

4

Estructura y funciones de la célula

IMPACTOS Y PROBLEMAS Comida para pensar

Encontramos bacterias en el fondo del mar, muy alto en el cielo y en las profundidades del subsuelo, en todos los sitios. Los intestinos de los mamíferos albergan gran cantidad de bacterias, pero éstas no son simples huéspedes ya que sintetizan vitaminas que los mamíferos no pueden sintetizar y eliminan a los gérmenes más peligrosos.

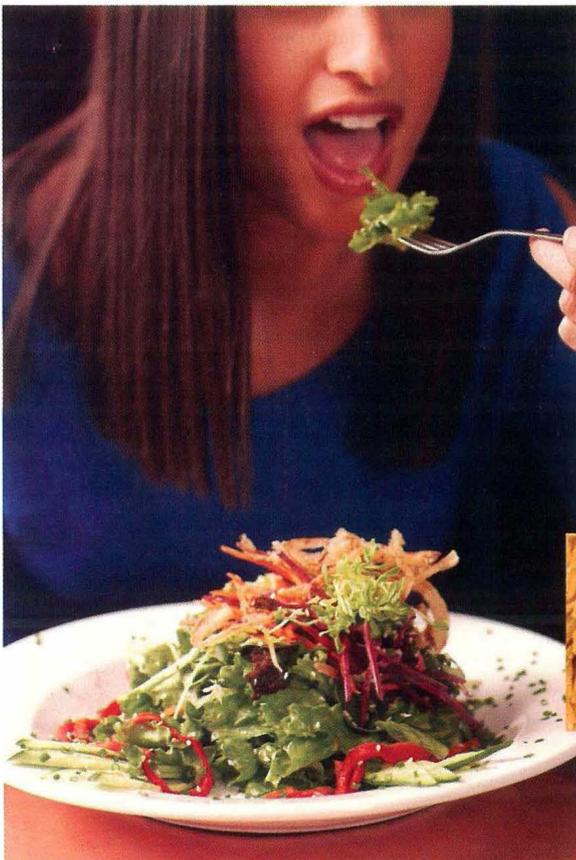
La *Escherichia coli* es una de las bacterias intestinales más comunes en los animales de sangre caliente. Sólo algunos, de cientos de tipos o cepas de *E. coli*, son dañinas. La cepa O157:H7 fabrica una potente toxina que puede dañar severamente el recubrimiento del intestino humano (figura 4.1). Tras ingerir tan sólo 10 células de O157:H7, la persona se enferma mucho y presenta fuertes calambres y diarreas sanguinolentas que duran hasta 10 días. En algunos casos, las complicaciones de infección por O157:H7 ocasiona insuficiencia renal, ceguera, parálisis y la muerte. Aproximadamente 73,000 estadounidenses se infectan con *E. coli* O157:H7 al año, de éstos más de 60 mueren.

E. coli O157:H7 vive en el intestino de otros animales (ganado, venados, cabras y ovejas) y aparentemente no les causa proble-

mas. Los humanos quedan expuestos a esta bacteria al entrar en contacto con las heces de animales que la contienen, por ejemplo, al comer carne molida contaminada. Durante la matanza, la carne en ocasiones entra en contacto con las heces. Las bacterias de las heces se pegan a la carne y después se mezclan perfectamente con ella en el proceso de molienda. A menos que la carne contaminada se cocine a una temperatura mínima de 71°C, entrarán bacterias vivas a vías digestivas de la persona que la ingiera. Las personas también se infectan ingiriendo fruta fresca y verdura que ha estado en contacto con heces de animales. Por ejemplo, en 2006, por lo menos 205 personas se enfermaron y tres murieron tras comer espinaca cruda. La espinaca se había cultivado cerca de un campo donde pastaba ganado; posiblemente se haya usado agua contaminada con estiércol para regarla. Lavar los productos contaminados con agua no retira a *E. coli* O157:H7 porque estas bacterias se adhieren muy bien.

El impacto económico de estos brotes, que ocurren con cierta regularidad, va más allá de las muertes. Los granjeros perdieron de \$50 a \$100 millones de dólares retirando espinaca cruda después del brote de 2006. En 2007, se recogieron 2.6 millones de kilogramos (5.7 millones de libras) de carne molida, después de que 14 personas se enfermaron. Quienes cultivan alimentos y quienes los procesan están comenzando a implementar nuevos procedimientos que esperan reduzcan los brotes de *E. coli* O157:H7. Algunas carnes y productos se someten actualmente a pruebas de patogenicidad antes de la venta y las mejoras en documentación, sin duda, permitirán detectar más rápidamente la fuente de contaminación.

¿Qué hace que las bacterias se adhieran? ¿Por qué las personas enferman por *E. coli* O157:H7, pero las vacas no? Comenzarás a encontrar respuestas a éstas y muchas otras preguntas sobre problemas para la salud en este capítulo al aprender acerca de las células y cómo funcionan.



¡Mira el video! Figura 4.1 Bacterias *E. coli* O157:H7 (arriba, en rojo) sobre células intestinales (marrón) de un niño pequeño. Este tipo de bacteria provoca una enfermedad intestinal grave en quienes consumen alimentos contaminados con ella, como carne molida o productos frescos (izquierda).

Conceptos básicos



Lo que tienen en común las células

Cada célula tiene una membrana plasmática, que es un límite entre su interior y el entorno exterior. El interior consta del citoplasma y una región interna de ADN. **Secciones 4.1, 4.2**



Microscopios

El análisis al microscopio apoya tres generalizaciones de la teoría celular: cada organismo consta de una o más células y sus productos, la célula tiene capacidad para vivir independientemente y cada nueva célula desciende de otra célula. **Sección 4.3**



Células procariontes

Las arqueas y las bacterias son células procariontes que tienen pocos o ningún compartimiento interno rodeado de membrana. En general, son las más pequeñas y estructuralmente son las células más sencillas. **Secciones 4.4, 4.5**



Células eucariontes

Las células de protistas, plantas, hongos y animales, son eucariontes: tienen un núcleo y otros compartimientos rodeados de membrana. Difieren en sus partes internas y en las especializaciones de su superficie. **Secciones 4.6-4.12**



Un examen del citoesqueleto

Diversos filamentos de proteína refuerzan la forma de la célula y mantienen organizadas sus partes. A medida que algunos filamentos se alargan y acortan, mueven las estructuras de la célula o toda la célula. **Sección 4.13**

Conexiones a conceptos anteriores

- Reflexiona sobre los niveles de organización en la naturaleza mencionados en la sección 1.1. Verás cómo surgen las propiedades de las membranas celulares de la organización de lípidos y proteínas (3.4, 3.5).
- Tus conocimientos sobre la teoría científica (1.6) te ayudarán a comprender de qué manera el pensamiento científico condujo al desarrollo de la teoría celular. En este capítulo, también se ofrecen ejemplos de los efectos de la mutación y cómo se emplean los radioisótopos en investigación (2.2).
- Consideraremos la ubicación celular del ADN (3.7) y los sitios donde se sintetizan y dividen los carbohidratos (3.2, 3.3).
- También explicaremos ampliamente el papel vital de las proteínas en las funciones de la célula (3.6) y veremos cómo ayuda un nucleótido a controlar las actividades de la célula (3.7).

¿Por qué opción votarías? Algunos creen que la manera más segura de proteger a los consumidores de intoxicación alimenticia, es exponiendo los alimentos a radiación de alta energía que mata las bacterias. Otros consideran que sería más conveniente hacer más estrictas las normas de seguridad de alimentos. ¿Elegirías la irradiación de alimentos? Ve más detalles en CengageNOW y después vota en línea. Sólo disponible en inglés.

4.1 Teoría celular

■ La teoría celular, fundamento de la biología moderna, dice que las células son las unidades fundamentales de todos los seres vivos.

■ Conexión con Teoría 1.6.

Medición de las células

¿Has pensado en que tu estatura es aproximadamente $3/2,000$ de un kilómetro ($1/1,000$ millas)? Probablemente no. Las células se miden de este modo. Usa las escalas de barra de la figura 4.2 como regla y verás que todas las células que se muestran miden pocos micrómetros de “alto”. Un micrómetro (μm) es un milésimo de milímetro, que a su vez es un milésimo de un metro, que a su vez es un milésimo de un kilómetro. Las bacterias son células y son las células más pequeñas y estructuralmente más sencillas sobre la Tierra. Las células que constituyen el cuerpo humano en general son más grandes y complejas que las bacterias.

Animáculos y bestiecillas

Casi todas las células son tan pequeñas que son invisibles a simple vista. Nadie sabía que existían hasta que se inventaron los primeros microscopios a fines del siglo xvi.

Los primeros microscopios no eran muy complejos. Hans y Zacharias Janssen, dedicados a fabricar lentes, descubrieron que los objetos se ven grandes (se amplifican) al verlos a través de una serie de lentes. Padre e hijo fabricaron el primer microscopio compuesto (que usa múltiples

lentes) en 1590, al montar dos lentes de vidrio dentro de un tubo.

Dada la simplicidad de sus instrumentos, resulta sorprendente que los pioneros en microscopía hayan observado tantas cosas. Antoni van Leeuwenhoek, comerciante de telas holandés, tenía particular destreza para construir lentes y posiblemente su vista era muy buena. A mediados de 1600, se dedicó a observar el mundo microscópico del agua de lluvia, insectos, telas, los espermatozoides, las heces; esencialmente, cualquier muestra que pudiera observar con su microscopio (figura 4.3a). Quedó fascinado por los diminutos organismos que veía moviéndose en muchas de sus muestras. Por ejemplo, al raspar el sarro de sus dientes y examinarlo, Leeuwenhoek detectó “muchos animáculos muy pequeños, cuyos movimientos resultan muy agradables de observar”; (de manera incorrecta) asumió que el movimiento definía a la vida, y (de manera correcta) concluyó que las “bestiecillas” que se movían estaban vivas. Quizá a Leeuwenhoek le agradaba tanto observar a estos animáculos porque no comprendía las implicaciones que esto tenía: el mundo y nuestro cuerpo está lleno de vida microbiana.

Robert Hooke, contemporáneo de Leeuwenhoek, agregó otro lente que permitió que el microscopio fuera más fácil de emplear. Muchos de los microscopios que se usan en la actualidad aún se basan en este diseño. Hooke amplificó un pedazo de corcho cortado finamente procedente de un árbol maduro, y detectó diminutos compartimientos (figura 4.3b) a los cuales les dio el nombre de células (celdas: pequeñas cámaras donde vivían los monjes) y de



Figura 4.2 Células bacterianas con forma de bastón en la punta de un alfiler, mostradas cada vez con mayor amplificación. El “ μm ” es una abreviatura de micrómetros, o 10^{-6} . **Investiga:** ¿De qué tamaño son estas bacterias?
Respuesta: Aproximadamente de 1 μm de ancho y 5 μm de largo.

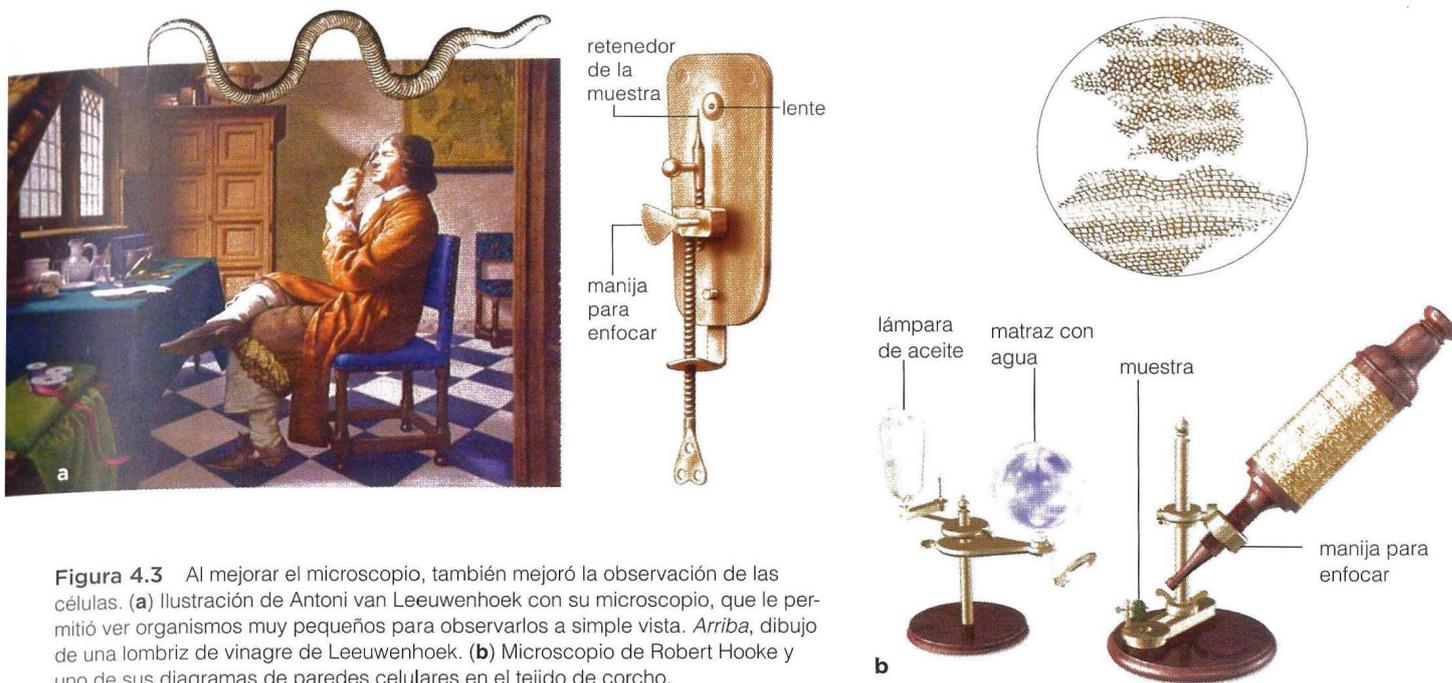


Figura 4.3 Al mejorar el microscopio, también mejoró la observación de las células. (a) Ilustración de Antoni van Leeuwenhoek con su microscopio, que le permitió ver organismos muy pequeños para observarlos a simple vista. Arriba, dibujo de una lombriz de vinagre de Leeuwenhoek. (b) Microscopio de Robert Hooke y uno de sus diagramas de paredes celulares en el tejido de corcho.

ahí se derivó el término “célula”. En realidad eran células muertas de las plantas, que es lo que constituye el corcho, pero Hooke no creía que estuviesen muertas porque ni él ni sus contemporáneos sabían que las células estaban vivas. Él observó células “llenas de jugos” en los tejidos de plantas verdes, pero no comprendió que estaban vivas.

Surgimiento de la teoría celular

Casi 200 años después de haber sido descubiertas las células, se consideró que eran parte de un sistema continuo de membrana en los organismos multicelulares, no entidades separadas. Al llegar la década de 1820, gracias a los lentes tan mejorados, las células pudieron observarse mejor. Robert Brown, un botánico, fue el primero en identificar el núcleo de una célula vegetal. Matthias Schleiden, otro botánico, propuso la hipótesis de que una célula vegetal es una unidad viva independiente, aunque forma parte de una planta. Schleiden comparó notas con el zoólogo Theodor Schwann, y ambos llegaron a la conclusión de que los tejidos de los animales y de los vegetales están formados de células y sus productos. En conjunto, estos dos científicos reconocieron que las células tienen vida propia, aunque forman parte de un cuerpo multicelular.

Otro avance se dio gracias al fisiólogo Rudolf Virchow, quien estudió cómo se reproducen las células, es decir, cómo se dividen en células descendientes. Él comprendió que cada célula descendía de otra célula viva. Ésta y muchas otras observaciones dieron lugar a cuatro generalizaciones que en la actualidad constituyen la **teoría celular**.

1. Todo organismo consta de una o más células.
2. La célula es la unidad estructural y funcional de todos los organismos. La célula es la unidad más pequeña con vida y ésta vive individualmente, aunque forme parte de un organismo multicelular.
3. Todas las células vivas provienen de la división de otras células preexistentes.
4. Las células contienen material hereditario que transmiten a sus descendientes durante la división celular.

