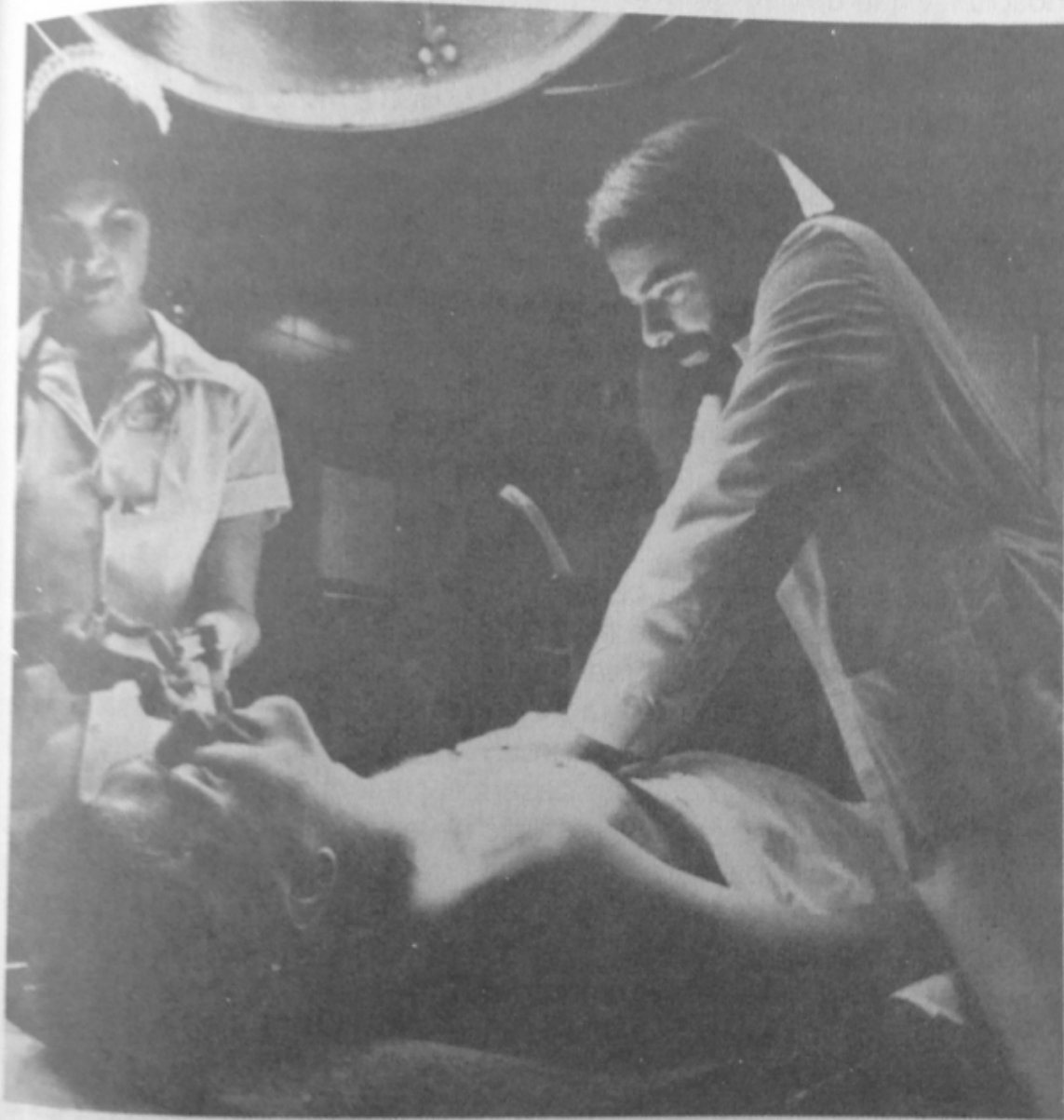


CAPÍTULO 20

LÍPIDOS



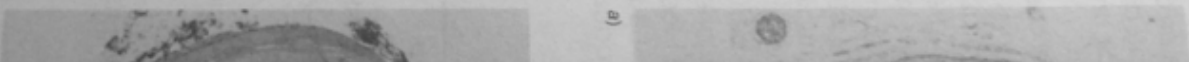
Dan era un hombre de 34 años que, a través de un gran esfuerzo y responsabilidad, había logrado que se le promoviera recientemente a gerente de una sucursal de su banco. El poco tiempo libre que le permitía su trabajo, lo empleaba en jugar tenis o en caminatas con su familia. Durante el último año, Dan se había sentido molesto por un fuerte dolor sordo en el pecho, que se presentaba durante los juegos de tenis particularmente activos. Pero este dolor era de corta duración y desaparecía rápidamente, por lo que Dan nunca le prestaba mucha atención. Una tarde, mientras Dan trabajaba en la preparación de los planes para una Junta de Directores, empezó a sentir el dolor y éste no desapareció. Por el contrario, se hizo más fuerte y se extendió a su brazo izquierdo. Dan empezó a sudar copiosamente y tenía pro-

blemas para respirar. Su secretaria reconoció los síntomas y llamó a una ambulancia, que lo trasladó rápidamente al hospital, donde se le aplicó tratamiento para un ataque cardíaco. Por suerte para Dan, éste llegó a tiempo al hospital. En la unidad de tratamiento cardíaco, se le vigiló atentamente; su condición se mantuvo estable durante varios días y luego empezó una lenta recuperación.

Dan se preguntaba una y otra vez: "¿Por qué a mí? Los ataques al corazón se presentan solamente a personas de mayor edad, o a quienes se encuentran en condiciones físicas poco favorables". Pero cuando le hizo esta pregunta al doctor, se sorprendió al enterarse de que la enfermedad de las coronarias (cardíacas) era responsable de más de la mitad de las muertes en personas entre 35 y 64 años de edad. En este caso en particular, Dan sufría de aterosclerosis, la forma más común de la arteriosclerosis (enfermedad de las arterias). La aterosclerosis es una enfermedad lenta y progresiva que puede iniciarse en la infancia y que no muestra síntomas durante un período de 20 a 50 años. Afecta particularmente las arterias mayores, de manera especial la aorta y arterias que alimentan el corazón, cerebro y riñones.

