

Moléculas biológicas



En Corea del Sur se le realizan pruebas a la carne para determinar su origen, luego de que se descubriera un caso de la enfermedad de las vacas locas en ganado proveniente de Estados Unidos.

3.1 ¿POR QUÉ EL CARBONO ES TAN IMPORTANTE EN LAS MOLÉCULAS BIOLÓGICAS?

Probablemente en el supermercado hayas visto “frutas y verduras orgánicas”. Para un químico, tal frase es redundante, ya que todos los vegetales son orgánicos porque están hechos de moléculas biológicas. En química, el término **orgánico** describe las moléculas que tienen una estructura de carbono y que además contienen algunos átomos de hidrógeno. La palabra *orgánico* se deriva de la capacidad de los *organismos* vivos para sintetizar y utilizar este tipo general de moléculas. Entre las moléculas **inorgánicas** están el dióxido de carbono y todas las moléculas que no tienen carbono, como el agua y la sal.

La versatilidad del átomo de carbono es la clave para tener el extenso surtido de moléculas orgánicas, lo cual, a la vez, permite la diversidad de estructuras en los organismos simples e incluso en las células individuales. Un átomo de carbono tiene cuatro electrones en su capa más externa, donde caben ocho. Por ello, un átomo de carbono puede volverse estable al enlazarse con hasta otros cuatro átomos y así formar enlaces dobles o triples. Las moléculas que tienen muchos átomos de carbono pueden adoptar formas complejas como cadenas, ramificaciones y anillos: la base de una extraordinaria diversidad de moléculas.

Sin embargo, las moléculas orgánicas son algo más que estructuras complicadas de átomos de carbono. Al esqueleto

de carbono se unen grupos de átomos, llamados **grupos funcionales**, los cuales determinan las características y la reactividad química de las moléculas. Estos grupos funcionales son mucho menos estables que el esqueleto de carbono y es más probable que participen en las reacciones químicas. Los grupos funcionales comunes que se hallan en moléculas biológicas se presentan en la **tabla 3-1**.



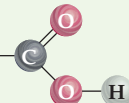

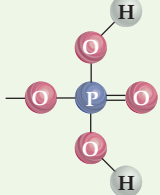
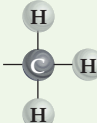
La similitud entre las moléculas orgánicas de todas las formas de vida es consecuencia de dos características principales: el uso del mismo conjunto básico de grupos funcionales en prácticamente todas las moléculas orgánicas en todos los tipos de organismos, y el uso del “enfoque modular” para sintetizar moléculas orgánicas grandes.

3.2 ¿CÓMO SE SINTETIZAN LAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS?

En principio, hay dos formas de crear una molécula grande y compleja: por la combinación de átomos uno tras otro, según un plan muy detallado; o el ensamble, con antelación, de moléculas más pequeñas que luego se unen. Así como los trenes se forman acoplando locomotoras a diversos vagones, la vida también adopta el enfoque modular.

Las moléculas orgánicas pequeñas (como la glucosa) se emplean como subunidades que se combinan para formar moléculas más largas (como el almidón), al igual que con los vagones de un tren. Las subunidades individuales se conocen

Tabla 3-1 Grupos funcionales importantes en las moléculas biológicas

Grupo	Estructura	Propiedades	Se encuentra en
Hidrógeno (—H)		Polar o no polar, dependiendo del átomo de hidrógeno al que se enlace; interviene en las reacciones de deshidratación y de hidrólisis	Casi todas las moléculas orgánicas
Hidroxilo (—OH)		Polar; interviene en las reacciones de deshidratación y de hidrólisis	Carbohidratos, ácidos nucleicos, alcoholes, algunos ácidos y esteroides
Carboxilo (—COOH)		Ácido; interviene en enlaces peptídicos	Aminoácidos, ácidos grasos
Amino (—NH ₂)		Básico; podría unirse a un H ⁺ adicional y así adquirir carga positiva; interviene en enlaces peptídicos	Aminoácidos, ácidos nucleicos
Fosfato (—H ₂ PO ₄)		Ácido; enlaza nucleótidos en los ácidos nucleicos; grupo portador de energía en ATP	Ácidos nucleicos, fosfolípidos
Metilo (—CH ₃)		No polar; tiende a hacer hidrofóbicas a las moléculas	Muchas moléculas orgánicas; muy común en lípidos

como **monómeros** (de las palabras griegas que significan “una parte”); las cadenas largas de monómeros se llaman **polímeros** (“muchas partes”).

Las moléculas biológicas se unen o se desintegran agregando o eliminando agua

En el capítulo 2 aprendiste algunas de las razones por las que el agua es tan indispensable para la vida. No obstante, el agua juega un papel central en las reacciones que descomponen moléculas biológicas para liberar subunidades que el cuerpo pueda utilizar. Además, cuando se sintetizan moléculas biológicas complejas en el cuerpo, a menudo se genera agua como subproducto.

Las subunidades que constituyen moléculas biológicas grandes casi siempre se enlazan mediante una reacción química denominada **síntesis por deshidratación** (literalmente, “formar eliminando agua”). En una síntesis por deshidratación, se elimina un ion hidrógeno (H^+) de una subunidad y también se elimina un ion hidroxilo (OH^-) de una segunda subunidad, para crear así vacíos en las capas de electrones externas en los átomos de ambas subunidades. Esos vacíos se llenan compartiendo electrones entre las subunidades, para generar un enlace covalente que las una. Después, los iones hidrógeno e hidroxilo se combinan para formar una molécula de agua (H_2O) (FIGURA 3-1).

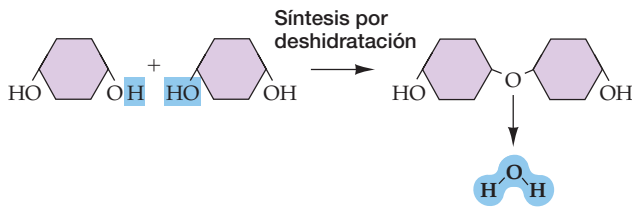


FIGURA 3-1 Síntesis por deshidratación

La reacción inversa, llamada **hidrólisis** (“romper con agua”) divide la molécula y de esta manera la regresa a sus subunidades originales (FIGURA 3-2).

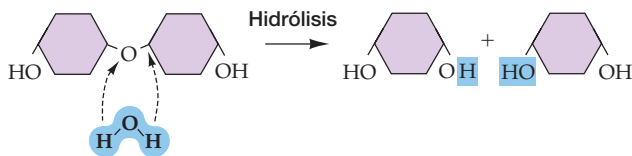


FIGURA 3-2 Hidrólisis

La hidrólisis es la principal forma en que nuestras enzimas digestivas descomponen los alimentos. Por ejemplo, en una galleta salada el almidón está compuesto de una serie de moléculas de glucosa (azúcar simple) (véase la figura 3-8). Las enzimas de la saliva y del intestino delgado fomentan la hidrólisis del almidón en moléculas individuales de azúcar que el cuerpo puede absorber.