La teoría celular, propuesta por primera vez en 1839 por Schwann y Schleiden, y revisada posteriormente, sigue constituyendo el fundamento de la biología moderna. Sin embargo, no siempre fue así. Esta teoría constituyó una nueva interpretación radical de la naturaleza que subrayaba la unidad de los seres vivos. Como ocurre con cualquier teoría científica, permanecía abierta (y siempre lo estará) a revisión en caso de que los nuevos datos no la apoyen.

Para repasar en casa

¿Qué es la teoría celular?

- Todos los organismos constan de una o más células.
- La célula es la unidad más pequeña con las propiedades de la vida.
- Cada nueva célula surge por división de otra célula preexistente.
- Cada célula transfiere material hereditario a sus descendientes.

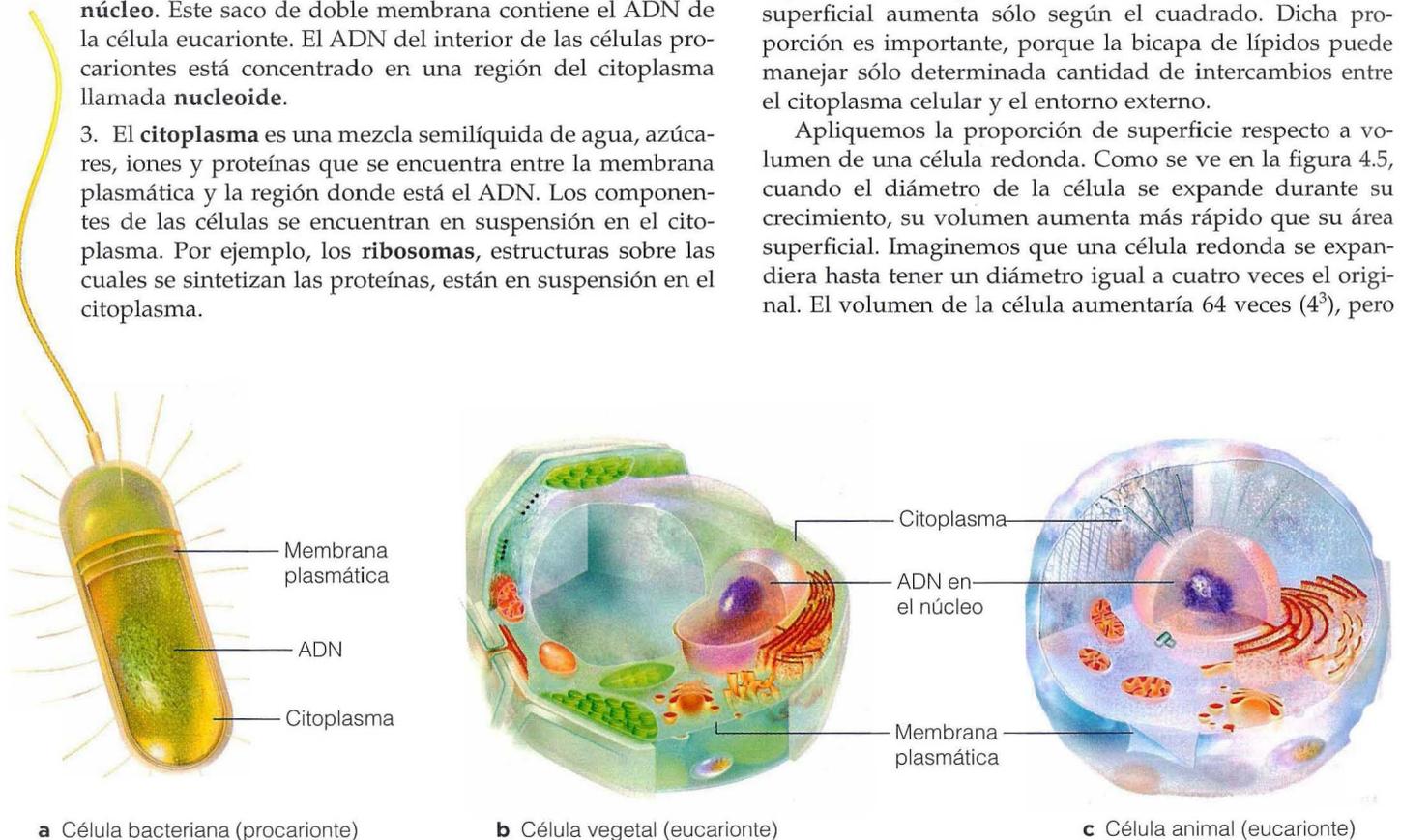
4.2 ¿Qué es una célula?

- Todas las células tienen membrana plasmática y citoplasma, y todas inician su vida con ADN.
- Conexiones con Estructura de los lípidos 3.4, ADN 3.7.

La estructura de la célula

La **célula** es la unidad más pequeña que presenta las propiedades de la vida, lo cual implica que lleva a cabo el metabolismo, mantiene la homeostasis, crece y se reproduce. El interior de una **célula eucarionte** está dividido en varios compartimientos funcionales, incluyendo un núcleo. Las **células procariontes** suelen ser más pequeñas y más simples; carecen de núcleo. Las células difieren en tamaño, forma y actividad. Sin embargo, como sugiere la figura 4.4, todas las células se asemejan en tres aspectos: comienzan la vida con membrana plasmática, una región que contiene ADN y citoplasma.

1. La **membrana plasmática** es la membrana más externa de la célula que separa sus actividades metabólicas de los eventos del exterior, pero no aísla el interior de la célula. El agua, el dióxido de carbono y el oxígeno pueden atravesarla con libertad. Otras sustancias sólo la atraviesan con ayuda de las proteínas de membrana. Otras más, no pueden penetrarla.
2. Todas las células eucariontes comienzan su vida con un **núcleo**. Este saco de doble membrana contiene el ADN de la célula eucarionte. El ADN del interior de las células procariontes está concentrado en una región del citoplasma llamada **nucleoide**.
3. El **citoplasma** es una mezcla semilíquida de agua, azúcares, iones y proteínas que se encuentra entre la membrana plasmática y la región donde está el ADN. Los componentes de las células se encuentran en suspensión en el citoplasma. Por ejemplo, los **ribosomas**, estructuras sobre las cuales se sintetizan las proteínas, están en suspensión en el citoplasma.



a Célula bacteriana (procarionte)

b Célula vegetal (eucarionte)

c Célula animal (eucarionte)

Figura 4.4 La organización general de las células procariontes y eucariontes, si dibujáramos una célula procarionte a la misma escala que las otras dos, sería aproximadamente de este tamaño.

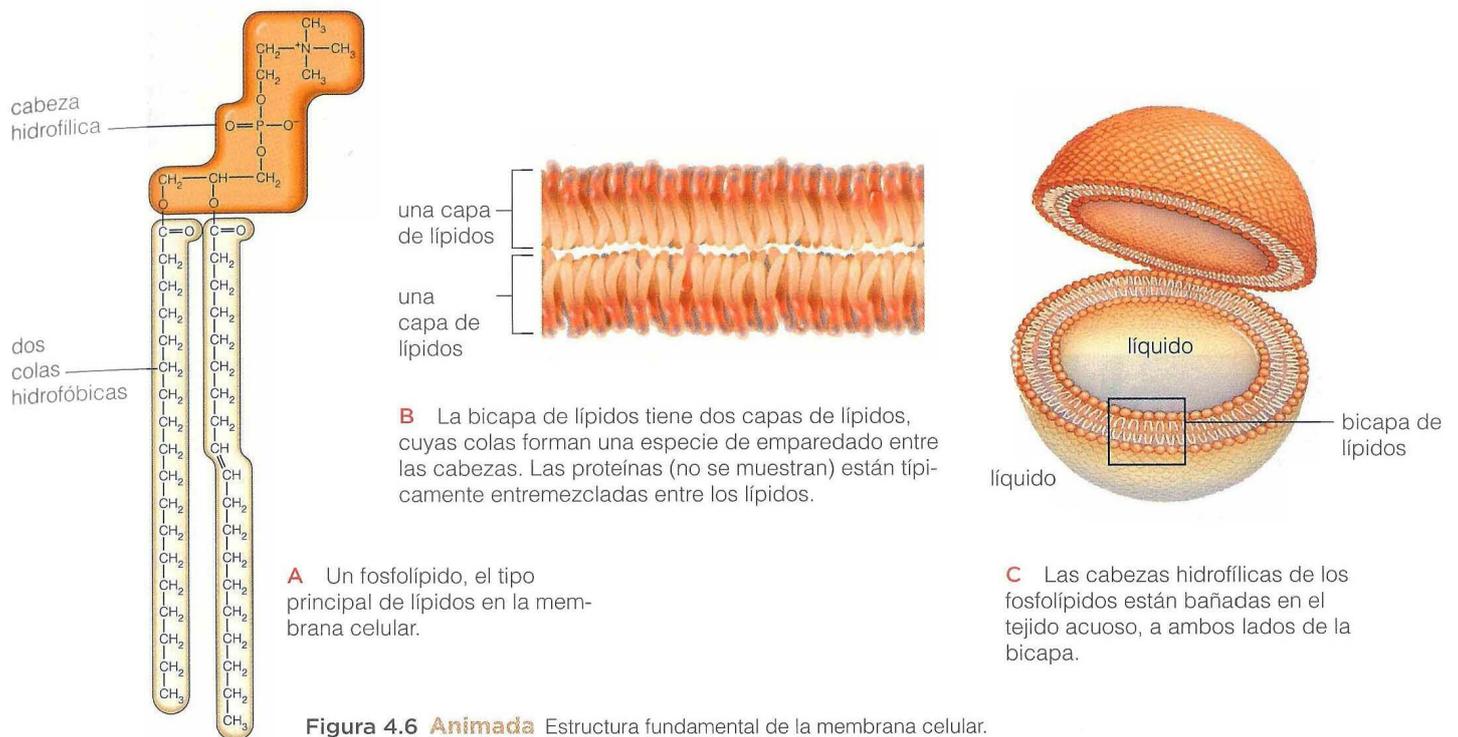
Diámetro (cm)	2	3	6
Área superficial (cm ²)	12.6	28.2	113
Volumen (cm ³)	4.2	14.1	113
Proporción entre superficie y volumen	3:1	2:1	1:1

Figura 4.5 Animada Tres ejemplos de proporción entre superficie y volumen. Esta relación física entre el aumento de volumen y área superficial restringe el tamaño y la forma de las células.

¿Hay células del tamaño suficiente como para ser observadas sin ayuda del microscopio? Unas cuantas: entre ellas las "yemas" de los huevos de aves, las células de los tejidos de la sandía y los huevecillos de anfibios y peces. Estas células son relativamente de gran tamaño porque no tienen mucha actividad metabólica. La mayor parte de su volumen es simplemente de almacenamiento.

La relación física entre **proporción de superficie respecto a volumen** influye fuertemente en el tamaño y la forma de la célula. Según esta proporción, el volumen del objeto aumenta según el cubo de su diámetro, pero su área superficial aumenta sólo según el cuadrado. Dicha proporción es importante, porque la bicapa de lípidos puede manejar sólo determinada cantidad de intercambios entre el citoplasma celular y el entorno externo.

Apliquemos la proporción de superficie respecto a volumen de una célula redonda. Como se ve en la figura 4.5, cuando el diámetro de la célula se expande durante su crecimiento, su volumen aumenta más rápido que su área superficial. Imaginemos que una célula redonda se expandiera hasta tener un diámetro igual a cuatro veces el original. El volumen de la célula aumentaría 64 veces (4^3), pero



su área superficial sólo 16 veces (4^2). Cada unidad de membrana plasmática debería ahora controlar intercambios con una cantidad cuatro veces mayor de citoplasma. En caso de que la circunferencia de la célula aumentara demasiado, el flujo de nutrientes hacia el interior y el flujo de desechos hacia el exterior no podría ser suficientemente rápido como para mantenerla viva.

Una célula grande y redonda también tendría problemas para desplazar sustancias a través de su citoplasma. Las moléculas se dispersan gracias a su propio movimiento aleatorio, pero no se modifican muy rápido. Los nutrientes o desechos, no se distribuirían suficientemente rápido como para mantenerse a la par con el metabolismo de una célula grande, redonda y activa. Por este motivo, muchas células son largas y delgadas, o tienen una superficie regular con pliegues que aumentan su área superficial. La proporción de la superficie respecto al volumen en estas células, es la suficiente como para preservar su metabolismo. La cantidad de materia prima que atraviesa la membrana plasmática y la velocidad a que es distribuida en el citoplasma, satisfacen las necesidades de la célula. Además, los desechos son retirados suficientemente rápido para así, impedir que las células se intoxiquen.

Las restricciones de superficie respecto a volumen también afectan el plan de organización corporal de las especies multicelulares. Por ejemplo, las células pequeñas se unen unas con otras en algas similares a tiras, de modo que cada una interacciona directamente con sus alrededores. Las células musculares de los muslos son tan largas como el músculo que forman, aunque cada una de ellas es delgada, de modo que intercambia sustancias de manera eficiente con el líquido del tejido circundante.

Generalidades sobre la membrana celular

El fundamento estructural de todas las membranas celulares es la **bicapa de lípidos**, una doble capa de lípidos organizada de modo que las colas hidrofóbicas forman un emparedado entre las cabezas hidrofílicas (figura 4.6).

Los fosfolípidos son el tipo de lípidos más abundante en las membranas celulares. Muchas proteínas distintas embebidas en la bicapa o unidas a una de sus superficies, efectúan las funciones de membrana. Por ejemplo, algunas proteínas forman canales a través de la bicapa; mientras que otras bombean sustancias a través de ella. Además de la membrana plasmática, muchas células también tienen membranas internas que forman canales o sacos membranosos. Estas estructuras membranosas compartimentalizan las tareas como síntesis, modificación y almacenamiento de sustancias. En el capítulo 5 se examina de manera más cercana la estructura y funciones de la membrana.

Para repasar en casa

¿En qué se parecen todas las células?

- Todas las células comienzan su vida con membrana plasmática, citoplasma y una región de ADN.
- Una bicapa de lípidos forma el marco estructural de todas las membranas celulares.
- El ADN de las células eucariontes está encerrado en un núcleo, mientras que el ADN de las células procariontes está concentrado en una región de citoplasma llamada el nucleóide.

4.3 ¿Cómo observamos las células?

■ Se emplean diferentes tipos de microscopios para estudiar los diversos aspectos de los organismos, desde los más pequeños hasta los de mayor tamaño.

■ Conexión con Aplicaciones de los radioisótopos 2.2.

Microscopios modernos Como los instrumentos tempranos mencionados en la sección 4.1, muchos tipos de microscopios modernos simples aún emplean la luz visible para iluminar los objetos. La luz viaja en ondas, propiedad que nos permite enfocarla con lentes de vidrio. Los microscopios simples emplean la luz visible para iluminar la célula o cualquier otra muestra (figura 4.7a). Los lentes de vidrio curvo desvían la luz enfocándola para formar una imagen ampliada de la muestra. Las fotografías de las imágenes ampliadas con cualquier microscopio se llaman microfotografías (figura 4.8).

Los microscopios de contraste de fase hacen pasar luz a través de las muestras, pero la mayoría de las células son casi

todas transparentes, por lo que sus detalles internos no se hacen visibles, a menos que se tiñan primero o se espongan a tintes que son absorbidos sólo por ciertas partes de la célula. Las partes que absorben el tinte, adquieren apariencia más oscura y el aumento de contraste resultante (diferencia entre partes claras y oscuras) permite observar en más detalle (figura 4.8a). Las muestras opacas no se tiñen; sus detalles superficiales se revelan empleando un microscopio de reflexión de luz (figura 4.8b).

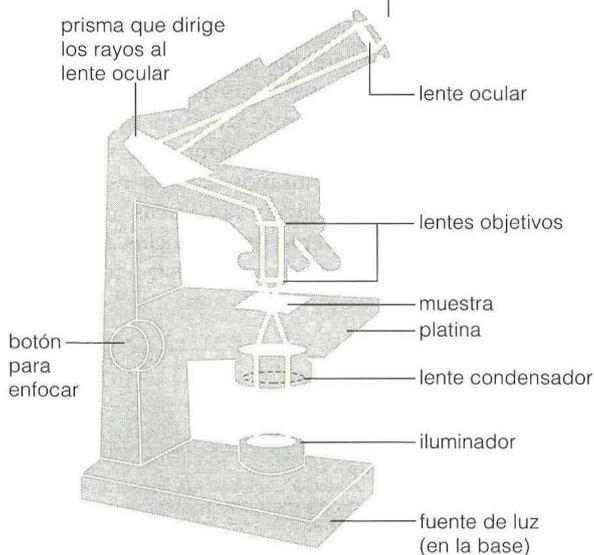
En el microscopio fluorescente, la célula o molécula es la fuente luminosa; emite fluorescencia o energía en forma de luz visible cuando se enfoca sobre ella un haz de láser. Algunas moléculas, como las clorofilas, fluorescen naturalmente (4.8c). De manera típica, los investigadores unen un marcador que sea emisor luminoso, a la célula o molécula de interés.