La aterosclerosis se inicia como una veta de grasa de un color amarillento, que ya se halla presente en la aorta de los niños a los tres años de edad. Estas vetas constituyen realmente una acumulación de colesterol y diversas grasas, y aparecen en la mayoría de las principales arterias a la edad de 35 años. Las vetas nunca producen síntomas por sí mismas, pero en algunos individuos, se pueden desarrollar y formar plaquetas, que son la causa de mayor preocupación y estudio de la aterosclerosis. Las plaquetas están formadas principalmente de células de músculos lisos, procedentes de la capa intermedia de la pared arterial, las que se multiplican y desplazan a la capa interna de la pared. Los tejidos cicatrizantes y grasas (principalmente colesterol), empiezan a acumularse en dichas células musculares (figura 20. 1). Se han sugerido dos teorías para explicar por qué estas células musculares empiezan a multiplicarse y a formar plaquetas. La primera indica que las plaquetas pueden formarse como una reacción a frecuentes lesiones de la pared arterial. Estas lesiones pueden ser causadas por una presión arterial elevada, por anticuerpos contra el monóxido de carbono del humo del cigarro o por altas concentraciones de grasas y colesterol. La segunda teoría propone a su vez que las plaquetas son en realidad tumores benignos que provienen de la mutación de una célula muscular.

Las plaquetas pueden causar graves daños de diversas maneras: pueden aumentar de tamaño y restringir severamente el flujo de sangre a los tejidos, de manera que el tejido se lesiona o destruye. O si no, pueden formar un coágulo de sangre en la superficie áspera de la plaqueta, para luego desprenderse y bloquear las arterias esenciales. O también la propia plaqueta puede abrirse y verter su contenido, lo que puede a su vez bloquear el flujo de sangre en áreas importantes del cuerpo. Finalmente, la ar-



a)



b)

Figura 20.1
Casi todos los
ríos de la
bloqueo de
progresión
de la aterosclerosis

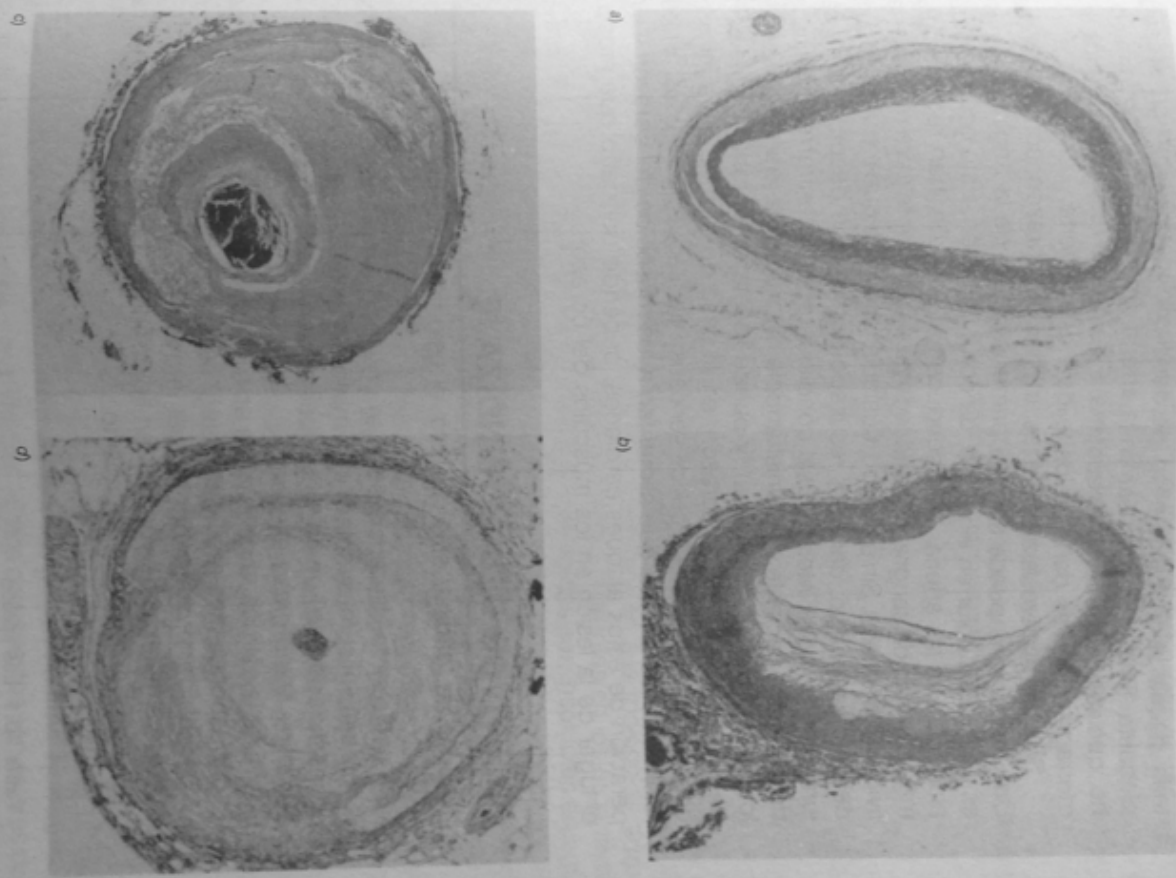


Figura 20. 1 El progreso de la aterosclerosis. a) Una arteria casi normal. b) Se forma una placa en el revestimiento interior de la arteria. c) El estrecho canal dentro de la arteria es bloqueado por un coágulo de sangre. d) La aterosclerosis ha progresado hasta el punto en que esta arteria se halla completamente bloqueada. [a) y d), Cortesía de los National Institutes of Health, National Heart & Lung Institute; b) y c), Cortesía de la American Heart Association.]

teria puede "endurecerse" o perder flexibilidad, según se desarrolle la placa. Esto puede causar en la arteria una dilatación en forma de globo que se conoce como aneurisma. Este puede reventar, producir una hemorragia y graves daños a los tejidos, o la muerte.