Considerando la complejidad de los seres vivos, quizá te sorprenda saber que casi todas las moléculas biológicas pertenecen a sólo cuatro categorías generales: *carbohidratos*, *lípidos*, *proteínas* y *ácidos nucleicos* (tabla 3-2).

3.3 ¿QUÉ SON LOS CARBOHIDRATOS?

Los **carbohidratos** son moléculas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno en proporción aproximada de 1:2:1 o CH_2O . Esta relación explica el origen de la palabra “carbohidrato”, que literalmente significa “carbono más agua”. Todos los carbohidratos son **azúcares** pequeños solubles en agua, o bien, polímeros de azúcar como el almidón. Si un carbohidrato se compone de una sola molécula de azúcar, se le llama **monosacárido** (del griego “un azúcar”). Si se enlazan dos o más monosacáridos, forman un **disacárido** (“dos azúcares”); en tanto que un polímero de muchos monosacáridos es un **polisacárido** (“muchos azúcares”). Mientras que los azúcares y los almidones se utilizan como fuente y reserva de energía en muchos organismos, otros carbohidratos son estructurales. Varios tipos de carbohidratos fortalecen las paredes celulares de vegetales, hongos y bacterias, o incluso forman una armadura protectora sobre los cuerpos de insectos y cangrejos y sus parientes.

Los grupos hidroxilo de azúcares son polares y forman puentes de hidrógeno con agua, haciendo que los azúcares sean solubles en agua. La FIGURA 3-3 ilustra la forma en que un monosacárido (glucosa) forma puentes de hidrógeno con moléculas de agua.

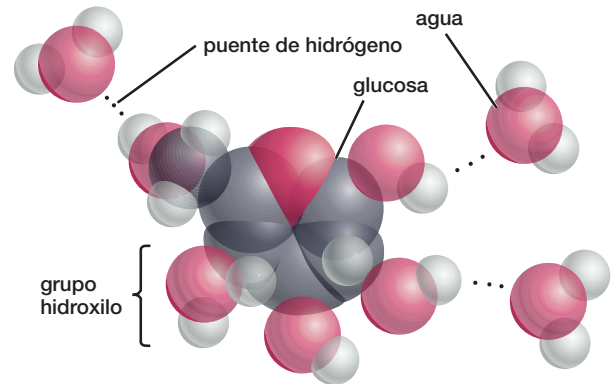


FIGURA 3-3 Azúcar que se disuelve

Hay diversos monosacáridos con estructuras ligeramente distintas

En general los monosacáridos tienen un esqueleto de tres a siete átomos de carbono. La mayoría de estos átomos de carbono tienen unidos tanto un grupo hidrógeno ($-H$) como un grupo hidroxilo ($-OH$), de manera que los carbohidratos en general tienen la fórmula química aproximada $(CH_2O)_n$ donde n es el número de carbonos del esqueleto. Al disolverse en agua, como sucede en el citoplasma de una célula, el esqueleto de carbono de un azúcar, por lo regular, forma un anillo. Los azúcares que se enrollan en forma de anillo pueden

Tabla 3-2 Las principales moléculas biológicas

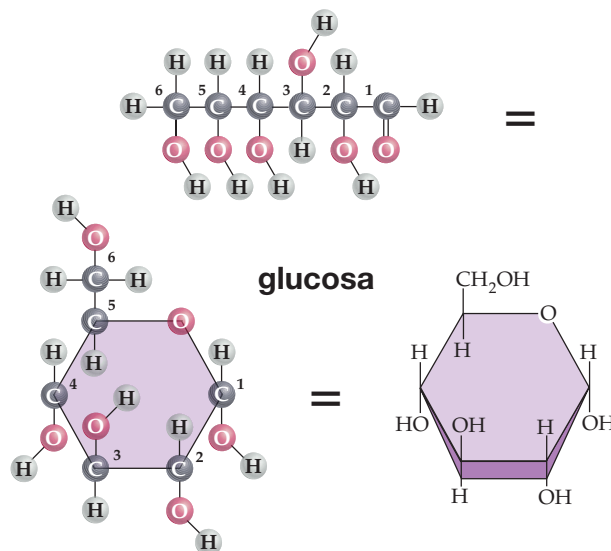
Clase de molécula	Subtipos principales	Ejemplo	Función
Carbohidrato: normalmente contiene carbono, oxígeno e hidrógeno, y tiene la fórmula aproximada $(\text{CH}_2\text{O})_n$	<i>Monosacárido:</i> azúcar simple con la fórmula $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Glucosa	Importante fuente de energía para las células; subunidad de los polisacáridos
	<i>Disacárido:</i> dos monosacáridos enlazados	Fructuosa Sacarosa	Molécula que almacena energía en las frutas y la miel Principal azúcar transportado en el cuerpo de las plantas terrestres
Lípido: contiene una alta proporción de carbono e hidrógeno; suele ser no polar e insoluble en agua	<i>Triglicérido:</i> tres ácidos grasos unidos a glicerol	Aceite, grasa	Almacén de energía en animales y algunas plantas
	<i>Cera:</i> número variable de ácidos grasos unidos a un alcohol de cadena larga	Ceras en la cutícula de la planta	Cubierta impermeable en las hojas de los tallos de plantas terrestres
	<i>Fosfolípido:</i> grupo fosfato polar y dos ácidos grasos unidos a glicerol	Fosfatidilcolina	Componente de las membranas de las células
	<i>Esteroides:</i> cuatro anillos fusionados de átomos de carbono, con grupos funcionales unidos	Colesterol	Componente común de las membranas de las células eucarióticas; precursor de otros esteroides como testosterona, sales biliares
Proteína: cadenas de aminoácidos; contiene carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre	<i>Péptido:</i> cadena corta de aminoácidos	Queratina Seda	Proteína helicoidal, principal componente del pelo Proteína de hoja plegada beta producida por gusanos de seda y arañas
	<i>Polipéptido:</i> cadena larga de aminoácidos, conocida también como "proteína"	Hemoglobina	Proteína globular formada por cuatro subunidades peptídicas; transporta el oxígeno en la sangre de los vertebrados
	Ácido nucleico: se forma con subunidades de nucleótidos que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo; puede ser un solo nucleótido o una cadena larga de nucleótidos	<i>Ácidos nucleicos de cadena larga:</i> polímeros de ácidos nucleicos subunidades de nucleótidos	Ácido desoxirribonucleico (DNA) Ácido ribonucleico (RNA)
	Nucleótidos individuales	Trifosfato de adenosina (ATP) Monofosfato de adenosina cíclico (AMP cíclico)	Principal molécula portadora de energía a corto plazo en las células Mensajero intracelular

hacer disacáridos (véase la figura 3-7) y polisacáridos (véase la figura 3-8).