La longitud de onda luminosa (distancia entre el pico de una onda y el pico precedente) limita el poder de amplificación de cualquier microscopio de luz. ¿Por qué? Las estructuras que son más pequeñas que la mitad de la longitud de onda de la luz, resultan demasiado pequeñas para dispersar las ondas luminosas, aunque estén teñidas. La longitud de onda más pequeña de la luz visible es aproximadamente 400 nanómetros. Por ese motivo, las estructuras de menos de 200 nanómetros de ancho aparecen borrosas, aunque se empleen los mejores microscopios de luz.

Otros microscopios pueden revelar detalles más pequeños. Por ejemplo, los microscopios electrónicos emplean electrones en vez de luz visible para iluminar las muestras (figura 4.7b). Como los electrones viajan en longitudes de



Trayectoria de los rayos de luz (de la parte inferior a la superior) al ojo



A El microscopio de luz compuesto tiene más de un lente de vidrio.

Haz de electrones de entrada



B Microscopio de transmisión electrónica (MTE). Los electrones que atraviesan un corte delgado de una muestra, iluminan una pantalla fluorescente. Los detalles internos de la muestra forman sombras visibles, como se ve en la figura 4.8d.

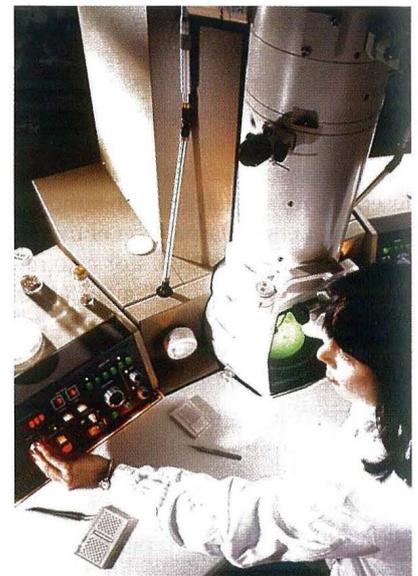
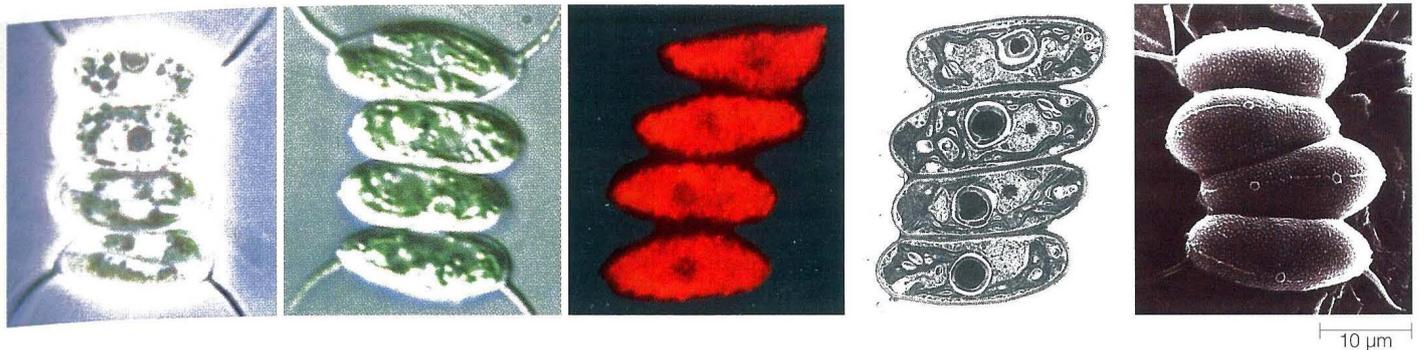


Figura 4.7 Animada Ejemplos de microscopios.



a Microfotografía simple. El microscopio de contraste de fase, da imágenes de alto contraste de muestras transparentes, como las células. **b** Microfotografía simple. El microscopio de luz reflejada, captura la luz reflejada en muestras opacas. **c** Microfotografía por fluorescencia. Las moléculas de clorofila de estas células emiten luz roja (fluorescen) de manera natural. **d** Una microfotografía de transmisión electrónica revela imágenes fantásticamente detalladas de estructuras internas. **e** La microfotografía con microscopio de barrido electrónico muestra detalles de la superficie de células y estructuras. A menudo, los MBE tienen color artificial para ilustrar ciertos detalles.

Figura 4.8 Diferentes microscopios revelan distintas características del mismo organismo acuático: el alga verde (*Scenedesmus*). Intenta estimar el tamaño de una de estas células de alga empleando la barra de escala.

onda mucho más cortas que las de la luz visible, el microscopio electrónico puede resolver detalles mucho más pequeños de los que se pueden ver con los microscopios simples. El microscopio electrónico usa campos magnéticos para enfocar haces de electrones sobre la muestra.

En los microscopios de transmisión electrónica, los electrones forman una imagen después de pasar a través de una muestra delgada. Los detalles internos de la muestra aparecen en la imagen como sombras (figura 4.8d). Los microscopios de barrido electrónico, dirigen

un haz de electrones sobre una superficie de una muestra recubierta con una capa delgada de oro u otro metal. El metal emite tanto electrones como rayos x que se convierten en una imagen de la superficie (figura 4.8e). Ambos tipos de microscopios electrónicos pueden resolver estructuras muy pequeñas, hasta de 0.2 nanómetros.

En la figura 4.9 se compara el poder de resolución del microscopio simple y el microscopio electrónico con el ojo humano sin ayuda.

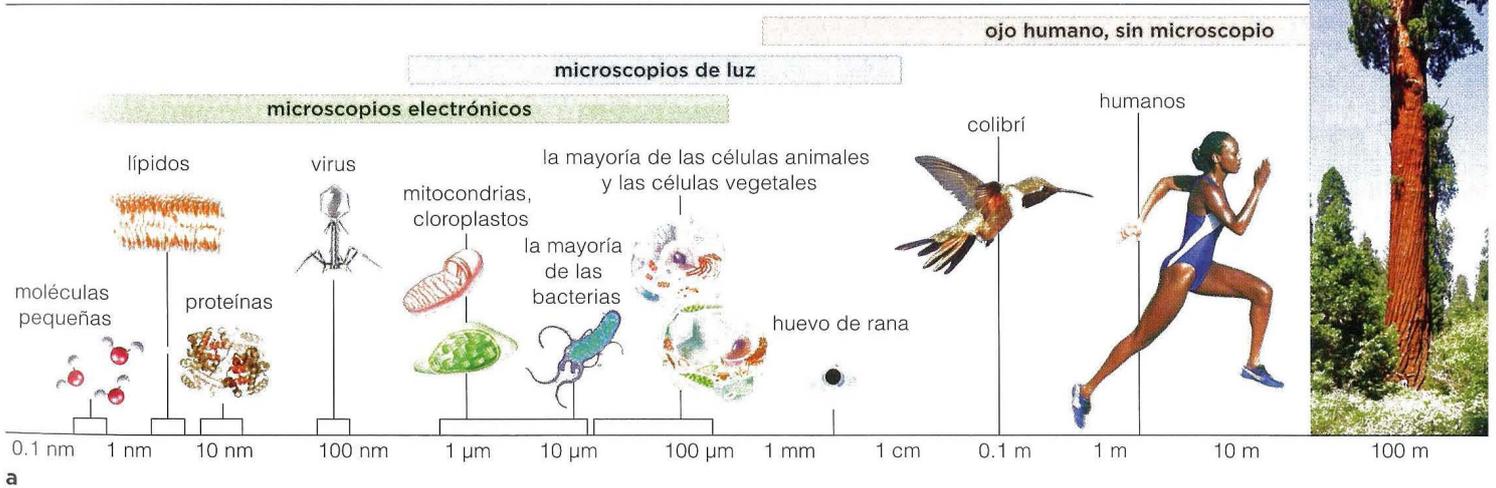


Figura 4.9 (a) Tamaño relativo de moléculas, células y organismos multicelulares. El diámetro de la mayoría de las células se encuentra en el rango de 1 a 100 micrómetros. Los huevos de rana, una de las excepciones, miden 2.5 milímetros de diámetro.

La escala que aquí se muestra es exponencial, no lineal; cada unidad de medición es diez veces mayor que la unidad que le precede. **(b)** Unidades de medición. Ve también el apéndice IX. **Investiga:** ¿Qué es más pequeño: una proteína, un lípido, o una molécula de agua?

Respuesta: Una molécula de agua

- b**
- 1 centímetro (cm) = 1/100 metro, o 0.4 pulg
 - 1 milímetro (mm) = 1/1,000 metro, o 0.04 pulg
 - 1 micrómetro (µm) = 1/1,000,000 metro, o 0.00004 pulg.
 - 1 nanómetro (nm) = 1/1,000,000,000 metro, o 0.00000004 pulg

1 metro = 10² cm = 10³ mm = 10⁶ µm = 10⁹ nm

4.4 Introducción a las células procariontes

- Las bacterias y las arqueas son los procariontes.
- Conexiones con Polisacáridos 3.3, ATP 3.7.

La palabra procarionte significa “antes del núcleo”, lo cual nos recuerda que los primeros procariontes evolucionaron antes que los primeros eucariontes. Los procariontes son unicelulares (figura 4.10), y como grupo constituyen las formas de vida más pequeñas y de mayor diversidad metabólica conocidas. Los procariontes habitaron en etapa temprana en casi todos los entornos de la Tierra, incluyendo algunos sitios sumamente hostiles.

Los dominios Bacteria y Archaea incluyen a todos los procariontes (sección 1.3). Las células de estos dominios son similares en apariencia y tamaño, aunque difieren en estructura y detalles metabólicos (figuras 4.11 y 4.12). Algunas características de las arqueas, indican que están relacionadas de manera más cercana con las células eucariontes que con las bacterias. En el capítulo 21, repasaremos a los procariontes con más detalle; de momento sólo indicaremos generalidades sobre su estructura.

La mayoría de las células procariontes no son más anchas de un micrómetro. Las especies con forma de bastón tienen algunos micrómetros de largo.

Ninguna tiene marco interno complejo, aunque hay filamentos proteicos bajo la membrana plasmática que imparten forma a la célula. Dichos filamentos actúan como sostén para las estructuras internas.

Una **pared celular** rígida rodea la membrana plasmática de casi todos los procariontes. Las sustancias disueltas atraviesan con facilidad esta capa permeable de camino hacia la membrana plasmática o procedente a ella. La pared celular de la mayoría de las bacterias consta de

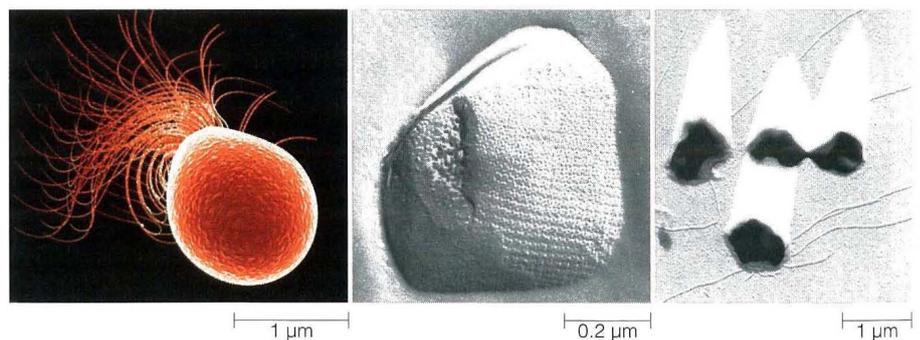
peptidoglicano, el cual es un polímero que contiene péptidos entrecruzados y polisacáridos. La pared de la mayoría de las arqueas consta de proteínas. Algunos tipos de células eucariontes (como las células vegetales) también tienen pared, aunque estructuralmente son diferentes de las paredes de las células procariontes.

Los polisacáridos pegajosos forman una capa resbalosa o cápsula en torno a la pared de muchos tipos de bacteria. Esta capa pegajosa ayuda a las células a adherirse a muchos tipos de superficies (como hojas de espinaca y carne), y también las protege de los depredadores y las toxinas. La cápsula puede proteger a las bacterias patógenas (causales de enfermedad) de las defensas del huésped.

Proyectándose más allá de la pared de muchas células procariontes, se observan uno o más **flagelos**: estructuras celulares delgadas que se emplean para movimiento. El flagelo bacteriano se mueve como una propela, impulsando a la célula en los hábitats líquidos, como los líquidos del cuerpo del huésped. Difiere del flagelo eucarionte, el cual se dobla como látigo, y tiene una estructura interna distintiva.

Hay filamentos de proteína llamados **pili** (pilus en singular) que se proyectan de la superficie de algunas especies de bacterias (figura 4.12a). Los pili ayudan a las células a unirse con superficies o desplazarse a través de ellas. El pilus “sexual” se une con otra bacteria y después se acorta, acercándose a la otra célula para que se produzca la transferencia de material genético entre ambas a través del pilus.

La membrana plasmática de todas las bacterias y arqueas controla selectivamente la sustancia que se desplaza hacia el citoplasma y procede de él, como ocurre en las células eucariontes. La membrana plasmática está llena de transportadores y receptores; y también incorpora proteínas que efectúan procesos metabólicos importantes.



a *Pyrococcus furiosus* fue descubierto en los sedimentos del océano en las cercanías de un volcán activo. Habita a temperaturas de 100°C y fabrica un tipo poco común de enzima que contiene átomos de tungsteno.

b *Ferroplasma acidiphilum* prefiere el agua sobrecalentada que brota del fondo del océano. La composición singular de las bicapas de lípidos de las arqueas, mantiene a estas membranas intactas en condiciones extremas de calor y pH.

c *Metallosphaera prunae*, descubierta en una pila humeante de mineral en una mina de uranio, prefiere altas temperaturas y pH bajo. (Las sombras blancas son producidas por el microscopio electrónico.)

Figura 4.10 Animada Plan generalizado del cuerpo de un procarionte.

Figura 4.11 A algunos les gusta el calor: muchas arqueas habitan en entornos extremos. Las células de este ejemplo viven sin oxígeno.

4.5 Microbios

■ Aunque los procariontes son todos unicelulares, pocos viven solos.

▣ Conexión con Glucoproteínas 3.5.



Figura 4.12 Bacterias. (a) Los filamentos de proteína o pili anclan a las células bacterianas entre sí y con las superficies. Aquí vemos células de *Salmonella typhimurium* (rojo) usando su pilus para invadir un cultivo de células humanas. (b) Las células de *Nostoc* en forma de pelota, se unen entre sí en una cubierta de sus propias secreciones. *Nostoc* son cianobacterias fotosintéticas. Otros tipos de bacterias tienen forma de bastón o de sacacorcho.

Por ejemplo, la membrana plasmática de las bacterias fotosintéticas tiene conjuntos de proteínas que capturan la energía luminosa y la transforman en energía química del ATP (sección 3.7), el cual se emplea para sintetizar azúcares. En los eucariontes ocurren procesos metabólicos similares, aunque tienen lugar en membranas internas especializadas, no en la membrana plasmática.

El citoplasma de los procariontes contiene miles de ribosomas, estructuras sobre las cuales se sintetizan los polipéptidos. El cromosoma único de la célula procarionte, que es una molécula de ADN circular, está ubicado en una región de forma irregular llamada nucleoide. La mayoría de los nucleoides no están circundados de membrana. Muchos procariontes también presentan plásmidos en su citoplasma. Estos pequeños círculos de ADN llevan algunos genes (unidades de la herencia) que pueden conferirles ventajas, como resistencia a los antibióticos.

