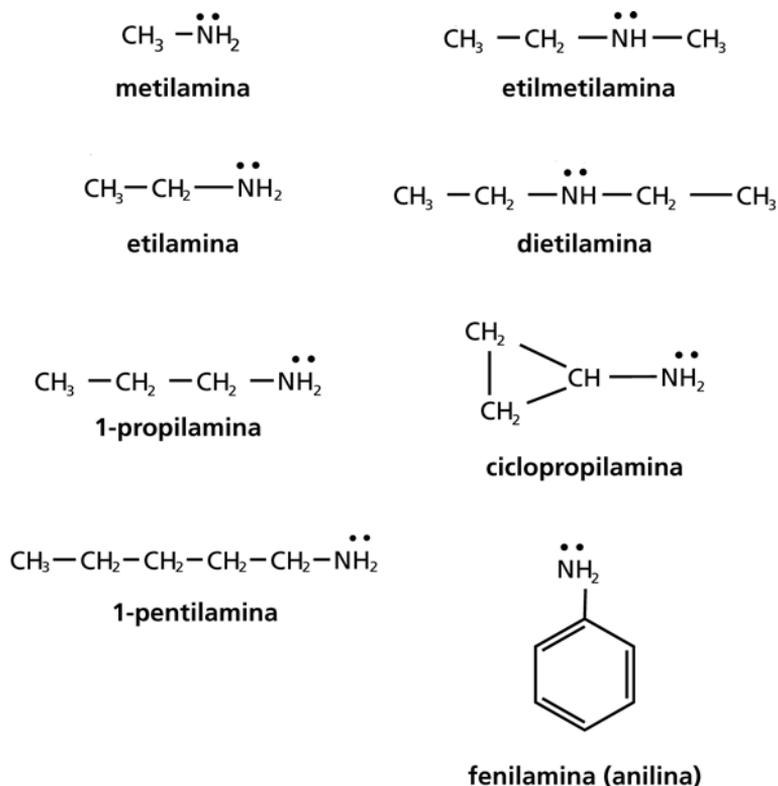
1. Familia a la que pertenecen los siguientes compuestos (en singular):
  - a)  $\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}}\text{H} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
  - b)  $\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$
2. Prefijo griego que indica dos grupos alquilo idénticos (invertido).
3. Tipo de amina que posee tres grupos alquilo (en singular).

### 4.1.2 Nomenclatura y notación química de las aminas.

#### Propiedades físicas y basicidad de las aminas

Las aminas se nombran mencionando primero los grupos alquilo y arilo unidos al átomo de nitrógeno en orden alfabético, seguidos del sufijo *-amina*. Se emplean los prefijos di y tri para describir dos o tres sustituyentes idénticos.

Para escribir las fórmulas químicas de las aminas se utiliza preferentemente la semidesarrollada y se destaca el par de electrones no compartido del átomo de nitrógeno con dos puntos o con una barra encima de este átomo. Observa los ejemplos que se muestran en la figura 4.4.



**Fig. 4.4** Nombre y fórmulas de algunas aminas. Ejemplos

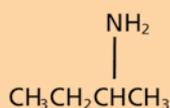


### Conoce un poco más

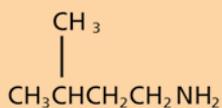
Otras aminas más complejas se pueden nombrar de forma semejante a los alcoholes. Para ello, se elige como cadena principal la que contenga un mayor número de átomos de carbono y el compuesto se nombra sustituyendo la terminación *-o* del alcano por la terminación *-amina*. La posición del grupo amino y de los sustituyentes o cadenas laterales se indica mediante los correspondientes localizadores. Se emplea el prefijo *n-* para cada cadena alifática que se encuentre sobre el átomo de nitrógeno.



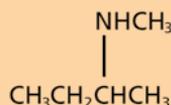
1-butanamina



2-butanamina



3-metil-1-butanimina



N-metil-2-butanamina

### Propiedades de las aminas

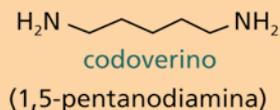
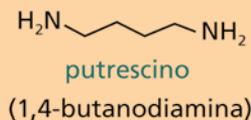
Las aminas primarias y secundarias contienen enlaces polares N – H, que les permiten formar asociaciones por puente de hidrógeno mutuos. Además, todas las aminas pueden formar este tipo de asociación con agua.

Como el nitrógeno no es tan electronegativo como el oxígeno, las asociaciones por puente de hidrógeno en las aminas son más débiles que en los alcoholes.

Estos hechos son el sustento para explicar las temperaturas de ebullición de las aminas y su solubilidad en agua.



Por eso se sirven estos platos con limón ya que el ácido cítrico del limón neutraliza las aminas presentes y las convierte en sales de amonio inodora. Algunas diaminas, como las que se representan en la figura 4.5, son especialmente pestilentes y sus nombres comunes describen correctamente sus olores (putrescina y cadaverina).



Las aminas del pescado reaccionan con el ácido del limón para neutralizar el olor a pescado

**Fig. 4.5** Ejemplos de algunas diaminas

### Basicidad de las aminas

El par de electrones no enlazado en el nitrógeno posibilita que las aminas puedan aceptar protones (iones  $\text{H}^+$ ). Esto las convierte en bases según la teoría de Brönsted-Lowry.



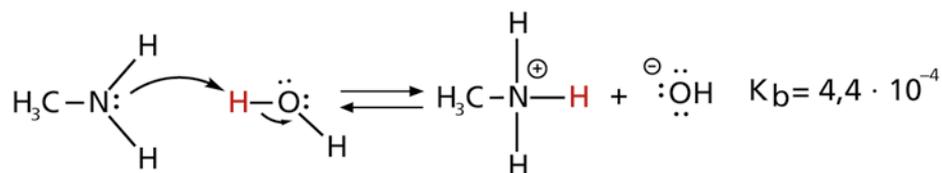
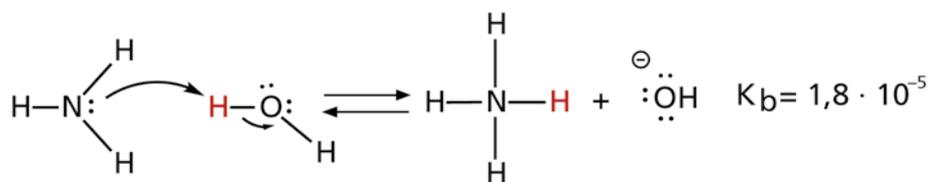
### Recuerda que...

La teoría ácido-base de Brönsted-Löwry plantea que un ácido es una especie química (átomo, grupo de átomos, ion o molécula) que tiene la propiedad de ceder o aportar un protón ( $\text{H}^+$ ) a otra especie química que se clasifica como base. El átomo de nitrógeno de las aminas es capaz de aceptar o ganar un protón donado por una especie ácida:





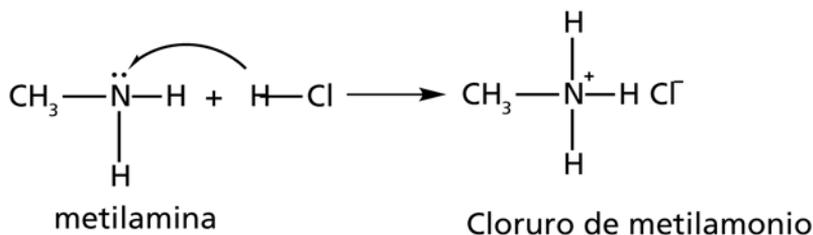
*protolítica* mayor valor de  $K_b$ , como se muestra en las siguientes ecuaciones, lo que indica que su equilibrio químico está más desplazado en el sentido directo.



2. Las aminas aromáticas, como la anilina, son menos básicas que el amoníaco.

En general, las propiedades básicas de las aminas disminuyen en el orden siguiente: *Amina secundaria* > *primaria* > *terciaria* y estas, a su vez, más básicas que las aminas aromáticas y el amoníaco.

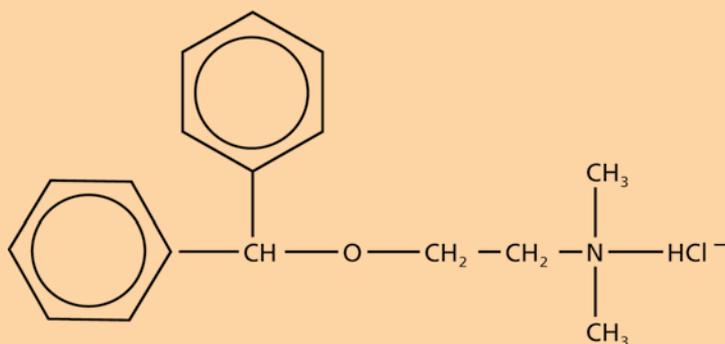
Las aminas también manifiestan sus características básicas al reaccionar con ácidos (inorgánicos y orgánicos) en que experimentan reacciones de neutralización. El par no compartido de electrones en el átomo de nitrógeno acepta un protón ( $\text{H}^+$ ) de un ácido para producir una sal de amonio, sin que se forme agua, como se puede apreciar en la ecuación química siguiente:



Las sales de amonio, como la mayor parte de las sales, son sólidas a temperatura ambiente, inodoras y solubles en agua y líquidos corporales.

### ¿Sabías que...?

Las aminas que son moléculas grandes y que se utilizan como medicamentos, se convierten a sus sales de amonio, que son solubles en agua y líquidos corporales. Así, la sal de amonio de difenhidramina se usa en productos como benadrilina, un antihistamínico para alivio de la comezón y el dolor ocasionados por irritaciones de la piel y salpullidos.

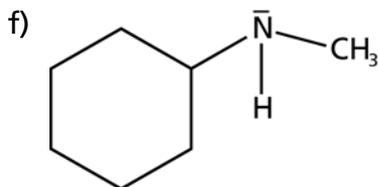


Clorhidrato de difenhidramina (Benadrilina)

### Comprueba lo aprendido

**4.5** Nombra o escribe la fórmula semidesarrollada según corresponda:

- etilamina
- trietilamina
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}_2$
- $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_2\text{CH}_3$
- $(\text{CH}_3)_3\text{N}$



g) dietilamina

**4.6** Completa:

- a) A medida que se incrementan las masas molares de las aminas \_\_\_\_\_ las temperaturas de ebullición.
- b) A medida que disminuyen las masas molares de las aminas \_\_\_\_\_ su solubilidad en agua.
- c) ¿Entre la etilamina y el etanol, el que tiene mayor temperatura de ebullición es \_\_\_\_\_ debido a que \_\_\_\_\_

**4.7** Entre la dimetilamina ( $K_b = 5,1 \cdot 10^{-4}$ ) y la trimetilamina ( $K_b = 5,1 \cdot 10^{-5}$ ), ¿cuál será más básica? Argumenta.

**4.8** Completa la tabla siguiente:

Tipo de amina	Fórmula semidesarrollada	Nombre
	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$	
		trifenilamina
	$\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	
		metilpropilamina

**4.9** ¿Por qué aminas de altas masas molares son poco solubles en el agua?

**4.10** ¿Por qué las aminas son sustancias con propiedades básicas?



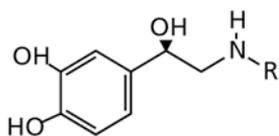


de violencia, desórdenes públicos, conflictos raciales, marginación e irresponsabilidades (figura 4.6).



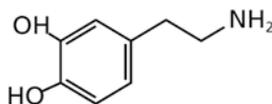
**Fig. 4.6** ¡Di no a las drogas!

Como daño legal, la producción, tenencia, venta, demanda, tráfico, distribución de drogas y estupefacientes, sustancias sicotrópicas y otras de efectos similares, tipifican como delito en la Ley No 62 Código Penal de la República de Cuba. Observa en la figura 4.7 la estructura de algunos alcaloides.

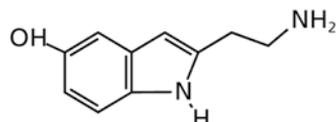


R=C<sub>3</sub>H adrenalina  
(epinefrina)

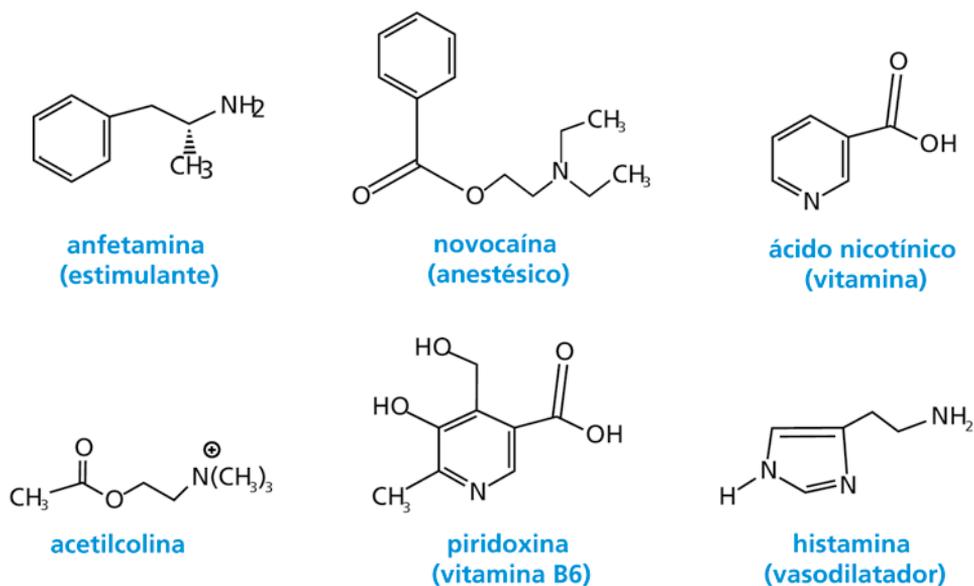
R=H noradrenalina  
(norepinefrina)



dopamina



serotonina



**Fig. 4.7** Estructuras de algunos alcaloides

## Comprueba lo aprendido

**4.14** De los alcaloides, responde:

- ¿Dónde se les encuentra en la naturaleza?
- Di la importancia que tienen en el medio natural.
- ¿Con qué finalidad se utilizan en la medicina?

**4.15** ¿En qué partes del organismo humano se producen daños físicos por consumo de drogas?

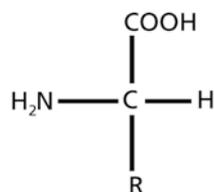
**4.16** ¿Cuáles son los daños físicos que el consumo de drogas ocasiona?

**4.17** Lee el epígrafe 4.3, busca, además, información complementaria en documentos en tu biblioteca y realiza un artículo breve sobre los alcaloides y las drogas, específicamente, la nicotina y la cocaína. Consulta [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu).



A la R se le denomina cadena lateral del aminoácido y su identidad diferencia un aminoácido de otro. Por ejemplo, en la glicina, R es un átomo de hidrógeno, mientras que en la alanina es un radical metilo.

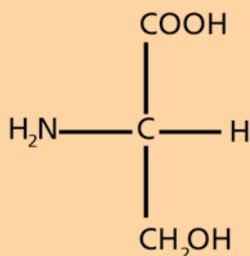
En el apéndice 1 puedes encontrar el nombre y la estructura de los 20 aminoácidos presentes en las proteínas de prácticamente todos los seres vivos, así como el símbolo de cada aminoácido y su correspondiente abreviatura. También se señalan con un asterisco los *aminoácidos esenciales*.