Las FIGURAS 3-3 y 3-4 muestran varias formas de representar la estructura química de la **glucosa**, un monosacárido. En muchas figuras emplearemos versiones simplificadas de las moléculas. Ten en cuenta que cada "articulación" sin rotular en un anillo es en realidad un átomo de carbono.

FIGURA 3-4 Estructura de la glucosa

Los químicos pueden representar la misma molécula de diversas maneras; aquí la glucosa se muestra en forma lineal (recta) y como dos versiones diferentes de anillos. La glucosa forma un anillo cuando se disuelve en agua. Observa que cada articulación sin rotular en una estructura en forma de anillo es un átomo de carbono.



ENLACES CON LA VIDA

¿Alimentos sintéticos?

En las sociedades bendecidas con abundancia de alimentos, la obesidad constituye un serio problema de salud. Una meta de los científicos que trabajan en el campo de la alimentación es modificar las moléculas biológicas para que no contengan calorías; el azúcar y las grasas son las principales candidatas para ello. Algunos edulcorantes artificiales, como el aspartame (Nutrasweet^{MR}) y sucralosa (Splenda^{MR}) aportan un sabor dulce a los alimentos, mientras proveen escasas calorías o ninguna. El aceite artificial llamado olestra es completamente indigerible, lo cual permite asegurar que las papas fritas hechas con él no contengan calorías provenientes de grasas y aporten mucho



FIGURA E3-1 "Alimentos" artificiales

La sucralosa en Splenda^{MR} y el olestra en las papas fritas WOW^{MR} son sintéticos, versiones indigeribles del azúcar y el aceite que buscan ayudar a que la gente baje de peso.

menos calorías totales que las papas fritas normales (FIGURA E3-1).

¿Cómo se elaboran estas "moléculas no biológicas"? Aspartame es una combinación de dos aminoácidos: ácido aspártico y fenilalanina (véase la figura 3-19). Por razones desconocidas, el aspartame es mucho más efectivo que el azúcar cuando se trata de producir el sabor dulce en las papilas gustativas de la lengua. La sucralosa es una molécula de sacarosa modificada, en la cual tres de sus grupos hidroxilo se reemplazan con átomos de cloro (FIGURA E3-2).

La sucralosa activa nuestras papilas gustativas 600 veces, de manera tan efectiva como la sacarosa, pero nuestras enzimas no pueden digerirla, así que no aporta calorías. La sucralosa está ganando aceptación porque es más estable que otros edulcorantes artificiales y puede utilizarse en alimentos horneados, así como en helados y bebidas dietéticas, y para endulzar el café.

Para entender la constitución de olestra, observa la figura 3-13; en ella se muestra que los aceites combinan el esqueleto del glicerol con tres cadenas de ácidos grasos. Sin embargo, olestra contiene una estructura de sacarosa que se une a entre seis y ocho ácidos grasos. Apparently, el gran número de cadenas de ácidos grasos evita que las enzimas digestivas lleguen al esqueleto de sacarosa digerible de la molécula de olestra. Como la molécula no se rompe en fragmentos susceptibles de absorción, no se digiere, aunque agrega el mismo sabor a los alimentos que el aceite.

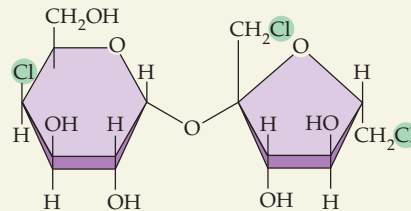


FIGURA E3-2 Estructura de Splenda^{MR}

En los organismos vivos la glucosa es el monosacárido más común y es una subunidad de muchos polisacáridos. La glucosa tiene seis carbonos, de manera que su fórmula química es $C_6H_{12}O_6$. Muchos organismos sintetizan otros monosacáridos que tienen la misma fórmula que la glucosa, aunque una estructura ligeramente diferente. Entre ellos están la *fructosa* (el "azúcar de la fruta" contenida en la miel de maíz, la fruta y la miel de abeja) y la *galactosa* (parte de la lactosa, es decir, el "azúcar de la leche") (FIGURA 3-5).

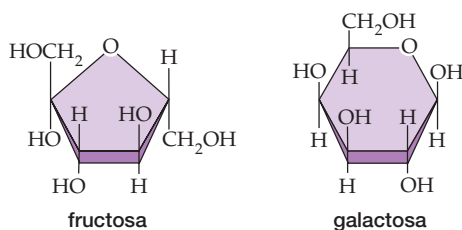


FIGURA 3-5 Monosacáridos

Otros monosacáridos comunes, como la *ribosa* y la *desoxirribosa* (que se encuentran en el DNA y en el RNA) tienen cinco carbonos (FIGURA 3-6).

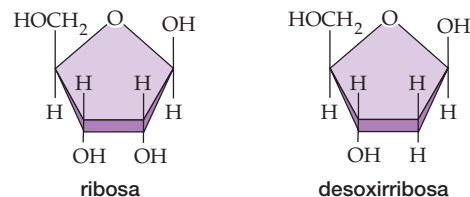


FIGURA 3-6 Azúcares de ribosa

Los disacáridos consisten en dos azúcares simples que se enlazan mediante síntesis por deshidratación

Los monosacáridos pueden descomponerse en las células para liberar su energía química, la cual se utiliza en diversas actividades celulares, o se encadenan mediante síntesis por

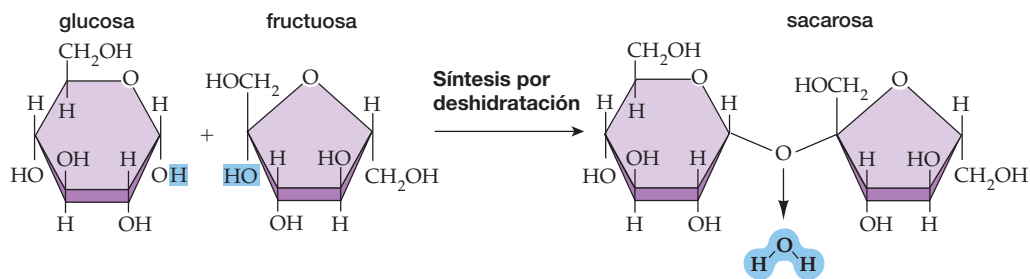


FIGURA 3-7 Síntesis de un disacárido

El disacárido sacarosa se sintetiza mediante una reacción de síntesis por deshidratación donde se eliminan un hidrógeno (—H) de la glucosa y un grupo hidroxilo (—OH) de la fructosa. En el proceso se forma una molécula de agua (H—O—H), quedando los dos anillos de monosacárido unidos mediante enlaces individuales con el átomo de oxígeno restante. La hidrólisis de la sacarosa es simplemente lo inverso de su síntesis: se divide una molécula de agua y se agrega a los monosacáridos.