Otro aspecto intrigante: se tiene evidencia de que todos los protistas, plantas, hongos y animales evolucionaron a partir de algunos tipos de procariontes antiguos. Por ejemplo, el plegamiento de una parte de la membrana plasmática de las cianobacterias hacia el interior del citoplasma. Los pigmentos y otras moléculas que efectúan la fotosíntesis están embebidos en la membrana, del mismo modo que en la membrana interna de los cloroplastos, los cuales son estructuras especializadas para la fotosíntesis en las células eucariontes. En la sección 20.4 examinaremos nuevamente este tema.

Para repasar en casa

¿Qué tienen en común todas las células procariontes?

- Todos los procariontes son organismos unicelulares que carecen de núcleo. Estos organismos habitan en casi todas las regiones de la biosfera.
- Las bacterias y las arqueas son los únicos procariontes. La mayoría tiene una pared celular en torno a su membrana plasmática.
- Los procariontes tienen estructura relativamente sencilla, aunque constituyen un grupo de organismos muy diversos.

Las células bacterianas a menudo viven tan cerca unas de otras que una comunidad comparte una capa de polisacáridos y glucoproteínas que secretan. Estos ordenamientos de vida comunales, en los cuales los organismos unicelulares viven en una masa compartida de fango se llaman **biopelículas**. En la naturaleza, una biopelícula de manera típica consta de especies múltiples, todas ellas entremezcladas en sus secreciones. Puede incluir bacterias, algas, hongos, protistas y arqueas. Dichas asociaciones permiten que las células que viven en un líquido permanezcan en un sitio especial, en vez de ser arrastradas por corrientes.

Los microbios que habitan en una bicapa se benefician mutuamente. Las secreciones rígidas o similares a redes de algunas especies, sirven como andamiaje permanente para las otras. Las especies que descomponen químicos tóxicos, permiten a las más sensibles vivir en hábitats contaminados que no podrían tolerar por sí solas. Los productos de desecho de algunas, sirven como materia prima para otras.

Como una ciudad en actividad, la biopelícula se organiza en “vecindarios”, cada uno de ellos con un microentorno diferente que se deriva de su ubicación dentro de la biopelícula y la especie en particular que lo habita (figura 4.13). Por ejemplo, las células que residen cerca de la parte media de la biopelícula están muy apiñadas y no se dividen a menudo. Las que se encuentran en los bordes se dividen repetidamente, expandiendo la biopelícula.

La formación y continuación de la biopelícula no es aleatoria. Las células que viven en libertad perciben la presencia de otras células. Las que encuentran una biopelícula con condiciones favorables cambian su metabolismo para apoyar un estilo de vida comunal más sedentario y unirse a éste. Los flagelos se desensamblan y se forman pili sexuales. Si las condiciones se hacen menos favorables, las células pueden experimentar reversión al estilo de vida libre y nadar para alejarse y encontrar otro sitio más acogedor.

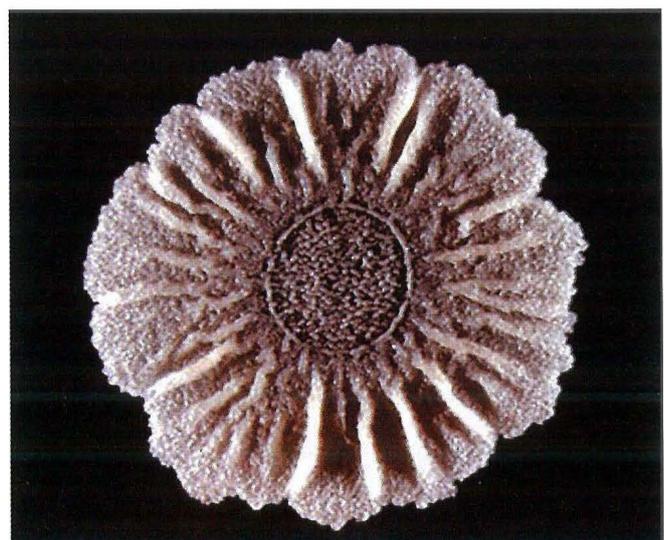


Figura 4.13 Biopelículas. Una sola especie de bacteria, *Bacillus subtilis*, formó esta biopelícula. Observa las diferentes regiones.

4.6

Introducción a las células eucariontes

■ Las células eucariontes realizan gran parte de su metabolismo dentro de organelos recubiertos por membrana.

Todas las células eucariontes iniciaron la vida con un núcleo. *Eu* significa verdadero y *karyon*, significa núcleo y se refiere a éste. Un núcleo es un tipo de **organelo**: estructura que lleva a cabo una función especializada dentro de la célula. Muchos organelos, en particular los de las células eucariontes, están rodeados de membrana. Como todas las membranas celulares, las que rodean los organelos controlan el tipo y la cantidad de sustancia que las atraviesan. Dicho control, mantiene un entorno interno especial que permite que el organelo lleve a cabo su función específica. Dicha función puede ser aislar algún producto tóxico o sustancia sensible del resto de la célula, transportar alguna sustancia a través del citoplasma, mantener el balance de líquidos, o suministrar un entorno favorable para una reacción que no podría ocurrir en el citoplasma de otro modo. Por ejemplo, una mitocondria fabrica ATP tras concentrar iones hidrógeno dentro de su sistema de membranas.

Del mismo modo que las interacciones entre los sistemas de órganos mantienen al cuerpo animal funcionando, las interacciones entre los organelos mantienen la célula funcionando. Las sustancias van de un tipo de organelo a otro y hacia la membrana plasmática y regresan de ella. Algunas vías metabólicas se realizan en una serie de organelos distintos.

En la tabla 4.1 se da una lista de los componentes comunes de las células eucariontes. Estas células comienzan todas a vivir con cierto tipo de organelos como núcleo y ribosomas. También tienen citoesqueleto, un "esqueleto" dinámico de proteínas (*cito* significa célula). Las células especializadas contienen organelos adicionales y otras estructuras. En la figura 4.14 se muestran dos células eucariontes típicas.

Tabla 4.1 Organelos de células eucariontes

Nombre	Función
<i>Organelos con membranas</i>	
Núcleo	Protección, control para acceso al ADN
Reticulo endoplásmico (RE)	Dirección y modificación de nuevas cadenas de polipéptido; síntesis de lípidos; otras tareas.
Aparato de Golgi	Modificación de nuevas cadenas de polipéptidos; clasificación y embarque de proteínas y lípidos.
Vesículas	Transporte, almacenamiento o digestión de sustancias en la célula; otras funciones.
Mitocondria	Síntesis de ATP por descomposición de azúcares.
Cloroplasto	Síntesis de azúcares en plantas y algunos protistas.
Lisosoma	Digestión intracelular.
Peroxisoma	Inactivar toxinas.
Vacuola	Almacenamiento.
<i>Organelos sin membranas</i>	
Ribosomas	Ensamblar cadenas de polipéptido.
Centriolo	Ancla el citoesqueleto.

Para repasar en casa

¿Qué tienen en común todas las células eucariontes?

■ Las células eucariontes comienzan a vivir con un núcleo y otros organelos recubiertos de membrana (estructuras que realizan tareas específicas).

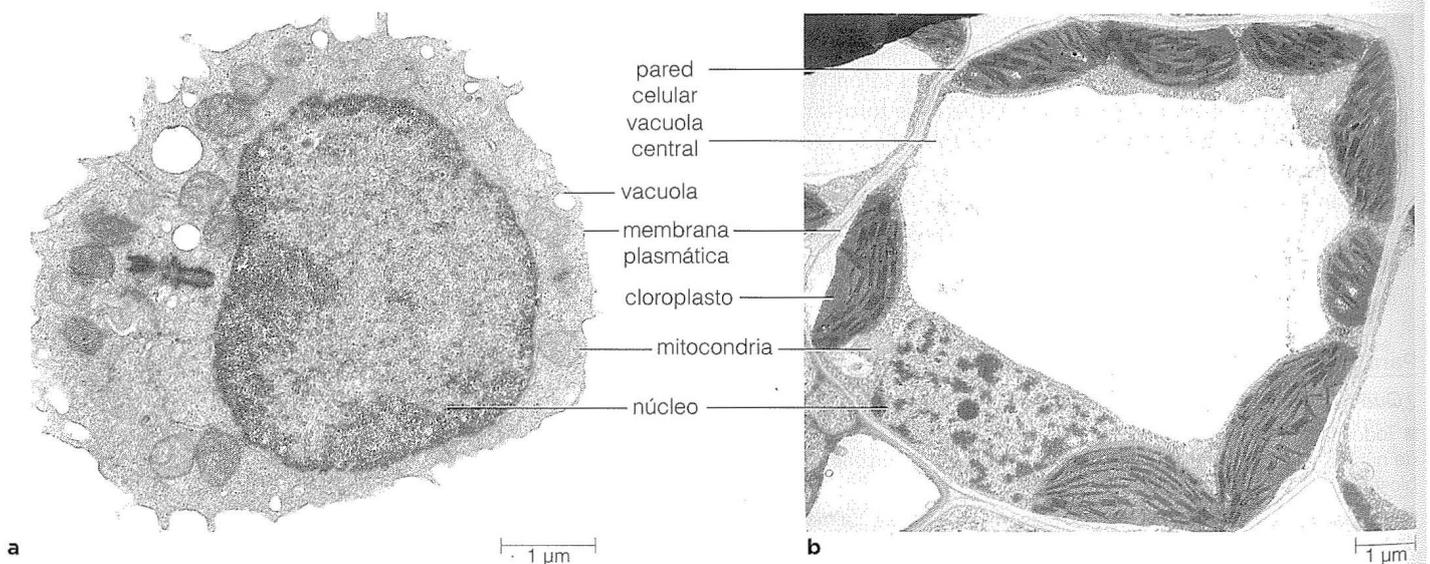
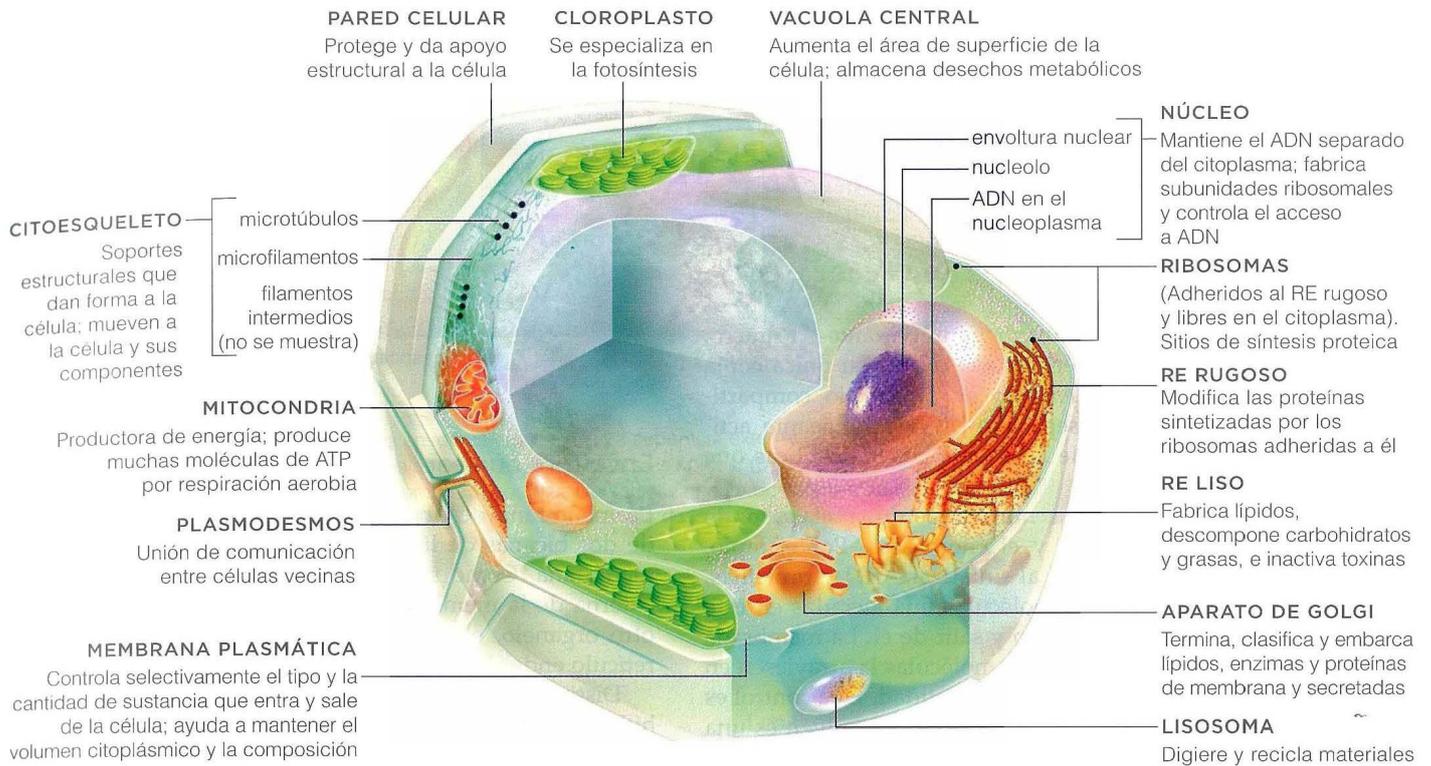


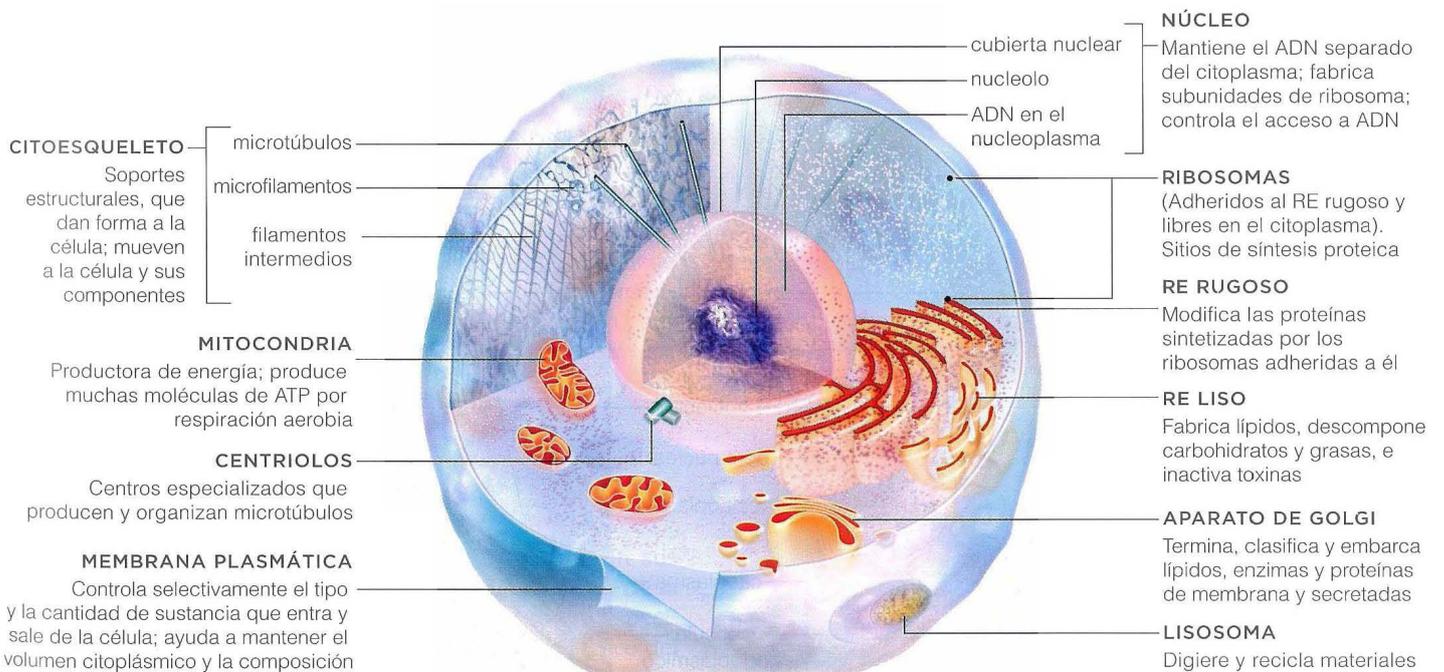
Figura 4.14 Microfotografías con microscopio de transmisión electrónica de células eucariontes. (a) Leucocito humano. (b) Célula fotosintética de una hoja de pasto Timothy.