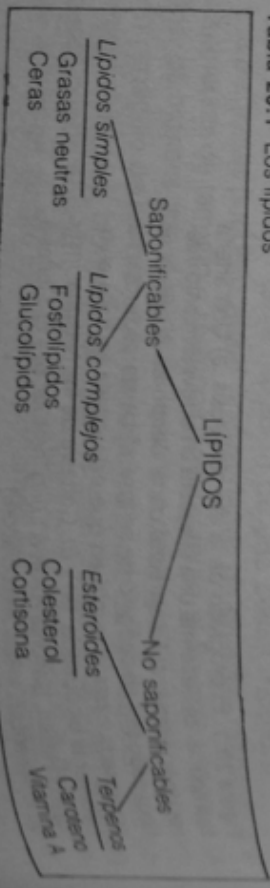
Si la aterosclerosis afecta a las arterias del corazón, como en el caso de Dan, la persona puede sufrir el primer síntoma de la angina pectoris, que es un intenso dolor en el pecho, de corta duración. Esto ocurre porque las plaquetas en las arterias que conducen al corazón, han reducido grandemente el flujo de sangre, aunque todavía es suficiente para mantener las actividades normales. Sin embargo, cualquier actividad que requiera un aumento del flujo sanguíneo, dará por resultado un corazón desprovisto de sangre junto con un dolor intenso. Esta condición puede contrarrestarse haciendo descansar al paciente y suministrándole nitroglicerina (que relaja los músculos de las arterias coronarias), y puede recetarse durante largos períodos de tiempo sin lesionar al corazón, en el caso de que no haya mejoría. No obstante, la aterosclerosis puede ser causa de ataques cardíacos, al bloquear totalmente las arterias que alimentan a los músculos del corazón. La recuperación de estos ataques cardíacos, depende del daño que produzca y el lugar de la lesión en los músculos del corazón.

OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE

Después de terminar este capítulo, el estudiante podrá:

1. Establecer la diferencia entre a) un lípido simple y uno compuesto, b) un triacilglicerol simple y uno mixto; c) un ácido graso saturado y uno insaturado, y d) un lípido saponificable y uno no saponificable.
2. Definir **ácido graso esencial**.
3. Trazar la estructura general de un triacilglicerol y escribir las reacciones correspondientes a su hidrólisis y saponificación.
4. Describir el proceso por el cual la manteguilla se vuelve rancia.
5. Dado el número de yodo de un lípido, describir las propiedades físicas y el probable origen del mismo.

Tabla 20.1 Los lípidos



20.1

20.2

6. Explicar cómo funciona el jabón para quitar la grasa de las manos.
7. Trazar la estructura general y describir la función de los siguientes compuestos lípidos: a) fosfolípidos, b) esfingolípidos y e) glucolípidos.
8. Dar tres ejemplos de lípidos no saponificables.
9. Describir los componentes y la estructura de una membrana celular.

LÍPIDOS SAPONIFICABLES: LÍPIDOS SIMPLES

20.1 ¿Qué son los lípidos?

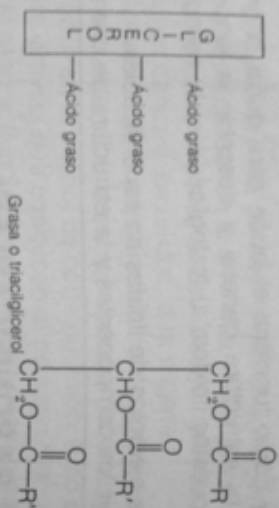
El colesterol y grasas que forman las plaquetas que son tan importantes en la aterosclerosis, pertenecen a una clase de compuestos llamados lípidos. Los **lípidos** son sustancias que contienen en sus moléculas grupos hidrocarbonados de cadena larga, que están presentes en los organismos vivos, o que derivan de los mismos. Los lípidos son insolubles en agua, pero son solubles en solventes orgánicos como el cloroformo, metanol, éter o benceno. En las células vivientes, forman parte de la estructura de las membranas, almacenan energía para las células, y a partir de ellos, la célula fabrica prostaglandinas.

Los lípidos constituyen un grupo variado de compuestos clasificables de diversas maneras. Se pueden dividir en dos clases principales: los que pueden ser saponificados (o ser hidrolizados por una base) y los que no se pueden saponificar. Los saponificables se pueden subdividir a su vez en **lípidos simples**, que producen ácidos grasos y un alcohol al ser hidrolizados, y **lípidos compuestos**, que al ser hidrolizados, producen ácidos grasos, alcohol y algunos otros compuestos (tabla 20.1).

20.2 Grasas y aceites

Los lípidos más simples y abundantes son las grasas neutras, que se llaman también **triacilgliceroles** o triglicéridos*. Estos compuestos son ésteres del glicerol y tres ácidos grasos, y constituyen la forma principal de almacenamiento de grasas en las plantas y en células adiposas (o células de grasa) de los animales.

El comité de la IUPAC, a cargo de la nomenclatura, ha recomendado que el término triglicérido, de uso común (pero químicamente inexacto), sea sustituido por el término triacilglicerol.



Los **triacylglicerol**es simples contienen el mismo ácido graso en las tres posiciones de la molécula del glicerol, mientras que los **triacylglicerol**es **mixtos** contienen dos o más ácidos grasos diferentes. Las grasas naturales son mezclas de triacylglicerol

20.3 Ácidos grasos

Los **ácidos grasos** son ácidos carboxílicos que se forman por la hidrólisis de los triacylglicerol

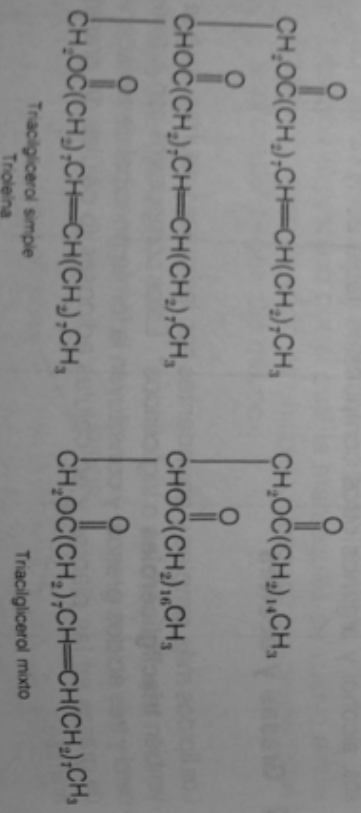


Figura 20.2 Los triacylglicerol

20.4

insat
gras
Son
de o
gras

Tabla 20.2 Algunos ácidos grasos comunes

Nombre (Átomos de carbono)	Fórmula	Punto de fusión (°C)
<i>Saturados</i>		
Butírico (4)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	-4.2
Láurico (12)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	44.2
Mirístico (14)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	53.9
Palmitico (16)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	63.1
Estearico (18)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	69.6
Arquidico (20)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	76.5
<i>Insaturados</i>		
Oleico (18)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	13.4
Linoleico (18)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	-5
Linolénico (18)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_5\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	-11
Araqui- dónico (20)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COH}$	-49.5

La diferencia entre grasas y aceites estriba en el número de ácidos grasos insaturados presentes. Las grasas animales, manteca, sebo y mantequilla son grasas mixtas que contienen más ácidos grasos saturados que insaturados. Son sólidos blancos y cerosos a temperatura ambiente. Los aceites vegetales, de oliva, maíz y algodón contienen una concentración más elevada de ácidos grasos insaturados y son líquidos a temperatura ambiente (tabla 20.3).