deshidratación para formar disacáridos o polisacáridos (**FIGURA 3-7**). Los disacáridos se utilizan a menudo para almacenar energía a corto plazo, básicamente en las plantas. Cuando se requiere energía, los disacáridos se dividen en sus subunidades de monosacáridos mediante hidrólisis (véase la figura 3-2). Muchos de los alimentos que consumimos contienen disacáridos. En el desayuno quizás hayas ingerido pan tostado y café con crema y azúcar. Entonces revolviste **sacarosa** (glucosa más fructosa, que se utiliza como molécula que almacena energía en la caña y en la remolacha azucarera) para endulzar tu café; y agregaste crema que contiene **lactosa** (azúcar de leche, es decir, glucosa más galactosa). La **maltosa** (glucosa más glucosa) es rara en la naturaleza, pero se forma como resultado de la acción de las enzimas (como las del tracto digestivo) que descomponen e hidrolizan el almidón de tu pan tostado. Luego otras enzimas digestivas hidrolizan cada

maltosa en dos moléculas de glucosa que tu cuerpo puede absorber y que las enzimas de tus células pueden descomponer para obtener energía.

Si estás a dieta, quizás estés consumiendo un “sustituto del azúcar” artificial como Splenda^{MR} o Equal^{MR} como edulcorante. Tales moléculas interesantes se describen en “Enlaces con la vida: ¿Alimentos sintéticos?”

Los polisacáridos son cadenas de azúcares simples

Intenta masticar una galleta salada durante largo rato. ¿Sabe más dulce cuanto más tiempo la mastiques? Así debería ser porque, con el tiempo, las enzimas en la saliva producen la hidrólisis del **almidón** (un polisacárido) de las galletas saladas formado por moléculas de glucosa (monosacárido), que tienen sabor dulce. Mientras que las plantas utilizan a menudo

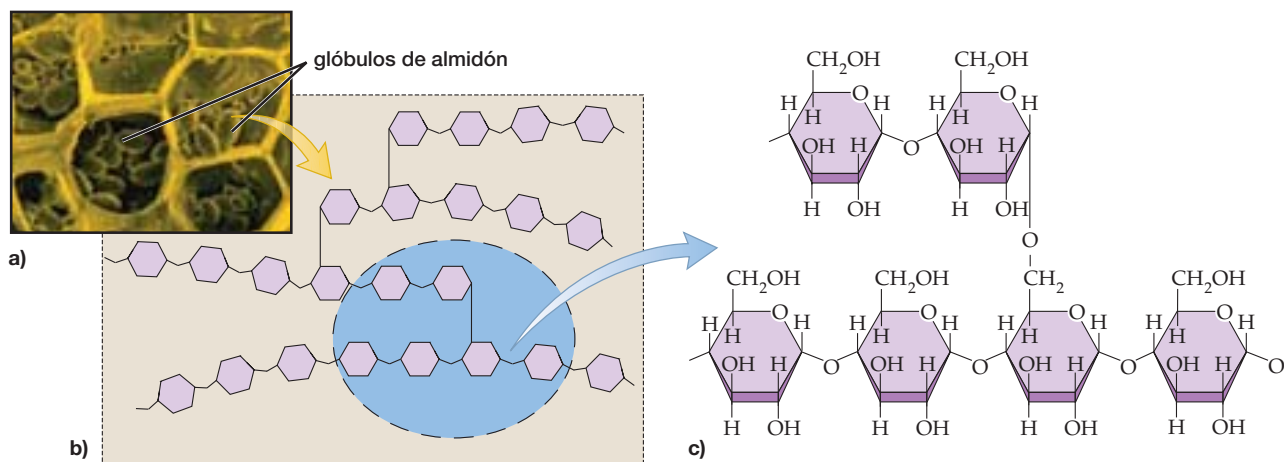


FIGURA 3-8 El almidón es un polisacárido para almacenar energía y está compuesto por subunidades de glucosa

a) Gránulos de almidón dentro de células de papa. La mayoría de las plantas sintetizan almidón, que forma gránulos insolubles en agua integrados por muchas moléculas de almidón. **b)** Pequeña porción de una sola molécula de almidón, que suele presentarse como cadenas ramificadas de hasta medio millón de subunidades de glucosa. **c)** Estructura precisa de la porción resaltada en azul de la molécula de almidón del inciso **b)**. Nota el ligamiento entre las subunidades individuales de glucosa y compáralo con la celulosa (véase figura 3-9).

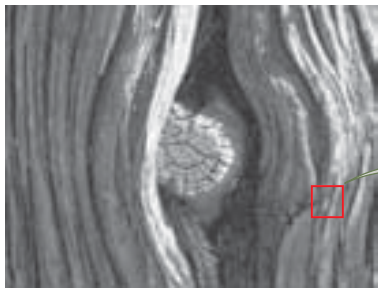
almidón (**FIGURA 3-8**) como la molécula que almacena energía, por lo común los animales almacenan **glucógeno**. Ambas sustancias consisten en polímeros de subunidades de glucosa. El almidón, comúnmente, se forma en las raíces y en las semillas; en el caso de la galleta, de las semillas de trigo. Con frecuencia el almidón puede presentarse como cadenas ramificadas de hasta medio millón de subunidades de glucosa. El glucógeno, que se almacena como fuente de energía en el hígado y los músculos de animales (incluyendo a los seres humanos), es una cadena de subunidades de glucosa mucho más pequeña con múltiples ramificaciones, las cuales probablemente facilitan la separación de subunidades de glucosa, cuando se necesita liberar energía con rapidez.

Muchos organismos utilizan también polisacáridos como materiales estructurales. Uno de los más importantes polisacáridos estructurales es la **celulosa**, que integra la mayoría de las paredes celulares de las plantas, los copos afelpados blancos de una planta de algodón y aproximadamente la mitad de la masa del tronco de un árbol (**FIGURA 3-9**). Cuando imagines los extensos campos y bosques que cubren gran parte de nuestro planeta, no te sorprenderá saber que podría haber

más celulosa en la Tierra que todas las demás moléculas orgánicas juntas. Los ecólogos calculan que cada año ¡se sintetiza cerca de un billón de toneladas de celulosa!