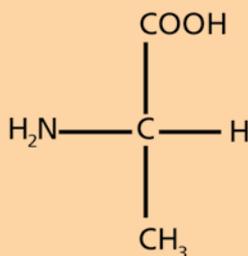
**Fig. 4.8**  
Estructura general de un  $\alpha$ -aminoácido

### ¿Sabías que...?

Atendiendo a la composición química de R los  $\alpha$ -aminoácidos se clasifican en apolares (hidrofóbicos) o polares (hidrofilicos). Si, al menos, contiene un grupo polar en su composición, es hidrofílico (tiene avidez por el agua); por ejemplo, serina. Si no existe ningún grupo polar, es hidrofóbico (repele al agua); por ejemplo, alanina.



serina



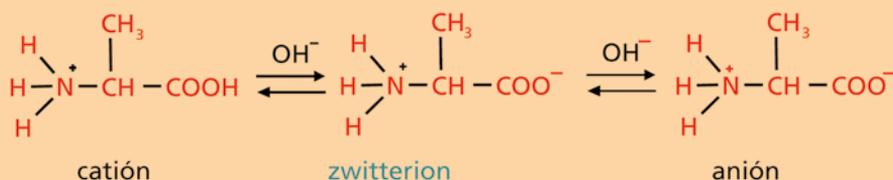
alanina



### Conoce un poco más

La forma de representar a un aminoácido está en dependencia del valor del pH del medio en que se encuentre. Un aminoácido a pH bajo puede representarse como un catión, a pH alto como un anión, mientras que, bajo determinados valores de pH, puede

representarse como un ion dipolar, llamado también molécula dipolar o Zwitterion, la que predomina a *pH fisiológico*.



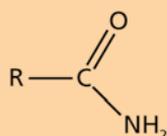
Esto explica que, en una mezcla de aminoácidos, al realizarse un proceso llamado electroforesis, que utiliza corriente eléctrica, los aminoácidos se orientan según su carga y pueden separarse.

Los aminoácidos son anfóteros (anfólitos) y las proteínas son polianfólitos, ambos tienen la propiedad de comportarse como ácido o como base en dependencia del pH del medio en que se encuentren.

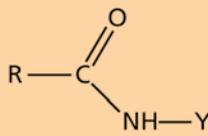
La reacción química entre dos o más moléculas de aminoácidos origina las sustancias conocidas como *péptidos*. Las proteínas, las sustancias más importantes para la vida, están constituidas por una o varias cadenas polipeptídicas.

### ¿Sabías que...?

Las amidas son conocidas como aquellas sustancias en las que el grupo OH del grupo funcional carboxilo de un ácido carboxílico ha sido sustituido por un grupo amino  $-NH_2$ . Si un átomo de hidrógeno del grupo amino en la amida, se sustituye por otro átomo o grupo de átomos (Y), el resultado es una amida sustituida.



amida

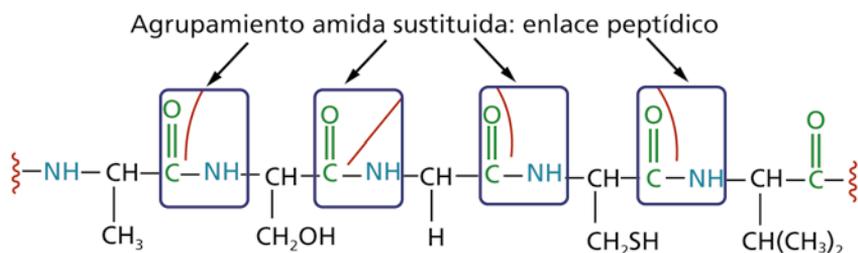


amida sustituida

La unión entre aminoácidos ocurre por la reacción entre el grupo hidroxilo de un aminoácido y el grupo amino de otro, con pérdida de una molécula de agua. El compuesto formado se denomina péptido.

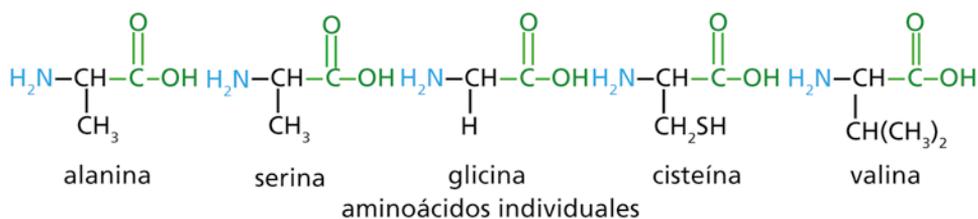
Los péptidos son sustancias compuestas por diferentes números de residuos de aminoácidos; los dipéptidos están formados por dos residuos de aminoácidos unidos entre sí; los tripéptidos contienen tres, los oligopéptidos contienen de 4 a 10 y los polipéptidos tienen una cadena mayor de residuos de aminoácidos.

Las *proteínas* (figura 4.9) son polipéptidos naturales, que cuentan en su constitución desde 40 hasta 4000 residuos de aminoácidos y sus masas molares son superiores a los 6 000 g/mol<sup>-1</sup>.



**Fig. 4.9** Pequeña sección de una proteína

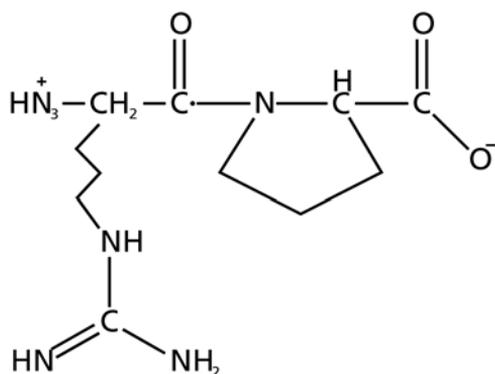
Como puedes observar en la figura 4.8, esta sección de una proteína contiene 5 residuos de aminoácidos y 4 enlaces peptídicos, que forman parte, cada uno de ellos, de un agrupamiento amida sustituida. Los aminoácidos individuales que formaron esta sección de proteína se representan en la figura 4.10.



**Fig. 4.10** Aminoácidos individuales que formaron esta sección de proteína





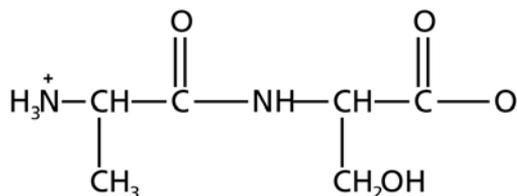


- Identifica al enlace peptídico encerrándolo en un círculo.
- A partir de la información que ofrece el apéndice 1, identifica la notación correcta para este dipéptido:
  - Arg – Phe
  - Arg – Pro
  - Pro – Arg
  - Arg – Arg

**4.21** Dada la notación Ala – Val – Phe, responde:

- Clasifica al tipo de péptido de acuerdo al número de residuos de aminoácidos presente.
- Identifica por su nombre a cada uno de los aminoácidos que le dio origen. Consulta el apéndice 1.
- Escribe la fórmula del grupo amida que une a los aminoácidos y encierra en un círculo el enlace peptídico presente.

**4.22** Analiza la estructura del siguiente péptido.

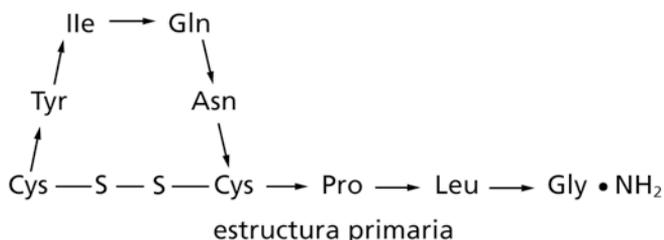








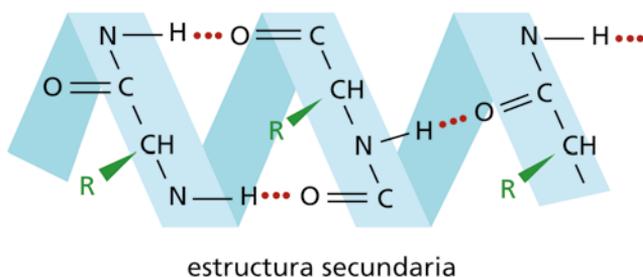
La *estructura primaria* incluye la secuencia de aminoácidos y la posición de todos los enlaces disulfuros. En la figura 4.13 se puede apreciar cómo se puede representar.



**Fig. 4.13** Estructura primaria de una proteína

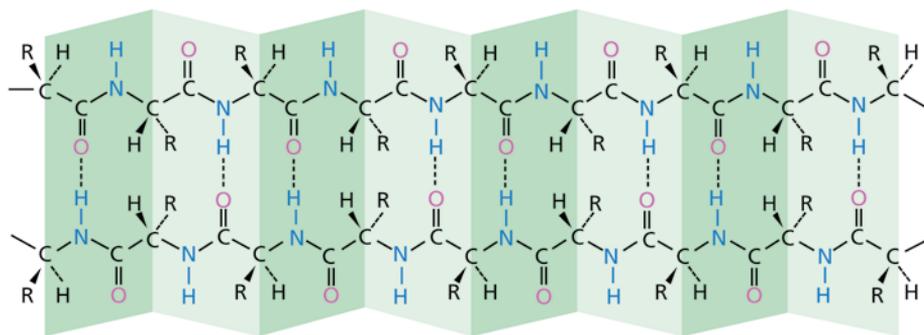
La *estructura secundaria* describe la interacción entre N – H y C = O de diferentes grupos amida presentes en la cadena polipeptídica, para formar asociaciones por puente de hidrógeno.

Cuando las asociaciones por puentes de hidrógeno son intracatenarias (dentro de una misma cadena polipeptídica), pueden dar lugar a la estructura de alfa hélice. En la figura 4.14 se puede apreciar cómo tienen lugar dichas asociaciones intracatenarias para dar lugar a una alfa hélice. La estructura secundaria alfa helicoidal de las proteínas se estabiliza por asociaciones por puentes de hidrógeno entre el N – H de un grupo amida y el C = O a cuatro grupos amida.



**Fig. 4.14** Asociaciones por puente de hidrógeno (alfa hélice)

Cuando las asociaciones por puentes de hidrógeno ocurren entre diferentes cadenas polipeptídicas (asociaciones intercatenarias) la estructura es de lámina beta plegada, como se aprecia en la figura 4.15.



**Fig. 4.16** Estructura secundaria de lámina beta-plegada de las proteínas

La *estructura terciaria* describe el plegamiento de estructuras secundarias sobre sí mismas. Las fuerzas causantes son: puentes disulfuro (entre aminoácidos como cisteína y metionina); fuerzas de repulsión y atracción entre aminoácidos hidrófobos e hidrófilos con respecto al medio acuoso circundante (los hidrófobos tienden a ubicarse en el interior de las proteínas, lo más alejados posible del medio acuoso, mientras que los hidrófilos se ubican en la periferia); interacciones salinas (atracciones y/o repulsiones entre grupos con carga positiva o negativa) e interacciones electrostáticas entre grupos polares en R, lo que incluye asociaciones por puentes de hidrógeno. El resultado es una estructura tridimensional plegada sobre sí misma (figura 4.17). Las proteínas globulares son ejemplos de este tipo de conformación.

La *estructura cuaternaria* se evidencia cuando varias cadenas polipeptídicas llamadas subunidades se enlazan para formar un complejo más grande (figura 4.18), por ejemplo, la hemoglobina.







**4.28** Dadas las siguientes informaciones, responde.

metilamina  $K_b = 4,4 \cdot 10^{-4}$

anilina  $K_b = 4,2 \cdot 10^{-10}$

- ¿Cuál de las aminas anteriores es más básica?
- Argumenta tu selección anterior.

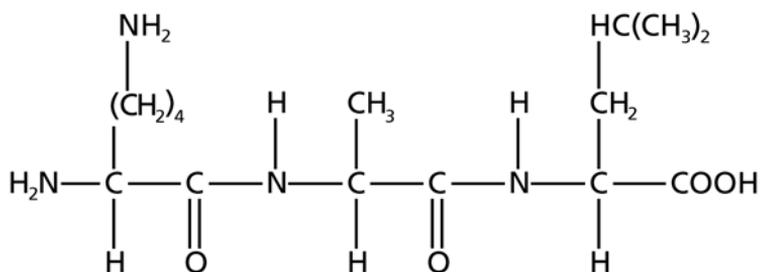
**4.29** ¿Qué característica estructural tienen los alfa aminoácidos?

**4.30** ¿Cómo se clasifican los péptidos?

**4.31** Dada la siguiente notación abreviada de un péptido, Ala – Ser:

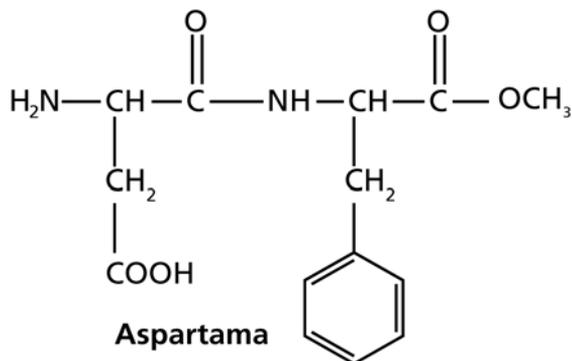
- ¿Cómo se clasifica de acuerdo a los residuos de aminoácidos?
- ¿Cuántos enlaces peptídicos posee?
- Consulta el anexo 1 del texto y nombra los aminoácidos que dieron lugar al péptido.

**4.32** Consulta el anexo 1 del texto y dado el siguiente péptido responde:



- ¿Cuántos residuos de aminoácidos contiene?
- Nombra los aminoácidos que dieron lugar a la formación del péptido.
- Señala el grupo o los grupos amida presentes.
- Señala el o los enlaces peptídicos presentes.

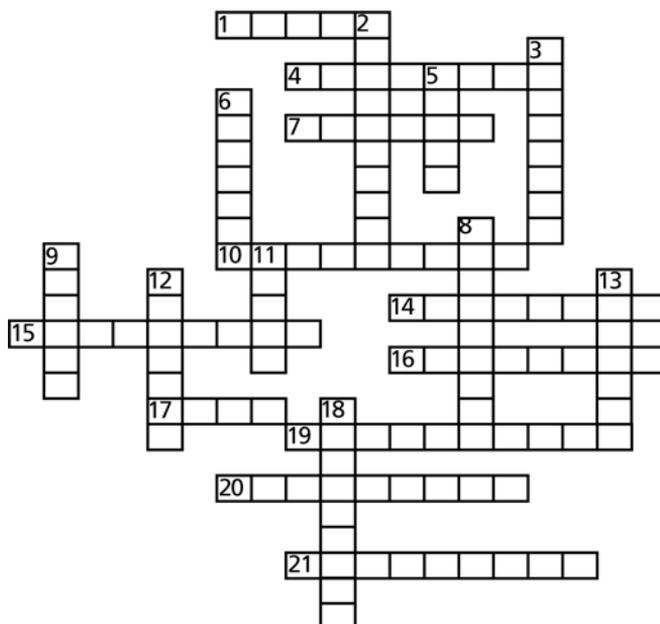
**4.33** La aspartama es un edulcorante muy utilizado en muchos países.



a) De acuerdo a su estructura, ¿a qué familia o función química pertenece?

**4.34** El café es una bebida que se consume por una gran cantidad de personas. Es una droga lícita. Busca información en la biblioteca y redacta un artículo de hasta tres o cuatro cuartillas, en el que expliques lo beneficioso y lo perjudicial sobre el tema.

**4.35** Resuelve el siguiente acróstico:









# CAPÍTULO 5

## La química, el medio ambiente y la salud ambiental

**E**l desarrollo alcanzado en la actualidad por la ciencia y la técnica es impresionante. A pesar del creciente distanciamiento de los índices de desarrollo humano entre los países desarrollados, los que están en vías de desarrollo y los que no lo están, es aspiración de todos los seres humanos el logro de una larga vida saludable, la adquisición de mayores conocimientos sobre el mundo vivo y el no vivo que les rodea y el disfrute de un nivel de vida digno.

Impactante es el nivel logrado en el desarrollo de las ciencias y la técnica, y junto a ellas las nuevas tecnologías de la información y la comunicación que propician cada vez más la adquisición y aplicación de nuevos conocimientos. Los seres humanos van haciendo realidad muchos de los sueños que solo tenían lugar en la ciencia ficción de los tiempos pasados.

