

## 4.1 TIPOS DE TEJIDOS

### OBJETIVO

- Nombrar cuatro tipos básicos de tejidos que constituyen el cuerpo humano y establecer las características de cada uno.

Los tejidos del organismo pueden clasificarse en cuatro tipos básicos de acuerdo con su función y su estructura (Figura 4.1):

1. Los **tejidos epiteliales** revisten las superficies corporales y tapizan los órganos huecos, las cavidades y los conductos. También dan origen a las glándulas. Este tejido permite al organismo interactuar tanto con el medio interno como con el medio externo.
2. El **tejido conectivo** protege y da soporte al cuerpo y sus órganos. Varios tipos de tejido conectivo mantienen los órganos unidos, almacenan energía (reserva en forma de grasa) y ayudan a otorgar inmunidad contra microorganismos patógenos.
3. El **tejido muscular** está compuesto por células especializadas para la contracción y la generación de fuerza. En este proceso, el tejido muscular produce calor que calienta al cuerpo.
4. El **tejido nervioso** detecta cambios en una gran variedad de situaciones dentro y fuera del cuerpo y responde generando potenciales de acción (impulsos nerviosos) que activan la contracción muscular y la secreción glandular.

Los tejidos epiteliales y la mayoría de los tipos de tejido conectivo, salvo el cartílago, el hueso y la sangre, son de naturaleza más general y se encuentran distribuidos en forma amplia en todo el organismo. Estos tejidos forman parte de la mayoría de los órganos y poseen una estructura y una función muy variable. En este capítulo se describirán con cierto detalle los tejidos epiteliales y los conectivos. También se mencionarán las características generales del tejido óseo y la sangre, que se describirán en forma extensa en los Capítulos 6 y 19, respectivamente. Asimismo, se adelantarán aquí la estructura y la función del tejido muscular y del tejido nervioso, que se considerarán en profundidad en los Capítulos 10 y 12, respectivamente.

En condiciones normales, la mayoría de las células de un tejido permanecen unidas a otras células o a estructuras. Sólo algunas células, como los fagocitos, se mueven con libertad en busca de invasores para

destruir. Sin embargo, varias células migran a través de grandes distancias durante el proceso de crecimiento y desarrollo prenatal.

### CORRELACIÓN CLÍNICA | Biopsia

Una **biopsia** (*bíos = vida y -op = ver*) es la extracción de una pequeña muestra de tejido vivo para su examen microscópico. Este procedimiento se utiliza para diagnosticar numerosos trastornos, en especial cáncer, y para descubrir la causa de infecciones e inflamaciones de causa desconocida. Se debe resear tanto tejido normal como potencialmente enfermo para compararlos. Una vez extraídas las muestras de tejidos, sea en forma quirúrgica o a través de una aguja y una jeringa, se pueden preservar, teñir para destacar las propiedades especiales o cortar en láminas delgadas con el fin de observarlas con el microscopio. A menudo se realiza una biopsia en un paciente anestesiado durante una operación para ayudar a definir el tratamiento más apropiado. Por ejemplo, si una biopsia de tejido tiroideo revela células malignas, el cirujano puede proceder de inmediato a realizar el procedimiento quirúrgico más apropiado.

### PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Defina tejido.
2. ¿Cuáles son los cuatro tipos básicos de tejido en el organismo humano?

## 4.2 UNIONES CELULARES

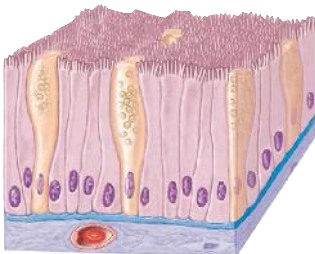
### OBJETIVO

- Describir las estructuras y las funciones de los principales tipos de uniones celulares.

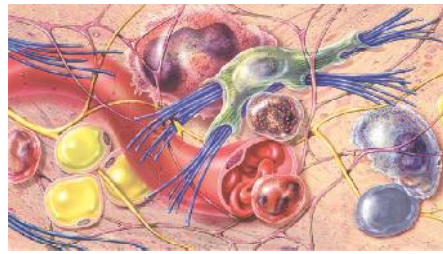
Antes de describir en forma más específica todos los tipos de tejidos, primero se examinará la forma en que las células se mantienen unidas para formar tejidos. La mayoría de las células epiteliales y algunas células musculares y nerviosas se adhieren en forma estrecha para formar unidades funcionales. Las **uniones celulares** son puntos de contacto entre las membranas plasmáticas de las células. Aquí se

Figura 4.1 Tipos de tejidos.

Cada uno de los cuatro tipos de tejidos tiene células diferentes que varían en formas, estructuras, funciones y distribuciones.