4.7

Resumen visual de los componentes de las células eucariontes



a Componentes típicos de la célula vegetal



b Componentes típicos de la célula animal

Figura 4.15 **Animada** Organelos y estructuras típicas de (a) células vegetales y (b) células animales.

4.8

El núcleo

- El núcleo mantiene el ADN eucarionte lejos de reacciones potencialmente dañinas en el citoplasma.
- La cubierta nuclear controla el acceso al ADN.

El núcleo contiene todo el ADN de la célula eucarionte. Una molécula de ADN es suficientemente grande y el núcleo de la mayoría de los tipos de células eucariontes tiene muchas de ellas. Si pudiéramos sacar todas las moléculas de ADN del núcleo de una sola célula humana, desenrollarlas y unir las extremo con extremo, tendríamos una línea de ADN de aproximadamente 2 metros (6-1/2 pies) de largo. Este es mucho ADN para un núcleo microscópico.

El núcleo realiza dos funciones importantes. Primero, mantiene el material genético de la célula (su única copia de ADN) muy seguro. Aislado en su propio compartimiento, el ADN queda separado de la burbujeante actividad del citoplasma y de las reacciones metabólicas que podrían dañarla.

Segundo, la membrana nuclear controla el paso de moléculas entre el núcleo y el citoplasma. Por ejemplo, las células accesan su ADN al sintetizar ARN y proteínas, de modo que las diversas moléculas involucradas en este proceso deben entrar al núcleo y salir de él. La membrana nuclear sólo permite que ciertas moléculas la atraviesen en determinado momento y en cierta cantidad. Este control es otra medida de seguridad para el ADN, y también es una manera de que la célula regule la cantidad de ARN y proteínas que fabrica.

En la figura 4.16 se muestran los componentes del núcleo. En la tabla 4.2 se describen sus funciones. A continuación describiremos cada componente.

Tabla 4.2 Componentes del núcleo

Envoltura nuclear	Membrana doble llena de poros que controla el momento en que las sustancias entran y salen del núcleo.
Nucleoplasma	Porción interior semilíquida del núcleo.
Nucleolo	Masa redondeada de proteínas y copias de genes de ARN ribosomal que se emplean para construir subunidades ribosómicas.
Cromatina	Conjunto total de todas las moléculas de ADN y proteínas asociadas en el núcleo; todos los cromosomas de la célula.
Cromosoma	Una molécula de ADN y muchas proteínas asociadas a ella.

Envoltura nuclear

La membrana de un núcleo, o **envoltura nuclear**, consta de dos bicapas de lípidos plegadas juntas como una sola membrana. Como se ve en la figura 4.16, la bicapa más externa de la membrana es continua con la membrana de otro organelo, el retículo endoplásmico. (Discutiremos el retículo endoplásmico en la siguiente sección.)

Distintos tipos de proteínas de membrana están embebidos en las dos bicapas de lípidos. Algunos son receptores y transportadores; otros se agregan en diminutos poros que abarcan toda la membrana (figura 4.17). Estas moléculas y estructuras funcionan como sistemas de transporte de diversas moléculas a través de la membrana nuclear. Como ocurre con todas las membranas, el agua y los gases

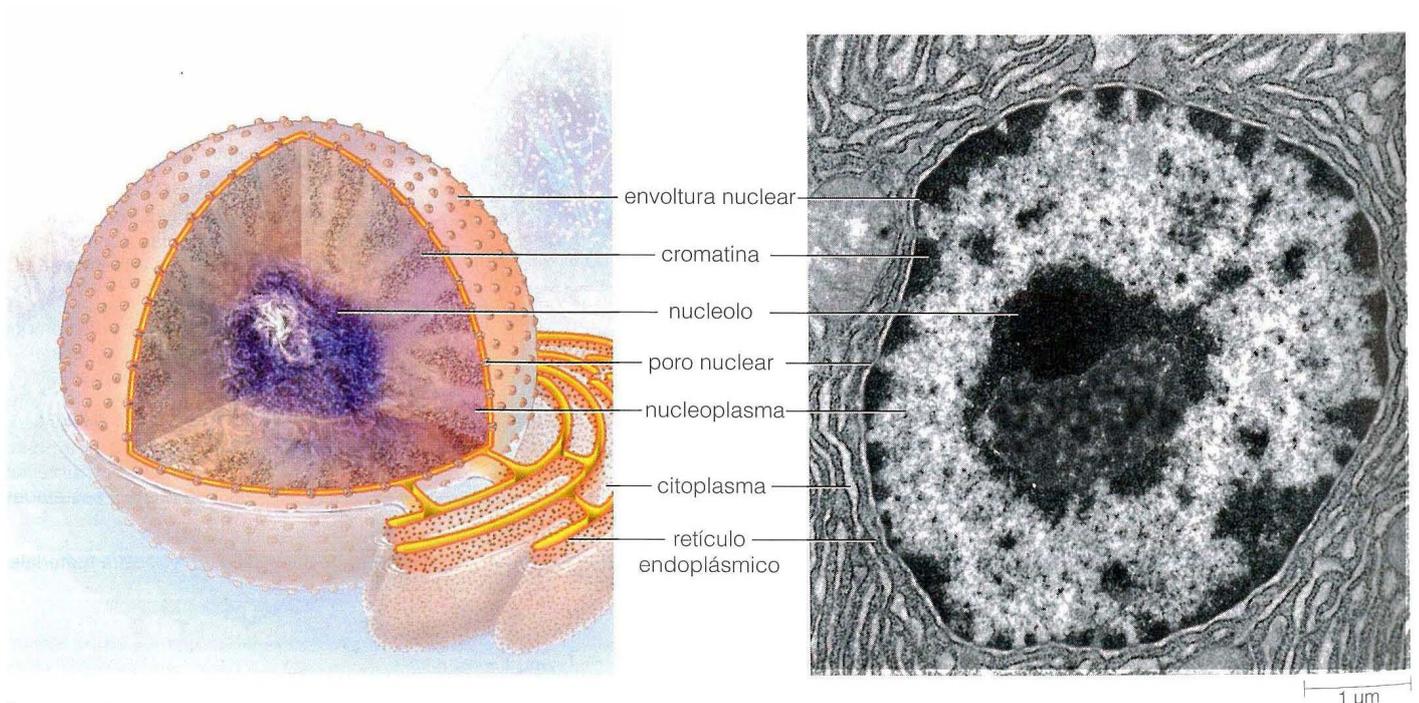


Figura 4.16 El núcleo. Fotografía obtenida con microscopio de transmisión electrónica, a la *derecha*, núcleo de una célula de páncreas de ratón.

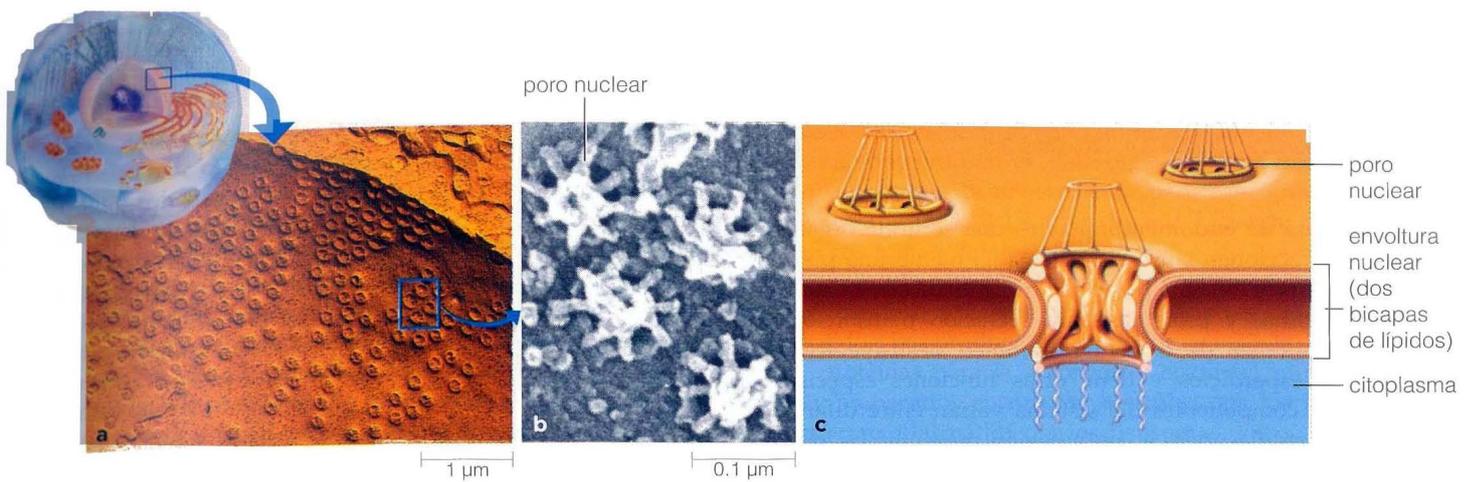


Figura 4.17 *Micrografía* Estructura de la envoltura nuclear. (a) La superficie externa de una envoltura nuclear se rompió, revelando los poros que abarcan las dos bicapas de lípidos. (b) Cada poro nuclear es un grupo organizado de proteínas de membrana que permite selectivamente que ciertas sustancias la atraviesen para entrar y salir del núcleo. (c) Diagrama de la estructura de la envoltura nuclear.

las atraviesan con libertad. Las demás sustancias sólo pueden atravesarla mediante transportadores y poros nucleares, ambos de los cuales son selectivos sobre las moléculas cuyo paso permiten.

Las proteínas fibrosas que se unen a la superficie interna de la envoltura nuclear, anclan las moléculas de ADN y las mantienen organizadas. Durante la división celular, estas proteínas ayudan a que la célula transmita el ADN a sus descendientes.

El nucleolo

La envoltura nuclear circunda al **nucleoplasma**, líquido viscoso similar al citoplasma. El núcleo también contiene por lo menos un **nucleolo**, región densa, de forma irregular, donde las subunidades de ribosoma se ensamblan para formar proteínas y ARN. Las subunidades atraviesan los poros nucleares hacia el citoplasma, donde se unen y tienen actividad en la síntesis proteica.

Cromosomas

Cromatina es el nombre de todo el ADN, junto con sus proteínas asociadas en el núcleo. El material genético de la célula eucarionte está distribuido entre un número específico de moléculas de ADN. Ese número es característico del tipo de organismo y del tipo de célula, pero varía ampliamente entre las especies. Por ejemplo, el núcleo de una célula normal de encino contiene 12 moléculas de ADN; el de una célula del cuerpo humano, 46, y el de una célula de cangrejo gigante, 208. Cada molécula de ADN, junto con las diversas proteínas unidas a ella se llama **cromosoma**.

Los cromosomas cambian de apariencia durante la vida de la célula. Cuando ésta no se está dividiendo, su cromatina tiene apariencia granulosa (como en la figura 4.16). Justo antes de que la célula se divida, el ADN de cada cromosoma se copia o duplica. Después, durante la división celular, los cromosomas se condensan y al hacerlo quedan visibles en las microfotografías. Los cromosomas tienen primero apariencia de hebras y después de bastones.



En capítulos posteriores, examinaremos con más detalle la estructura dinámica y las funciones de los cromosomas.

Para repasar en casa

¿Qué función tiene el núcleo de la célula?

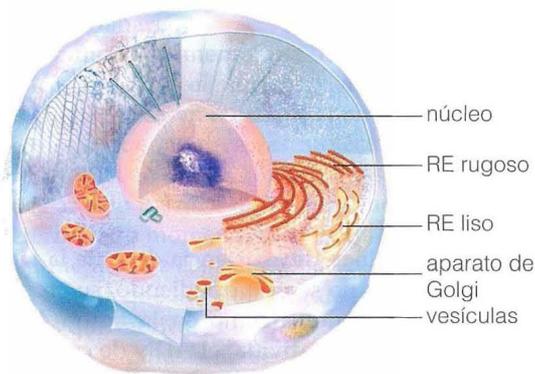
- El núcleo protege y controla el acceso al material genético de la célula eucarionte: sus cromosomas.
- La envoltura nuclear es una bicapa doble de lípidos. Las proteínas embebidas en él, controlan el paso de moléculas entre el núcleo y el citoplasma.

4.9 El sistema de endomembranas

■ El sistema de endomembranas es un conjunto de organelos que sintetiza, modifica y transporta proteínas y lípidos.

■ Conexión con Lípidos 3.4, Proteínas 3.5.

El **sistema de endomembranas** es una serie de organelos que interaccionan entre el núcleo y la membrana plasmática (figura 4.18). Su principal función es sintetizar lípidos, enzimas y proteínas para secreción o inserción en las membranas de la célula. También destruye toxinas, recicla desperdicios y tiene otras funciones especializadas. Los componentes del sistema varían entre diferentes tipos de células, pero a continuación presentamos los más comunes.



El retículo endoplásmico

El **retículo endoplásmico**, o RE, es una extensión de la envoltura nuclear. Forma un compartimiento continuo que se pliega una y otra vez formando sacos aplanados y tubulares. Los dos tipos de retículo endoplásmico se nombran según su apariencia en las microfotografías electrónicas. Muchos miles de ribosomas están unidos en la superficie externa del retículo endoplásmico rugoso (figura 4.18b). Los ribosomas sintetizan cadenas de polipéptidos, que se extruyen al exterior del retículo endoplásmico. Dentro del retículo endoplásmico, las proteínas se pliegan y adoptan su estructura terciaria. Algunas de las proteínas llegan a formar parte de la propia membrana del retículo endoplásmico; otras son transportadas a diferentes destinos en la célula.

Las células que sintetizan, almacenan y secretan muchas proteínas tienen mucho retículo endoplásmico rugoso. Por ejemplo, las células de la glándula pancreática (un órgano) rica en retículo endoplásmico fabrican y secretan enzimas que ayudan a digerir los alimentos en el intestino delgado.

El retículo endoplásmico liso no tiene ribosomas, de modo que no sintetiza proteínas (figura 4.18d). Algunos de los polipéptidos fabricados en el retículo endoplásmico rugoso terminan en el liso, como las enzimas. Dichas enzimas sintetizan casi todos los lípidos de la membrana de la célula. También descomponen carbohidratos, ácidos grasos y algunos fármacos y toxinas. En las células de músculo esquelético, un tipo especial de retículo endoplásmico liso llamado retículo sarcoplásmico almacena iones de calcio y tiene un papel en la contracción.

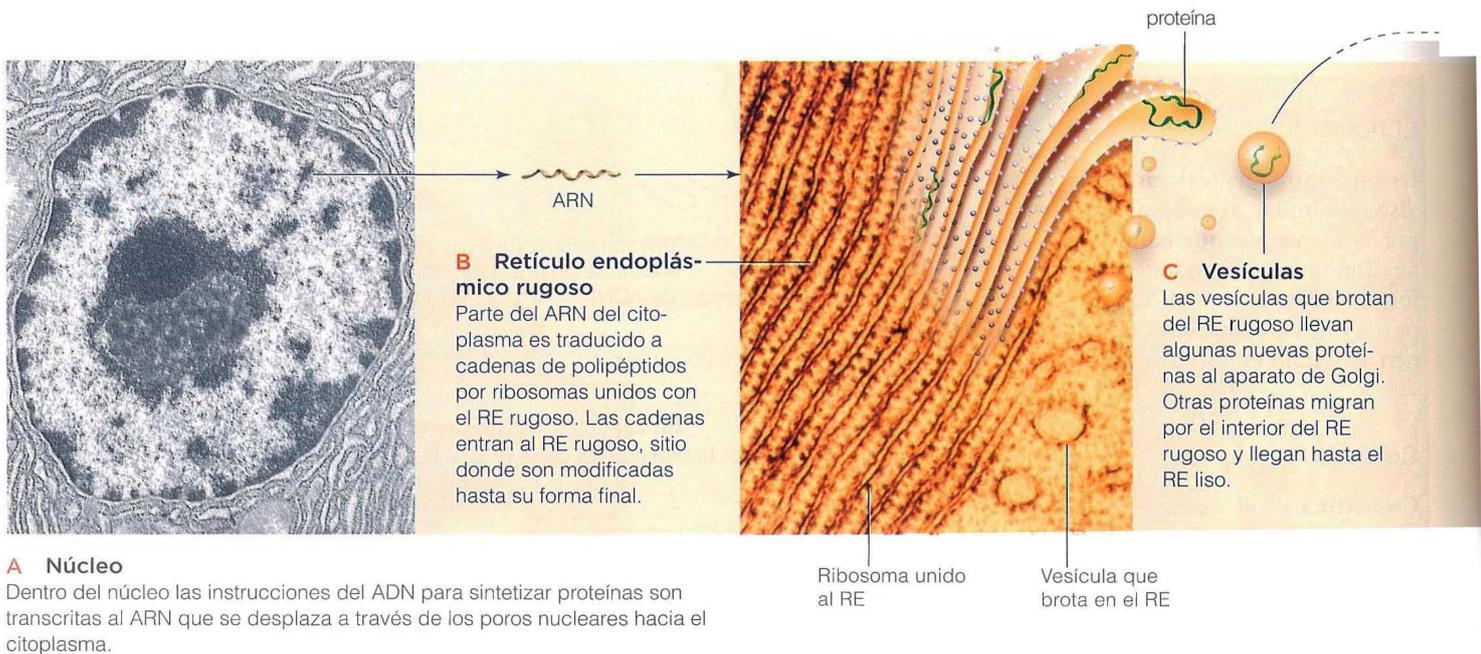


Figura 4.18 Animada Sistema de endomembrana, sitio donde se sintetizan lípidos y muchas proteínas y después son transportados a destinos en la membrana plasmática. En el capítulo 14 se describen los procesos de transcripción y traducción.