Desgraciadamente, junto a esto, las políticas irresponsables de gobernantes y de la avaricia humana, en su desenfadada acción por obtener mayores riquezas del medio ambiente están propiciando la desaparición del planeta. Las sociedades de consumo explotan más y más los componentes del medio ambiente sin pensar en el futuro de la humanidad. Numerosos líderes políticos, prestigiosos científicos y organizaciones mundiales y regionales alertan de ello.



los combustibles y, con ellos, la falta de electricidad, que inmoviliza las industrias, el alumbrado, la falta de calefacción, con un seguro regreso a la utilización del carbón y la madera para calentar los hogares o centros laborales, con lo cual disminuirían los bosques y se elevaría la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera.

El transporte regresaría a los carruajes tirados por animales; la fabricación y conservación de los alimentos se reduciría grandemente, por la disminución de abonos, así como la producción de la industria de medicamentos disminuiría y, con ello, aumentarían las enfermedades en las personas y los animales; las plagas destruirían las cosechas por la falta de plaguicidas y pesticidas, desaparecerían los colorantes, tintas, papel y la radio, la televisión y los medios de comunicación dejarían de funcionar. Como consecuencia de todo esto se reducirían los niveles de vida. Se lograría un retroceso prácticamente a las sociedades comunitarias.

Con estos ejemplos y muchos otros se revela la influencia positiva de la química para el desarrollo económico y social de los países. Sin embargo, la acción desenfrenada del desarrollo ha traído como resultados efectos negativos en el medio ambiente, comprometiéndose de esta manera el futuro de las nuevas generaciones. Entre los problemas medioambientales globales relacionados con la química están:

- cambio climático
- degradación de los suelos
- adelgazamiento de la capa de ozono y aumento de ozono en la troposfera
- contaminación atmosférica
- contaminación de las aguas
- escasez y comprometimiento de la calidad de los recursos hídricos
- salinización de los suelos
- conflictos bélicos



Toda contaminación siempre va a producir un efecto negativo en el estado natural del medio ambiente que se contamine. La contaminación puede ser de distintos tipos: atmosférica, edáfica (del suelo), hídrica, auditiva, tóxica y visual.

### ***5.1.3 Atención del Estado cubano a la protección del medio ambiente, la salud ambiental y la medicina ambiental.***

#### ***Comportamiento ciudadano***

La participación activa del Estado y gobierno cubano en fóruns e instituciones mundiales, así como la instrumentación y cumplimiento de los acuerdos derivados de ellos, han posibilitado una acción coordinada de las organizaciones e instituciones cubanas e internacionales para lograr la protección y cuidado del medio ambiente en el país. Junto a ello, las organizaciones políticas y de masas, los medios de comunicación y la educación, realizan coordinados esfuerzos para lograr una efectiva educación ambiental de los ciudadanos que coadyuve a la efectividad de la política medioambiental trazada.

#### **Comprueba lo aprendido**

- 5.1** Define los conceptos siguientes: medio ambiente, desarrollo sostenible, química medioambientalista, contaminación ambiental, contaminación química y salud ambiental.
- 5.2** Ejemplifica el rol desempeñado por la química en el desarrollo económico y social de la comunidad en que vives.
- 5.3** Realiza un inventario de los principales problemas medioambientales existentes en tu comunidad en las cuatro áreas que estudia la Química medioambientalista e investiga qué acciones se están realizando para resolverlos.



pasan a la atmósfera alteran su composición y, con ello, pueden producir muchos daños a la salud de los seres humanos, vegetales y animales en general.

### ***5.2.1 Influencia en la atmósfera de: la industria química, los incendios de bosques, minería, volcanes y los vientos del Sahara***

#### *Efecto invernadero*

La mayor radiación cósmica y solar que llega al planeta va, en su mayoría, a la tierra y los mares (50 %), el resto es absorbida fundamentalmente por los denominados gases de efecto de invernadero (GEI), como son: el  $\text{H}_2\text{O}$  (g),  $\text{CO}_2$  (g),  $\text{CH}_4$  (g),  $\text{N}_x\text{O}_y$  (g) y el  $\text{O}_3$  (g). Esta energía es irradiada de nuevo al planeta, con lo cual se mantiene caliente la atmósfera. Este fenómeno es conocido como efecto de invernadero y tiene un rol fundamental en la vida del planeta. Según recoge la bibliografía, sin la ocurrencia de este fenómeno la temperatura promedio de la superficie o corteza de la Tierra sería de alrededor de los  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ , en vez de la media actual de  $15\text{ }^\circ\text{C}$  que permite, junto a otros factores, el tipo de vida existente en ella.



#### **¿Sabías que...?**

En otros planetas como Marte, Venus y Saturno también están presentes sustancias gaseosas que permiten la existencia del efecto de invernadero.

Marte, conocido también como el planeta rojo, por el predominio del óxido de hierro III, de color rojo-anaranjado, presente en su superficie, tiene una tenue atmósfera que contiene un 95,3 % de dióxido de carbono.



En 1859 John Tyndall, matemático y físico francés, descubrió que el dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua son bloqueadores de radiación infrarroja.

El premio Nobel de Química Svante August Arrhenius, físico, químico y profesor sueco, alertó en 1896 que la quema de combustibles fósiles podía elevar la temperatura global de la Tierra.



Joseph Fourier



John Tyndall



Svante August  
Arrhenius

Estos combustibles fósiles proceden de grandes procesos de transformación de la vida animal y vegetal durante millones de años y cada día van siendo más escasos, pues son combustibles no renovables. Su desmedida utilización está provocando un elevado aumento de la concentración de los GEI en el planeta. Estimados realizados en el año 2016 plantean que, de seguir las emisiones de GEI producidas por actividades humanas, podría rebasarse el límite de 2 °C de calentamiento global peligroso para 2036.



### Recuerda que...

Un aumento de alrededor de un 10 % de la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera pudiera aumentar en 0,5 °C la temperatura del planeta, lo que traería como consecuencia graves problemas, entre ellos el derretimiento de los casquetes polares, inundaciones en áreas costeras, incluyendo la posibilidad de desaparición de islas y cayos, serios cambios en el clima, entre otros.



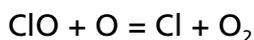
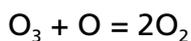
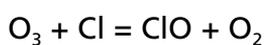
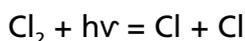
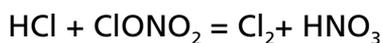


### Recuerda que...

La formación y destrucción por las radiaciones ultravioletas de las moléculas presentes en la capa de ozono existente en la estratosfera representa una barrera protectora de la vida en la Tierra. El equilibrio en que se encuentran estas reacciones puede ser fácilmente desajustado por moléculas de sustancias como los aerosoles, los clorofluorocarbonos (CFC), el tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) y compuestos bromurados, que hacen disminuir la presencia del ozono en la estratosfera (agujero de la capa de ozono) y, con ello, permitir el paso al planeta de un mayor número de radiaciones UV no deseables, las cuales propician el aumento de cáncer y quemaduras de la piel, cataratas oculares y la disminución del sistema inmunitario de personas y animales, entre muchos otros males.

La zona de la estratosfera donde la concentración de la capa de ozono es menor que la normal, se conoce con el nombre de *agujero de la capa de ozono*.

Otro reconocido destructor de la capa de ozono son los átomos de cloro que se obtienen, por ejemplo, en la descomposición de las moléculas de dicloro ( $\text{Cl}_2$ ). Este dicloro es producto de la reacción química en la etapa invernal del cloruro de hidrógeno de la Tierra y el nitrato de cloro. Estos fenómenos se representan por las ecuaciones químicas siguientes:



} (Destrucción del ozono)



pulmonares y hasta la muerte. De igual manera afecta la vegetación natural y los cultivos. Todo esto se acentúa durante el verano, pues, con el aumento de las horas de sol, se eleva la concentración de ozono en el ambiente.



### **Algo de historia**

La ciudad de Los Ángeles es la segunda más poblada de los Estados Unidos de América. Fue la primera en la que se detectó el esmog fotoquímico en los años 40, al observarse una atmósfera de color gris o negro. Este fenómeno, producido por la acción humana, se da fundamentalmente en lugares con mucho tráfico e industrias, que son elementos causantes que lo producen.

### *Principales contaminantes de la atmósfera*

Las principales fuentes de contaminación de la atmósfera de la Tierra son, en orden decreciente de importancia, los automóviles, la industria en general y la industria química en particular, las centrales eléctricas, la calefacción en los países fríos y las plantas dedicadas a la eliminación de residuos, las cuales generan un conjunto de sustancias que contaminan el aire.

Los contaminantes atmosféricos pueden clasificarse en primarios y secundarios, atendiendo a si son emitidos directamente a la atmósfera (primarios) o los que se forman como resultado de procesos químicos que ocurren en ella (secundarios). Entre estos contaminantes están los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y las partículas en suspensión.

### *Óxidos de azufre y de nitrógeno*

Un contaminante primario importante de la atmósfera es el dióxido de azufre, que proviene de la combustión de los combustibles



pH por debajo de 5 hasta valores mínimos de 3 (pH del vinagre). La lluvia normal es ligeramente ácida (aproximadamente con  $\text{pH} = 5,7$ ) debido a su interacción con el dióxido de carbono.

Por su elevado poder corrosivo, las lluvias y nieves ácidas no solamente destruyen objetos formados por diferentes sales y metales, sino también acidulan los ríos, lagos y mares, produciendo un desequilibrio ecológico, producto del cual mueren diferentes especies de peces y se afectan las zonas coralinas. De igual forma, destruyen la vegetación y disminuyen la presencia en los suelos de microorganismos que fijan el nitrógeno en las plantas.

### *El monóxido de carbono*

Otro de los óxidos que puede provocar problemas medioambientales es el monóxido de carbono. Con fórmula química  $\text{CO}$ , esta sustancia es un gas a temperatura ambiente, incolora y muy tóxica, de tal manera que, si se inhala en concentraciones moderadas de 0,4 % en el aire, al cabo de una hora, puede provocar la muerte. Una de las principales fuentes de formación de esta sustancia es la combustión incompleta de algunas sustancias que poseen carbono, como queroseno, gasolina, carbón, tabaco y madera. Está presente en los gases que expulsan los motores de vehículos y fue utilizado como una vía de exterminio en las cámaras de gas en los campos de concentración nazi.

### ¿Sabías que...?

El nivel tóxico del monóxido de carbono está determinado por la capacidad que tiene de sustituir al oxígeno en la hemoglobina de la sangre. Su afinidad por el grupo *hemo* es mayor que la del oxígeno 200 veces. El producto formado, la proteína llamada carboxihemoglobina, no puede transportar el oxígeno a los tejidos.

### Partículas en suspensión en la atmósfera

Entre los componentes de la contaminación atmosférica también se encuentran partículas de sustancias producidas por fenómenos naturales o por la interacción de los seres humanos con el medio. Entre las primeras, se encuentran los óxidos de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y de fósforo ( $\text{P}_4\text{H}_{10}$ ), partículas de hollín, provienen de la erupción de los volcanes, las minas, el polvo de los desiertos, sulfatos y nitratos de los suelos. También son el resultado de la interacción de los seres humanos con el medio ambiente como la combustión, diferentes industrias como las de hierro, níquel, acero, cemento. Estas partículas son nocivas para los humanos, producen enfisema pulmonar y bronquitis, aumentan la corrosión, generan suciedad y afectan el clima aumentando la nubosidad y niebla que alteran el equilibrio ecológico del planeta (figura 5.1).



**Fig. 5.1** Chuquicamata, una de las mayores minas a cielo abierto del mundo (arriba) y el estratovolcán más alto del planeta denominado Nevado Ojos del Salado, en la frontera entre Argentina y Chile

*Los polvos del Sahara. Otro fenómeno atmosférico perjudicial*

En el verano, la zona del Atlántico y el mar Caribe se ven afectados por los llamados polvos del Sahara.



**Recuerda que...**

El polvo del Sahara es un tipo de contaminación atmosférica formada por nubes de polvo muy seco y caliente, que se forman por la ocurrencia de las tormentas de arena y polvo de los desiertos de Sahara y de Sáhel en África, los cuales son llevados al Atlántico y el Caribe por los vientos alisios. Son portadores de muchas enfermedades de la piel, provocan alergias y afectan las vías respiratorias de los seres humanos, son transmisores de un hongo que destruye los arrecifes de coral y permiten el crecimiento de algas tóxicas, así como la destrucción de muchos cultivos por la existencia de plagas.

Estos vientos de Sahara no solo arrastran partículas de minerales de hierro, calcio, fósforo, silicio y mercurio, sino también virus, bacterias, hongos, ácaros patógenos, estafilococos y contaminantes orgánicos que provocan sequías y afectan los ecosistemas terrestres y marinos, así como la salud humana, especialmente en los niños y personas de la tercera edad.



**¿Sabías que...?**

Se calcula que caen anualmente una cantidad de más de 90 millones de toneladas de polvo de Sahara en esta zona del planeta. En los últimos 50 años este tipo de contaminación atmosférica se ha multiplicado en unas diez veces, como producto de los cambios en el clima que han provocado que la extensión de ese desierto sea 105 veces mayor que en el año 1920.





### Conoce un poco más

La contaminación del suelo o edáfica es aquella que se produce por la introducción de productos químicos que provoca su degradación. Estas sustancias químicas pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas y pueden llegar al suelo por la acción de los seres humanos o por la naturaleza.

La degradación del suelo es el paso de un tipo de suelo a otro, generalmente esto representa la pérdida de los nutrientes necesarios para su buena fertilidad, cambios en la estructura del suelo, composición salina, variación de su acidez o basicidad (pH), efectos de los contaminantes tóxicos para los seres vivos que se encuentran en él, así como la capacidad de retención de su humedad.

#### ***5.3.1. Factores de origen químico que inciden en el beneficio y perjuicio de los suelos***

Existen diferentes formas de degradación de los suelos en las que está presente la química, ya sea por la actividad humana o por la naturaleza. Tal es el caso de:

- la aplicación desmedida de fertilizantes para mejorar la fertilidad;
- el uso indebido de pesticidas para controlar plagas, insectos y malas hierbas;
- aplicación incorrecta de estiércol y purines;
- la salinización y sodificación del terreno;
- la pérdida de los nutrientes del suelo por sobreexplotación.

*Los fertilizantes y los plaguicidas: ¿a favor o en contra?*

Por ser Cuba un país eminentemente agrícola necesita de suelos de una alta calidad que sean cada día más productivos. Junto a ello se requiere adoptar las medidas necesarias para evitar la proliferación de plagas que perjudiquen las cosechas. En este proceso





Otro tipo de material que es usado para obtener fertilizantes (abonos) son los *purines* (figura 5.2).



**Fig. 5.2** Los purines son utilizados para obtener metano y como abonos

La *salinización* es otra forma de degradación de los suelos, la cual consiste en la acumulación en ellos de las sales que están disueltas en las aguas y del exceso de fertilizantes usados para su fertilización (figura 5.3). Debido al exceso de sales el suelo disminuye su fertilidad, trayendo como consecuencias la pérdida en los cultivos y el aumento progresivo de los suelos improductivos.

El aumento de la concentración de sales en los suelos puede ser de forma natural o producida por el ser humano. Las causas de la

primera pueden ser diversas, así, por ejemplo, puede ocurrir en suelos alcalinos ( $\text{pH} > 9$ ) que son arcillosos con baja capacidad de infiltración o en terrenos bajos y planos que se inundan por las aguas de ríos o arroyos, en ambos casos, por evapotranspiración del agua quedan las sales en el terreno.