20.4 Ácidos grasos esenciales

El cuerpo humano puede producir ácidos grasos saturados y ácidos insaturados que contengan un doble enlace. Sin embargo, no puede producir ácidos

Algunas grasas y aceites comunes y los ácidos grasos que los componen^a

Punto de fusión (°C)	Composición porcentual de los ácidos grasos más abundantes							Número de yodo
	Saturados			Insaturados				
	Mirístico	Palmitico	Esteárico	Araquídico	Palmitoleico	Oleico	Linoléico	
32	11	29	9	2	5	27	4	36
30	1	28	12	—	3	48	6	59
N/A	6	27	14	—	—	50	3	50
15	3	24	8	—	5	47	10	68
Acetiles vegetales								
Malz	1	10	3	—	2	50	34	123
Algodón	1	23	1	1	2	23	48	106
Linaza	—	6	2	1	—	19	24	179
Oliva	—	7	2	—	—	84	5	81
Cacahuete	—	8	3	2	—	56	26	93
N/A		7				19	70	145
Soya	—	10	2	—	—	29	51	130

^aLos valores de esta tabla son promedios. Pueden haber variaciones extremas en los valores dependiendo del origen, tratamiento y edad de la grasa o aceite

Tabla 20.4 Algunas ceras comunes

Nombre	Punto de fusión °C	Origen	Usos
Cera de abejas	61-69	Panal	Velas, pulimentos
Carnauba	83-86	Palma carnauba	Cera para piso, pulimentos
Lanolina	36-43	Lana	Cosméticos, pomadas para la piel
Espermaceti	42-50	Cachalote	Cosméticos, velas

Ejercicio 20-1

- Definir, utilizando sus propias palabras, cada uno de los siguientes conceptos:
 - a) lípido simple y compuesto
 - b) ácido graso esencial
 - c) ácido graso saturado e insaturado
 - d) cera
 - e) triacilglicerol
- Escribir la fórmula estructural correspondiente al triacilglicerol formado entre el glicerol, ácido palmítico, ácido esteárico y ácido oleico. ¿Se trata de un triacilglicerol simple o mixto?

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LÍPIDOS SIMPLES

20.6 Número de yodo

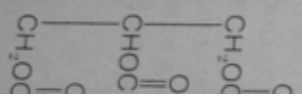
Los enlaces insaturados en un ácido graso reaccionan para incorporar yodo por adición, lo que constituye un provechoso auxiliar para determinar la insaturación. De este modo, los químicos han definido el número de yodo de un lípido simple, como el número de gramos de yodo que reacciona con 100 gramos de grasa o aceite. Mientras mayor sea el número de yodo, más insaturada es la grasa. Las grasas tienen generalmente un número de yodo por debajo de 70 y los aceites lo tienen por encima de 70 (tabla 20.3).

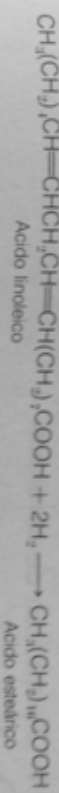
20.7 Hidrogenación

Los aceites se pueden convertir por hidrogenación en grasas sólidas, o sésa, por adición de hidrógeno a los dobles enlaces de la molécula.

20.8 HI

La hi
lenta
dicio
En g



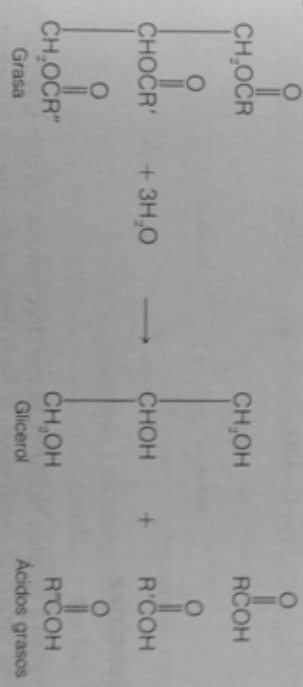


Las mantecas vegetales se producen comercialmente por hidrogenación parcial del aceite de soya, de maíz o de algodón. (La completa hidrogenación de estos aceites produciría una sustancia dura y quebradiza.) Estas mantecas son, generalmente, una mezcla de aceites hidrogenados e insaturados. La margarina es una mezcla de aceites insaturados e hidrogenados, saborizantes, agentes colorantes y vitaminas A y D.

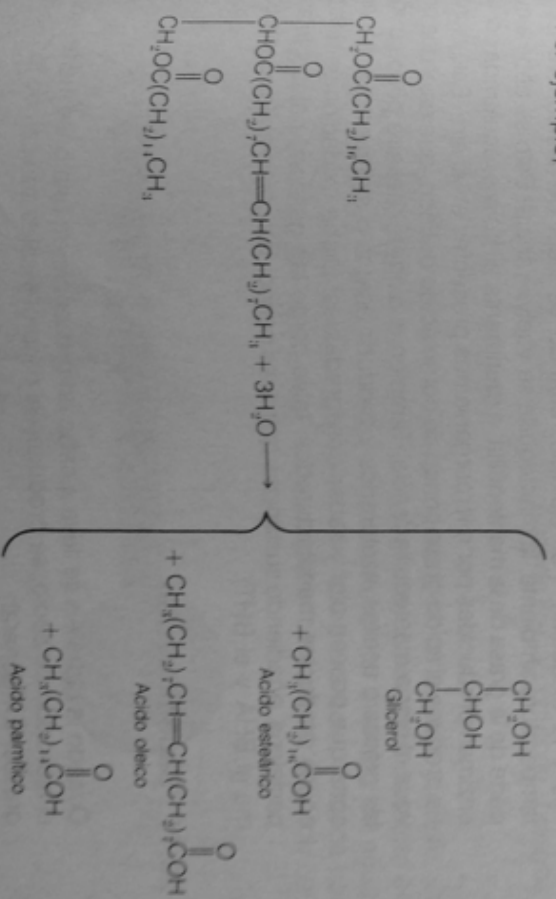
20.8 Hidrólisis

La hidrólisis de grasas puede tener lugar en presencia de vapor sobrecalentado, ácidos minerales calientes o enzimas específicas. Bajo dichas condiciones, la hidrólisis produce glicerol y tres ácidos grasos.