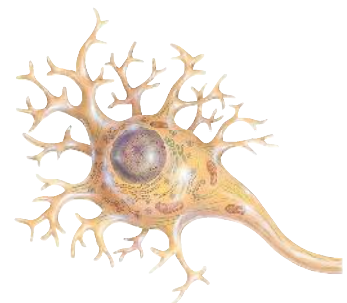
(a) Tejido epitelial



(b) Tejido conectivo



(c) Tejido muscular



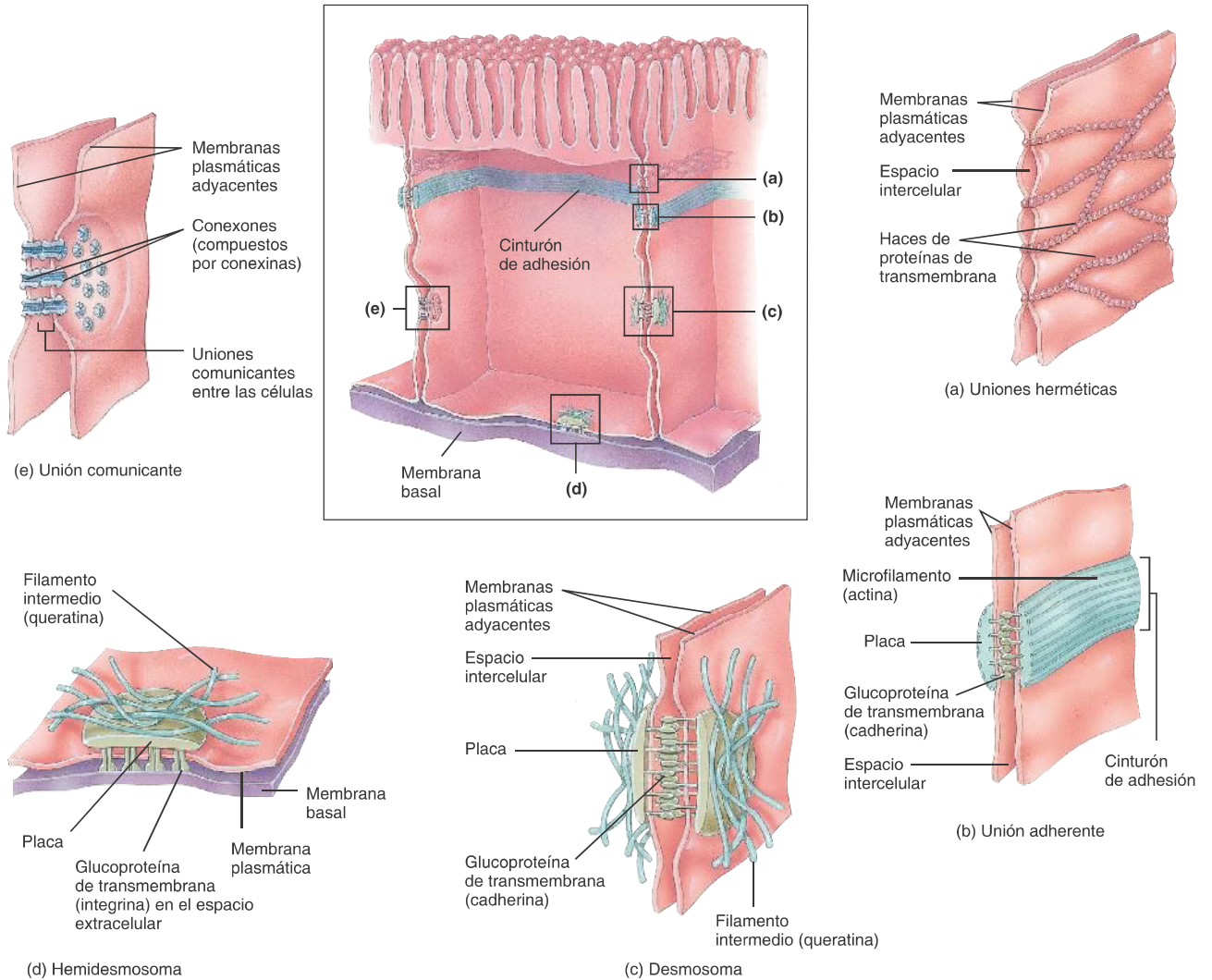
(d) Tejido nervioso

¿Cuáles son las diferencias fundamentales en la función de los cuatro tipos de tejidos?



**Figura 4.2 Uniones intercelulares.**

La mayoría de las células epiteliales y algunas de las células musculares y nerviosas contienen uniones celulares.



¿Qué tipo de unión celular participa en la comunicación entre células adyacentes?

consideran los cinco tipos de uniones intercelulares más importantes: uniones herméticas (zona de oclusión), uniones adherentes, desmosomas, hemidesmosomas y uniones comunicantes (Figura 4.2).

### Uniones herméticas (zonas de oclusión)

Las **uniones herméticas** son haces de proteínas de transmembrana que constituyen una red y fusionan las superficies externas de las membranas plasmáticas adyacentes para sellar los intercambios entre estas células (Figura 4.2a). Las células de los tejidos epiteliales que tapizan el estómago, el intestino y la vejiga tienen numerosas uniones herméticas que inhiben el pasaje de sustancias entre las células y la pérdida del contenido de estos órganos hacia la sangre o los tejidos circundantes.

### Uniones adherentes

Las **uniones adherentes** contienen una *placa*, que es una capa densa de proteínas en el interior de la membrana plasmática unida a proteínas de membrana y a microfilamentos del citoesqueleto (Figura 4.2b). Las glucoproteínas de transmembrana denominadas **cadherinas** unen las células. Cada cadherina se inserta en la placa desde el lado opuesto de la membrana plasmática, atraviesa parte del espacio intercelular (espacio entre las células) y se conecta con las cadherinas de una célula adyacente. En las células epiteliales, las uniones adherentes forman zonas extensas denominadas **“cinturones de adhesión”**, porque rodean a la célula del mismo modo que el cinturón se coloca alrededor de la cintura. Las uniones adherentes ayudan a las superficies epiteliales a resistir la separación durante diversas activi-

dades contráctiles, como cuando los alimentos avanzan a lo largo del intestino.

### Desmosomas

Al igual que las uniones adherentes, los **desmosomas** (*desmós* = vínculo) contienen una placa y glucoproteínas de transmembrana (cadherinas) que se extienden en el espacio intercelular entre las membranas de dos células adyacentes y las unen (Figura 4.2c). Sin embargo, a diferencia de las uniones adherentes, la placa de los desmosomas no se une a los microfilamentos, sino que se une a otros elementos del citoesqueleto llamados filamentos intermedios, constituidos por la proteína queratina. Los filamentos intermedios se extienden desde los desmosomas a un lado de la célula a través de citosol, hasta los desmosomas en el lado opuesto de la célula. Esta disposición estructural contribuye a la estabilidad de las células y los tejidos. Estas uniones focales (como puntos de soldadura) son comunes en las células de la epidermis (la capa más externa de la piel) y en las células del músculo cardíaco. Los desmosomas evitan que las células epiteliales se separen cuando están bajo tensión y que las células cardíacas se separen durante la contracción.

### Hemidesmosomas

Los **hemidesmosomas** (*hēmi* = mitad) se asemejan a los desmosomas pero no conectan células adyacentes. El nombre se debe a que se parecen a la mitad de un desmosoma (Figura 4.2d). No obstante, las glucoproteínas de transmembrana en los hemidesmosomas son **integrinas** en lugar de cadherinas. En el interior de la membrana plasmática las integrinas se unen con filamentos intermedios compuestos por la proteína queratina. En la parte externa de la membrana plasmática, las integrinas se unen a la proteína *laminina*, presente en la membrana basal (se describirá en breve). Debido a esta razón, los hemidesmosomas anclan las células a la membrana basal en lugar de hacerlo entre sí.