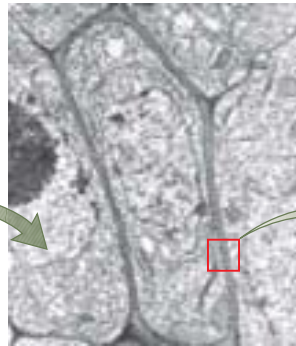
Al igual que el almidón, la celulosa es un polímero de glucosa. Sin embargo, en tanto que la mayoría de los animales puede digerir con facilidad el almidón, sólo unos cuantos microbios —como los que habitan en el tracto digestivo de las vacas o las termitas— pueden digerir la celulosa. ¿Por qué ocurre así, considerando que tanto el almidón como la celulosa están formados de glucosa? La orientación de los enlaces entre las subunidades es diferente en los dos polisacáridos. En la celulosa, cada segunda glucosa está “de cabeza” (compara la figura 3-8c con la figura 3-9d). Esta orientación de los enlaces impide que las enzimas digestivas de los animales ataquen los enlaces entre las subunidades de glucosa. En cambio, las enzimas sintetizadas por ciertos microbios pueden romper tales enlaces y consumir la celulosa como alimento. No obstante, para la mayoría de los animales, la celulosa pasa por el tracto digestivo sin digerirse; aunque es muy útil como fibra para prevenir el estreñimiento, no se obtienen nutrientes de ella.

la madera es celulosa en su mayoría



a)

célula vegetal con pared celular



b)

acercamiento de la membrana celular



c)

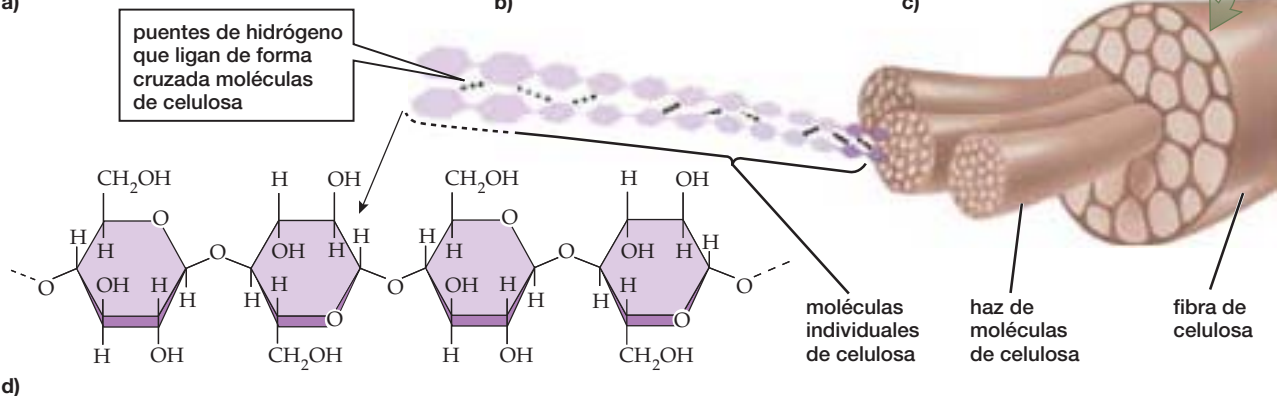


FIGURA 3-9 Estructura y función de la celulosa

La celulosa puede tener gran fuerza estructural. **a)** La madera de este pino de piñas con escamas de 3000 años de edad se compone principalmente de celulosa. **b)** La celulosa forma la pared celular que cubre cada célula de la planta. **c)** Las paredes celulares vegetales a menudo consisten en fibra de celulosa en capas que están anguladas entre sí y resisten el rompimiento en ambas direcciones. **d)** La celulosa se compone de subunidades de glucosa. Compara esta estructura con la figura 3-8c y observa que en la celulosa cada tercera molécula de glucosa está “de cabeza”. **PREGUNTA:** Muchos tipos de plástico están formados por moléculas provenientes de la celulosa; sin embargo, los ingenieros están trabajando con empeño para desarrollar plásticos con base en moléculas de almidón. ¿Por qué los plásticos basados en almidón serían una mejoría en relación con los tipos de plástico existentes?

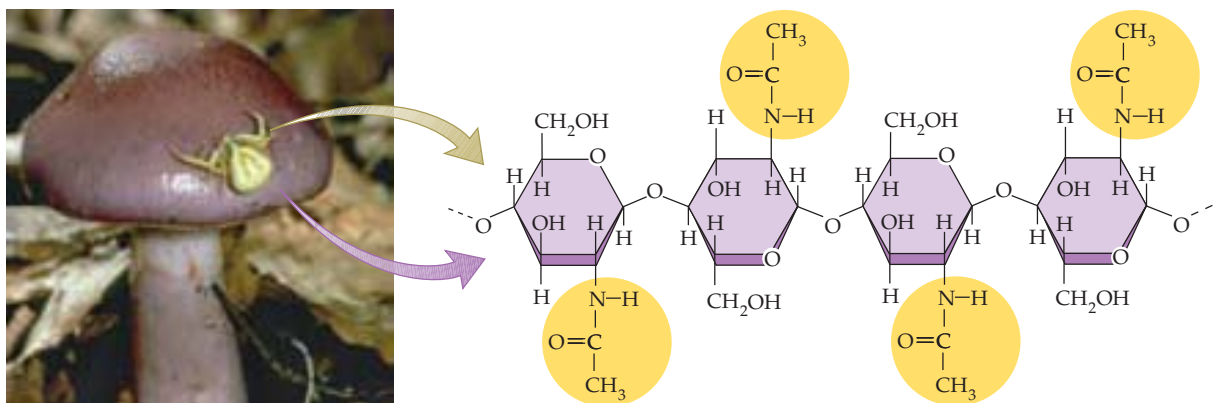


FIGURA 3-10 Quitina: un polisacárido singular

La quitina tiene la misma configuración de enlaces de glucosa que observamos en la celulosa. Sin embargo, en la quitina las subunidades de glucosa tienen un grupo funcional nitrogenado (amarillo), en vez de un grupo hidroxilo. La quitina, que es resistente y ligeramente flexible, brinda soporte a los cuerpos, por lo demás blandos, de los artrópodos (insectos, arañas y sus parientes) y de los hongos.

Las cubiertas externas duras (exoesqueletos) de los insectos, los cangrejos y las arañas están formadas por **quitina**, que es un polisacárido donde las subunidades de glucosa tienen un grupo funcional nitrogenado (**FIGURA 3-10**). Resulta interesante que la quitina también vuelva rígidas las paredes celulares de muchos hongos. Las paredes celulares de las bacterias contienen otros tipos de polisacáridos, al igual que los fluidos lubricantes de nuestras articulaciones y las córneas transparentes de los ojos.

Muchas otras moléculas —incluyendo el moco, algunos mensajeros químicos llamados *hormonas* y muchas moléculas de la membrana plasmática que cubre cada célula— se componen parcialmente de carbohidratos. Quizá las más interesantes de esas moléculas sean los ácidos nucleicos (que contienen azúcares), los cuales transmiten información hereditaria. Estudiaremos tales moléculas más adelante en este capítulo.

3.4 ¿QUÉ SON LOS LÍPIDOS?