En general:



Por ejemplo,



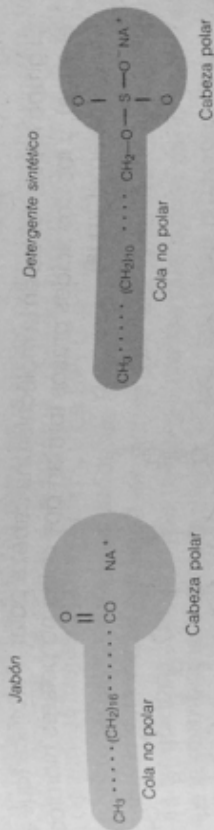


Figura 20.5 Dos sales orgánicas que poseen propiedades limpiadoras. Cada una de ellas tiene una cola hidrófoba no polar (que repele al agua); y una cabeza polar hidrófila (que atrae el agua).

Ejercicio 20-2

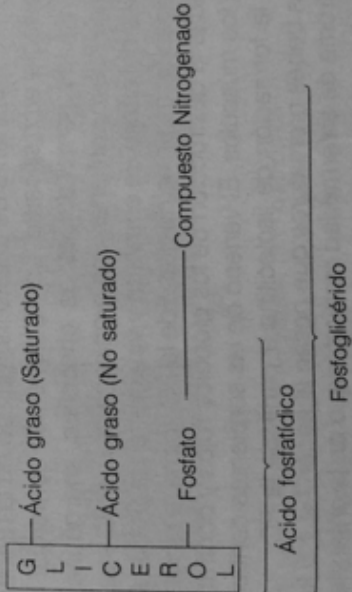
1. En el problema 2 del ejercicio 20-1, el triacilglicerol, ¿tiene un número de yodo alto o bajo? A una temperatura ambiente, ¿es líquido o sólido?
2. Escribir las ecuaciones correspondientes a la hidrólisis de los dos triacilgliceroles que se muestran en la figura 20.2
3. Escribir las ecuaciones correspondientes a la saponificación de los dos triacilgliceroles que se muestran en la figura 20.2

**LÍPIDOS SAPONIFICABLES
LÍPIDOS COMPLEJOS**

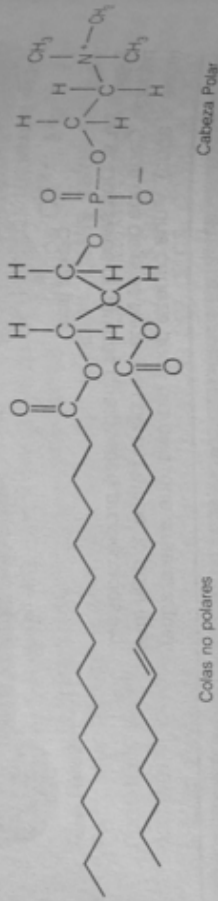
20.12 Fosfolípidos con glicerol: fosfoglicéridos

Los **fosfolípidos** son una clase de sólidos cerosos que forman parte de las membranas de las células, y son necesarios para el transporte de lípidos en el organismo. Se pueden dividir en dos categorías generales: fosfolípidos con glicerol y fosfolípidos con esfingosina.

Los fosfolípidos con glicerol o **fosfoglicéridos**, son derivados del ácido fosfatídico. Contienen glicerol, dos ácidos grasos, un grupo fosfato y un compuesto nitrogenado, que puede ser colina, etanolamina, serina o inositol.



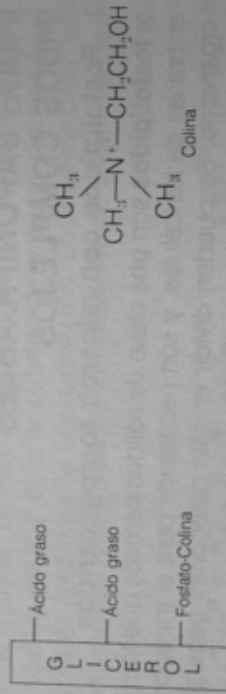
El grupo fosfato forma en la molécula una cabeza polar hidrofílica (que atrae el agua), y los dos ácidos grasos forman dos colas no polares hidrofóbicas (que repelen el agua).



Esta distribución confiere a los fosfolípidos buenas propiedades emulsificantes y buenas propiedades para formar membranas.

Fosfatidilcolina (Lecitina)

La fosfatidilcolina (FC), conocida en otro tiempo como lecitina, es un fosfolípidico en el cual el compuesto nitrogenado es la colina.



La FC juega un importante papel en el metabolismo de las grasas en el hígado, así como en el transporte de las mismas de un lado a otro del cuerpo. Sirve como una fuente de fosfato inorgánico en la formación de tejidos y es un excelente emulsificante. La FC tiene uso comercial como emulsificante en productos como dulces de chocolate, margarina y medicinas. Las yemas de huevo contienen una gran cantidad de FC y se utilizan como emulsificantes del aceite de ensalada y vinagre, en la preparación de mayonesa. La eliminación de un ácido graso de la FC, forma la isolecitina, un compuesto que causa la destrucción de los glóbulos rojos y contracciones espasmódicas de los músculos. El veneno de las serpientes contiene enzimas que catalizan la formación de isolecitina a partir de la FC.

Los bebés prematuros que pesan al nacer 1 a 1.5 kg, sufren a menudo el síndrome de enfermedad respiratoria, o de la enfermedad de la membrana

na hialina. Estos niños tan pequeños tienen pulmones que no pueden todavía funcionar de manera adecuada, debido principalmente a la falta del dipalmitoil fosfatidilcolina (DPFC). La DPFC actúa en los pulmones como un agente tensoactivo en los sacos de aire, o alvéolos, reduciendo la elevada tensión superficial del agua en dichos alvéolos, lo que de otra manera causa su colapso. Cuando los niños pequeños que sufren de la enfermedad de la membrana hialina, exhalan el aire, se origina el colapso de los alvéolos, lo que impide que el oxígeno pase de los pulmones al torrente sanguíneo (figura 20.6). Los bebés que sufren de esta grave enfermedad deberán ser puestos en un respirador que obligue a que elevadas concentraciones de oxígeno entren a sus pulmones. Si después de 1 ó 2 días, dichos infantes no empiezan a producir suficiente DPFC que les permita respirar por sí solos, pueden sufrir ceguera, debido a la exposición a tan altos niveles de oxígeno. Después de 4 días sin producir su propia DPFC, sus posibilidades de recuperación son muy escasas. Un tratamiento experimental de esta enfermedad consiste en rociar DPFC en el aire del respirador, disuelto en una sustancia que le ayude a pegarse al revestimiento de los alvéolos. Esto permi-