### Uniones comunicantes

En las **uniones comunicantes**, las proteínas de membrana llamadas **conexinas** forman túneles diminutos llenos de líquido denominados *conexones* que comunican las células vecinas (Figura 4.2e). Las membranas plasmáticas de las uniones comunicantes no están fusionadas como las de las uniones herméticas sino que están separadas por hendiduras intercelulares estrechas (espacios). A través de los conexones, los iones y las moléculas pequeñas pueden difundir desde el citosol de una célula al de la otra, pero no permite el pasaje de moléculas grandes como proteínas intracelulares vitales. La transferencia de nutrientes, y tal vez de desechos celulares, se produce a través de estas uniones en los tejidos avasculares, como el cristalino y la córnea del ojo. Las uniones comunicantes permiten que las células de un tejido se comuniquen entre sí. Durante el desarrollo embrionario, algunas de las señales químicas y eléctricas que regulan el crecimiento y la diferenciación celulares viajan por uniones comunicantes. Éstas también permiten la difusión de los impulsos nerviosos o musculares en forma rápida entre las células y este proceso es crucial para el funcionamiento normal de ciertas partes del sistema nervioso y para la contracción del músculo cardíaco, el tubo digestivo y del útero.

### ✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Qué tipo de unión celular evita la pérdida de los contenidos de los órganos hacia los tejidos circundantes?

- ¿Qué tipos de uniones celulares se encuentran en los tejidos epiteliales?

## 4.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS TEJIDOS EPITELIAL Y CONECTIVO

### ■ OBJETIVO

- Mencionar las diferencias principales entre los tejidos epitelial y conectivo.

Antes de examinar los tejidos epitelial y conectivo en forma más detallada, se compararán estos dos tejidos distribuidos en forma amplia (Figura 4.3). Las diferencias estructurales principales entre un tejido epitelial y un tejido conectivo se evidencian de inmediato bajo microscopía óptica. La primera diferencia obvia es el número de células en relación con la matriz extracelular (o sea, la sustancia entre las células). En un tejido epitelial hay muchas células agrupadas en forma compacta con escasa o nula matriz extracelular, mientras que en un tejido conectivo se encuentra gran cantidad de material extracelular separando las células, que en general están bastante distanciadas. La segunda diferencia obvia es que un tejido epitelial no tiene vasos sanguíneos, mientras que la mayor parte de los tejidos conectivos tiene redes significativas de vasos sanguíneos. Otra diferencia importante es que los tejidos epiteliales casi siempre forman capas superficiales y no quedan cubiertas por otro tejido. Una excepción es la cubierta epitelial de los vasos sanguíneos, donde la sangre circula en forma continua sobre el epitelio. Si bien las distinciones estructurales fundamentales son responsables de algunas de las diferencias principales entre estos tipos de tejidos, también determinan que se requieran entre sí. Como los tejidos epiteliales carecen de vasos sanguíneos y forman superficies, siempre se encuentran adyacentes a tejidos conectivos vascularizados, que les permiten intercambiar con la sangre el oxígeno y los nutrientes necesarios y eliminar los desechos, ambos procesos fundamentales para la supervivencia y la función de los tejidos.

### ✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Por qué los tejidos epiteliales se ubican adyacentes a los tejidos conectivos?

## 4.4 TEJIDOS EPITELIALES


### ■ OBJETIVOS

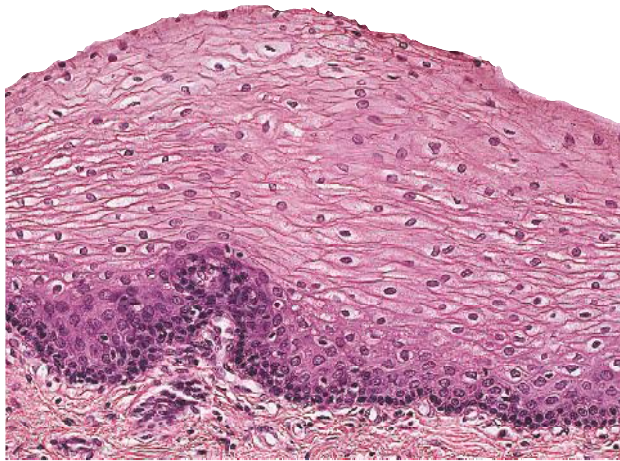
- Describir las características generales de los tejidos epiteliales.
- Mencionar la localización, la estructura y la función de cada tipo de tejido epitelial.

El **tejido epitelial** o **epitelio** está constituido por células dispuestas en láminas continuas, en una o varias capas. Como consecuencia del contacto íntimo y la estrecha unión que proporcionan las uniones celulares, existe muy poco espacio intercelular entre las membranas plasmáticas adyacentes. Los tejidos epiteliales forman coberturas y cubiertas en todo el cuerpo y rara vez quedan cubiertas por otro tejido, de manera que siempre tienen una superficie libre. Los tejidos epi-

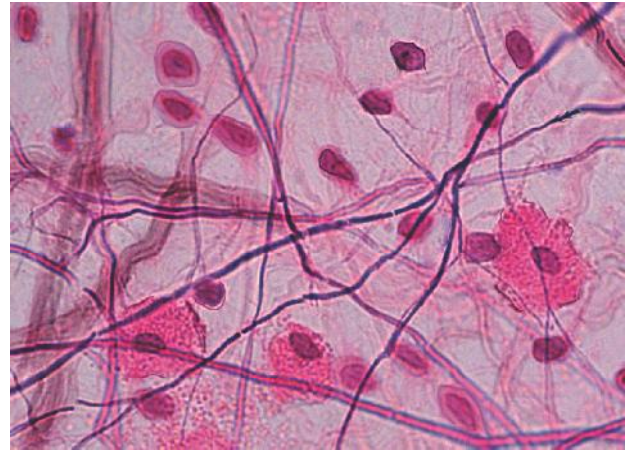


**Figura 4.3** Comparación entre los tejidos epiteliales y los tejidos conectivos.

 El índice entre las células y la matriz extracelular es una diferencia importante entre los tejidos epiteliales y los conectivos.



(a) Tejido epitelial con muchas células dispuestas en forma compacta con escasa o nula matriz extracelular.



(b) Tejido conectivo con pocas células dispersas rodeadas por grandes cantidades de matriz extracelular.