Los **lípidos** son un grupo diverso de moléculas que tienen dos características importantes. La primera es que contienen regiones extensas formadas casi exclusivamente por hidrógeno y carbono, con enlaces no polares carbono-carbono o carbono-hidrógeno. La segunda es que esas regiones no polares hacen que los lípidos sean hidrofóbicos e insolubles en agua. Los lípidos cumplen con una amplia gama de funciones. Algunos lípidos son moléculas almacenadoras de energía; en tanto que otros forman cubiertas impermeables en los cuerpos de plantas o animales; algunos más constituyen la masa de todas las membranas de las células; y otros más son hormonas.

Los lípidos se clasifican en tres grupos principales: **1.** aceites, grasas y ceras, cuyas estructuras son similares y sólo contienen carbono, hidrógeno y oxígeno; **2.** fosfolípidos, que son estructuralmente similares a los aceites, pero también contie-

nen fósforo y nitrógeno; y **3.** la familia de los esteroides “con anillos fusionados”.

Los aceites, las grasas y las ceras son lípidos que sólo contienen carbono, hidrógeno y oxígeno

Los aceites, las grasas y las ceras tienen tres características en común. La primera es que sólo contienen carbono, hidrógeno y oxígeno; segunda, tienen una o más subunidades de **ácido graso**, las cuales son largas cadenas de carbono e hidrógeno con un *grupo carboxilo* (—COOH) en un extremo; y tercera, por lo regular no tienen estructuras en forma de anillo. Las **grasas** y los **aceites** se forman mediante síntesis por deshidratación, a partir de tres subunidades de ácido graso y una molécula de **glicerol**, que es una molécula corta de tres carbonos (**FIGURA 3-11**). Esta estructura da a las grasas y a los aceites su nombre químico: **triglicéridos**. Observa que un doble enlace entre dos carbonos en la subunidad del ácido graso origina una vuelta en la cadena.

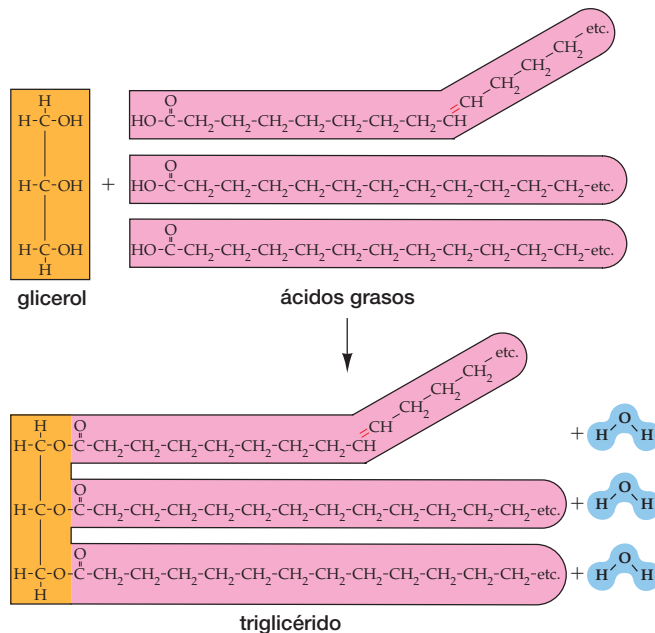
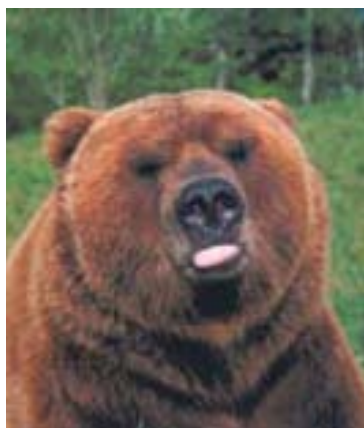


FIGURA 3-11 Síntesis de un triglicérido



a) Grasa



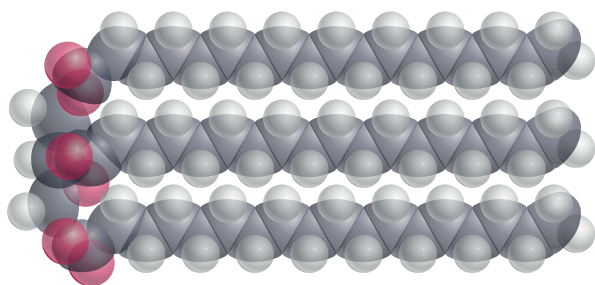
b) Cera

FIGURA 3-12 Lípidos

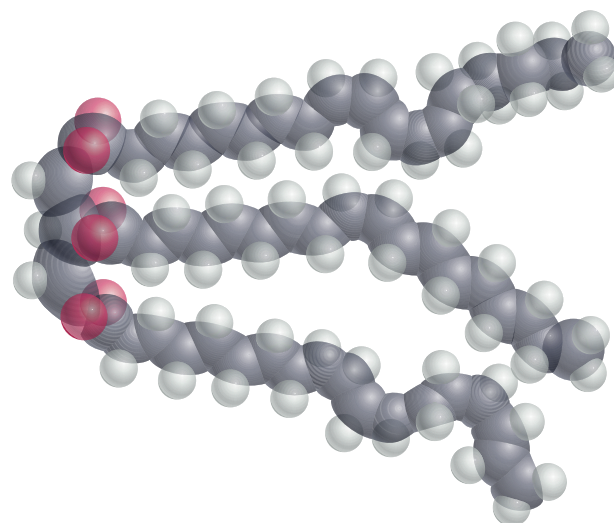
a) Un robusto oso pardo europeo listo para hibernar. Si este oso almacenara la misma cantidad de energía en carbohidratos en vez de en grasas, ¡probablemente no podría ni caminar! b) La cera es un lípido altamente saturado que mantiene su firmeza a temperatura ambiente. Su rigidez permite usarla para moldear los hexágonos de este panal, que son muy resistentes pese a lo delgado de sus paredes.

Las grasas y los aceites tienen dos veces más calorías por gramo que los azúcares y las proteínas, lo que los convierte en moléculas almacenadoras de energía muy efectivas para plantas y animales, como el oso de la **FIGURA 3-12A**. La gente que quiere evitar parecerse a un oso tal vez busque consumir alimentos elaborados con sustitutos de la grasa como la *olestra*, que se describe en la sección “Enlaces con la vida: ¿Alimentos sintéticos?” En la dieta del ser humano, la mayoría de las grasas saturadas, como la mantequilla y el tocino, son de origen animal. La diferencia entre una grasa (como el sebo), que es un sólido a temperatura ambiente, y un aceite (como el que se usa para freír papas) radica en sus ácidos grasos. Los ácidos grasos de las grasas tienen únicamente enlaces sencillos en sus cadenas de carbono. Todas las demás posiciones de enlace de los átomos de carbono están ocupadas por átomos de hidrógeno. Se dice que el ácido graso resultante está **saturado** porque tiene tantos átomos de hidrógeno como sea posible. Al no haber dobles enlaces entre los átomos de carbono, la cadena de carbono del ácido graso es recta. Las cadenas de carbono rectas de los ácidos grasos saturados de las grasas (como la molécula de sebo que se muestra) pueden acomodarse muy juntos, de manera que forman un sólido a temperatura ambiente (**FIGURA 3-13**).