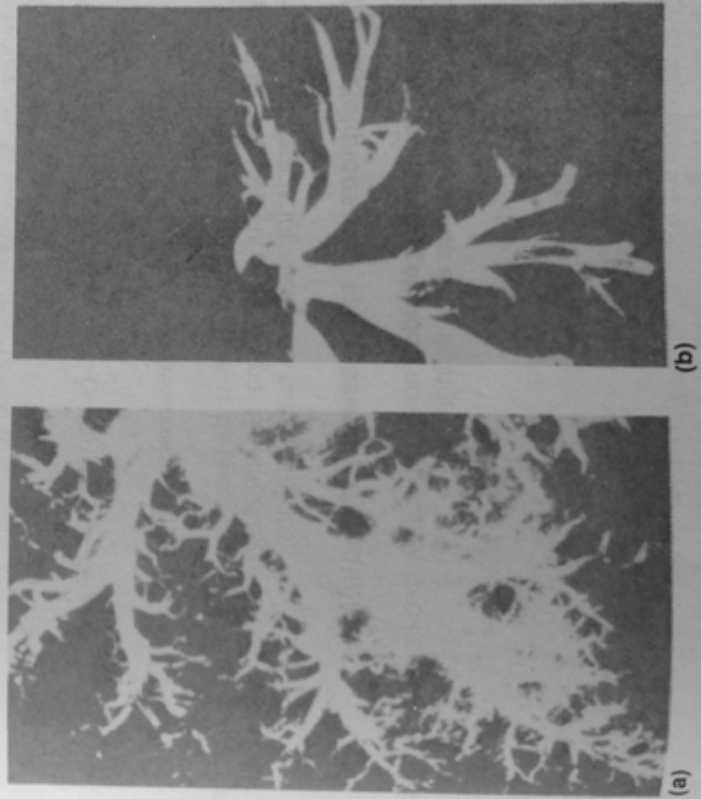
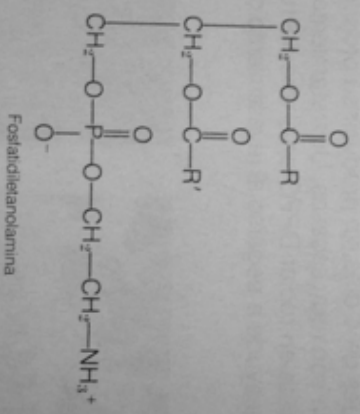


Figura 20.6 a) El pulmón normal de un infante. b) El pulmón de un infante que murió de SAD el síndrome de insuficiencia respiratoria. (Cortesía de la University of Virginia Neonatal Intensive Unit.)

te bajar la tensión superficial en los alvéolos, con lo que se puede disminuir la concentración de oxígeno que entra a los pulmones; y por consiguiente, se reduce el riesgo de producirles un daño permanente. Este mismo tratamiento se utiliza para los ahogados, cuando el agua inhalada ha lavado el agente tensoactivo de los alvéolos, y para las víctimas que tienen los pulmones quemados, cuando los gases calientes han fundido el agente tensoactivo.

Fosfatidiletanolamina (Cefalinas)

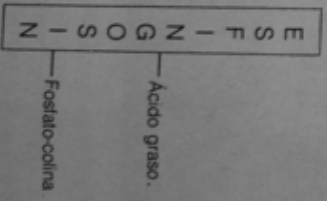
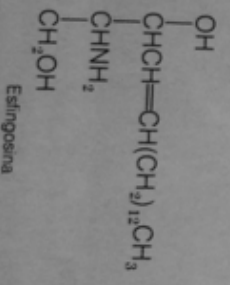
La fosfatidiletanolamina (FE), conocida en otro tiempo como cefalina, es un fosfolípido en el cual el compuesto nitrogenado es la etanolamina, $H_2NCH_2CH_2OH$.



La FE se encuentra en las plaquetas de la sangre y tiene un importante papel en la coagulación de la misma. Sirve también como fuente de fosfato inorgánico para la formación de nuevos tejidos.

20.13 Fosfolípidos con esfingosina: esfingolípidos

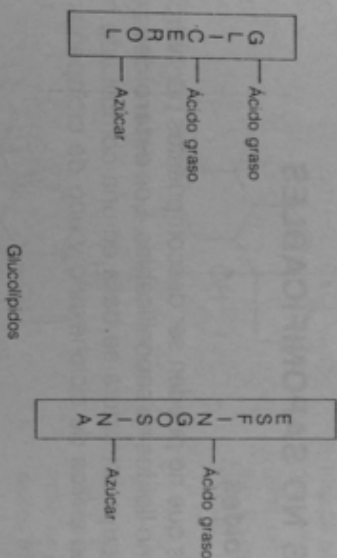
El alcohol de los **esfingolípidos** no es el glicerol, sino la esfingosina. El esfingolípido más común es la esfingomielina.



Se encuentran grandes cantidades de esfingomielinas en el cerebro y tejidos nerviosos, y forman parte de la vaina de mielina, el recubrimiento protector de los nervios. La vaina de mielina es muy estable, debido en parte a la fijación mutua de las largas cadenas de los ácidos grasos de las esfingomielinas. Ciertas enfermedades, como la de Niemann-Pick y la esclerosis múltiple dan por resultado vainas de mielina defectuosas. La de Niemann-Pick es una enfermedad hereditaria en la cual las esfingomielinas se acumulan en el cerebro, hígado y bazo, lo que resulta en retraso mental y una muerte temprana. La esclerosis múltiple es una enfermedad en la cual el propio sistema de inmunización del organismo ataca y destruye áreas de la vaina de mielina. Estas áreas son sustituidas por un tejido cicatrizante que interrumpe o distorsiona el flujo de los impulsos nerviosos, siendo causa de parálisis, entumecimiento, pérdida de coordinación y equilibrio y dificultad en el habla.

20.14 Glucolípidos

La diferencia principal entre **glucolípidos** y fosfolípidos se basa en que los primeros contienen un grupo azúcar y no un fosfato. El grupo azúcar es generalmente galactosa, pero puede ser glucosa. El alcohol puede ser glicerol o esfingosina.