 ¿Qué relación entre los tejidos epiteliales y los conectivos es importante para la supervivencia y la función de los tejidos epiteliales?

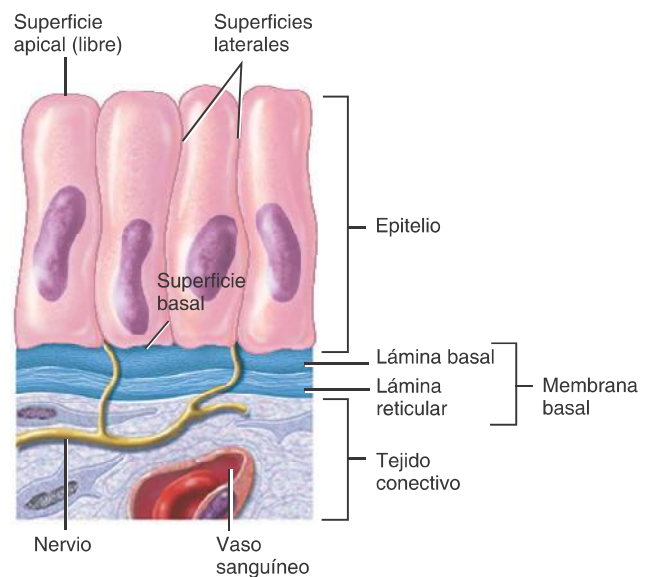
teliales cumplen tres funciones principales: sirven como 1) barreras selectivas que limitan o contribuyen a la transferencia de sustancias dentro y fuera del organismo, 2) superficies secretoras que liberan productos sintetizados por las células sobre sus superficies libres y 3) superficies protectoras que resisten las influencias abrasivas del medio.

Las diferentes superficies de las células epiteliales tienen distintas estructuras y funciones especializadas. La **cara apical (libre)** de una célula epitelial está dispuesta hacia la superficie corporal, una cavidad corporal, la luz (espacio interior) de un órgano interno o un conducto tubular que recibe las secreciones celulares (Figura 4.4). La cara apical puede contener cilios o microvellosidades. Las **caras laterales** de una célula epitelial enfrentan las células adyacentes a cada lado y pueden contener uniones herméticas (zonas de oclusión), uniones adherentes, desmosomas o uniones comunicantes. La **cara basal** de una célula epitelial es la opuesta a la apical. Las caras basales de la capa celular más profunda del epitelio se adhieren a materiales extracelulares, como la membrana basal. Los hemidesmosomas en la cara basal de la capa más profunda de las células epiteliales anclan el epitelio a la membrana basal (se describirá a continuación). Cuando se trata de epitelios estratificados (con múltiples capas), el término *capa apical* hace referencia al plano más superficial de células y el de *capa basal* representa el plano más profundo.

La **membrana basal** es una fina capa extracelular constituida por la lámina basal y la lámina reticular. La *lámina basal* (lámina = capa delgada) está muy próxima a las células epiteliales y es secretada por ellas. Esta lámina contiene proteínas como laminina y colágeno (que se describirán en breve), al igual que glucoproteínas y proteoglicanos (también se describirán en breve). Como ya se señaló, las moléculas de laminina de la lámina basal se unen a las integrinas de los hemidesmosomas y de esta forma fijan las células epiteliales a la membrana

**Figura 4.4** Superficies de las células epiteliales y estructura y localización de la membrana basal.

 La membrana basal se localiza entre los tejidos epiteliales y los tejidos conectivos.



 ¿Cuáles son las funciones de la membrana basal?

basal (véase la **Figura 4.2d**). La *lámina reticular* se encuentra más cerca del tejido conectivo subyacente y contiene proteínas sintetizadas por las células del tejido conectivo denominadas *fibroblastos* (véase la **Figura 4.8**). Además de adherirse y sostener al tejido epitelial supra-yacente, la membrana basal cumple otras funciones, ya que constituye una superficie para la migración de las células epiteliales durante el crecimiento y la cicatrización de las heridas, restringen el pasaje de moléculas más grandes entre el epitelio y el tejido conectivo y participan en la filtración de la sangre en los riñones.

**CORRELACIÓN CLÍNICA | Membrana basal y enfermedades**

En ciertas circunstancias, la membrana basal se engrosa en forma notable debido al aumento de la producción de colágeno y laminina. En la diabetes mellitus no tratada, la membrana basal de los vasos sanguíneos pequeños (capilares) aumenta de espesor, particularmente en los ojos y los riñones. Debido a esta razón, los vasos sanguíneos no pueden funcionar en forma apropiada y se puede desarrollar ceguera e insuficiencia renal.

Los tejidos epiteliales tienen inervación propia, pero, como se mencionó, son **avasculares** (*a* = sin y *-vascular* = relativo a los vasos), lo que significa que dependen del tejido conectivo adyacente para obtener los nutrientes y eliminar los desechos. El intercambio de sustancias entre los tejidos epiteliales y los tejidos conectivos se produce por difusión.

Como los tejidos epiteliales constituyen los límites entre los órganos o entre el organismo y el medio externo, están expuestos en forma repetitiva a estrés físico y a lesionarse. La elevada velocidad de divi-

sión celular permite a los tejidos epiteliales renovarse y repararse a sí mismos en forma constante mediante la eliminación de las células muertas o dañadas y su remplazo por células nuevas. Los tejidos epiteliales desempeñan diferentes funciones en el cuerpo humano, de las cuales las más importantes son la protección, la filtración, la secreción, la absorción y la excreción. Asimismo, los tejidos epiteliales se combinan con el tejido nervioso para formar los órganos especiales del olfato, la audición, la visión y el tacto.

Los tejidos epiteliales se pueden dividir en dos tipos. El primero es el **epitelio de cobertura y revestimiento** que forma la capa *externa* de la piel y de algunos órganos internos y también la capa *interna* de los vasos sanguíneos, los conductos y las cavidades corporales y tapiza el interior de los aparatos respiratorio, digestivo, urinario y reproductor. El segundo es el **epitelio glandular**, que constituye la porción secretora de las glándulas, como la tiroides, las suprarrenales y las sudoríparas.