Vesículas

Las **vesículas** son pequeños organelos similares a sáculos recubiertos de membrana. Se forman en gran número y de diversos tipos, ya sea por sí solos o brotando de otros organelos o de la membrana plasmática.

Muchos tipos de vesículas transportan sustancias de un organelo a otro, o hacia adentro y hacia fuera de la membrana plasmática (figura 4.18c-f). Otros tipos tienen diferentes papeles. Por ejemplo, los **peroxisomas** contienen enzimas que digieren ácidos grasos y aminoácidos. Estas vesículas se forman y se dividen por sí solas. Los peroxisomas tienen diversas funciones, como inactivar el peróxido de hidrógeno, un subproducto tóxico de la descomposición de ácidos grasos. Las enzimas de los peroxisomas transforman el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, o lo usan en reacciones para descomponer alcohol y otras toxinas. Al beber alcohol, los peroxisomas del hígado y las células hepáticas degradan casi la mitad de él.

Las células animales y vegetales contienen **vacuolas**. Aunque estas vesículas tienen apariencia vacía al microscopio, tienen un papel importante. Las vacuolas son como botes de basura: aíslan los desechos y disponen de ellos, y también otros desperdicios o materiales tóxicos. Una vacuola central, descrita en la sección 4.11, ayuda a la célula vegetal a mantener su tamaño y forma.

Aparato de Golgi

Muchas vesículas se fusionan con el **Aparato de Golgi** y vacían su contenido en él. Este organelo tiene una membrana plegada, que de manera típica, parece un apilamiento de *hot cakes* (figura 4.18e). Las enzimas del aparato de Golgi colocan los toques finales en las cadenas de polipéptidos y lípidos que llegan del retículo endoplásmico. Les unen grupos fosfato o azúcares, y escinden ciertas cadenas de polipéptidos. Los productos terminados (proteínas de membrana, proteínas para la secreción y enzimas) son clasificados y empacados en nuevas vesículas que los llevan a la membrana plasmática o a los **lisosomas**, los cuales son vesículas que contienen poderosas enzimas digestivas. Se fusionan con las vacuolas que llevan partículas o moléculas para desecho como componentes desgastados de la célula. Las enzimas lisosomales se vacían hacia otras vesículas y digieren su contenido en pedazos pequeños.

Para repasar en casa

¿Qué es el sistema de endomembranas?

- El sistema de endomembranas incluye el retículo endoplásmico liso y rugoso, las vesículas y el aparato de Golgi.
- Esta serie de organelos trabaja de manera conjunta, principalmente para sintetizar y modificar las proteínas, y lípidos de la membrana celular.



4.10 Mal funcionamiento de los lisosomas

■ Cuando los lisosomas no funcionan de manera correcta, algunos materiales celulares no se reciclan adecuadamente, con resultados devastadores.

■ Conexión con Mutaciones 1.4.

Los lisosomas sirven para disponer de desechos y como centros de reciclado. Las enzimas de su interior rompen las moléculas de gran tamaño en subunidades más pequeñas que la célula puede emplear como material para síntesis o eliminación. Distintos tipos de moléculas se descomponen gracias a diferentes enzimas lisosomales.

En algunas personas, una mutación genética provoca deficiencia o mal funcionamiento de una de las enzimas lisosomales. Como resultado, las moléculas que normalmente se romperían, comienzan a acumularse y el resultado puede ser mortal.

Por ejemplo, las células continuamente sintetizan, usan y descomponen gangliósidos, que son un tipo de lípido. Este recambio de lípidos es particularmente rápido en el desarrollo temprano. En la enfermedad de Tay-Sachs, la enzima responsable de descomponer los gangliósidos se pliega mal y es destruida. Con frecuencia, los lactantes afectados parecen normales los primeros meses, pero presentan síntomas conforme los gangliósidos se acumulan a niveles cada vez más altos dentro de sus células nerviosas. En 3 a 6 meses, el niño se pone irritable, apático y puede presentar convulsiones. A continuación padecerá ceguera, sordera y parálisis. Los niños afectados suelen morir antes de los cinco años (figura 4.19).

La mutación que provoca la enfermedad de Tay-Sachs es más prevalente en los judíos del este de Europa. Los sajones y los franco-canadienses también tienen una incidencia más alta del promedio, pero la enfermedad de Tay-Sachs ocurre en todas las poblaciones. La mutación puede ser detectada en los padres prospectos por tamizado genético y en el feto por diagnóstico prenatal.

Los investigadores continúan explorando opciones para tratarla. Las terapias potenciales incluyen bloqueo de la síntesis de gangliósidos, uso de terapia genética para dar una versión normal de la enzima faltante al cerebro, o infusión de células sanguíneas normales de cordón umbilical. Todos los tratamientos aún se consideran experimentales, y el mal de Tay-Sachs todavía es incurable.

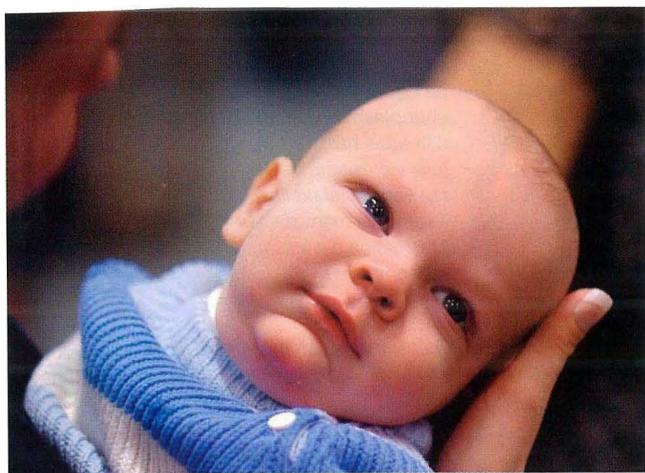


Figura 4.19 A Conner Hopf se le diagnosticó la enfermedad de Tay-Sachs a la edad de 71/2 meses. Murió a los 22 meses.

4.11 Otros organelos

- Las células eucariontes fabrican la mayor parte del ATP en las mitocondrias.
- Los organelos llamados plástidos tienen funciones de almacenamiento y fotosíntesis en las plantas y en algunos tipos de algas.
- Conexiones con Metabolismo 3.2, ATP 3.7.

Mitocondria

La **mitocondria** es un tipo de organelo que se especializa en sintetizar ATP (figura 4.20). La respiración aerobia, que es una serie de reacciones que requiere oxígeno y se realiza dentro de la mitocondria, puede extraer más energía de los compuestos orgánicos que cualquier otra vía metabólica. Con cada inhalación, uno toma oxígeno principalmente para las mitocondrias que se encuentran en trillones de células del cuerpo que respiran aeróbicamente.

Las mitocondrias típicas miden de 1 a 4 micrómetros de largo y algunas hasta 10 micrómetros. Algunas de ellas son ramificadas. Estos organelos pueden cambiar de forma, dividirse en dos o fusionarse.

La mitocondria tiene dos membranas, una de ellas muy plegada dentro de la otra. Este ordenamiento da lugar a dos compartimientos. La respiración aerobia provoca que los iones de hidrógeno se acumulen entre las dos membranas causando que los iones fluyan a través de la membrana interna al interior de proteínas de transporte de membrana. Ese flujo impulsa la formación de ATP.

Casi todas las células eucariontes tienen mitocondrias, pero las procariontes no (sintetizan ATP en sus paredes celulares y citoplasma). El número de mitocondrias varía según el tipo de célula y organismo. Por ejemplo, una levadura unicelular (un tipo de hongo) podría tener una sola mitocondria; una célula de músculo esquelético humano puede tener mil o más. Las células con gran demanda de energía tienden a presentar mitocondrias profusas.

Las mitocondrias se asemejan a bacterias en su tamaño, forma y bioquímica. Tienen su propio ADN, que es similar al ADN bacteriano, se dividen independientemente de la célula, y tienen sus propios ribosomas. Dichos indicios condujeron a la teoría de que las mitocondrias evolucionaron a partir de bacterias aerobias que comenzaron a residir de manera permanente dentro de una célula huésped. Por la teoría de la endosimbiosis, se considera que una célula fue fagocitada por otra o entró a ella como parásito, pero no fue digerida. Esa célula conservó su membrana plasmática intacta y se reprodujo dentro de su huésped y con el tiempo los descendientes de la célula se hicieron residentes permanentes, ofreciendo al huésped el beneficio de ATP adicional. Las estructuras y funciones que anteriormente requería para vivir independientemente, ya no fueron necesarias y se perdieron con el transcurso del tiempo. Los descendientes posteriores evolucionaron formando mitocondrias. Exploraremos evidencia para la teoría de la endosimbiosis en la sección 20.4.

Plástidos

Los **plástidos** son organelos recubiertos de membrana que tienen funciones en la fotosíntesis o de almacenamiento en células vegetales y de algas. Los cloroplastos, cromoplastos y amiloplastos son tipos comunes de plástidos.

Las células fotosintéticas de las plantas y muchos protistas contienen **cloroplastos**; organelos especializados en la fotosíntesis. La mayoría de los cloroplastos tienen forma oval o de disco. Dos membranas externas encierran un interior semilíquido llamado estroma (figura 4.21), el cual contiene enzimas y el ADN del propio cloroplasto. En el interior del estroma, una tercera membrana muy replegada forma un solo compartimiento. Los pliegues se asemejan a discos planos apilados, estas pilas se llaman grana. La fotosíntesis se realiza en esta membrana que recibe el nombre de membrana tilacoide.

La membrana tilacoide incorpora muchos pigmentos y diversas proteínas. Los pigmentos más abundantes son las clorofilas, con apariencia verde. En el proceso de la fotosíntesis, los pigmentos y otras moléculas atrapan la energía solar para realizar síntesis de ATP y la coenzima NADPH. A continuación éstos se emplean dentro del estroma para sintetizar carbohidratos a partir de dióxido de carbono y agua. Describiremos el proceso fotosintético con más detalle en el capítulo 7.

En muchos aspectos, los cloroplastos se asemejan a las bacterias fotosintéticas, y como la mitocondria, quizá hayan evolucionado por endosimbiosis.

Los cromoplastos sintetizan y almacenan pigmentos distintos de las clorofilas. Tienen abundantes carotenoides, pigmento que imparte color a muchas flores, hojas, frutas y raíces anaranjadas o rojizas. Por ejemplo, cuando el tomate madura sus cloroplastos verdes se transforman en cromoplastos rojos, y el color del fruto cambia.

Los amiloplastos son plástidos no pigmentados que de manera típica almacenan granos de almidón. Son particularmente abundantes en las células de tallos, tubérculos (tallos subterráneos) y semillas. Los amiloplastos llenos de almidón son densos; en algunas células vegetales tienen funciones de organelos para percepción de la gravedad.

La vacuola central

Los aminoácidos, azúcares, iones, desechos y toxinas se acumulan en el interior de agua de la **vacuola central** de la célula vegetal. La presión del líquido en la vacuola central mantiene a las células vegetales (y a las estructuras como tallos y hojas) firmes. En general, la vacuola central ocupa de 50 a 90% del interior de la célula junto con el citoplasma, confiando a una zona angosta entre este organelo de gran tamaño y la membrana plasmática. En la figura 4.14b se muestra un ejemplo.

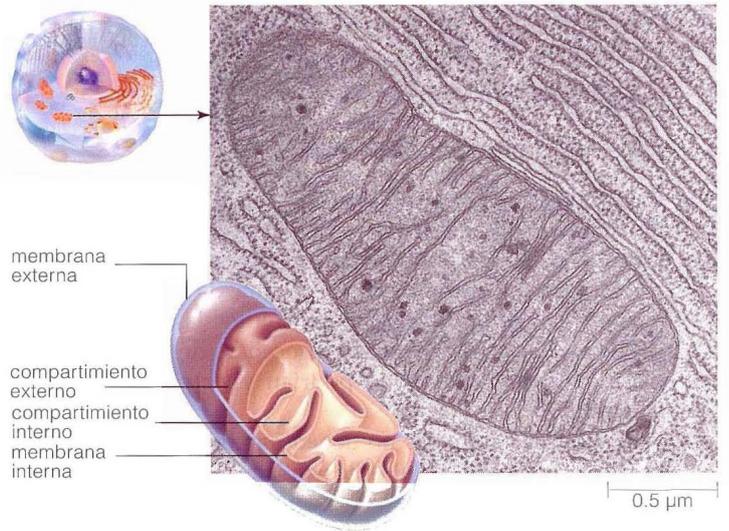


Figura 4.20 Diagrama y micrografía con microscopio de transmisión electrónica de una mitocondria. Este organelo se especializa en producir grandes cantidades de ATP.

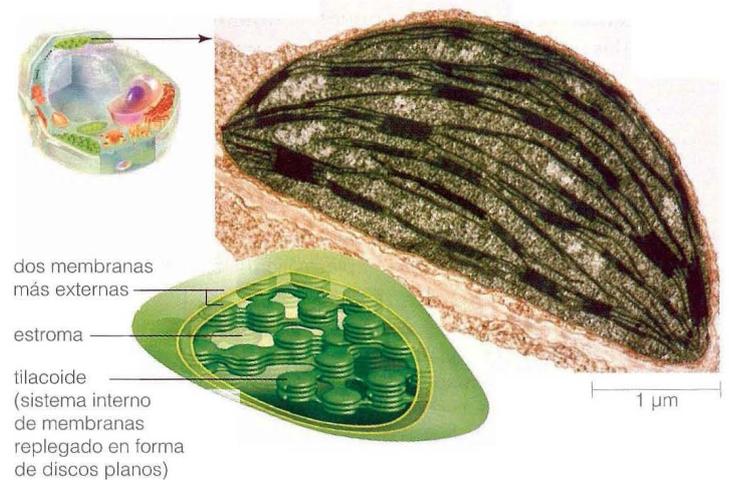


Figura 4.21 Animada El cloroplasto, característica de definición de las células eucariontes fotosintéticas. Derecha, micrografía con microscopio de transmisión electrónica de un cloroplasto de hoja de tabaco (*Nicotiana tabacum*). Los parches más claros son núcleos donde se encuentra almacenado el ADN.

Para repasar en casa

¿Cuáles son algunos otros organelos especializados de los eucariontes?

- Las mitocondrias son organelos eucariontes que producen ATP a partir de compuestos orgánicos en reacciones que requieren oxígeno.
- Los cloroplastos son plástidos que realizan la fotosíntesis.
- La presión del líquido en la vacuola central mantiene firmes las células vegetales.

4.12

Especializaciones de la superficie de la célula

■ A menudo se observa una pared o alguna otra cubierta protectora entre la membrana plasmática de una célula y sus alrededores.

■ Conexión con Tejidos 1.1.

Paredes de las células eucariontes

Igual que la mayoría de las células procariontes, muchos tipos de células eucariontes tienen una pared celular en torno a la membrana plasmática. Dicha pared es una estructura porosa que sirve de protección, da apoyo e imparte forma a la célula. El agua y los solutos la atraviesan con facilidad hacia el interior y proceden de la membrana plasmática. Las células no podrían vivir sin este tipo de intercambios.