Los cerebrósidos son glucolípidos que contienen esfingosina. Se hallan en concentraciones elevadas en las células cerebrales y nerviosas, especialmente en la vaina de mielina. Diversas enfermedades hereditarias en el metabolismo de las grasas, se deben a errores en el metabolismo de los glucolípidos. En la enfermedad de Gaucher, los glucolípidos contienen glucosa en lugar de galactosa y se acumulan en el bazo y riñones. En la enfermedad de Tay-Sachs, el infante carece de la enzima necesaria para descomponer los glucolípidos, y éstos se acumulan en los tejidos del cere-

bro y ojos, causando debilidad muscular, retraso mental, ataques, ceguera y muerte alrededor de los tres años.

Ejercicio 20-3

1. Enumerar los compuestos que se producen por la hidrólisis de cada uno de los siguientes:
 - a) fosfoglicérido
 - b) fosfatidicolina
 - c) fosfatidiletanolamina
 - d) estingomielina
 - e) glucolípido
 - f) cerebrósido
2. Describir cómo la estructura de la FC permite que este compuesto forme una emulsión entre el aceite y el vinagre.

LÍPIDOS NO SAPONIFICABLES

20.15 Esteroides

Los lípidos que no pueden ser descompuestos por hidrólisis alcalina se conocen como lípidos no saponificables. Los **esteroides** son lípidos no saponificables cuya estructura se basa en una complicada molécula de cuatro anillos, tres anillos de ciclohexano y uno de ciclopentano.



Núcleo esteroide

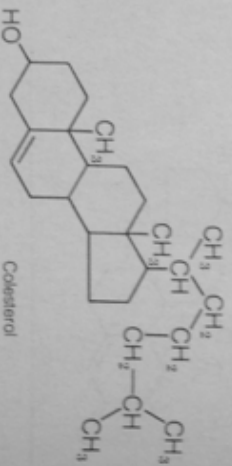
El núcleo esteroide se halla en la estructura de varias vitaminas, hormonas, fármacos, venenos, ácidos biliares y esteroides. La estructura y función de algunos de los esteroides más conocidos se encuentran en la tabla 20.5.

Tabla 20.5 La estructura y función de algunos esteroides

Esteroides	Estructura	Función
Cortisona		<p>Una de las muchas hormonas producidas por las glándulas suprarrenales. Es importante para controlar el metabolismo de los carbohidratos y se utiliza terapéuticamente para aliviar los síntomas de la inflamación, especialmente en la artritis reumatoide.</p>
Vitamina D ₂		<p>La irradiación con rayos ultravioleta del ergosterol, abre uno de los anillos del grupo esteroide, lo que produce vitamina D₂. Esta vitamina es esencial para prevenir el raquitismo, una enfermedad del metabolismo del calcio.</p>
Digitoxigenina		<p>Se extrae de la planta llamada digitalis; es un esteroide que se utiliza en pequeñas dosis para regular un corazón enfermo. En grandes dosis es mortal.</p>
Testosterona		<p>Esta hormona sexual masculina regula el desarrollo de los órganos sexuales masculinos.</p>
Progesterona		<p>Esta es la hormona sexual femenina, que se produce durante el embarazo y que actúa sobre el revestimiento uterino, preparándolo para recibir el embrión.</p>

20.16 Colesterol

Los **esteroles** son alcoholes esteroideos. El esteroil más conocido es el co-
lesterol.



El **colesterol** forma parte de todas las membranas celulares y es la materia prima para la síntesis de esteroideos como los ácidos biliares, hormonas sexuales y vitamina D. Todas las células tienen la capacidad de sintetizar co-
lesterol a partir de acetil CoA, pero el 90% de los 3 a 5 gramos de colesterol producidos diariamente en el cuerpo se origina en el hígado. También se ingiere una cierta cantidad de colesterol en los alimentos, como las yemas de huevo y carnes; pero si ésta es muy grande, se reduce la producción del hígado.

El **colesterol** es transportado en la sangre en forma de una lipoproteína (principalmente como lipoproteína de baja densidad, LBD). La LBD es importante en la regulación de la síntesis del colesterol en otras células que no sean las del hígado. Estas células poseen en su membrana, sitios de fijación o receptores específicos para la LBD. La interacción de la LBD con esos receptores, constituye la primera etapa en la descomposición de la LBD dentro de la célula y la disminución de la síntesis del colesterol por las células. Si se impide esta interacción, que es el caso de la enfermedad genética hipercolesterolemia, se acumulan grandes cantidades de LBD en la sangre. Las personas que sufren esta dolencia mueren de aterosclerosis alrededor de los veinte años. No obstante, el proceso exacto según el cual la LBD contribuye al desarrollo de dicha aterosclerosis no se comprende en su totalidad hasta el momento.

20.17 Membranas celulares

Las membranas realizan muchas funciones específicas en los organismos vivos. Controlan el ambiente químico del espacio que encierran al dejar fuera ciertos compuestos y transportar selectivamente otros a través de la membrana. La membrana celular mantiene la forma de la célula y controla el movimiento celular. La composición química de la membrana permite el reconocimiento de célula a célula y la membrana contiene receptores para muchas hormonas.

Los dos componentes principales de las membranas celulares son los lípidos y las proteínas; sus proporciones varían en los diferentes tipos de membranas. Por ejemplo, la vaina mielínica está formada aproximadamente de un 70% de lípidos, mientras que la membrana nuclear tiene sólo un 40% de lípidos. Cuando se observan con un microscopio electrónico, las membranas biológicas muestran dos bandas oscuras a cada lado de una banda clara (figura 20.7). Esto se debe a que la estructura de una membrana está constituida por una doble capa de lípidos, dos filas de fosfolípidos, cada uno con su cabeza hidrófila polar dirigida hacia la parte exterior de la membrana (en contacto con la solución acuosa de la célula), y sus colas hidrófobas no polares dirigidas hacia el interior libre de agua (figura 20.8). Las proteínas componentes de la membrana pueden estar sobre la superficie de la capa doble de lípidos, empujadas en ella, o extendiéndose totalmente sobre la misma. Los lípidos más abundantes en las membranas son los fosfolípidos (FE yFC), esfingolípidos y colesterol. No obstante, los glucolípidos también se encuentran en las membranas y se considera que forman parte de la estructura de los sitios receptores, que son las áreas de la membrana donde moléculas específicas, como las hormonas, se fijan a la célula.

Ejercicio 20-4

1. Enumerar cuatro esteroides que son importantes para los organismos vivos.
2. ¿Cuáles son los lípidos que constituyen los componentes más importantes de las membranas celulares? ¿Qué otra clase de compuestos importantes se halla en la estructura de la membrana?