### Clasificación de los tejidos epiteliales

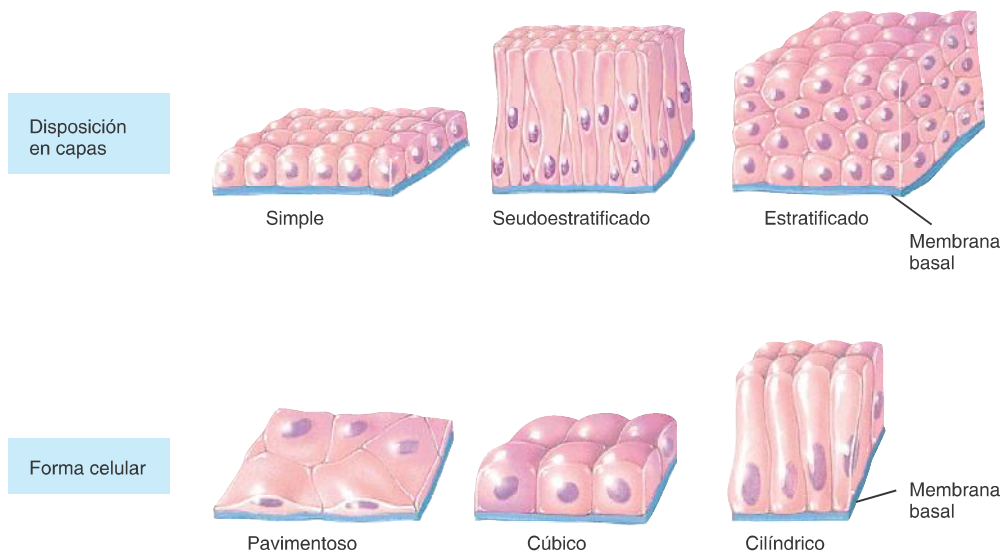
Los tipos de tejido epitelial de cobertura y revestimiento se clasifican de acuerdo con dos características: la disposición celular en capas y las formas de las células (**Figura 4.5**).

1) **Disposición celular en capas** (**Figura 4.5**). Las células se disponen en una o más capas según la función que desempeñe el epitelio:

- a. El **epitelio simple** es una capa única de células que participa en la difusión, la ósmosis, la filtración, la secreción y la absorción. **Secreción** es la producción y liberación de sustancias como moco, sudor o enzimas. **Absorción** es la captación de líquidos u otras sustancias como el alimento digerido procedente del tubo digestivo.

**Figura 4.5** Formas de las células y disposición en capas del epitelio de cobertura y revestimiento.

Las formas de las células y la disposición de las capas representan la base para clasificar al epitelio de cobertura y revestimiento.



**?** ¿Qué forma celular se adapta mejor al movimiento rápido de sustancias desde una célula hacia otra?



- b. El *epitelio pseudoestratificado* (*pseudo* = falso) aparenta tener múltiples capas celulares porque los núcleos se encuentran en diferentes niveles y no todas las células alcanzan la superficie apical, pero en realidad es un epitelio simple ya que todas las células se apoyan sobre la membrana basal. Las células que llegan a la superficie apical pueden contener cilios; otras (células caliciformes) secretan moco.
- c. El *epitelio estratificado* (*stratus* = capa) está formado por dos o más capas de células que protegen tejidos subyacentes donde el rozamiento es considerable.
- 2) **Formas celulares** (Figura 4.5). Las células epiteliales poseen formas variables de acuerdo con su función:
- a. Las *células pavimentosas* o *escamosas* son delgadas, lo que permite el pasaje rápido de sustancias a través de ellas.
- b. Las *células cúbicas* tienen la misma longitud que ancho y presentan forma cúbica o hexagonal. Pueden tener microvellosidades en la superficie apical y participar tanto en la absorción como en la secreción.
- c. Las *células cilíndricas* son más altas que anchas, como columnas, y protegen a los tejidos subyacentes. La superficie apical puede tener cilios o microvellosidades y a menudo se especializan en la absorción y la secreción.
- d. Las *células de transición* cambian su forma de planas a cúbicas y viceversa cuando ciertos órganos como la vejiga se estiran (distienden) hasta alcanzar un tamaño mayor y después se vacían y adquieren un tamaño menor.

Si se combinan las dos características (la disposición de las capas y la forma de las células), se obtienen los tipos de epitelios de cobertura y revestimiento:

- I. Epitelio simple
- Epitelio pavimentoso simple
  - Epitelio cúbico simple
  - Epitelio cilíndrico simple (ciliado y no ciliado)
  - Epitelio cilíndrico pseudoestratificado (ciliado y no ciliado)
- II. Epitelio estratificado
- Epitelio pavimentoso estratificado (queratinizado, cuando las células superficiales mueren y se cornifican, y no queratinizado, cuando las células superficiales permanecen vivas)\*

- Epitelio cúbico estratificado\*
- Epitelio cilíndrico estratificado\*
- Epitelio de transición

A continuación se examinarán las características más importantes de cada uno de estos tipos de epitelios.

## Epitelio de cobertura y revestimiento

Como ya se señaló, el epitelio de cobertura y revestimiento forma la cubierta externa de la piel y de algunos órganos internos. Asimismo, forma la capa interna de los vasos sanguíneos, los conductos y las cavidades corporales y el interior de la vía respiratoria, el tubo digestivo, las vías urinarias y el aparato reproductor. En el Cuadro 4.1 se describe el epitelio de cobertura y revestimiento con mayor detalle. La explicación sobre cada tipo de epitelio incluye una microfotografía, un diagrama correspondiente y un recuadro que identifica la localización principal del tejido en el organismo. Cada ilustración está asociada con descripciones, ubicaciones y funciones de los tejidos.



### CORRELACIÓN CLÍNICA | Prueba de Papanicolaou

La **prueba de Papanicolaou**, también llamada **Pap**, consiste en la recolección y el examen microscópico de células epiteliales que han sido raspadas de la capa apical de un tejido. Una clase muy común de Pap es el estudio de células del epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado de la vagina y del cuello uterino (porción inferior). Este tipo de examen intenta sobre todo detectar cambios tempranos en las células del aparato reproductor femenino que puedan indicar un estado precanceroso o un cáncer. Para obtener la muestra, se raspan células del tejido y se extienden sobre un portaobjetos. A continuación los portaobjetos se envían a un laboratorio para su análisis. Las pruebas de Papanicolaou deben comenzar a realizarse dentro de los tres primeros años siguientes al comienzo de la actividad sexual o a los 21 años, lo que resulte primero. Se recomienda una prueba anual en todas las mujeres entre 21 y 30 años y cada 2 o 3 años después de los 30 años, después de obtener tres pruebas de Papanicolaou normales consecutivas.