Si hay dobles enlaces entre algunos de los átomos de carbono y, por lo tanto, menos átomos de hidrógeno, se dice que



el ácido graso está **insaturado**. Los aceites se componen en su mayoría por ácidos grasos insaturados. Obtenemos la mayor parte de los aceites insaturados de las semillas de las plantas, donde son utilizados por los embriones durante su desarrollo. El aceite de maíz, el de cacahuete (maní) y el de canola (colza) son ejemplos. Sus dobles enlaces en los ácidos grasos insaturados producen vueltas o flexiones en las cadenas de ácido graso, como se observa en la molécula del aceite de linaza (**FIGURA 3-14**).

**FIGURA 3-14** El aceite de linaza es insaturado

Las flexiones causadas por los enlaces dobles en los ácidos grasos insaturados mantienen separadas las moléculas de aceite; el resultado es que los aceites son líquidos a temperatura ambiente. Un aceite se puede convertir en grasa rompiendo los dobles enlaces entre los átomos de carbono, sustituyéndolos por enlaces sencillos y agregando átomos de

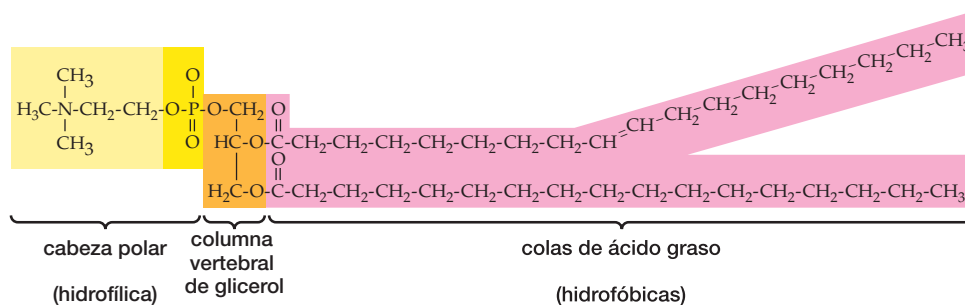


FIGURA 3-15 Fosfolípidos

Los fosfolípidos tienen dos colas de ácido graso unidas al esqueleto o columna vertebral de glicerol. La tercera posición del glicerol está ocupada por una "cabeza" polar integrada por un grupo fosfato, al cual está unido un segundo grupo funcional (que por lo regular contiene nitrógeno). El grupo fosfato tiene una ligera carga negativa, y el grupo nitrogenado, una ligera carga positiva, lo cual hace que las cabezas sean hidrofílicas.

hidrógeno a las posiciones de enlace restantes. La sustancia que resulta es el "aceite hidrogenado" que permite a la margarina ser sólida a temperatura ambiente. El proceso de hidrogenación parcial produce una configuración de enlaces dobles y sencillos, conocida como *trans*-configuración, la cual es muy poco frecuente en la naturaleza. En ella, la cadena de carbono se tuerce en forma de zig-zag y permite que los ácidos grasos cercanos se apilen: los "zig" de una cadena se acomodan con los "zag" de las otras. Esto es similar al "envasado" que ocurre entre los ácidos grasos de cadena recta en las grasas saturadas, y permite a las *transgrasas* convertirse en un sólido, como lo hacen las grasas saturadas. Las *transgrasas* que se producen de manera artificial se encuentran en muchos productos alimenticios comerciales como la margarina, las galletas dulces y saladas, y las papas fritas. Sin embargo, recientemente los investigadores se muestran preocupados acerca del consumo de *transgrasas* (véase "Guardián de la salud: El colesterol, aliado y enemigo"). Como resultado, muchos fabricantes hacen considerables esfuerzos para reducir el uso de dichas sustancias en los alimentos procesados.

Aunque las **ceras** son químicamente similares a las grasas, no constituyen una fuente alimenticia: ni los seres humanos ni la mayoría de los otros animales tienen las enzimas adecuadas para descomponerlas. Las ceras están altamente saturadas, de manera que son sólidas a temperatura ambiente. Además, forman un recubrimiento impermeable en las hojas y los tallos de las plantas terrestres. Los animales sintetizan las ceras como impermeabilizante para el pelo de los mamíferos y los exoesqueletos de los insectos, así como, en ciertos casos, para construir complejas estructuras como las colmenas (véase la figura 3-12b).

Los fosfolípidos tienen "cabezas" solubles en agua y "colas" insolubles en agua

La membrana plasmática que cubre cada célula contiene varios tipos de **fosfolípidos**, los cuales son similares a los aceites, con la excepción de que uno de los tres ácidos grasos se reemplaza con un grupo fosfato que en un extremo tiene unido un grupo funcional polar corto (el cual, por lo general, contiene nitrógeno) (**FIGURA 3-15**

no que es polar y soluble en agua. Como veremos en el capítulo 5, esta naturaleza dual de los fosfolípidos es esencial para la estructura y el funcionamiento de la membrana plasmática.

Los esteroides consisten en cuatro anillos de carbono fusionados

Los **esteroides** son estructuralmente diferentes de todos los demás lípidos. A diferencia de los demás lípidos que carecen de anillos, todos los esteroides se componen de cuatro anillos de carbono fusionados, a partir de los cuales surgen diversos grupos funcionales (**FIGURA 3-16**). Un tipo de esteroide es el *colesterol*, que es un componente fundamental en las membranas de las células animales y también se utiliza en algunas células para sintetizar otros esteroides, que incluyen las hormonas sexuales masculinas (testosterona) y femeninas (estró-

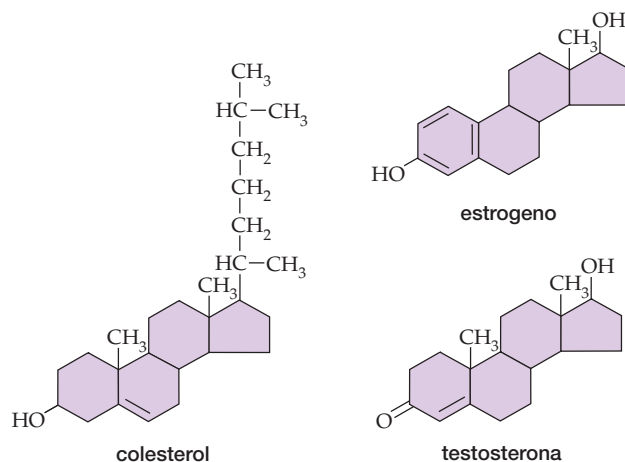


FIGURA 3-16 Esteroides

Los esteroides se sintetizan a partir del colesterol. Todos los esteroides tienen una estructura molecular no polar similar (compárala con los anillos del carbono). Las diferencias en la función de los esteroides dan como resultado diferencias en los grupos funcionales unidos a los anillos. Nota la similitud entre la hormona sexual masculina testosterona y la hormona sexual femenina estradiol (un estrógeno).