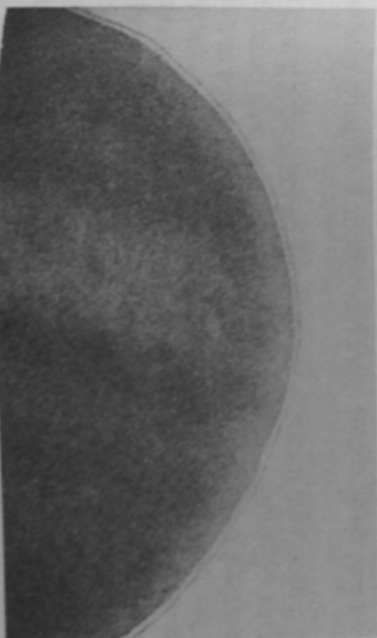


Figura 20.7 Microfotografía electrónica de la membrana plasmática de un glóbulo rojo, mostrando dos bandas oscuras a cada lado de una banda clara. (Cortesía del Dr. J. D. Robertson.)

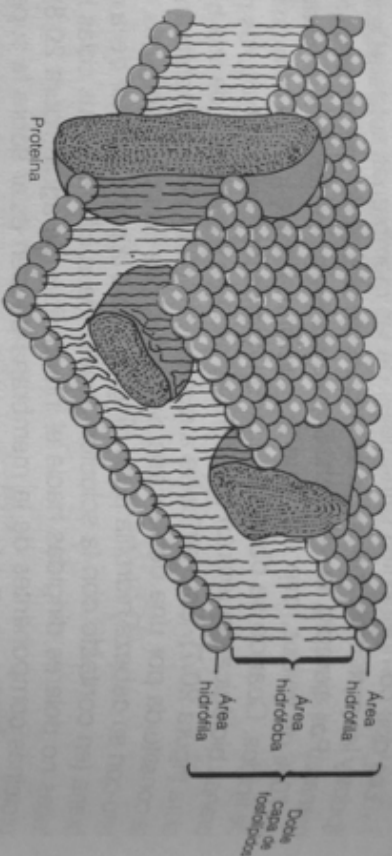


Figura 20.8 Las membranas celulares están compuestas de fosfolípidos y proteínas. Los fosfolípidos están distribuidos en una capa doble (dos filas), con sus cabezas polares orientadas hacia el exterior y sus colas no polares orientadas hacia el interior.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

Los lípidos son sustancias cerosas o aceitosas no solubles en agua. Sus funciones principales son las de formar parte de la estructura de membranas biológicas y almacenar energía para la célula. Constituyen también la materia prima para la formación de prostaglandinas, hormonas, vitaminas y ácidos biliares.

Los triacilgliceroles son ésteres del glicerol y tres ácidos grasos, y pueden ser, a temperatura ambiente, sólidos (grasas) o líquidos (aceites). Los aceites tienen mayor número de ácidos grasos insaturados que las grasas. Los ácidos grasos poliinsaturados (linoleico, linoléico y araquidónico) son ácidos grasos esenciales y son utilizados en la síntesis de prostaglandinas. Las ceras son ésteres de alcoholes monohidroxílicos y ácidos grasos de cadena larga.

Los ácidos grasos insaturados, o las cadenas de los ácidos grasos insaturados de los triacilgliceroles, pueden ser hidrogenados para producir ácidos grasos saturados o grasas saturadas. Las grasas y aceites se pueden volver rancios por la hidrólisis de los triacilgliceroles o por la oxidación de las cadenas de ácidos grasos insaturados. Los triacilgliceroles se pueden hidrolizar para formar tres ácidos grasos y glicerol. Si la hidrólisis tiene lugar en presencia de una base fuerte, se forma glicerol y las sales de los ácidos grasos, o jabones. Los jabones resultan buenos agentes emulsificantes, ya que sus moléculas poseen una región no polar que se disuelve en la grasa o aceite, y otra polar que se disuelve en el agua.

Los fosfolípidos son lípidos complejos que forman la estructura de las membranas de las células y que ayudan a transportar otros lípidos por el cuerpo. Todos los fosfolípidos contienen un grupo fosfato, ácidos grasos

un alcohol (glicerol o esfingosina), y un compuesto nitrogenado (colina, etanolamina, serina o inositol). Los glucolípidos son lípidos complejos que contienen un grupo azúcar en lugar de un fosfato y se hallan en elevadas concentraciones en las células cerebrales y nerviosas. Los esteroides son lípidos no saponificables con una estructura cíclica compleja, que se encuentra en muchas hormonas, vitaminas D, esteroides, ácidos biliares, fármacos y venenos. El colesterol es el más conocido de los esteroides; es componente de todas las células y lo utiliza la célula como materia prima para la síntesis de muchos otros compuestos.

EJERCICIOS Y PROBLEMAS

1. Establecer la diferencia entre cada uno de los siguientes incisos:

- lipido saponificable y lipido no saponificable
- triacilglicerol simple y triacilglicerol mixto
- grasa y aceite
- ácido graso saturado, ácido graso insaturado y ácido graso poliinsaturado
- cera y triacilglicerol
- fosfolipido y triacilglicerol
- fosfatidilcolina y esfingomielina
- fosfolipido y glucolipido
- hidrólisis e hidrogenación
- hidrólisis y saponificación

- ¿Cuál es la diferencia estructural entre los triacilgliceroles en las grasas animales y en los aceites vegetales?
- ¿Por qué una dieta carente de ácido linoleico sería nociva para la salud de un individuo?
- ¿Qué información se obtiene del número de yodo de un lipido?
- ¿Por qué se vuelve rancia la mantequilla? ¿Por qué la refrigeración retarda este proceso? ¿Qué produce el olor de la mantequilla rancia?
- Describe lo que ocurre a nivel molecular, cuando se lava con jabón las manos impregnadas con aceite de ensalada.
- Indicar una posible razón para la acción bactericida del jabón, basándose en el hecho de que las membranas de las células bacteriales están formadas por lípidos.
- ¿Por qué los detergentes son superiores a los jabones?
- ¿Por qué resulta eficaz inhalar una mezcla que contenga DPFC para evitar el colapso de los alvéolos?
- ¿Qué esteroide es un componente de las membranas celulares?
- La propaganda comercial hace creer que el colesterol es malo para la salud.
 - Explicar por qué esto es en parte cierto
 - Explicar a continuación por qué esta aseveración no es totalmente correcta.