Salinidad de los suelos

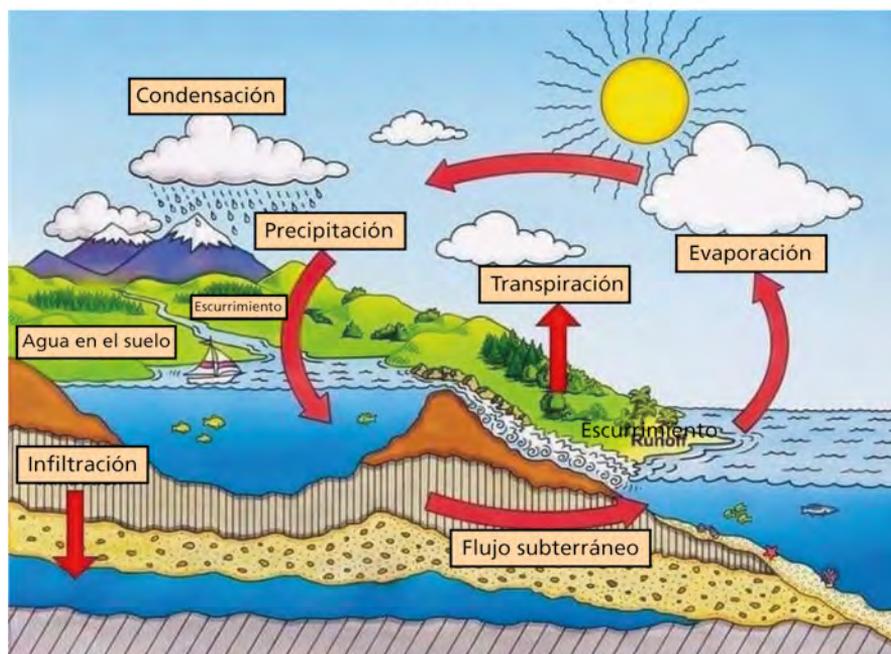
**Fig. 5.3** Existen diferentes formas de que los suelos adquieran un exceso de sales que los hacen infértiles

La evapotranspiración es la pérdida de la humedad de la superficie de un suelo como resultado de dos procesos que se producen conjuntamente, la evaporación directa del agua y la transpiración de la vegetación (ver glosario).

También existe la salinización de los suelos donde el nivel de las aguas subterráneas es poco profundo y el agua que asciende por capilaridad contiene sales disueltas. Mientras mayor sea la concentración de estas sales en el agua, mayor será el perjuicio.



## CICLO



**Fig. 5.4** Ciclos del agua y del elemento azufre en la naturaleza

Ambos ciclos muestran la manera natural de contaminación o purificación de diferentes sustancias y, por tanto, posibilitan la adopción de medidas de protección para la salud ambiental. En ellos se hace evidente la unidad material del mundo, revelando que todo está en constante movimiento y que la materia ni se crea ni se destruye, solo se transforma. No tener en cuenta este flujo natural de las sustancias en la naturaleza puede ser un agente contaminante del medio y de la muerte de los componentes vivos que en él se encuentran.

### *Contaminación hídrica o contaminación del agua*

Este tipo de contaminación comprende el perjuicio de las aguas oceánicas y de los ríos, lagos, pozos y lagunas (aguas continentales), generalmente, por las actividades humanas (figura 5.5).

Contaminación hídrica



Agua continental

Agua oceánica

**Fig. 5.5** Contaminación del agua de los océanos y los continentes

El término *desarrollo sostenible* está íntimamente relacionado con la lucha por satisfacer las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer las posibilidades de desarrollo de la economía, el medio ambiente y las sociedades futuras. En este desarrollo sostenible el agua es una sustancia determinante, ya que los recursos hídricos y los servicios que ellos prestan a la sociedad guardan una estrecha relación con la eliminación de la pobreza, el desarrollo de la economía y el desarrollo sostenible medioambiental.

El desarrollo de la industria genera un gran consumo de agua y produce una gran cantidad de residuos que van a parar a las aguas. De igual manera, el transporte fluvial y marítimo trae como consecuencia la contaminación de las aguas. Esto provoca la muerte de muchas especies existentes en ellas (figura 5.6).



**Fig. 5.6** Muerte de peces por contaminación de las aguas

Sin embargo, cada día es menor la reserva de agua potable en el planeta, dado el uso indiscriminado que se hace de ella, así como los problemas derivados del cambio climático que está provocando sequías nunca antes vistas. Se observan en la prensa noticias como las siguientes, que muestran el fenómeno en su extensión máxima:

*"La Ciudad del Cabo, de cuatro millones de habitantes y capital legislativa de Sudáfrica, cuenta con menos de cien días de agua en sus embalses luego de tres años de una sequía nunca antes vista, informó que el llamado Día 0 ocurrirá el 21 de abril, según la capacidad actual del yacimiento y el consumo de agua diario. Ese día el suministro de agua se cortará en toda la ciudad, excepto en los hospitales y en los sectores más pobres. Los ciudadanos deberán recoger un tope de 25 litros de agua por día en 200 puntos repartidos en la ciudad y vigilados por guardias..."*



fenómeno, obsérvese primeramente las características fundamentales de lo que se considera ósmosis u ósmosis natural.



Planta desalinizadora



Cayo Largo del Sur

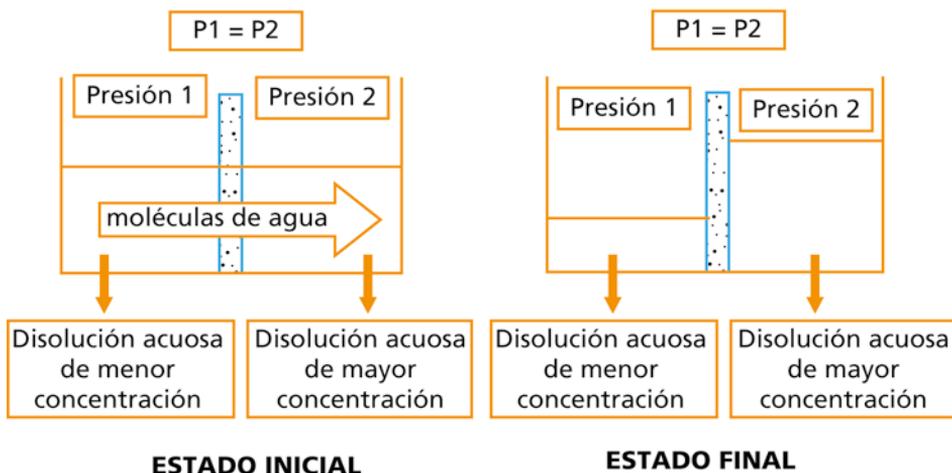
**Fig. 5.7** El agua potable existente en este cayo cubano proviene de una industria desalinizadora

La *ósmosis natural* es un fenómeno físico relacionado con el movimiento de un disolvente a través de una membrana semipermeable (difusión simple), sin gasto de energía. En el caso de dos disoluciones acuosas de distinta concentración, separadas por una membrana semipermeable, las moléculas de agua pasan dicha membrana, de la disolución de menor concentración a la de mayor, hasta que se igualan sus concentraciones.

En este caso, la ósmosis ocurre bajo condiciones normales, en las que los dos lados de la membrana están a la misma presión y se genera por lo que se llama presión osmótica, que es la que hace pasar el disolvente presente en la disolución de menor concentración a la de mayor. Este fenómeno ocurre, por ejemplo, tanto en las células animales como vegetales de forma natural y existen en ellas los mecanismos que regulan sus consecuencias (figura 5.8).

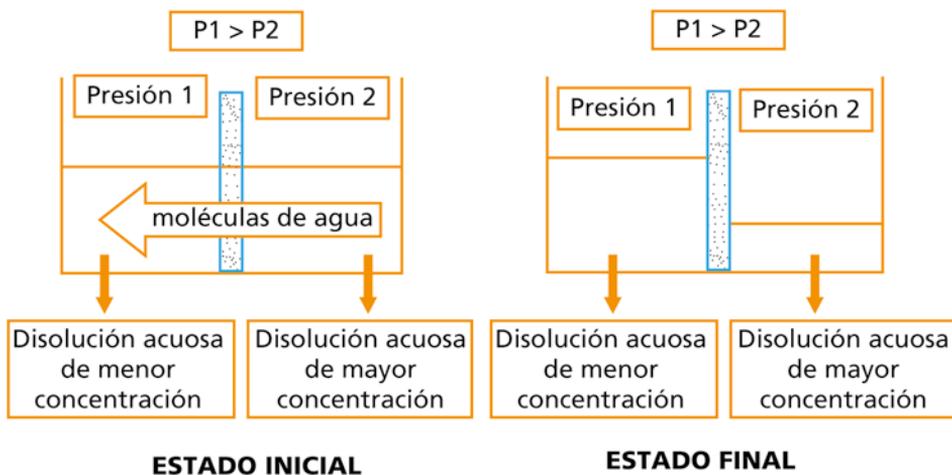
Si se aumenta la presión a la disolución acuosa de mayor concentración, ocurre la ósmosis en sentido contrario (*ósmosis inversa*) y, con ello, se logra que el agua de la disolución más concentrada pase a la de menor, quedando en este lado el soluto (figura 5.9).

**Fenómeno de la ósmosis**



**Fig. 5.8** Representación de la ósmosis natural

**Fenómeno de la ósmosis inversa**



**Fig. 5.9** Representación de la ósmosis inversa

En la planta desalinizadora la disolución más concentrada es agua de mar o de lagos salados, lográndose el paso del agua pura a la parte de menor concentración. El agua resultante llega a ser

potable cuando se le mezcla con volúmenes pequeños de agua más rica en minerales, la cual le resta agresividad y mejora su dureza y equilibrio iónico.

En la actualidad se continúan los estudios para reducir los inconvenientes que tiene esta importante industria, pues, además de ser muy costoso el proceso de desalinización, por el gasto elevado de consumo eléctrico, también producen desechos salinos y otras sustancias como la sílice neutra, compuestos de arsénico ( $As^{3+}$  y  $As^{5+}$ ) y de boro que contaminan el medio ambiente.

### *Contaminación tóxica*

La contaminación tóxica está relacionada con las sustancias naturales y artificiales presentes en muchos alimentos, en las aguas y el aire, así como las sustancias radiactivas producidas en procesos de obtención de fuentes de energías o investigaciones científicas que pueden perjudicar la salud ambiental. Está asociada a la denominada *carga tóxica o carga química corporal* determinada por la concentración de estas sustancias en un individuo o población determinada.

Se entiende por *contaminación tóxica* aquella pérdida de la calidad que es originada por la presencia de sustancias de riesgo tóxico que, en función de su cantidad, pueden afectar grave o duraderamente a los organismos vivos.

Muchas de estas sustancias, producidas en la industria química, pueden encontrarse en el agua, la tierra, el aire y en aquellos productos que consume el ser humano (alimentos, detergentes, ropa, cosméticos, entre otros muchos). Todas ellas pueden provocar serias consecuencias para la salud, entre las que están cáncer de colon, diabetes y la infertilidad, son sustancias que contienen minerales de elementos químicos pesados como mercurio, plomo, hierro, cobre, arsénico, zinc, entre otros (tabla 5.1).



determinada por el sonido excesivo y molesto (ruido) producido en las actividades de los seres humanos y que altera las condiciones del medio ambiente.

El ruido que provocan las maquinarias y las explosiones en la extracción y procesamiento de los minerales es un ejemplo de ello, lo cual puede llegar hasta la perforación del tímpano u otros daños irreversibles en los seres humanos. De igual forma, el ruido de los motores de automóviles, aviones, industrias, la construcción de edificios, entre muchos otros, afecta la calidad de vida al producir efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de los seres vivos.

En muchos países, a pesar de las normativas existentes para disminuir la contaminación auditiva, no se ha logrado lo esperado, pues en ello tiene un rol de extrema importancia, al igual que en los distintos tipos de contaminación, la concientización de los seres humanos para evitarla.

### *Contaminación visual*

Este tipo de contaminación ambiental está asociada a todo lo que afecte o incida negativamente en la visualización de algún lugar o que rompa su estética. Tal es el caso de la ubicación de industrias químicas o almacenes de productos químicos en sitios que rompan la belleza del paisaje o que lo perjudiquen. En la práctica diaria, los efectos de esta contaminación se combinan con otros de los tipos estudiados, afectando la salud ambiental de los seres vivos o la zona en que se ubiquen.

No debe confundirse la contaminación visual con la contaminación que provoca daños anatómicos o fisiológicos en los órganos de la visión y que provoca disminución de su calidad. Esta puede estar asociada por la entrada o puesta en contacto de los órganos de la visión (ojos) con sustancias químicas que irritan, afectan, dañan la estructura del ojo o sus partes y que puede estar ocasionada por sustancias líquidas, sólidas o gaseosas originadas en un



### 5.4.1 Influencia de la química en las aguas continentales y oceánicas

¿Cómo influye la química en el tratamiento a la contaminación del agua?

Para el desarrollo de esta temática te invitamos a que compartas algunas de tus experiencias y consideraciones respecto a las causas que originan la contaminación del agua, los riesgos para la salud que esta tiene y las medidas que debieran adoptarse por los gobiernos para evitar y proteger ríos, mares y océanos.

A continuación, te ofrecemos algunas de las causas que en la actualidad se identifican y pudieras argumentar según tu experiencia:

- Drenajes deficientes
- Plantas de tratamiento ineficientes o sobrecargadas
- Residuos de botes y embarcaciones
- Residuos de personas y animales en la playa
- Arrastre de residuos por lluvias

Los riesgos para la salud que pueden ocasionar están directamente relacionados con la transmisión de enfermedades que ocurre fundamentalmente por el contacto directo del hombre con aguas contaminadas, al tragar o aspirar dosis de agua infectadas, con microbios o comer mariscos y pescados contaminados.

#### ¿Sabías que...?

Mundialmente 6,4 millones de toneladas de basura contaminan el mar cada año y el 90 % de esta basura son residuos de plástico.

Cada año mueren aproximadamente un millón de aves y cerca de 100 000 animales marinos por consumir basura que desecha el ser humano. También afecta la salud humana y provoca efectos económicos negativos en destinos turísticos.



afectar la salud de las presentes y futuras generaciones. Se tratará, pues, la influencia positiva y negativa que la química tiene en la salud de los humanos, los vegetales y los animales, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

La industria química se fundamenta en la transformación de las sustancias mediante diferentes procedimientos. Incluso, los procesos industriales que no son exactamente de la industria química y que pueden ser de producción de alimentos, de conformación mecánica de estructuras, etcétera, si tienen en el flujo productivo el tratamiento de diferentes sustancias químicas y se generan desechos. Todos estos desechos, todos esos procesos tecnológicos en los que se transforman sustancias, generan gases, líquidos o sólidos que pueden afectar la calidad del aire, del agua, del suelo o de los organismos vivos directamente, por lo que son contaminantes. Por ello, las personas que intervienen en estos procesos deben tener un alto sentido de la responsabilidad en la actividad que desarrollan, mostrar un comportamiento de solidaridad con las demás personas y el medio ambiente y ser portadores del amor a la naturaleza y la obra creada por la humanidad. Son estos los valores ambientales que debe poseer toda persona que se relacione con el uso de las sustancias químicas.

### ***5.5.1 Áreas de influencias negativas y positivas de la salud de los seres humanos, los animales y las plantas***

La medicina ambiental es una rama de la salud ambiental que centra su atención en los efectos del medio ambiente sobre esta, tanto desde el punto de vista curativo (terapéutica ambiental) como preventivo (prevención ambiental).

El ser humano, para el bien propio y el de los demás que le rodean, debe poseer una cultura general lo más completa posible sobre la salud ambiental, centrandó la atención en la influencia



en los seres humanos, son centro de atención priorizada de todos los países. Estas sustancias llamadas drogas mal utilizadas, generan la drogadicción y con ello serios trastornos de conducta, salud y hasta la muerte de los seres humanos, asimismo son caldo de cultivo para la creación de organizaciones criminales de control y tráfico de drogas ilícitas.

*Las drogas: armas químicas de protección o destrucción física y moral de los seres humanos*

Entre las sustancias utilizadas con fines curativos están las llamadas drogas. La bibliografía recoge diferentes definiciones de este concepto, así como variadas clasificaciones. En el campo de la medicina, la OMS plantea que una droga es toda sustancia con posibilidades de prevenir o curar una enfermedad. Sin embargo, asocian este término no solo a sus fines terapéuticos (fármaco), sino también a sus características psicoactivas, legales o ilegales y de poder ser autoadministrada con posibilidades de abuso o dependencia o para sentir placer.