GUARDIÁN DE LA SALUD

El colesterol, aliado y enemigo

¿Por qué tantos alimentos se anuncian como “sin colesterol” o “bajos en colesterol”? Aunque el colesterol es esencial para la vida, los investigadores en el campo de la medicina han encontrado que los individuos con altos niveles de colesterol en la sangre tienen un riesgo creciente de sufrir ataques al corazón y accidentes cerebrovasculares. El colesterol contribuye a la formación de obstrucciones en las arterias, llamadas *placas* (FIGURA E3-3), que a la vez promueven la formación de coágulos sanguíneos. Si un coágulo se atora y bloquea una arteria que suministra sangre al músculo cardíaco, provocará un ataque al corazón. Si el coágulo bloquea una arteria que alimenta el cerebro, provocará un accidente cerebrovascular.

El colesterol proviene de los alimentos derivados de animales: las yemas de huevo son particularmente ricas en colesterol; las salchichas, el tocino, la leche entera y la mantequilla también lo contienen. Quizás hayas escuchado hablar del colesterol “bueno” y “malo”. Como las moléculas del colesterol son no polares, no se disuelven en la sangre (constituida en su mayoría por agua). Por consiguiente, grupos de moléculas de colesterol, rodeados por moléculas portadoras de proteínas polares y fosfolípidos se transportan en la sangre. Estos paquetes de colesterol más los portadores se llaman *lipoproteínas* (lípidos más proteínas). Si estas lipoproteínas tienen más proteínas y menos lípidos, se les denomina “lipoproteínas de alta densidad” o HDL porque las proteínas son más densas que los lípidos. Las HDL del paquete de colesterol son el colesterol “bueno” y son transportadas al hígado, donde se eliminan de la circulación y posteriormente se metabolizan (por ejemplo, en la síntesis de bilis). En contraste, el colesterol “malo” se transporta en paquetes lipoproteicos de baja densidad (“colesterol LDL”), que tienen menos proteínas y más colesterol. El colesterol LDL circula a las células del cuerpo y se deposita en las paredes arteriales. Una razón elevada entre HDL (colesterol “bueno”) y LDL (colesterol “malo”) se correlaciona con un menor riesgo de enfermedades del corazón. Una prueba completa de colesterol permite distinguir entre los dos tipos de éste que hay en la sangre.

Quizás hayas escuchado hablar de los ácidos transgrasos como los villanos de la alimentación. Éstos no se encuentran como tales en la naturaleza, sino que se producen cuando los aceites se endurecen artificialmente para convertirlos en sólidos a temperatura ambiente. La investigación ha revelado que estos ácidos transgrasos no se metabolizan normalmente y que aumentan el colesterol LDL y reducen el HDL, lo que sugiere que representan un mayor riesgo de sufrir enfermedades cardíacas para quienes los consumen. La Food and Drug

Administration (FDA) de Estados Unidos ahora exige que las etiquetas de los alimentos procesados indiquen su contenido de transgrasas. En respuesta a las preocupaciones en torno a la salud, muchos fabricantes de alimentos y cadenas de comida rápida están reduciendo o eliminando las transgrasas de sus productos.

Los animales, incluida la especie humana, pueden sintetizar todo el colesterol que sus cuerpos requieren. Alrededor de un 85% del colesterol en la sangre humana se sintetiza en el cuerpo, y el otro 15% proviene de la dieta. Las elecciones del estilo de vida también juegan un papel importante; el ejercicio tiende a incrementar el colesterol HDL; en tanto que la obesidad y el tabaquismo aumentan los niveles de LDL. A causa de las diferencias genéticas, los organismos de algunas personas fabrican más colesterol que los de otras. Estudios realizados con gemelos idénticos indican que la genética también influye en el efecto que tiene la dieta sobre los niveles de colesterol. El cuerpo de algunos individuos puede compensar una dieta alta en colesterol fabricando una menor cantidad de éste. Otras personas compensan de manera deficiente esta situación, por lo que su dieta tiene una influencia directa sobre los niveles de colesterol. Los gemelos idénticos comparten estos rasgos de compensación o de falta de ella.

Los individuos con altos niveles de colesterol (aproximadamente el 25% de todos los adultos en Estados Unidos) reciben continuas advertencias para cambiar a una dieta baja en colesterol y grasas saturadas, así como mantenerse en un peso saludable y ejercitarse. Para quienes tienen niveles peligrosos de colesterol y que no logran reducirlos modificando su estilo de vida, los médicos a menudo prescriben medicamentos para tal efecto.

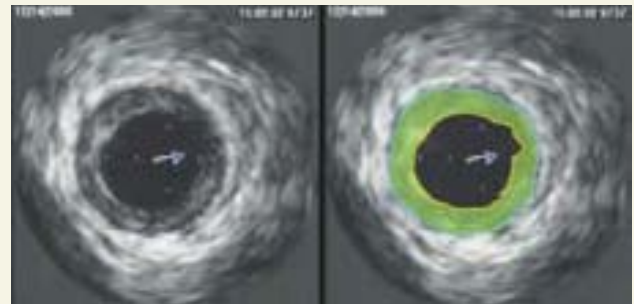


FIGURA E3-3 Placa de colesterol

Una placa de colesterol (estructura en forma de rizo) bloquea parcialmente una arteria carótida.

genos), y la bilis que ayuda a digerir las grasas. Sin embargo, el colesterol también puede contribuir a las enfermedades del corazón, como indica la sección “Guardián de la salud: El colesterol, aliado y enemigo”.

3.5 ¿QUÉ SON LAS PROTEÍNAS?

Las **proteínas** son moléculas compuestas por una o más cadenas de *aminoácidos*. Las proteínas desempeñan muchas funciones; esta diversidad de funciones es posible gracias a la variedad de estructuras proteínicas (tabla 3-3). Las células contienen cientos de **enzimas** diferentes, que son proteínas importantes que dirigen casi todas las reacciones químicas que se

Tabla 3-3 Funciones de las proteínas

Función	Ejemplo
Estructura	Colágeno en la piel; queratina en cabello, uñas, cuernos
Movimiento	Actina y miosina en los músculos
Defensa	Anticuerpos en el torrente sanguíneo
Almacenamiento	Albúmina en la clara del huevo
Señales	Hormona del crecimiento en el torrente sanguíneo
Catálisis	Enzimas (Ejemplo: la amilasa digiere carbohidratos; la sintetasa de ATP produce ATP)