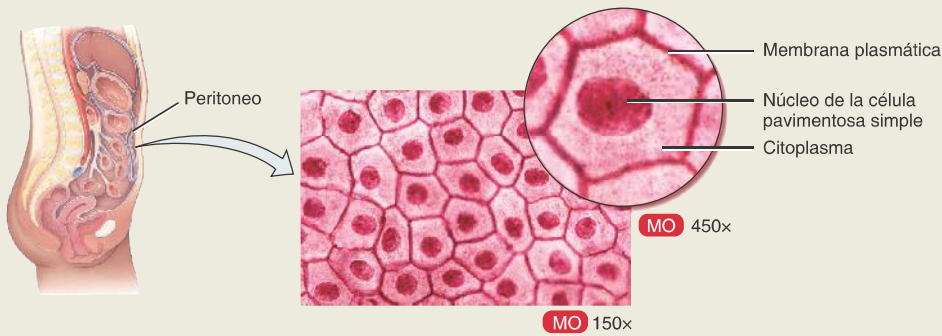
\*Esta clasificación está basada en la forma que toman las células en la superficie apical.

**CUADRO 4.1**

Tejidos epiteliales: epitelio de cobertura y revestimiento

**A. EPITELIO PAVIMENTOSO SIMPLE**

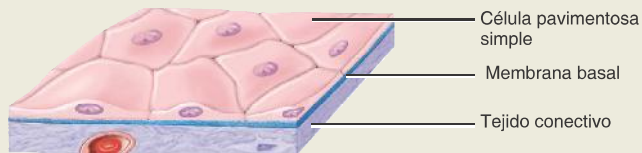
<b>Descripción</b>	Una sola capa de células aplanadas semejantes a un tejado cuando se observa desde la superficie apical; núcleos en posición central aplanados y ovalados o esféricos.
<b>Localización</b>	Tapiza con mayor frecuencia 1) el sistema cardiovascular y el linfático (corazón, vasos sanguíneos, cubiertas de los vasos linfáticos), donde se conoce como <b>endotelio</b> ( <i>endo-</i> = dentro y <i>-thelé</i> = cubierta) y 2) forma la capa epitelial de las membranas serosas (peritoneo, pleura, pericardio), donde se denomina <b>mesotelio</b> ( <i>meso-</i> = medio). También se encuentra en los alvéolos pulmonares, la cápsula glomerular (de Bowman) de los riñones y la superficie interna de la membrana timpánica.
<b>Función</b>	Presente en los sitios donde se realiza filtración (como la filtración de la sangre en los riñones) o difusión (como la difusión de oxígeno en los vasos sanguíneos pulmonares) y donde se secretan sustancias en las membranas serosas. No se encuentra en las superficies corporales sometidas a estrés mecánico (desgaste).



Vista superficial del epitelio pavimentoso simple de la cubierta mesotelial del peritoneo



Corte transversal del epitelio pavimentoso simple (mesotelio) del peritoneo del intestino delgado