Una definición más generalizadora del concepto droga, que evidencia sus posibilidades positivas o negativas para la vida, es la que plantea que es toda sustancia de origen natural (animal, vegetal, mineral y bacteriano) o sintético (productos químicos o de laboratorio), que producen cambios beneficiosos o perjudiciales en el organismo.

Los alcaloides son ejemplos de sustancias, consideradas, muchas de ellas, como drogas. Estas sustancias son compuestos químicos producto del metabolismo de los aminoácidos de las plantas, que tienen una acción fisiológica activa en los animales, al actuar sobre la mente y calmar los dolores, aun en pequeñas cantidades, por lo que se usan como medicamentos. Muchas de ellas crean hábito.



(fermentación alcohólica), entre las que se encuentran las cervezas, los vinos, la sidra, el sake, vinos espumosos, entre otros. Este tipo de bebida elaborada por fermentación alcohólica está entre 3,5 y 15 grados de etanol. Téngase en cuenta que, a cada grado de graduación alcohólica le corresponden una unidad de porcentaje de etanol en el volumen total, así, cuando se dice que la bebida tiene 15° (quince grados) de alcohol, significa que tiene un 15 % de alcohol, o sea 150 mL de etanol por cada litro.

Otras bebidas alcohólicas tienen mayor composición de etanol entre (15° y 45°) y se elaboran por destilación de productos obtenidos de un proceso de fermentación. Tal es el caso del ron, el whisky, el tequila, el vodka, el pisco, el mezcal, entre muchas otras.

La ingesta sistemática de las bebidas alcohólicas puede producir el alcoholismo, que consiste en una enfermedad crónica, progresiva e incurable, en la cual la persona siente una gran necesidad y ansiedad de ingerir etanol. Esta dependencia a este tipo de alcohol no solo afecta a la salud del alcohólico, sino también a sus familiares, amigos y personas que estén a su alrededor. Es la primera causa evitable de anomalías congénitas físicas y mentales. Anualmente, mueren en el mundo más de tres millones de personas a causa del consumo nocivo del alcohol. Se conoce, además, que es la causa de más de 200 enfermedades y trastornos.

Las enzimas presentes en el hígado transforman al etanol en acetaldehído, que deteriora la coordinación mental y física del individuo. Puede llegarse a acumular el acetaldehído en sangre y esto provoca vómitos, mareos, náusea, sudoración profunda, falta de aire y dolor de cabeza. Cuando la concentración de etanol presente en la sangre es mayor de 0,4 % la persona puede sufrir un estado de coma y hasta la muerte. La tabla 5.2 muestra los efectos que produce el etanol en las personas que lo toman, que van desde la alegría hasta la muerte, en correspondencia con las cantidades que consuma.



sociedad en la lucha contra el alcoholismo, propiciando que los educandos ganen los conocimientos, valores, conductas, entre otros, necesarios para que adquieran conciencia del riesgo que representa la toma en exceso de bebidas alcohólicas y que lo traduzcan en su conducta diaria.

### *La nicotina y el tabaco*

La nicotina es una sustancia que se encuentra en alta concentración en las hojas del tabaco. Debe su nombre a Jean Nicot, quien en 1560 introduce en Francia esta planta. Ha sido utilizado como un poderoso veneno (insecticida) y en pequeñas cantidades representa un estimulante, que aumenta el nivel de adrenalina en la sangre, asimismo es una de las mayores causantes de adicción en las personas.

Este alcaloide es la causa de que muera diariamente una de cada diez personas en el mundo. Mediante las diferentes formas de utilización del tabaco que existen, las moléculas de nicotina llegan rápidamente al cerebro humano.

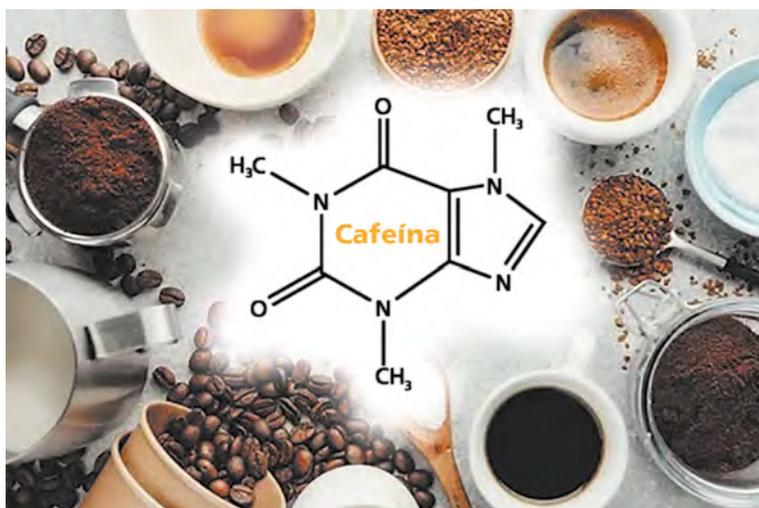
La nicotina es una de las sustancias denominadas carcinógenas, las cuales tienen la posibilidad de incrementar el crecimiento descontrolado de las células del organismo, producto de su reacción con el ADN. Al resultado de este crecimiento indebido se le llama tumor. Más del 90 % de las personas que padecen de cáncer de pulmón son fumadores de cigarrillos.

Por su influencia negativa en la salud de las personas, existe una lucha mundial por la abstinencia de consumo del tabaco, destacar los riesgos que provoca en la salud y el logro de políticas eficaces para reducir su consumo.

### *El café y la cafeína*

La cafeína es un estimulante metabólico y del sistema nervioso central. Puede provocar insomnio o nerviosismo. Reduce la fatiga

física y restaura el estado de alerta mental, logrando un flujo de pensamiento más rápido. Se encuentra en el café, las bebidas energéticas, los refrescos de cola, la hierba mate, la guaraná y el cacao, entre otros. En la actualidad es utilizada ampliamente por la población por diferentes vías, fundamentalmente el café (figura 5.11).



**Fig. 5.11** El café, droga legal preferida por la población

Tiene el inconveniente de que, generalmente, la adicción a la cafeína está asociada a la de la nicotina contenida en el tabaco. El tabaquismo reduce considerablemente el tiempo de vida media de la cafeína en el cuerpo humano. La bibliografía sugiere la promoción en la población de la necesidad del control de la cafeína en pacientes psiquiátricos, ya que esta puede provocar un aumento de su sintomatología o el bloqueo de los efectos de los medicamentos.

En la actualidad, la industria cafetalera está reduciendo el porcentaje de cafeína presente en el café, mediante un procedimiento en el que se ponen en contacto los granos de café verde con una corriente de dióxido de carbono, a una temperatura de unos 90 °C

y a una presión de 160 atm a 220 atm. Cuando estas condiciones vuelven a su estado normal, la cafeína precipita reduciendo su concentración de 1,3 % de cafeína a 0,2 %. El producto se vende a la población como café descafeinado. La cafeína natural, extraída en el proceso de descafeinización, es utilizada en la obtención de las bebidas energéticas.

### *Drogas ilegales*

Otras drogas son ilegales y constituyen atención priorizada de muchos países por los efectos negativos que provocan en los seres humanos. Activa los llamados centros de placer en el cerebro y con ellas pueden llegar a provocar cambios físicos y morales en los seres humanos, hasta llegar a la muerte, en correspondencia con las dosis adquiridas.

Variadas son las medidas e iniciativas adoptadas en la actualidad contra el uso indebido y el tráfico ilícito de drogas. Se aúnan esfuerzos entre los países para incrementar el control de medicamentos y la producción de drogas dirigida a garantizar que los niños, los jóvenes y las personas en general gocen de bienestar, felicidad y no su destrucción. La Organización de Naciones Unidas (ONU) decidió celebrar el 26 de junio como día internacional de "Lucha contra el uso indebido y el tráfico ilícito de drogas".

Cuba, desde el triunfo de la Revolución socialista, en el año 1959, ha adoptado medidas efectivas de control de la entrada, producción, compra-venta y utilización de las drogas ilícitas. El Ministerio del Interior, la Aduana General de la República, las Tropas Guardafronteras y los destacamentos *Mirando al mar*, son instituciones cubanas fieles veladoras del cumplimiento de estos objetivos. Como parte del proceso educativo, la enseñanza de la Química tiene que apoyar estos importantes y humanos esfuerzos, aprovechando el objeto de estudio de esta ciencia para hacer



## Alimentos ricos en cromo



**Fig. 5.12** Algunos alimentos que son ricos en cromo

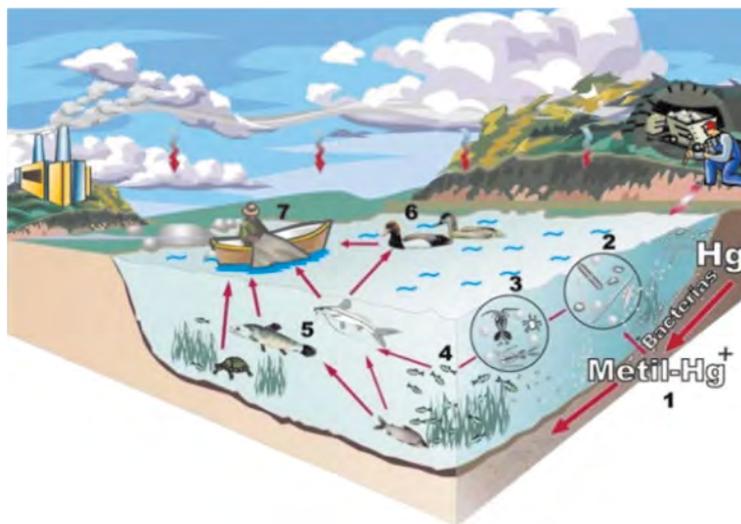
**5.15** ¿Qué medidas de protección para la salud humana plantearías después de haber consultado la tabla 5.1 de este libro y conocer el ciclo del mercurio en la naturaleza que a continuación te presentamos (figura 5.13)? Fundaméntalas.

**EN EL CICLO DEL MERCURIO (Hg) TODOS LOS CAMINOS  
CONDUCEN AL HOMBRE**

El ciclo del mercurio es bioquímico, que involucra al metal mercurio, que es el único metal líquido a temperatura ambiente. Este se volatiliza fácilmente llegando a la atmósfera y de esta directamente al hombre que lo elimina por el sudor, las heces y la orina. Los volcanes y las minas son también fuentes de mercurio que pasan a las aguas.

Las bacterias presentes en las aguas lo absorben y lo transforman en metilmercurio, la forma más tóxica de este elemento químico.

El metilmercurio es tomado por el fitoplancton, el alimento de los peces pequeños, y estos de los grandes, viajando a través de la cadena alimenticia hasta alcanzar al ser humano, en donde aparecen las concentraciones más altas.



**Fig. 5.13** Ciclo del mercurio en la naturaleza

**5.16** Los relámpagos proporcionan la energía necesaria para que el dinitrógeno del aire reaccione con el dióxígeno y se formen distintos óxidos de nitrógeno que, al reaccionar con el agua de la atmósfera, producen ácido nítrico. Se considera que anualmente se producen 30 millones de toneladas de este ácido por esta vía y representa una forma de proporcionarle nitratos al suelo. Investiga y representa mediante sus ecuaciones químicas las distintas reacciones químicas que aquí se producen.

**5.17** Analiza la información siguiente sobre los elementos químicos zinc y cadmio, y precisa cuántos tipos de contaminación química están presentes en ella.

*"Aunque el zinc es un elemento esencial en cantidades de traza, el cadmio, que se le parece tanto, es un veneno. Una consecuencia del envenenamiento con cadmio es una enfermedad del esqueleto muy dolorosa denominada enfermedad de "itai-itai kyo" (en japonés itai significa lamento). Esta enfermedad se descubrió en una zona de Japón donde se mezclaban vertidos de una mina de zinc con el agua utilizada para regar los arrozales. Se encontró envenenamiento por cadmio en las personas que comían el arroz. El envenenamiento con cadmio también puede causar daños en el hígado y riñones y enfermedades pulmonares. El mecanismo del envenenamiento con cadmio puede incluir la sustitución en algunas enzimas del Zn (un elemento químico esencial) por Cd (un veneno). La preocupación por el envenenamiento con cadmio ha aumentado al comprobarse que casi siempre se encuentra algo de cadmio acompañando al zinc y sus compuestos, materiales que tienen importantes aplicaciones comerciales..."*

**5.18** Observa detenidamente la figura 5.14 y responde:



**Fig. 5.14**

- a) ¿Qué problemas reflejan estas fotografías?
- b) ¿Qué pie de figura pondrías en cada una de ellas?
- c) ¿Qué actitud debemos tener frente a cada uno de estos problemas?

**5.19** ¿Qué reflexiones harías con tus compañeros al pedirles que analizaran la correspondencia entre las dos imágenes de la figura 5.15?



**Fig. 5.15**

**5.20** Investiga sobre los efectos en la salud ambiental producidos en la llamada “Niebla tóxica de Donora”, ocurrida en Pensilvania, en 1948 y valora su impacto económico y medioambiental.

# APÉNDICES

## Apéndice 1 Los 20 aminoácidos presentes en las proteínas

Nombre	Símbolo	Abreviatura <sup>1</sup>	Estructura
la cadena lateral es H o un grupo alquilo (no polar)			
glicina	G	Gly	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{H} \end{array}$
alanina	A	Ala	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
*valina	V	Val	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$
*leucina	L	Leu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
*isoleucina	I	Ile	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$

<sup>1</sup> La abreviatura es un código usado en vez del nombre para denotar al aminoácido, muy útil para describir las estructuras primarias de péptidos incluidas las proteínas.

Nombre	Símbolo	Abreviatura <sup>1</sup>	Estructura
*fenilalanina	F	Phe	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
prolina	P	Pro	$\begin{array}{c} \text{HN}-\text{CH}-\text{COOH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \backslash \quad / \\ \text{CH}_2 \end{array}$
tirosina	Y	Tyr	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} \end{array}$
<b>la cadena lateral contiene azufre</b>			
cisteína	C	Cys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{SH} \end{array}$
*metionina	M	Met	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$
<b>la cadena lateral contiene nitrógeno no básico</b>			
asparagina	N	Asn	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\ \text{O} \end{array}$
glutamina	Q	Gln	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\ \text{O} \end{array}$





## Apéndice 2 Glosario de términos

**Alcaloide:** compuesto presente en la naturaleza con características básicas, muchos de ellos con profundos efectos fisiológicos

**Aceite:** triéster formado de ácidos grasos con la glicerina (triglicérido), que es un líquido a temperatura ambiente.

**Aceites esenciales:** aceites aromáticos (esencias) que se obtienen en forma concentrada a partir de las plantas.

**Ácido graso:** ácido carboxílico de cadena larga, es aislado de la hidrólisis de las grasas. La mayoría de los ácidos grasos naturales contienen números pares de átomos de carbono entre 10 y 20.

**Agente oxidante:** es la especie que se reduce en la reacción, capta electrones.

**Agente reductor:** especie que se reduce en la reacción, cede electrones.

**Alcanos:** hidrocarburos alifáticos que tienen solamente simples enlaces entre sus átomos de carbono y cumplen con la fórmula general,  $C_nH_{2n+2}$ .

**Alquenos:** Hidrocarburos alifáticos que tienen un doble enlace entre sus átomos de carbono y cumplen con la fórmula general.  $C_nH_{2n}$ .

**Amina primaria:** Amina que posee un grupo alquílico o arílico. Su fórmula química general es  $R - NH_2$ .

**Amina secundaria:** amina que posee dos grupos alquílicos o arílicos. Su fórmula química general es  $R - NH - R'$ , donde los grupos R, R', pueden ser iguales o diferentes.

**Amina terciaria:** amina que posee tres grupos alquílicos o arílicos. Su fórmula química general es  $R_3N$ , donde los grupos R, pueden ser iguales o diferentes.