Las células animales no tienen paredes, pero las células vegetales y muchas células de protistas y fungales sí las tienen. Por ejemplo, una célula vegetal joven secreta pectina y otros polisacáridos a la superficie externa de su membrana plasmática. Esta cobertura pegajosa se comparte entre células adyacentes, y las mantiene unidas. Cada célula forma a continuación una **pared primaria**, secretando cadenas de celulosa hacia la cubierta. Parte de la cubierta se mantiene como lamela intermedia, capa pegajosa entre las paredes primarias de células vegetales vecinas (figura 4.22a,b).

Por ser delgada y flexible, la pared primaria permite que la célula vegetal en crecimiento aumente de tamaño. Las células vegetales que sólo tienen pared primaria delgada

pueden cambiar de forma al desarrollarse. En la madurez, las células de algunos tejidos vegetales dejan de aumentar de tamaño y comienzan a secretar material hacia la superficie interna de la pared primaria. Estos depósitos forman una **pared secundaria** firme, del tipo que se muestra en la figura 4.22b. Uno de los materiales depositados es la **lignina**, que es un polímero complejo de alcoholes que constituye hasta 25% de la pared secundaria de las células en los tallos y raíces más antiguos. Las partes vegetales lignificadas son más resistentes a prueba de agua, y menos susceptibles al ataque de organismos que los tejidos más jóvenes.

La **cutícula** es una cobertura protectora constituida por secreciones de la célula. En las plantas, la cutícula semitransparente ayuda a proteger las superficies expuestas de las plantas blandas y limita las pérdidas de agua en días secos y cálidos (figura 4.23).

Matrices entre las células

La mayoría de las células de los organismos multicelulares están rodeadas y organizadas en la **matriz extracelular** (ME). Esta mezcla sin vida de proteínas fibrosas y polisacáridos es secretada por las células, y varía según el tipo de tejido. Sirve de apoyo y anclaje a la célula, separa los tejidos y tiene funciones en la señalización celular.

Las paredes primarias en la célula son cierto tipo de matriz extracelular, que en los vegetales es mayormente celulosa. La matriz extracelular de los hongos es principal-

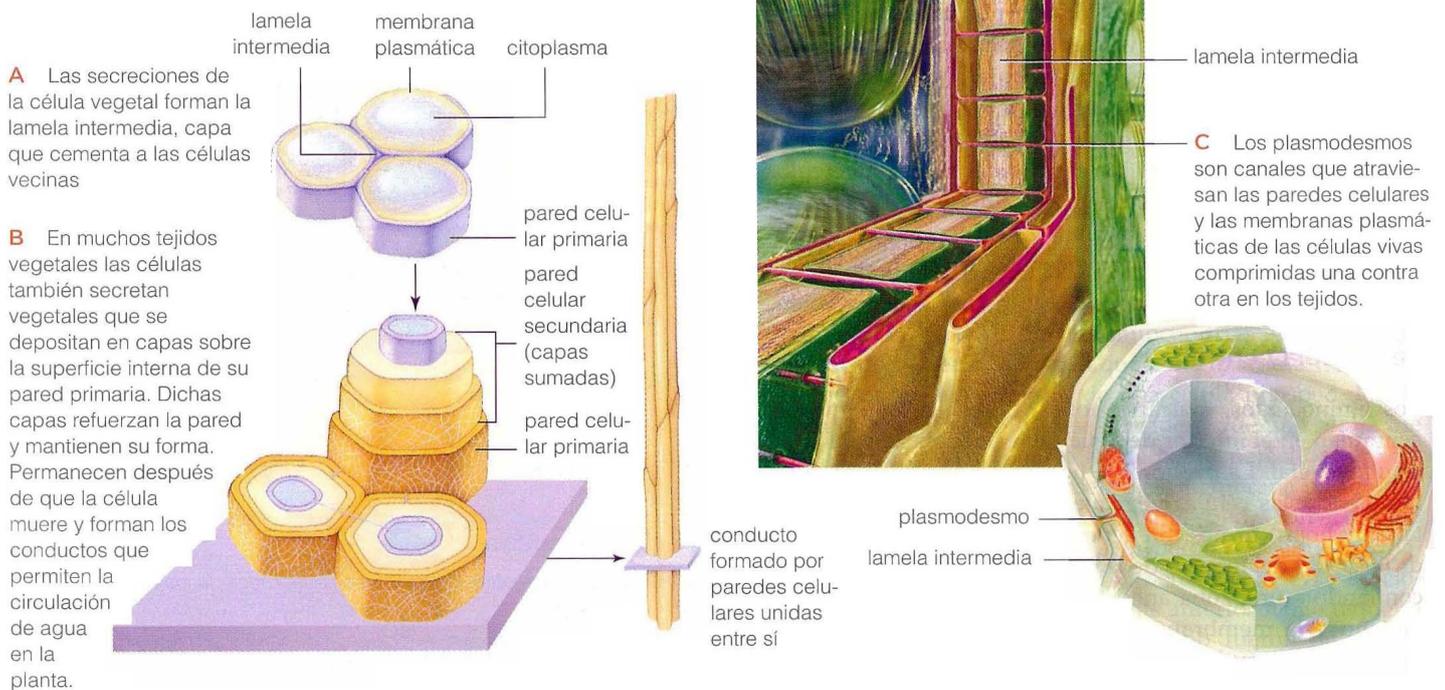


Figura 4.22 Animada Algunas características de la pared de las células vegetales.

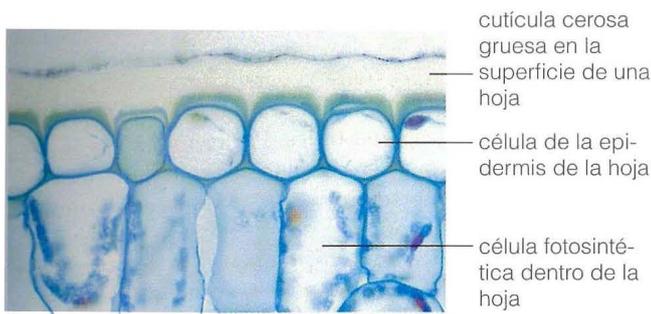


Figura 4.23 La cutícula de las plantas es una cubierta cerosa, a prueba de agua, secretada por células vivas.



Figura 4.24 Célula viva rodeada por tejido óseo endurecido, que constituye el principal material estructural del esqueleto de la mayoría de los vertebrados.

mente quitina (sección 3.3). En la medida de los animales, la matriz es extracelular, consta de diversos tipos de carbohidratos y proteínas, y es la base de la organización en tejidos, y suministra apoyo estructural. Por ejemplo, el hueso es principalmente matriz extracelular (figura 4.24). La matriz extracelular ósea es principalmente colágeno, una proteína fibrosa que se endurece gracias a depósitos minerales.

Uniones celulares

Una célula rodeada por pared u otras secreciones no se encuentra aislada, pues aún puede interactuar con otras células y sus alrededores. En especies multicelulares, este tipo de interacción ocurre a través de las **uniones celulares**, que son estructuras que conectan a las células con otras vecinas y con el entorno. Las células envían y reciben iones, moléculas o señales a través de ciertas uniones. Otros tipos ayudan a las células a reconocerse y pegarse unas con otras y con la matriz extracelular.

En las plantas hay canales llamados plasmodesmos que se extienden a través de la pared primaria de dos células adyacentes, conectando el citoplasma de las células (figura 4.22c). Las sustancias como el agua, los iones, los nutrientes y las moléculas señaladoras pueden fluir con rapidez de una célula a otra a través de plasmodesmos.

Hay tres tipos de uniones intercelulares comunes en la mayoría de los tejidos animales: uniones estrechas, uniones adherentes y uniones gap (figura 4.25). Las uniones estrechas conectan a las células que recubren las superficies y cavidades internas de los animales. Estas uniones sellan a las células fuertemente una con otra, de modo que el líquido no pueda atravesarla. Las que se encuentran en vías digestivas impiden que el líquido gástrico escape del estómago y dañe los tejidos internos. Las uniones adherentes anclan las células entre sí y con la matriz extracelular; refuerzan los tejidos contráctiles, como el músculo cardíaco. Las uniones gap son canales abiertos que conectan el citoplasma de células adyacentes; se asemejan a los plasmodesmos de las plantas. Las uniones estrechas permiten que regiones completas de células respondan a un solo estímulo. Por ejemplo, en el músculo cardíaco, una señal de contracción atraviesa instantáneamente de una célula a

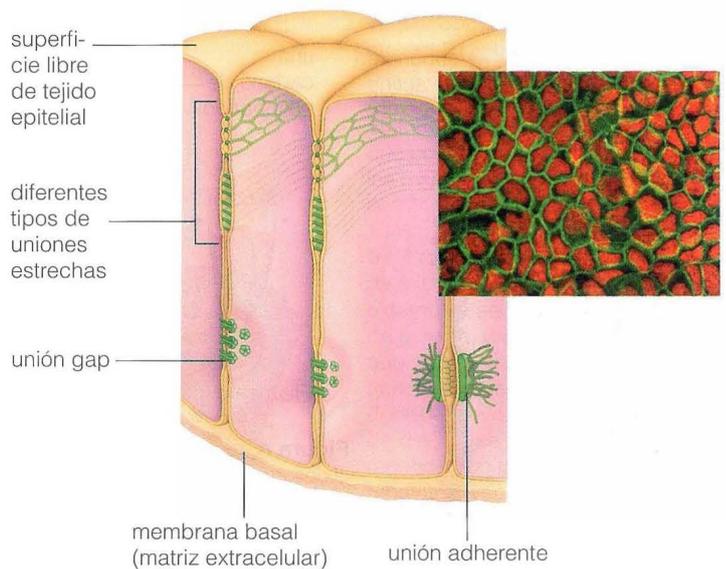


Figura 4.25 Animada Uniones celulares en los tejidos animales. En la microfotografía, un arreglo continuo de uniones estrechas (color verde) sella las superficies vecinas de membranas de células de riñón. El ADN en el interior del núcleo de cada célula se indica en rojo.

otra a través de uniones de brecha, de modo que todas las células se contraen a manera de unidad.

Para repasar en casa

¿Qué estructuras se forman en el exterior de las células eucariontes?

- Las células de muchos protistas, casi todos los hongos y todas las plantas, tienen una pared porosa en torno a la membrana plasmática. Las células animales carecen de pared.
- Las secreciones de las células vegetales forman una cutícula cerosa que ayuda a proteger las superficies expuestas de las plantas blandas.
- Las secreciones celulares forman matrices extracelulares entre las células en muchos tejidos.
- Las células realizan conexiones estructurales y funcionales entre sí y con la matriz extracelular en los tejidos.

4.13 El citoesqueleto dinámico

- Las células eucariontes tienen una red interna extensa y dinámica llamada citoesqueleto.
- Conexiones con Estructura y funcionamiento de las proteínas 3.5, 3.6.

Entre el núcleo y la membrana plasmática de las células eucariontes se encuentra el **citoesqueleto**; sistema interconectado formado por muchos filamentos proteicos. Partes de este sistema refuerzan, organizan y mueven las estructuras de la célula a menudo de toda ella. Algunos son permanentes; otros se forman sólo en determinados momentos. En la figura 4.26 se muestran varios tipos.

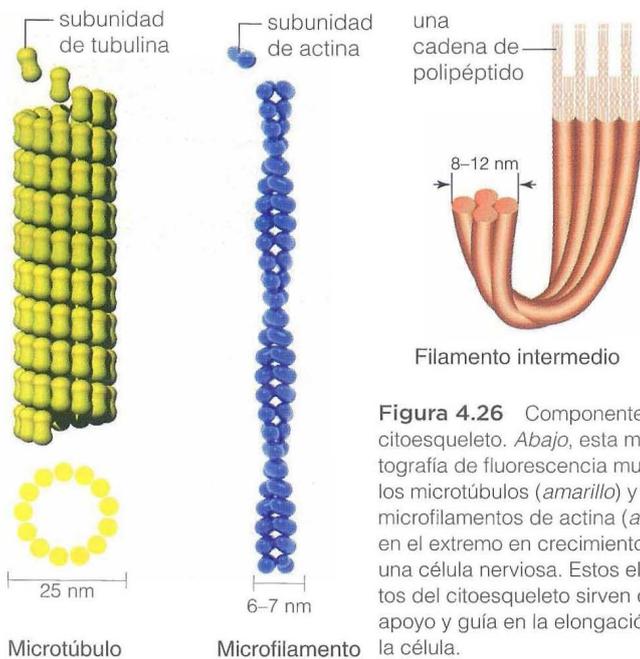
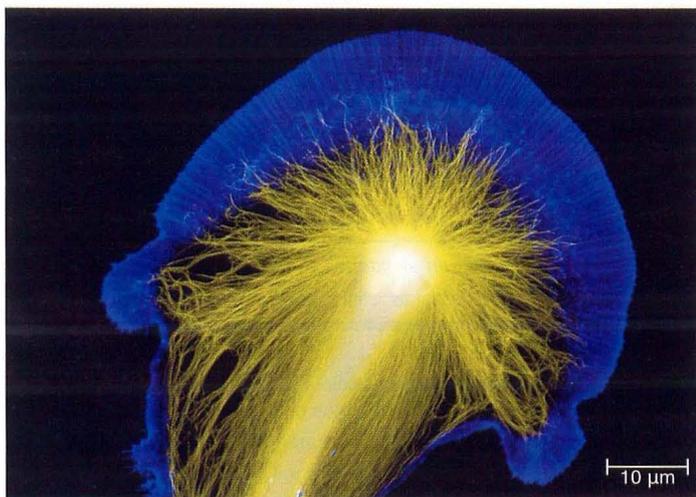


Figura 4.26 Componentes del citoesqueleto. *Abajo*, esta micrografía de fluorescencia muestra los microtúbulos (*amarillo*) y los microfilamentos de actina (*azul*) en el extremo en crecimiento de una célula nerviosa. Estos elementos del citoesqueleto sirven de apoyo y guía en la elongación de la célula.



Los **microtúbulos** son cilindros largos y huecos que constan de subunidades de la proteína tubulina. Forman un andamiaje dinámico para diversos procesos celulares. Se ensamblan con rapidez cuando se necesitan y se desensamblan cuando ya no son útiles. Por ejemplo, algunos de los microtúbulos que se ensamblan antes de que se divida una célula eucarionte separan a los cromosomas duplicados de la célula y después se desensamblan. Otro ejemplo son los microtúbulos que se forman en el extremo en crecimiento de una célula nerviosa joven, sirviendo de apoyo y guía para su elongación en determinado sentido.

Los **microfilamentos** son fibras que constan principalmente de subunidades de la proteína globular actina. Refuerzan o modifican la forma de las células eucariontes. Los arreglos con enlaces cruzados, en forma de macizos o en forma de gel de microfilamentos constituyen la corteza celular, malla de refuerzo bajo la membrana plasmática. Los microfilamentos de actina que se forman en el borde de la célula la arrastran o extienden en determinado sentido (figura 4.26). En las células musculares, los microfilamentos de miosina y actina actúan para producir la contracción.

Los **filamentos intermedios** constituyen las partes más estables del citoesqueleto de la célula. Refuerzan y mantienen las estructuras de célula y tejidos. Por ejemplo, algunos filamentos intermedios llamados láminas forman una capa que da apoyo estructural a la superficie interna de la envoltura del núcleo.

Todas las células eucariontes tienen microtúbulos similares y microfilamentos. A pesar de la uniformidad, ambos tipos de elementos desempeñan papeles diversos. ¿Cuáles? Interactúan con proteínas accesorias, como las **proteínas motoras** que mueven partes de la célula en determinado sentido cuando reciben energía continua del ATP.

La célula es como una estación de tren durante un día ocupado; en ella se transportan moléculas por el interior de microtúbulos y microfilamentos que son como los vagones del tren ensamblados dinámicamente. Las proteínas motoras son los vagones que viajan por las vías (figura 4.27).

Algunas proteínas motoras desplazan cromosomas, mientras que otras desplazan un microtúbulo sobre otro. Algunos van a lo largo de los rieles en células nerviosas que se extienden desde la columna vertebral hasta los dedos de los pies. Muchos motores están organizados en serie y cada uno desplaza alguna vesícula una parte del camino a lo largo de las vías antes de cederla en la siguiente línea. En las células vegetales, las cinesinas alejan los cloroplastos lejos de luz demasiado intensa, o hacia una fuente luminosa cuando hay poca luz.