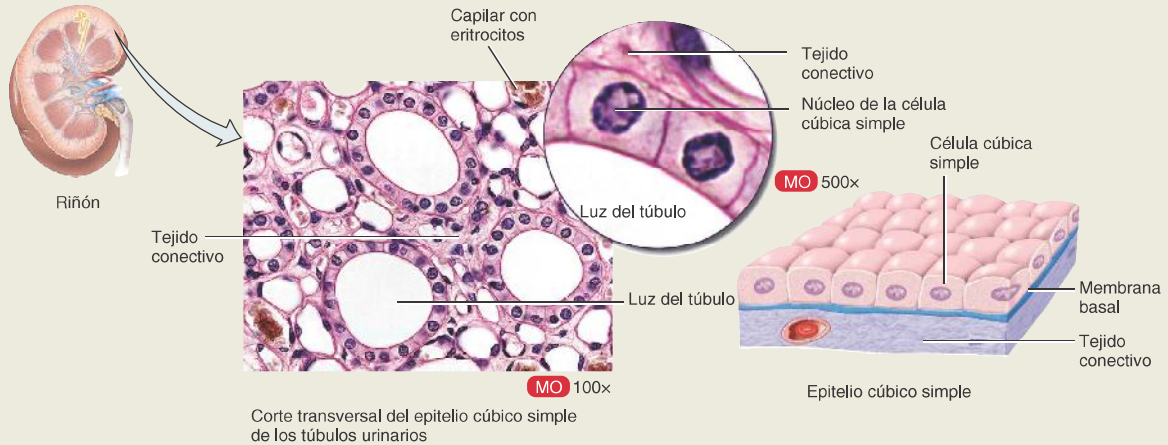


Epitelio pavimentoso simple



**B. EPITELIO CÚBICO SIMPLE**

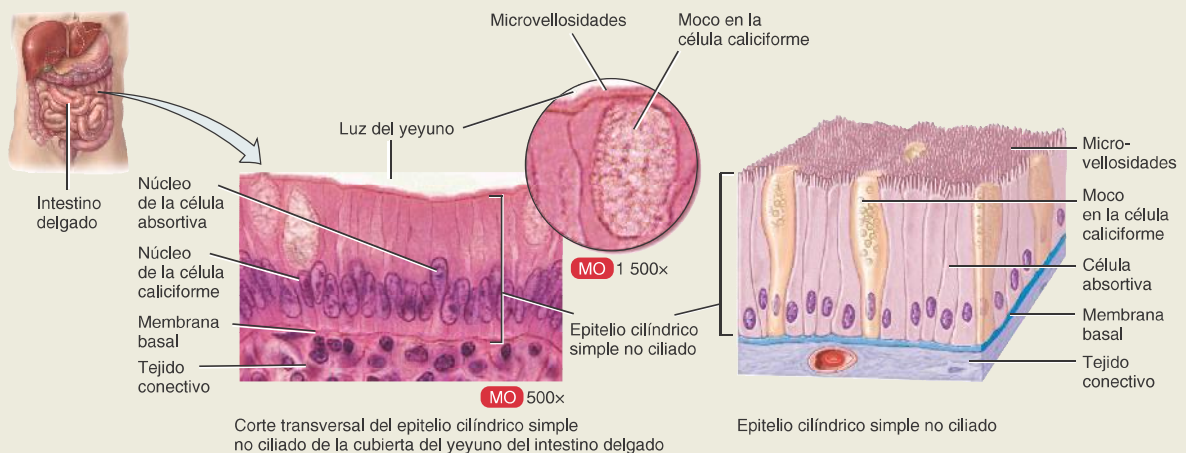
- Descripción** Una sola capa de células cúbicas, redondas con núcleo central. La forma cúbica de la célula se evidencia cuando el tejido se secciona y se observa desde la cara lateral. (Nota: las células cúbicas estrictas no podrían formar pequeños tubos; estas células cúbicas tienen forma de pastel pero su altura es casi igual a su ancho en la base.)
- Localización** Reviste la superficie ovárica, delimita la superficie anterior de la cápsula del cristalino, forma el epitelio pigmentario en la superficie posterior de la retina, tapiza los túbulos renales y varios conductos más pequeños de varias glándulas y forma parte de la porción secretora de algunas glándulas, como la tiroides y los conductos de ciertas glándulas como el páncreas.
- Función** Secreción y absorción.



Corte transversal del epitelio cúbico simple de los túbulos urinarios

**C. EPITELIO CILÍNDRICO SIMPLE NO CILIADO**

- Descripción** Una sola capa de células cilíndricas no ciliadas con núcleos ovalados próximos a la base celular. Contiene 1) células cilíndricas con microvellosidades en la superficie apical y 2) células calciformes. Las **microvellosidades**, que son proyecciones citoplasmáticas digitiformes, aumentan la superficie de la membrana plasmática (véase la fig. 3.1) y de esta manera aumentan la tasa de absorción de las células. Las **células calciformes** son células epiteliales cilíndricas modificadas que secretan moco, un líquido algo pegajoso, por sus superficies apicales. Antes de liberarlo, el moco se acumula en la porción superior de la célula, donde sobresale y determina que toda la célula adopte el aspecto de una copa de vino.
- Localización** Tapiza el tubo digestivo (desde el estómago hasta el ano), los conductos de varias glándulas y la vesícula biliar.
- Función** Secreción y absorción; las células cilíndricas más grandes contienen más orgánulos y, en consecuencia, son capaces de secretar y absorber mayor cantidad de material que las células cúbicas. El moco secretado lubrica las cubiertas del tubo digestivo, las vías respiratorias y el aparato reproductor, además de la mayor parte de las vías urinarias; asimismo, ayuda a prevenir la destrucción de la cubierta gástrica por el jugo gástrico ácido secretado por el estómago.



Corte transversal del epitelio cilíndrico simple no ciliado de la cubierta del yeyuno del intestino delgado



**CUADRO 4.1 CONTINUACIÓN**

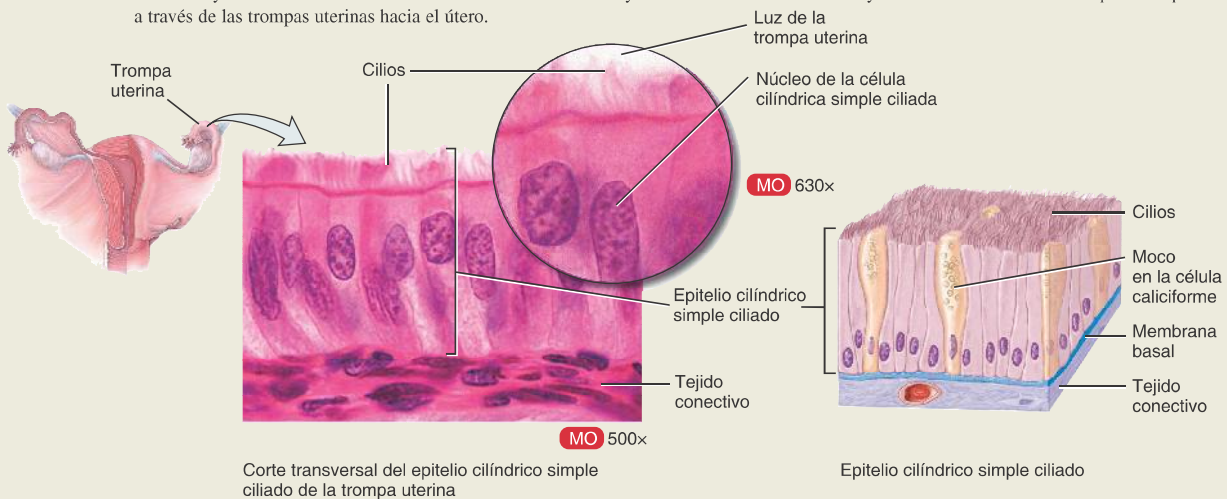
Tejidos epiteliales: epitelio de cobertura y revestimiento

**D. EPITELIO CILÍNDRICO SIMPLE CILIADO**

**Descripción** Una sola capa de células cilíndricas ciliadas con núcleos próximos a la zona basal. Contiene células caliciformes entre las células cilíndricas ciliadas.

**Localización** Cubre algunos bronquiolos (tubos pequeños) de las vías respiratorias, las trompas uterinas, el útero, algunos senos paranasales, el conducto central de la médula espinal y los ventrículos cerebrales.

**Función** Los cilios baten al unísono y desplazan al moco y las partículas extrañas hacia la garganta, donde pueden expulsarse con la tos y deglutirse o escupirse. La tos y los estornudos aceleran el movimiento de los cilios y el moco. Los cilios también ayudan a mover los ovocitos expulsados por los ovarios a través de las trompas uterinas hacia el útero.