## Apéndice 3 Distribuciones electrónicas por la notación $n\ell^x$

H,  $Z = 1$ ,  $1s^1$

He,  $Z = 2$ ,  $1s^2$

Li,  $Z = 3$ ,  $1s^2 2s^1$

Be,  $Z = 4$ ,  $1s^2 2s^2$

B,  $Z = 5$ ,  $1s^2 2s^2 2p^1$

C,  $Z = 6$ ,  $1s^2 2s^2 2p^2$

N,  $Z = 7$ ,  $1s^2 2s^2 2p^3$

O,  $Z = 8$ ,  $1s^2 2s^2 2p^4$

F,  $Z = 9$ ,  $1s^2 2s^2 2p^5$

Ne,  $Z = 10$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6$

Na,  $Z = 11$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

Mg,  $Z = 12$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

Al,  $Z = 13$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

Si,  $Z = 14$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

P,  $Z = 15$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

S,  $Z = 16$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

Cl,  $Z = 17$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Ar,  $Z = 18$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

K,  $Z = 19$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

Ca,  $Z = 20$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

Sc,  $Z = 21$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$

Ti,  $Z = 22$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$

V,  $Z = 23$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$

Cr,  $Z = 24$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$

Mn,  $Z = 25$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$

Fe,  $Z = 26$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

Co,  $Z = 27$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$

Ni,  $Z = 28$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$

Cu,  $Z = 29$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

Zn,  $Z = 30$ ,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

# Apéndice 4 Tabla periódica moderna

Grupo

PERÍODO

1 IA

1 1,008

**H**  
HIDRÓGENO

2 IIA

3 6,94 4 9,01

**Li**  
LITIO

**Be**  
BERILIO

11 22,99 12 24,30

**Na**  
SODIO

**Mg**  
MAGNESIO

3 IIIB 4 IVB 5 VB 6 VIB 7 VIIB 8 9

19 39,098 20 40,08 21 44,96 22 47,867 23 50,94 24 51,996 25 54,94 26 55,85 27 58,93

**K**  
POTASIO

**Ca**  
CALCIO

**Sc**  
ESCANDIO

**Ti**  
TITANIO

**V**  
VANADIO

**Cr**  
CROMO

**Mn**  
MANGANESO

**Fe**  
HIERRO

**Co**  
COBALTO

37 85,47 38 87,62 39 88,906 40 91,22 41 92,91 42 95,96 43 (96) 44 101,07 45 102,91

**Rb**  
RUBIDIO

**Sr**  
ESTRONCIO

**Y**  
ITRIO

**Zr**  
CIRCONIO

**Nb**  
NIOBIO

**Mo**  
MOLIBDENO

**Tc**  
TECNECIO

**Ru**  
RUTENIO

**Rh**  
RODIO

55 132,91 56 137,33 57-71 72 178,49 73 180,95 74 183,84 75 186,2 76 190,2 77 192,2

**Cs**  
CESIO

**Ba**  
BARIO

**La-Lu**  
LANTÁNIDOS

**Hf**  
HAFNIO

**Ta**  
TÁNTALO

**W**  
WOLFRAMIO

**Re**  
RENIUM

**Os**  
OSMIO

**Ir**  
IRIDIO

87 (223) 88 (226) 89-103 104 (267) 105 (268) 106 (271) 107 (272) 108 (277) 109 (276)

**Fr**  
FRANCIO

**Ra**  
RADIO

**Ac-Lr**  
ACTÍNIDOS

**Rf**  
RUTHERFORDIO

**Db**  
DUBNIO

**Sg**  
SEABORGIO

**Bh**  
BOHRIO

**Hs**  
HASSIO

**Mt**  
MEITNERIO

VIIB

Grupo según la IUPAC — 1 IA — Grupo A o B

Número atómico — 1 1,008 — Masa atómica relativa

**H** — Símbolo del elemento

HIDRÓGENO — Nombre del elemento

57 138,91	58 140,12	59 140,91	60 144,24	61 (145)	62 150,36
<b>La</b> LANTANO	<b>Ce</b> CERIO	<b>Pr</b> PRASEODINIO	<b>Nd</b> NEODINIO	<b>Pm</b> PROMETIO	<b>Sm</b> SAMARIO
89 (227)	90 232,04	91 231,04	92 238,03	93 (237)	94 (244)
<b>Ac</b> ACTINIO	<b>Th</b> TORIO	<b>Pa</b> PROTACTINIO	<b>U</b> URANIO	<b>Np</b> NEPTUNIO	<b>Pu</b> PLUTONIO

Leyenda

Elementos no metálicos	Elementos alcalinos	Elementos alcalinos térreos	Elementos metálicos
------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------

18 VIIIA

										2	4				
										He HELIO					
										13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	
										5 10,81	6 12,01	7 14,01	8 16	9 19	10 20,18
										<b>B</b> BORO	<b>C</b> CARBONO	<b>N</b> NITRÓGENO	<b>O</b> OXÍGENO	<b>F</b> FLÚOR	<b>Ne</b> NEÓN
										13 26,98	14 28,09	15 30,97	16 32,07	17 35,45	18 39,95
										<b>Al</b> ALUMINIO	<b>Si</b> SILICIO	<b>P</b> FÓSFORO	<b>S</b> AZUFRE	<b>Cl</b> CLORO	<b>Ar</b> ARGÓN
10	11 IB	12 IIB													
28 58,69	29 63,54	30 65,37	31 69,72	32 72,64	33 74,92	34 78,96	35 79,91	36 83,798							
<b>Ni</b> NÍQUEL	<b>Cu</b> COBRE	<b>Zn</b> ZINC	<b>Ga</b> GALIO	<b>Ge</b> GERMANIO	<b>As</b> ARSÉNICO	<b>Se</b> SELENIO	<b>Br</b> BROMO	<b>Kr</b> KRIPTÓN							
46 106,4	47 107,87	48 112,4	49 114,82	50 18,69	51 121,75	52 127,6	53 126,9	54 131,3							
<b>Pd</b> PALADIO	<b>Ag</b> PLATA	<b>Cd</b> CADMIO	<b>In</b> INDIO	<b>Sn</b> ESTAÑO	<b>Sb</b> ANTIMONIO	<b>Te</b> TELURO	<b>I</b> YODO	<b>Xe</b> XENÓN							
78 195,08	79 196,97	80 200,59	81 204,38	82 207,19	83 208,98	84 (209)	85 (210)	86 (222)							
<b>Pt</b> PLATINO	<b>Au</b> ORO	<b>Hg</b> MERCURIO	<b>Tl</b> TALIO	<b>Pb</b> PLOMO	<b>Bi</b> BISMUTO	<b>Po</b> POLONIO	<b>At</b> ASTATO	<b>Rn</b> RADÓN							
110 (281)	111 (280)	112 (285)	113 (286)	114 (287)	115 (288)	116 (293)	117 (293)	118 (294)							
<b>Ds</b> DARMSTADTIO	<b>Rg</b> ROENTGENIO	<b>Cn</b> COPERNICIO	<b>Nh</b> NIHONIO	<b>Fl</b> FLEVORIO	<b>Mc</b> MOSCOVIO	<b>Lv</b> LIVERMORIO	<b>Ts</b> TENESO	<b>Og</b> OGANESÓN							

63 151,96	64 157,25	65 158,93	66 162,5	67 164,93	68 167,26	69 168,93	70 173,04	71 174,97
<b>Eu</b> EUROPIO	<b>Gd</b> GADOLINIO	<b>Tb</b> TERBIO	<b>Dy</b> DISPROSIO	<b>Ho</b> HOLMIO	<b>Er</b> ERBIO	<b>Tm</b> TULIO	<b>Yb</b> ITERBIO	<b>Lu</b> LUTECIO
95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (252)	100 (257)	101 (258)	102 (259)	103 (262)
<b>Am</b> AMERICIO	<b>Cm</b> CURIO	<b>Bk</b> BERQUELIO	<b>Cf</b> CALIFORNIO	<b>Es</b> EINSTENIO	<b>Fm</b> FERMIO	<b>Md</b> MENDELEVIO	<b>No</b> NOBELIO	<b>Lr</b> LAURENCIO

Elementos que forman gases nobles

Elementos lantánidos

Elementos actínidos



## Apéndice 6 Medidas de seguridad para el trabajo en el laboratorio

### Códigos de riesgos y seguridad de las sustancias químicas a utilizar en las actividades experimentales

Compuestos, mezclas, disoluciones	Códigos de riesgos	Códigos de seguridad
hidróxido de sodio	R 336-38	S 26
ácido sulfúrico	R 35	S <sub>26</sub> -30-45
etanol	R 11	S <sub>7</sub> S <sub>16</sub>
anhídrido acético	R 10-35	S 23-26-45
hidróxido de calcio	no listado	
cloroformo	R 25-67	S 7-23-61-62
hexano	R 11-38-48/20-51/53-62-65-67	S 9-16-29-33-36/37-61-62
aceite de cocina	no listado	
clara de huevo desecada	no listado	

### Códigos de riesgos particulares y sus significados

Códigos	Significados
8	Contacto con material combustible, puede causar fuego
10	Inflamable
11	Altamente inflamable
12	Extremadamente inflamable
19	Puede formar peróxidos explosivos
22	Dañino si se ingiere
25	Tóxico si se ingiere





## Apéndice 7 Experimentos de clase

### *Experimento de clase 1 Propiedades generales de las sustancias orgánicas e inorgánicas. Comparación*

#### *Introducción*

Los compuestos orgánicos poseen propiedades generales que los identifican de los compuestos inorgánicos, entre estas mencionamos a la solubilidad en disolventes polares y apolares, la combustibilidad y la fusibilidad.

1. ¿Por qué una sustancia orgánica como el eteno es soluble en benceno (apolar), pero no en agua?
2. Di el nombre de las fuerzas que mantienen unidas a las moléculas en cada muestra.
3. Representa un esquema de la combustión completa del etanol.

Reactivos y útiles para la demostración	Cantidad
Tubos de ensayo	15
Vasos de precipitado	2
Mechero u hornilla	2
Cápsula de porcelana	6
Varilla de vidrio maciza (agitador)	1
Fósforos o fosforera	
Disolvente apolar (según su dotación)	15 mL
Agua destilada	40 mL
Manteca	muestra dada
Parafina	muestra dada
Etanol	50 mL
Hexano	50 mL
Cloruro de sodio	12 g

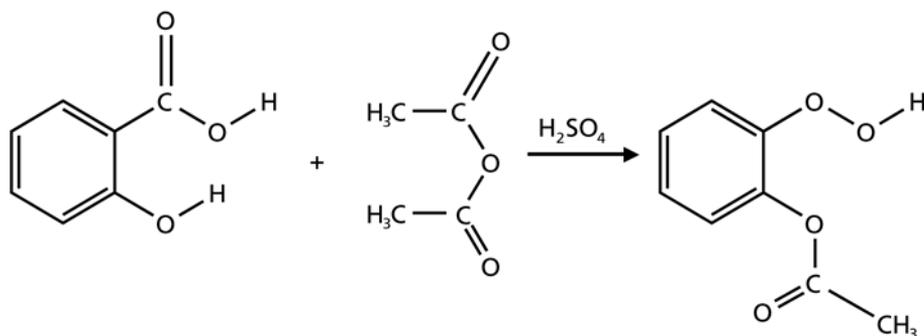








La reacción de obtención es una esterificación; pero, en este caso, es la reacción de un ácido con un derivado de ácido (anhídrido etanoico) dando lugar a un éster y un ácido proveniente del anhídrido.



**Fig. 3** Reacción de obtención

Reactivos y útiles para la demostración	Cantidad
Matraz de fondo redondo	1
Trocitos de porcelana	2 o 3
Termómetro	1
Probeta de 10 mL y de 25 mL	1 c/u
Gotero o frasco gotero	1
Balanza analítica	1
Cucharilla con espátula	1
Papel de filtro	2
Cristalizadora	1
Tubo refrigerante( condensador)	1
Soporte universal ( varilla y base)	1
Pinzas	1
Hornilla	1
Muestra de ácido salicílico	3 g (para masar 2,5 g)
Anhídrido acético	10 mL (para medir 5 mL)
Ácido sulfúrico concentrado	5 mL para utilizar 3 o 4 gotas





## Apéndice 8 Prácticas de laboratorio

### *Práctica de laboratorio 1 Determinación cualitativa de carbono, hidrógeno, nitrógeno y cloro en compuestos orgánicos*

#### *Introducción*

La presencia de carbono e hidrógeno en las sustancias orgánicas líquidas y sólidas se puede determinar por su oxidación debido al óxido de cobre II y comprobando la presencia de agua y dióxido de carbono que se produce.

La presencia de cloro se puede comprobar por el calentamiento de la sustancia orgánica que lo contiene, con cobre.

El cloro forma sales volátiles con el cobre, las cuales colorean de verde la llama de un mechero. El nitrógeno puede determinarse por calentamiento de la sustancia orgánica que lo contiene, con cal sodada ( $\text{CaO} + \text{NaOH}$ ) y comprobando la formación de amoníaco gaseoso.



**Fig. 1** Calentamiento de la sustancia

#### *Preguntas previas*

1. ¿Qué tipo de agente es el óxido de cobre II, oxidante o reductor? Argumenta.





### Práctica de laboratorio 3 Obtención de jabón

#### Introducción

El jabón es un agente limpiador que se obtiene a partir de la reacción química entre un álcali, generalmente NaOH o KOH y alguna grasa animal o vegetal, mediante un proceso llamado *saponificación*. Es decir, es la sal de sodio o potasio de un ácido graso que se forma por la reacción de las grasas con un álcali.

La ecuación química siguiente ilustra un ejemplo de saponificación (figura 3):

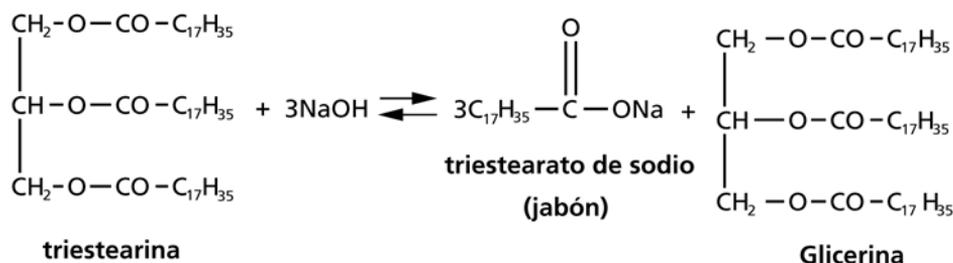


Fig. 3 Saponificación





## Apéndice 9 Útiles de uso más frecuente en el laboratorio de química

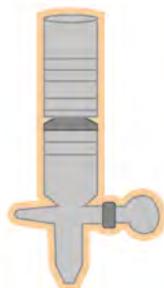
Los útiles de laboratorio se pueden clasificar en:

- I) Recipientes de medición
- II) Recipientes de usos varios
- III) Utensilios de usos varios y de usos especializados
- IV) Materiales de metal
- V) Equipos

A continuación, se ofrecen los nombres y las características de estos.

### I) Recipientes de medición

**Bureta:** tubo cilíndrico con una llave de paso en su extremo inferior para controlar la salida del líquido (figura 1). Está graduada en mililitros y en décimas de mililitros. Se emplea para verter con exactitud volúmenes variables de un líquido. En las buretas de llave esmerilada, el macho de la llave (de forma cónica truncada) se ajusta a una arandela, una liga u otro dispositivo adecuado. Este tipo de bureta se usa para líquidos o disoluciones ácidas, y casi nunca para disoluciones alcalinas, pues el álcali suele trabar la

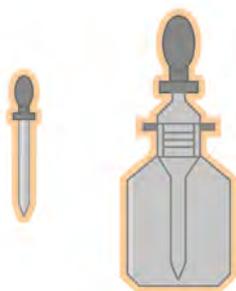


**Fig. 1** Bureta

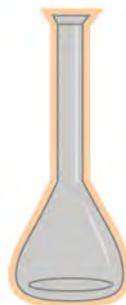
junta esmerilada de la llave de vidrio, por la formación de carbonato, al reaccionar el dióxido de carbono de la atmósfera con la disolución alcalina.