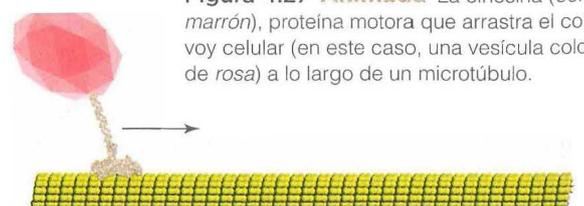


Figura 4.27 Animada La cinesina (*color marrón*), proteína motora que arrastra el convoy celular (en este caso, una vesícula color de *rosa*) a lo largo de un microtúbulo.

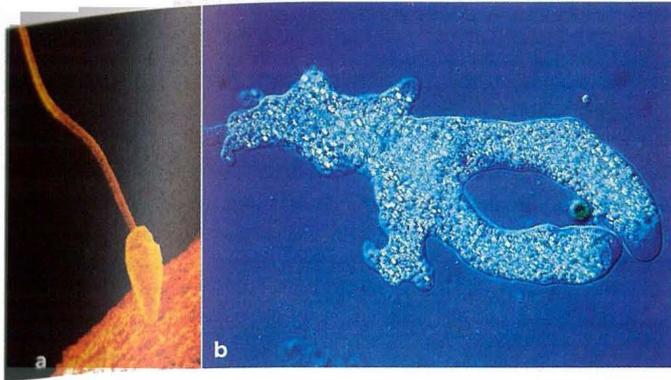


Figura 4.28 (a) Flagelo de un espermatozoide humano a punto de penetrar al óvulo. (b) Una ameba depredadora (*Chaos carolinense*) que extiende dos pseudópodos en torno a este pedazo de alimento; un alga verde unicelular (*Pandorina*).

Flagelos y pies falsos

Hay arreglos organizados de microtúbulos en los **flagelos eucariontes** y **cilios**, estructuras similares a látigos que impulsan a células como los espermatozoides en el medio líquido (figura 4.28a). Los flagelos tienden a ser más largos y menos profusos que los cilios. El batir coordinado de los cilios impulsa a las células móviles a través de los líquidos, y agita el líquido que rodea a las células estacionarias. Por ejemplo, el movimiento coordinado de los cilios de los miles de células que recubren las vías respiratorias impide que lleguen partículas a los pulmones.

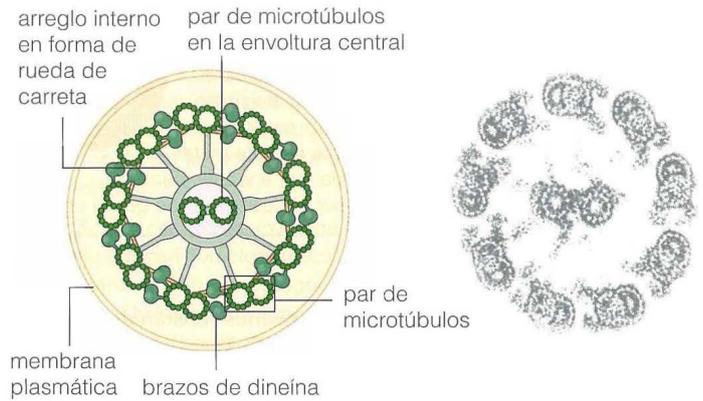
Hay un arreglo especial de microtúbulos que se extiende a lo largo de un flagelo o cilio. Este arreglo 9+2 consta de nueve pares de microtúbulos que circundan a otro par que se encuentra en el centro (figura 4.29). El arreglo está estabilizado gracias a una estructura similar a la de una rueda de carreta. Los microtúbulos crecen a partir de un organelo con forma de barril llamado **centriolo**, que permanece debajo del arreglo terminado y como cuerpo basal.

Las amebas y otros tipos de células eucariontes forman **pseudópodos**, o "pies falsos" (figura 4.28b). A medida que estos lóbulos irregulares temporales se abultan hacia el exterior, desplazan la célula y engloban algún blanco, como una presa. Los microfilamentos al elongarse obligan al lóbulo a avanzar en determinado sentido. Las proteínas motoras unidas a los microfilamentos arrastran la membrana plasmática junto con ellos.

Para repasar en casa

¿Qué es el citoesqueleto?

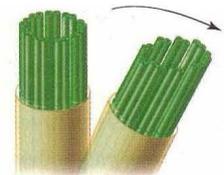
- El citoesqueleto formado por filamentos de proteína constituye la base de la forma de la célula eucarionte, su estructura interna y sus movimientos.
- Los microtúbulos organizan la célula y ayudan a mover sus partes. Las redes de microfilamentos refuerzan la superficie celular. Los filamentos intermedios refuerzan células y tejidos y mantienen su forma.
- Cuando reciben energía del ATP, las proteínas motoras se desplazan a lo largo de rieles de microtúbulos y microfilamentos. Como parte de cilios, flagelos y pseudópodos, sirven para impartir movimiento a la célula.



A Dibujo y microfotografía de un flagelo eucarionte, en corte transversal. Como el cilio, contiene un arreglo 9+2: un anillo de microtúbulos más un par en la parte central. Los elementos estabilizantes en forma de rueda de carreta que conectan los microtúbulos los mantienen alineados en este patrón radial.

B Protegiendo a cada par de microtúbulos en el anillo externo se encuentran "brazos de dineína, una proteína motora que tiene actividad de ATP. Las transferencias de grupos fosfato del ATP provocan que los brazos de dineína se enlacen de manera repetida con las partes de microtúbulos adyacentes, se doblen y después se desprendan. Los brazos de dineína "caminan" a lo largo de los microtúbulos. Este movimiento provoca que los pares de microtúbulos adyacentes se deslicen uno sobre otro.

C Se producen movimientos cortos de deslizamiento en una secuencia coordinada en torno al anillo a lo largo de cada par de microtúbulos. El flagelo se dobla cuando el arreglo interior se dobla.



Cuerpo basal, el centro de organización interna del microtúbulo que da lugar al arreglo 9+2 y después permanece por debajo de él dentro del citoplasma.

Figura 4.29 Animada Flagelos y cilios de células eucariontes.

En la actualidad se encuentran disponibles en el supermercado carne de res, de pollo, leche y frutos irradiados. Por ley, los alimentos irradiados deben ir marcados con el símbolo de la derecha. Los artículos que llevan este símbolo han sido expuestos a radiaciones, aunque no son radiactivos en sí. Irradiar alimentos frescos permite matar las bacterias y prolongar su vida en anaquel. Sin embargo, algunos se preocupan por la posibilidad de que el proceso



¿Por qué opción votarías?

Muchos alimentos frescos son irradiados para matar las bacterias contaminantes. ¿Desearías ingerir alimentos irradiados? Consulta más detalles en CengageNOW y después vota en línea.

de irradiación altere el alimento, produciendo productos químicos dañinos.

Resumen

Secciones 4.1-4.3 Todos los organismos constan de una o más células. La **teoría celular** dice que la célula es la unidad más pequeña de la vida, y forma la base de continuidad de los seres vivos. La proporción entre su **superficie** y su **volumen** limita el tamaño de la célula.

Todas las células comienzan a vivir con **membrana plasmática**, **núcleo** (en las células eucariontes) o **nucleoide** (en las células procariontes) y **citoplasma**, en el cual se encuentran en suspensión estructuras como los **ribosomas**. La **bicapa de lípidos** es el fundamento de toda membrana celular. Diferentes tipos de microscopios usan luz o electrones para revelar los detalles de las células.

- Usa las interacciones de CengageNOW para investigar la estructura básica de la membrana y los límites físicos del tamaño de la célula.
- Usa la animación de CengageNOW para aprender el funcionamiento de diversos tipos de microscopios.

Secciones 4.4, 4.5 Las bacterias y las arqueas son procariontes (tabla 4.3). No tienen núcleo. Muchos tienen una **pared celular** y uno o más **flagelos** o **pili**. Las **biopelículas** son ordenamientos comunales de seres vivos formados por bacterias y otros microbios.

- Usa la animación de CengageNOW para observar la estructura de una célula procarionte.

Secciones 4.6-4.11 Las células procariontes inician su vida con un núcleo y otros **organelos** recubiertos de membrana. El núcleo contiene el **nucleoplasma** y los **nucleolos**. La **cromatina** del núcleo de la célula eucarionte se divide en un número característico de **cromosomas**. Los poros receptores y proteínas de transporte de la **envoltura nuclear** controlan el desplazamiento de moléculas que entran y salen del núcleo.

El **sistema de endomembranas** incluye el **retículo endoplásmico liso** y el **rugoso**, las **vesículas** y el **aparato de Golgi**. Este conjunto de organelos tiene funciones de captación y modificación de lípidos y proteínas; también recicla moléculas y partículas como partes desgastadas de la célula e inactiva toxinas.

Las **mitocondrias** producen ATP descomponiendo compuestos orgánicos en la vía de respiración aerobia, que requiere oxígeno. Los **cloroplastos** son **plástidos** que se especializan en la fotosíntesis. Otros organelos son los **peroxisomas**, **lisosomas** y **vacuolas** (incluyendo las **vacuolas centrales**).

- Usa la interacción de CengageNOW para observar los principales tipos de organelos eucariontes.
- Usa las animaciones de CengageNOW para observar la membrana nuclear y el sistema de endomembrana.
- Usa la animación de CengageNOW para mirar un cloroplasto.

Sección 4.12 Las células de la mayoría de los procariontes, hongos, protistas y otras células vegetales tienen una pared en torno a su membrana plasmática. Las células más antiguas de

las plantas secretan una pared secundaria rígida que contiene **lignina** dentro de su pared **primaria flexible**. Muchos tipos de células eucariontes también secretan una **cutícula**. Los **plasmodesmos** conectan a las células vegetales. Las **uniones celulares** conectan a las células animales entre sí y con la **matriz extracelular** (ME).

- Estudia la estructura de las paredes y uniones celulares empleando la animación de CengageNOW.

Sección 4.13 Las células eucariontes tienen un **citoesqueleto**. La **corteza celular** consta de **filamentos intermedios**. Las **proteínas motoras** que son la base del movimiento interactúan con **microfilamentos** en los **pseudópodos**, o (en los **cilios** y **flagelo eucariontes**) en los **microtúbulos** que crecen a partir de los **centriolos**.

- Aprende más sobre los elementos del citoesqueleto y sus acciones con la animación de CengageNOW.

Autoevaluación Respuestas en el apéndice III

1. _____ es la unidad más pequeña de la vida.
2. Cierto o falso: algunos protistas son eucariontes.
3. Las membranas celulares constan principalmente de _____.
4. A diferencia de las células eucariontes, las células procariontes _____.
 a. carecen de membrana plasmática c. no tienen núcleo
 b. tienen ARN, pero no tienen ADN d. a y c
5. Los organelos recubiertos de membrana son una característica típica de las células _____.
6. La principal función del sistema de endomembrana es sintetizar y modificar _____ y _____.
7. Las subunidades del ribosoma se sintetizan dentro de _____.
8. Ninguna célula animal tiene _____.
9. Di si la siguiente afirmación es cierta o falsa: la membrana plasmática es el componente más externo de todas las células. Explica tu respuesta.
10. Las enzimas contenidas en _____ descomponen los organelos desgastados, las bacterias y otras partículas.
11. Relaciona cada componente celular con su función.
 ___ mitocondria a. síntesis de proteínas
 ___ cloroplasto b. se asocia con los ribosomas
 ___ ribosoma c. ATP por descomposición de azúcares
 ___ retículo endoplásmico liso d. clasifica y embarca
 ___ aparato de Golgi e. ensambla lípidos, otras tareas
 ___ retículo endoplásmico rugoso f. fotosíntesis

■ Visita [www.pearsoned.com](#) para encontrar preguntas adicionales.

Ejercicio de análisis de datos

Una forma anormal de la proteína motora dineína provoca el síndrome de Kartagener, trastorno genético que se caracteriza por sinusitis crónica e infecciones pulmonares. La mucosidad espesa que se colecta en las vías respiratorias se forma a partir de biopelículas, y la actividad bacteriana e inflamaciones resultantes dañan los tejidos.

Los varones afectados pueden producir espermatozoides, pero son infértiles (figura 4.30). Algunos de ellos logran ser padres cuando un médico inyecta sus espermatozoides directamente a los óvulos. Examina la figura 4.30 y explica por qué la dineína anormal podría provocar los efectos observados.

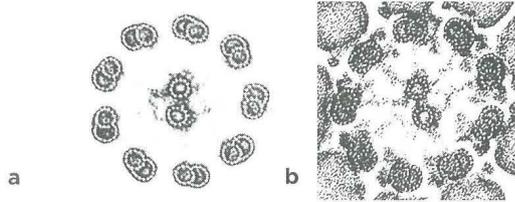


Figura 4.30 Corte transversal del flagelo de un espermatozoide de (a) un varón afectado por el síndrome de Kartagener y (b) un varón no afectado.

Pensamiento crítico

1. En un episodio clásico de *Star Trek*, una ameba gigante engloba toda una nave espacial. El Dr. Spock rompe la célula en pedazos antes de que se reproduzca. Piensa por lo menos en una objeción que un biólogo plantearía respecto a esta escena.
2. Muchas células vegetales forman una pared secundaria en la superficie interna de su pared primaria. Especula sobre el motivo por el cual la pared secundaria no se forma sobre la superficie externa.
3. Un estudiante examina diferentes muestras con microscopio de transmisión electrónica. Descubre un organismo unicelular marcando en un estanque de agua dulce (*abajo*).

¿Qué estructuras se pueden identificar en este organismo? ¿Se trata de una célula procarionte o eucarionte? ¿Podrías ser más específico acerca del tipo de célula basándote en lo que sabes de la estructura celular? Examina la sección 22.2 para comprobar tus respuestas.

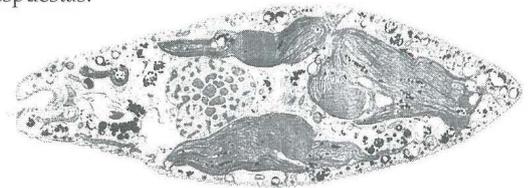


Tabla 4.3 Resumen de los componentes típicos de las células procariontes y eucariontes

Componente de la célula	Principales funciones	Procarionte		Eucarionte		
		Bacteria Archaea	Protistas	Hongos	Plantas	Animales
Pared celular	Protección, soporte estructural.	*	*	✓	✓	—
Membrana plasmática	Control de sustancias que entran y salen de la célula.	✓	✓	✓	✓	✓
Núcleo	Separación física del ADN del citoplasma.	—*	✓	✓	✓	✓
ADN	Codifica información hereditaria.	✓	✓	✓	✓	✓
Nucleolo	Ensamble de subunidades ribosomales.	—	✓	✓	✓	✓
Ribosoma	Síntesis de proteínas.	✓	✓	✓	✓	✓
Retículo endoplásmico (RE)	Síntesis y modificación de proteínas de membrana; síntesis de lípidos.	—	✓	✓	✓	✓
Aparato de Golgi	Modificación final de proteínas de membrana; clasificación y empaque de lípidos y proteínas en vesículas.	—	✓	✓	✓	✓
Lisosoma	Digestión intracelular.	—	✓	*	*	✓
Centriolo	Organización de elementos del citoesqueleto.	★	✓	✓	*	✓
Mitocondria	Formación de ATP.	—	✓	✓	✓	✓
Cloroplasto	Fotosíntesis.	—	*	—	✓	—
Vacuola central	Almacenamiento.	—	—	*	✓	—
Flagelo bacteriano	Locomoción en entornos líquidos.	*	—	—	—	—
Flagelo o cilio con arreglo de microtúbulos 9+2	Locomoción o desplazamiento en entornos líquidos.	—	*	*	*	✓
Citoesqueleto	Forma de la célula, organización interna; base del movimiento celular y en muchas células, locomoción.	★	*	*	*	✓

* Presente por lo menos en parte del ciclo de vida de la mayoría o de todos los grupos.

✓ Se sabe que está presente en células de por lo menos algunos grupos.

✓ Ocurre en forma singular en los procariontes.

★ Algunas bacterias planctomicetas tienen doble membrana en torno a su ADN.