**Cuentagotas o gotero:** por lo general es un tubo de vidrio con un tramo más estrecho en un extremo y cerrado por el otro con un dedil de goma. Se utiliza cuando es necesario añadir un líquido gota a gota, sin considerar con precisión su volumen. En esta operación puede emplearse también un frasco cuentagotas, que es un frasco de boca estrecha, cuya tapa, de rosca o esmerilada, tiene un gotero (fig. 2).

**Matraz aforado:** recipiente volumétrico, de fondo plano y con un cuello largo y estrecho (angosto) donde se encuentra la marca de enrase que indica el volumen de líquido que debe contener. El cuello es angosto para que un pequeño cambio en el volumen del líquido provoque una considerable diferencia en la altura del menisco y el error que se cometa al llevar este hasta el enrase sea, en consecuencia, muy pequeño. Está provisto de un tapón de vidrio o de plástico. Se usa para preparar con exactitud disoluciones de concentración conocida. Es un error medir el volumen de un líquido a una temperatura diferente a la que está aforado el matraz (generalmente 20 °C) (fig. 3).



**Fig. 2** Cuentagotas o gotero



**Fig. 3** Matraz aforado

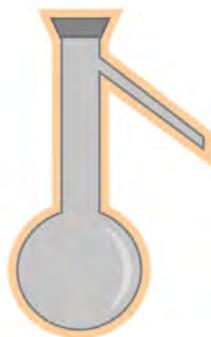


utiliza en los montajes de aparatos, para calentar líquidos y sólidos que han de reaccionar en frío o en caliente. Se calienta por medio de una tela metálica amiantada, de un baño de maría o de un baño de arena, seco y sostenido por el cuello, con una pinza de extensión, a un soporte universal. Existen balones de diferente capacidad y tamaño (fig. 6).



**Fig. 6** Balón

**Balón de destilación:** recipiente de vidrio resistente, de fondo redondo, generalmente de cuello largo y estrecho, y con tubuladura lateral descendente, la cual permite la salida de los vapores. Se emplea para destilar disoluciones. El calentamiento se realiza de la misma forma descrita para el balón (fig. 7).



**Fig. 7** Balón de destilación





o disoluciones, sin que ocurra gran pérdida por vaporización. También se emplea para recoger destilados. Se fabrica de una sustancia resistente al calor y de diferente capacidad y forma (boca ancha y boca estrecha) (fig. 13).



**Fig. 13** Erlenmeyer

**Frasco:** recipiente de boca ancha o estrecha, de vidrio u otra sustancia, que sirve para contener sólidos, líquidos y en ocasiones gases. Posee una tapa esmerilada o de rosca. Se fabrica de diferente tamaño y color. Los líquidos se guardan en frascos de boca estrecha, los sólidos en los de boca ancha, las sustancias sensibles a la luz en los de color ámbar, las sustancias corrosivas en los que tienen tapón y capuchón esmerilados y las disoluciones (como las de sosa y potasa) que sueldan fácilmente los tapones esmerilados en los de tapón de caucho. Todos los frascos con sustancias deben tener su etiqueta (fig. 14).



**Fig. 14** Frasco













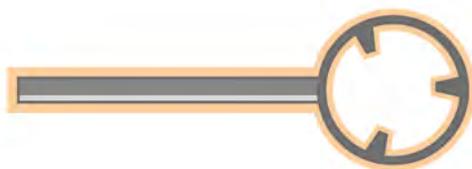






## IV) Materiales de metal

**Aro o anilla:** utensilio de metal compuesto de dos partes. Una parte tiene la forma de un aro que puede ser de diferentes diámetros. La otra parte es un tubo macizo y recto, con mordaza o sin ella. En este último caso se requiere de una mordaza para fijar el aro al soporte universal. Se usa para colocar el embudo de separación cuando se va a decantar dos líquidos inmiscibles entre sí, otro embudo cuando se desea filtrar, o la tela metálica amiantada, sobre la cual se pone un recipiente o una sustancia que sea necesario calentar (fig. 34)



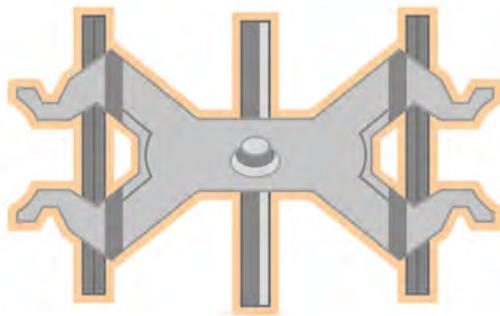
**Fig. 34** Aro o anilla

**Cucharilla de combustión:** presenta un mango largo y en su extremo tiene una cavidad en forma de copilla, en la cual se deposita la sustancia que se desea calentar. Se emplea para el ensayo de la combustión de varias sustancias sólidas en atmósfera de ciertos gases, por ejemplo, de dióxigeno. Por lo general es de hierro (fig. 35).



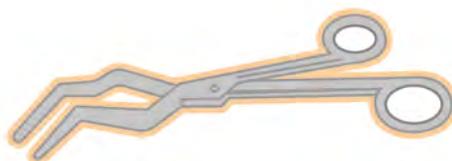
**Fig. 35** Cucharilla de combustión





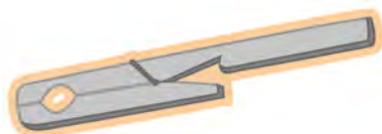
**Fig. 38** Pinza para bureta

**Pinza para crisol:** Instrumento de metal en forma de X con el cual se puede agarrar un crisol o una cápsula de porcelana caliente (fig. 39).



**Fig. 39** Pinza para crisol

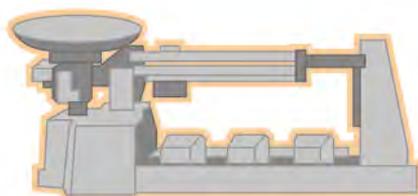
**Pinza para tubo de ensayos:** Instrumento de metal o de madera. Se usa para sujetar un tubo de ensayos que esté caliente, que contenga una o más sustancias que sea necesario calentarlas para que reaccionen o en el que se vaya a verter una sustancia sólida o líquida (fig. 40).



**Fig. 40** Pinza para tubo de ensayos







**Fig. 45** Balanza

**Mechero de alcohol:** consta de tres partes: una base o recipiente que se utiliza como depósito de combustible (etanol o alcohol etílico) y que termina en una boquilla de menor diámetro, un tapón con aditamento para la mecha y una tapa o casquete para cubrir la mecha y apagar la llama. Es la fuente de calor más comúnmente empleada en el laboratorio escolar. Puede ser de vidrio, de metal o plástico (fig. 46).



**Fig. 46** Mechero de alcohol

Con el fin de evitar un incendio u otro tipo de accidente, al trabajar con el mechero de alcohol deben cumplirse las medidas siguientes:

1. Manipula el mechero con cuidado para evitar que se derrame el alcohol.
2. Enciende el mechero con un fósforo y no con otro mechero encendido.
3. No añadas alcohol al mechero cuando está encendido.





## **Aclaración necesaria**

Con el ánimo de brindar a nuestros estudiantes las oportunidades de adentrarse más en el conocimiento de esta fascinante disciplina, se han añadido a este libro de Química 12.º grado algunos anexos que, esperamos, te ayuden a encontrar las bellezas de esta ciencia y la explicación a algunos fenómenos de la vida que nos rodea, relacionados con los contenidos recibidos a lo largo de estos años de preuniversitario.

Son el producto del trabajo de un equipo de profesores, encabezados por el Licenciado en Química y Profesor asistente en la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) Ariel Luis Pérez y el Colectivo de profesores de la disciplina Química en la carrera de Ingeniero en Bioinformática de la UCI.

Si logramos motivarte y que desees continuar profundizando en esta ciencia, nos sentiremos satisfechos.

*Colectivo de autores  
del libro de texto Química 12.º grado*

# ANEXOS

## Masas molares de algunas sustancias

### Sustancias simples

#### Metales y no metales

Metales	$M(X)/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	No metales	$M(X)/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Ag	108	As	75
Al	27	At <sub>2</sub>	420
Ba	137	B	11
Ca	40	Br <sub>2</sub>	160
Co	59	C	12
Cr	52	Cl <sub>2</sub>	71
Cu	64	F <sub>2</sub>	138
Fe	56	H <sub>2</sub>	2
K	39	I <sub>2</sub>	254
Li	7	N <sub>2</sub>	28
Mg	24	O <sub>2</sub>	32
Na	23	P <sub>4</sub>	124
Ni	59	S <sub>8</sub>	256
Pb	207	Se	79
Sn	119	Si	28
Zn	65	Te	128

### Sustancias compuestas

#### Óxidos

Óxidos metálicos	$M(X)/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	Óxidos no metálicos	$M(X)/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Ag <sub>2</sub> O	232	CO	28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	102	CO <sub>2</sub>	44
BaO	153	Cl <sub>2</sub> O	87
CaO	56	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	183
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	152	I <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	334

Óxidos metálicos	$M(X)/g \cdot mol^{-1}$	Óxidos no metálicos	$M(X)/g \cdot mol^{-1}$
$Cu_2O$	144	NO	30
CuO	80	$NO_2$	46
FeO	72	$N_2O_6$	108
$Fe_2O_3$	160	$P_2O_5$	142
HgO	217	$SO_2$	64
$K_2O$	94	$SO_3$	80
$Li_2O$	30	$SiO_2$	60
MgO	40		
$Na_2O$	62		
NiO	75		
$Ni_2O_3$	166		
PbO	223		
ZnO	81		

## Hidróxidos

Hidróxidos metálicos	$M(X)/g \cdot mol^{-1}$	Hidróxidos no metálicos	$M(X)/g \cdot mol^{-1}$
AgOH	125	$H_3BO_3$	62
$Al(OH)_3$	78	$H_2CO_3$	62
$Ba(OH)_2$	171	$HClO_4$	100,5
$Ca(OH)_2$	74	$HNO_2$	47
CuOH	81	$HNO_3$	63
$Cu(OH)_2$	98	$H_3PO_3$	82
$Cr(OH)_3$	103	$H_3PO_4$	98
$Fe(OH)_2$	90	$H_2SO_3$	82
$Fe(OH)_3$	107	$H_2SO_4$	98
KOH	56	<b>Compuestos binarios hidrogenados</b>	$M(X)/g \cdot mol^{-1}$
LiOH	24	$H_2O$	18



Sales binarias	$M(X)/g \cdot mol^{-1}$	Oxisales	$M(X)/g \cdot mol^{-1}$
KI	166	$K_2SO_3$	158
$K_2S$	71	$K_2SO_4$	174
$MgBr_2$	184	$MgCO_3$	84
$MgCl_2$	95	$Mg(NO_3)_2$	148
$MgI_2$	278	$MgSO_4$	120
$MgS$	56	NaClO	74,5
$MnCl_2$	126	$Na_2CO_3$	106
NaBr	103	$NaHCO_3$	84
NaCl	58,5	$NaHSO_4$	120
NaI	150	$NaNO_3$	85
$Na_2S$	78	$Na_2SO_3$	126
$NiCl_2$	130	$Na_2SO_4$	142
NiS	91	$Na_2SiO_3$	122
$PbCl_2$	278	$NH_4Cl$	53,5
PbS	239	$NH_4NO_3$	80
$ZnBr_2$	225	$(NH_4)_2SO_4$	132
$ZnCl_2$	136	$Pb(NO_3)_2$	331
$ZnI_2$	319	$Zn(NO_3)_2$	189
ZnS	97	$ZnSO_4$	161



**Tabla de solubilidad**

Iones	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
OH <sup>-</sup>	S	S	S	—	S	P	I	I	I	I	I	I	I	I
Cl <sup>-</sup>	S	S	S	I	S	S	S	S	S	P	S	S	S	S
I <sup>-</sup>	S	S	S	I	S	S	S	S	S	I	S	—	S	S
S <sup>2-</sup>	S	S	S	I	I	—	—	I	I	I	I	I	—	I
NO <sub>3</sub>	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	S	S	S	P	P	P	P	P	—	I	P	—	—	—
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	S	S	S	P	I	P	S	S	S	P	S	S	S	S
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	S	S	S	P	P	I	P	—	—	I	I	—	—	—
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	S	S	S	P	I	P	—	I	—	I	I	—	—	I
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	S	S	S	P	I	I	I	I	—	P	I	P	I	I

**Leyenda:**

**S:** sustancia soluble.

**P:** sustancia poco soluble.

**I:** sustancia prácticamente insoluble.

**—:** sustancia que se descompone por la acción del agua.



**Entalpía de formación molar de algunas sustancias compuestas en condiciones estándar (100 kPa) y a temperatura 25 °C**

Sustancia	$\Delta H_f^\circ/\text{kJ/mol}$	Sustancia	$\Delta H_f^\circ/\text{kJ/mol}$	Sustancia	$\Delta H_f^\circ/\text{kJ/mol}$
AgCl(s)	-127,0	CuO(s)	-155,3	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1433,7
AgNO <sub>3</sub> (s)	-123,1	Cu(OH) <sub>2</sub>	-791,9	MgCl <sub>2</sub> (s)	-644,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1670,3	CuSO <sub>4</sub> (s)	-769,8	MgCO <sub>3</sub> (s)	-1112,9
Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub> (s)	-508,9	FeO(s)	-265,6	MgO(s)	-602,0
BaCl <sub>2</sub> (s)	-860,4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-822,2	Mg(OH) <sub>2</sub> (s)	-924,7
BaO(s)	-1216,7	Fe(OH) <sub>3</sub> (s)	-824,5	NaCl(s)	-411,0
BaSO <sub>4</sub> (s)	-1465,6	FeS(s)	-96,2	Na <sub>2</sub> O(s)	-416,0
CH <sub>4</sub> (g)	-74,9	HBr(g)	-36,2	NaOH(s)	-427,0
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	+226,8	HCl(g)	-92,3	NaNO <sub>3</sub> (s)	-466,9
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	+52,3	HF(g)	-268,6	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1384,5
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-84,7	HI(g)	+25,9	NH <sub>3</sub> (g)	-46,2
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (g)	-103,9	H <sub>2</sub> O(g)	-241,9	NH <sub>4</sub> Cl(s)	-315,4
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	-146,2	H <sub>2</sub> O(l)	-285,9	NO(g)	+90,4
CO(g)	-110,6	HNO <sub>3</sub> (l)	-174,1	NO <sub>2</sub> (g)	+33,9
CO <sub>2</sub> (g)	-393,6	H <sub>2</sub> S(g)	-20,6	PH <sub>3</sub> (g)	+23,0
CaCl <sub>2</sub> (s)	-795,2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)	-811,3	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (l)	-1531,0
CaCO <sub>3</sub> (s)	-1207,0	HgO(s)	-90,1	PbO(s)	-217,3
CaO(s)	-635,5	KCl(s)	-436,0	PbSO <sub>4</sub> (s)	-919,9
Ca(OH) <sub>2</sub> (s)	-986,6	K <sub>2</sub> O(s)	-361,6	SO <sub>2</sub> (g)	-296,2
CaSO <sub>4</sub> (s)	-1432,7	KOH(s)	-425,8	SO <sub>3</sub> (g)	-395,3





## *Un lamentable hecho que desentrañó un misterio*

### *El desastre de la talidomida*

Imagina descubrir un medicamento que calma el sueño y las náuseas, que parece sencillo y seguro, y que en poco tiempo se convierte en una tragedia de alcance internacional. Esa es la historia de la talidomida: un fármaco lanzado en la década de 1950 que, durante años, fue recetado como sedante y como solución contra las náuseas del embarazo. Al principio, la noticia pareció buena: mujeres que antes sufrían intensamente encontraron alivio. Pero pronto se observó un patrón devastador: nacían bebés con malformaciones de las extremidades y otros problemas congénitos. Las estimaciones sugieren que entre 10 000 y 20 000 niños en todo el mundo pudieron verse afectados por estos daños, y la magnitud humana del suceso impulsó cambios profundos en la ciencia y la regulación sanitaria.

¿Por qué ocurrió algo así desde el punto de vista químico? Aquí es donde entra una de las lecciones más fascinantes y a la vez inquietantes de la talidomida: la importancia de la estereoquímica (existencia de moléculas con la misma fórmula molecular, pero con una disposición diferente de los átomos en el espacio, isómeros). Muchas moléculas –y la talidomida es un ejemplo clásico– existen en dos formas especulares llamadas enantiómeros, como nuestras manos izquierda y derecha. Aunque comparten la misma fórmula, su “orientación” en el espacio difiere, y en biología eso puede cambiarlo todo. Durante años se dijo que un enantiómero (el llamado R) aliviaba las náuseas, mientras que el otro (el S) causaba las malformaciones. Sin embargo, la realidad química resultó ser todavía más compleja: en el cuerpo la talidomida puede racemizar, es decir, los enantiómeros pueden convertirse uno en el otro, de modo que administrar solo uno no evitaba el riesgo. Además, las proteínas





## ¿Recuerdas? Medioambiente, capa de ozono...

### *Clorofluorocarbonos (CFC): pequeñas moléculas, gran agujero*

En la década de 1930, los clorofluorocarbonos (CFC) aparecieron en escena como una solución innovadora para refrigerantes y aerosol. Estos compuestos se promocionaban como seguros, estables y no inflamables, convirtiéndolos en el remedio ideal para diversas aplicaciones industriales y domésticas. Sin embargo, esta aparente perfección se desmoronó cuando se descubrió que su destino final podría ser mucho más problemático de lo que se imaginaba.

Una vez que los CFC alcanzan la estratosfera, donde la contaminación es menos densa, la energía de la radiación ultravioleta (UV) actúa de manera destructiva. Este tipo de radiación es capaz de romper los enlaces C-Cl en las moléculas de CFC, liberando átomos de cloro. Estos átomos son altamente reactivos y se convierten en catalizadores en una cadena de reacciones que pueden destruir miles de moléculas de ozono.

La disminución del ozono en la estratosfera se traduce en un aumento de la radiación UV que llega a la superficie de la Tierra. Este fenómeno tiene consecuencias devastadoras tanto para la salud humana, con un incremento en la tasa de cáncer de piel, como para los ecosistemas, que dependen del equilibrio del ozono para protegerse de la radiación dañina.

El descubrimiento del papel perjudicial de los CFC llevó a la comunidad internacional al Protocolo de Montreal en 1987, un acuerdo significativo para eliminar el uso de estas sustancias peligrosas. Este caso subraya una enseñanza valiosa desde el punto de vista químico: la estabilidad de un compuesto en la troposfera no garantiza que sea inocuo. La persistencia y el comportamiento atmosférico de una molécula son factores cruciales para evaluar su impacto ambiental.





















### ***La Ley periódica: ¿una utopía?***

Uno de los rasgos más admirables —y hoy casi poéticos— del trabajo de Dimitri Mendeleiev fue su valentía para admitir la ignorancia. Cuando, al ordenar los elementos conocidos por sus propiedades, advertía que faltaba un eslabón, no lo tapaba con trucos: dejaba un hueco en la tabla. Aquel gesto sencillo —dibujar un espacio en blanco donde la intuición decía que debía estar algo todavía desconocido— fue la semilla de algunas de las predicciones científicas más espectacularmente acertadas del siglo XIX.

Cuando Mendeleiev se detuvo ante el lugar situado justo debajo del silicio, lo llamó ekasilicio —“eka” viene del sánscrito y significa “uno”, la forma elegante en la que él señalaba «el elemento que está una posición más abajo». Usó el silicio y el estaño, dos vecinos con quimismos muy diferentes (el primero más tipo no metal, el segundo con comportamiento metálico) como referencia para dibujar las fronteras de lo posible: ¿qué masa atómica tendría?, ¿cuál sería su densidad aproximada?, ¿qué óxidos formaría?, ¿cuántos enlaces tendería a hacer? y ¿cómo reaccionaría con el oxígeno o con los ácidos? No eran simples conjeturas: Mendeleiev combinaba observación, patrones y una intuición matemática que, a ojos de entonces, parecía casi alquimia racional.

La pregunta “¿dónde está el ekasilicio?” quedó rondando en laboratorios y gabinetes químicos. La respuesta llegó tiempo después y con su propia anécdota: en 1886, Clemens Winkler, químico alemán, examinando un mineral procedente de una mina en Freiberg, encontró un conjunto de propiedades que no encajaban con ningún elemento conocido. Tras separar meticulosamente impurezas y analizar los productos, aisló un nuevo elemento: lo llamó germanio por su país de origen. Fue la confirmación experimental de una predicción teórica hecha diecisiete años antes. En otras palabras,

Mendeleiev había escrito en su tabla el contorno de una figura que otros, con paciencia experimental, colorearon años más tarde.

¿Por qué costó tanto encontrarlo? Desde el punto de vista práctico y geológico hay varias razones. El elemento resultó ser relativamente escaso en la corteza terrestre y no aparece en pepitas puras: está “escondido” en minerales, mezclado con otros metales y distribuido en cantidades diminutas. Además, sus propiedades químicas lo hacen similar a otros elementos del mismo grupo —la columna que comparte con el carbono, el silicio y el estaño— lo que complica su separación química con los métodos de la época. En suma, para los químicos del siglo XIX era como buscar una aguja escasa en montañas de paja parecida.

Desde la química molecular hay una lección preciosa detrás de este episodio. Los elementos de una misma columna de la tabla periódica comparten el mismo número de electrones de valencia: en el caso del grupo 14 (VIA) (carbono, silicio, germanio, estaño, plomo) son cuatro. Esos cuatro electrones dictan las tendencias de valencia (la capacidad de formar hasta cuatro enlaces), los tipos de enlaces que predominan (covalentes o metálicos) y, con ello, las propiedades macroscópicas: dureza, conductividad eléctrica, comportamiento frente al oxígeno y más. Pero hay matices. A medida que bajamos en la columna, los átomos se vuelven más grandes, los electrones de la capa externa están menos fuertemente ligados al núcleo por efecto de apantallamiento y cambian las energías relativas de los orbitales: el resultado es que el comportamiento químico va transformándose gradualmente, en una escala continua que Mendeleiev supo leer.

El germanio, por ejemplo, se ubica entre el silicio y el estaño: comparte con el silicio la tendencia a formar redes covalentes y, con el estaño, ciertas características metálicas. A nivel molecular esto se traduce en que el germanio puede comportarse como semiconductor: sus electrones ocupan bandas de energía con una separación











### *Una anécdota química: el poder de un azúcar*

Imagina la glucosa, el azúcar más simple y fundamental para tu cuerpo. La glucosa es un carbohidrato con la fórmula  $C_6H_{12}O_6$ . Cuando tu cuerpo la “quema” (oxida) en un proceso controlado, los enlaces C – H, C – C y C – O se rompen y se reorganizan para formar dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y agua ( $H_2O$ ). Cada gramo de glucosa (o de un carbohidrato similar) libera aproximadamente 4 kilocalorías de energía. Esa energía liberada es la que tus células usan para realizar sus funciones. Es como si cada molécula de glucosa fuera un pequeño motor que, al “quemarse”, te diera el combustible para seguir adelante.

Te invitamos a que busques la “Tabla de entalpía de combustión de alimentos”, en el libro *Físicoquímica*, de R. A. Aristegui, publicado por la Editorial Santillana, en 2001 y que puedes encontrar en Google.

En esta tabla encuentras una maravilla de la química. Es como un encontrar una lista de “combustibles para tu cuerpo, pero en lugar de gasolina, tienes carbohidratos, grasas y proteínas. La entalpía de combustión es la cantidad de calor liberado cuando una sustancia se quema completamente en presencia de oxígeno. Los químicos miden esta energía liberada (generalmente en kJ/mol o kcal/g) para cada tipo de nutriente.

Piensa en la tabla como un “menú energético” que te dice cuántas kilocalorías (y, por ende, cuánta energía térmica) tu cuerpo puede extraer de 100 gramos de ese alimento. Por ejemplo, la tabla te dirá que:

- Los carbohidratos (como la glucosa) y las proteínas aportan aproximadamente 4 kcal/g.
- Las grasas, que son moléculas más densas en energía química y tienen más enlaces C–H y C–C, aportan unas 9 kcal/g. ¡Por eso son una fuente de energía más concentrada!















## ***¡El color del delito! Cómo un cambio químico detecta al conductor ebrio***

¿Alguna vez te has preguntado cómo la policía sabe si alguien ha bebido demasiado para conducir? No, no es magia ni adivinanza. Es pura química, y la herramienta se llama alcoholímetro. Y lo más sorprendente es que esta prueba se basa en algo tan común como tu propio aliento ¡y en un cambio de color muy revelador!

### *El aliento habla un lenguaje químico secreto*

El alcohol que consumimos, principalmente el etanol, entra en nuestro torrente sanguíneo. Pero no se queda solo allí. Una pequeña parte de este alcohol viaja hasta nuestros pulmones y se mezcla con el aire que exhalamos. ¡Sí, tu aliento puede ser un pequeño laboratorio de química en movimiento! Los científicos han descubierto que la cantidad de alcohol en tu aliento está directamente relacionada con la cantidad de alcohol en tu sangre. Es como si tu aliento fuera un espejo que refleja el nivel de alcohol en tu cuerpo.

### *El "químico" del alcoholímetro: un cambio de color explosivo*

Cuando un conductor es sometido a la prueba del alcoholímetro, el aire exhalado pasa a través de un dispositivo que contiene una sustancia química especial: una disolución ácida de dicromato de potasio. Esta sustancia, con ese nombre tan imponente, tiene un color característico, entre amarillo y naranja intenso.

Ahora, aquí viene la parte interesante. Cuando el etanol de tu aliento entra en contacto con esta disolución, ocurre una reacción química dramática, una verdadera transformación de colores:

- 1.** El alcohol se transforma: el etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), el tipo de alcohol que bebemos, actúa como un agente reductor en esta reacción. Piensa en él como un dador de electrones. En presencia





## ***El color que salva vidas: ¡el mágico cambio de color que detecta el azúcar!***

¿Alguna vez te has preguntado cómo los científicos y hoy en día las personas con diabetes, saben si hay azúcar en la orina? No es adivinación, ¡es un truco de química ingenioso que utiliza un cambio de color como señal de alerta! Y todo gracias a dos brillantes químicos, Hermann von Fehling y el Dr. Stanley Benedict, quienes descubrieron reacciones que son como “detectives moleculares” de azúcares.

### ***El dilema del azúcar y el descubrimiento de Fehling***

Allá por 1849, un químico alemán llamado Hermann von Fehling se enfrentaba a un desafío: cómo identificar la presencia de azúcares reductores, como la glucosa, en una mezcla. Los azúcares reductores tienen una propiedad química especial: son agentes reductores, es decir, pueden donar electrones a otras moléculas. Esta capacidad de “donar electrones” es clave para una reacción que cambia de color.

Fehling ideó una solución azul brillante que contenía iones de cobre con carga +2 ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Cuando esta solución azul se mezclaba con un azúcar reductor (como la glucosa) y se calentaba suavemente, ¡ocurría la magia! El azúcar reductor, en una reacción química, se oxidaba (perdían electrones y se transformaban en ácido acético, por ejemplo) y, al hacerlo, donaba electrones a los iones de cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Estos iones de cobre, al recibir electrones, se reducían y cambiaban a un estado de oxidación menor, formando iones de cobre(I) ( $\text{Cu}^+$ ).

¡Y aquí viene la pista visual! Los iones de cobre(I) no son azules; forman un compuesto llamado óxido de cobre(I) ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), que precipita como unas diminutas partículas de color rojo ladrillo. ¡Así, de un azul transparente a un rojo ladrillo turbio, Fehling tenía una señal inequívoca de la presencia de azúcares reductores!







## ***¡Comer para vivir! La fascinante química de la energía que nos mueve***

¿Alguna vez te has preguntado de dónde saca tu cuerpo la energía para correr, pensar, aprender o incluso para simplemente respirar? ¡La respuesta está en tu plato! Cada vez que sientes hambre, es tu cuerpo enviándote una señal: «¡Necesito combustible!». Y ese combustible viene en forma de alimentos, que son verdaderas «baterías químicas» esperando ser descargadas.

### *El gran químico Lavoisier y su curiosidad sobre el calor*

Hace mucho tiempo, un científico francés llamado Antoine Lavoisier (a menudo llamado el “padre de la química moderna”) se hizo una pregunta fundamental: ¿De dónde viene el calor cuando quemamos algo, como la madera o el carbón? ¡Era un misterio que lo intrigaba profundamente!

Lavoisier era un observador increíblemente curioso. Pensó que la respuesta debía estar en la combustión, en la reacción que ocurre cuando algo “arde”. Se dio cuenta de que los materiales que arden, como el carbón o el aceite, son ricos en carbono. Y cuando arden, se unen al dióxigeno ( $O_2$ ) del aire para formar dióxido de carbono ( $CO_2$ ) ¡El carbono se oxida!

### *La chispa de la inspiración: el cuerpo humano como un motor de combustión lenta*

Fue entonces cuando a Lavoisier se le ocurrió una idea brillante, casi revolucionaria: ¿Y si nosotros, los seres vivos, funcionamos de manera similar a una llama? Pensó que, si al quemar combustible se libera calor y  $CO_2$  y si nuestro cuerpo también consume oxígeno y produce dióxido de carbono (¡lo que hacemos al respirar!), entonces quizás nosotros también obtenemos nuestra energía de una especie de “combustión lenta” de los alimentos.

















































# BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO, J. y J. PEREIRA: *Química Inorgánica I*, t. I y II, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2001.
- CEDRÓN, M. H. y otros: *Química general*, Ed. Félix Varela, La Habana, 2012.
- CHANG, R.: *Química*, McGraw-Hill Interamericana Editores S.A., México, 2002.
- Colectivo de autores: *Química General*, 10.<sup>a</sup> edición, McGraw-Hill Interamericana Editores S.A., México, 2010.
- Colectivo de autores: *Química. Octavo grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1986.
- Colectivo de autores: *Química. Noveno grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1979.
- Colectivo de autores: *Química. Secundaria Básica*, Parte 1, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1991.
- Colectivo de autores: *Química. Secundaria Básica*, Parte 2, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1991.
- Colectivo de autores: *Química. Décimo grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1989.
- Colectivo de autores: *Química. Décimo grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1992.
- Colectivo de autores: *Química. Onceno grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1979.
- Colectivo de autores: *Química. Onceno grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1990.



- LUDER, W. F. y otros: *Química general*, Ed. Alambra S.A., Madrid, 1997.
- MESA, G. F.: *La creatividad en las actividades prácticas*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1986.
- MESA, G. F. y otros: *Química oncenno grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1990.
- MINCHENKOV, E. E.: *Algunas cuestiones sobre la metodología de la enseñanza de la Química*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1983.
- MINED: *Software educativo Redox*. Col. Futuro, soporte digital, 2005.
- NEKRASOV, B. V.: *Química general*, Ed. Mir, Moscú, 1988.
- NÚÑEZ, J. S.: *Química para explicar la vida*, soporte digital, La Habana, 2008.
- PÉREZ, S. F.: *La Química: un universo a tu alcance*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 1984.
- PETRIANOV, I. V.: *La sustancia más extraordinaria en el mundo*, Ed. Mir, Moscú, 1985.
- PICHS, P. G.: *Técnicas de seguridad*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1988.
- PONJUAN, A.: *Química inorgánica*, t. I y II, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1986.
- Resolución ministerial No. 335. "Listas de sustancias consideradas de efecto similar a las drogas estupefacientes y sicotrópicas sometidas a control nacional." Ministerio de Salud Pública, 2005.
- RIVERA, I. y otros: *Algo que los docentes deben saber sobre las adicciones*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2016.
- SALGADO, L. R.: *Manual de actividades experimentales de Química*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2016.
- SEMISHIN, V.: *Prácticas de química general*, Ed. Mir, Moscú, 1977.
- SOLOMON, G.: *Organic Chemistry*, 11.ª edición, Ed. Wiley, 2014.





# Estructura del diamante