Corte transversal del epitelio cilíndrico simple ciliado de la trompa uterina

Epitelio cilíndrico simple ciliado

**E. EPITELIO CILÍNDRICO SEUDOESTRATIFICADO**

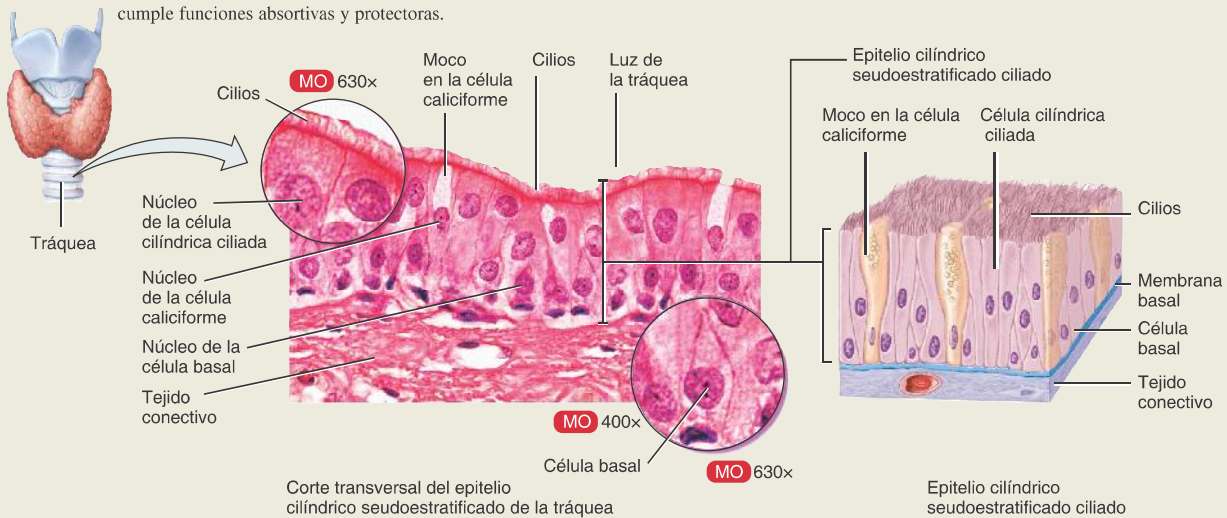
**Descripción** Parece tener varias capas porque los núcleos celulares se disponen a diferentes niveles. Todas las células se adhieren a la membrana basal, pero no todas alcanzan la superficie apical. Cuando se observan desde la cara lateral, estas características ofrecen la falsa impresión de ser un tejido estratificado (lo que le confiere el nombre de pseudoestratificado, *pseudo-* = falso).

El *epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado* contiene células que se extienden hasta la superficie y secretan moco (células caliciformes) o poseen cilios.

El *epitelio cilíndrico pseudoestratificado no ciliado* contiene células sin cilios y carece de células caliciformes.

**Localización** La variedad ciliada tapiza casi todas las vías aéreas superiores, mientras que la variedad no ciliada tapiza conductos más grandes de varias glándulas, el epidídimo y parte de la uretra masculina.

**Función** La variedad ciliada secreta moco que captura las partículas extrañas y los cilios barren el moco para eliminarlo del organismo; la variedad no ciliada cumple funciones absorbentes y protectoras.



Corte transversal del epitelio cilíndrico pseudoestratificado de la tráquea

Epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado



**F. EPITELIO PAVIMENTOSO ESTRATIFICADO**

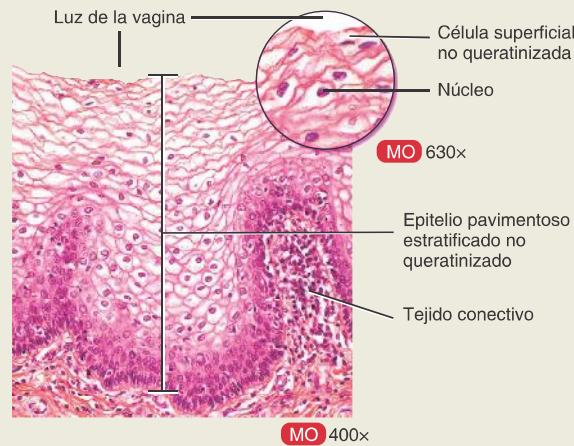
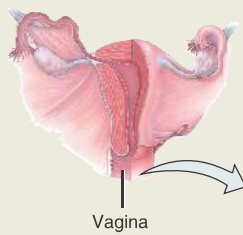
**Descripción** Dos o más capas de células. Células pavimentosas en la capa apical y en varias capas subyacentes. Las células de las capas más profundas varían desde cúbicas hasta cilíndricas. A medida que las células basales se dividen, las células hijas surgen mediante divisiones celulares que empujan hacia arriba en dirección a la capa apical. En su trayectoria hacia la superficie alejándose de la irrigación sanguínea en el tejido conectivo subyacente, estas células se deshidratan y su metabolismo disminuye. Las proteínas rígidas predominan con la reducción del citoplasma y las células se convierten en estructuras rígidas que por último mueren. En la capa apical, cuando las células muertas pierden las uniones celulares se descaman, pero se sustituyen en forma continua por células nuevas procedentes de las células basales.

El *epitelio pavimentoso estratificado queratinizado* desarrolla la capa dura de queratina en la capa apical de las células y varias capas subyacentes (véase la *fig. 5.3*). (La **queratina** es una proteína intracelular fibrosa y dura que ayuda a proteger la piel y los tejidos subyacentes del calor, los microorganismos y los compuestos químicos.) La concentración relativa de queratina aumenta en las células a medida que se alejan de la irrigación sanguínea nutritiva y los orgánulos mueren.

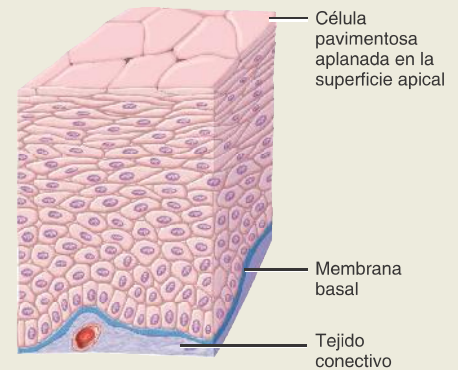
El *epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado* no contiene grandes cantidades de queratina en la capa apical y varios planos subyacentes y permanece húmeda en forma constante debido a la secreción de moco por las glándulas salivales y mucosas; los orgánulos no se reemplazan.

**Localización** La variedad queratinizada forma la capa superficial de la piel, mientras que la no queratinizada tapiza superficies húmedas (boca, esófago, parte de la epiglotis, parte de la faringe y vagina) y cubre la lengua.

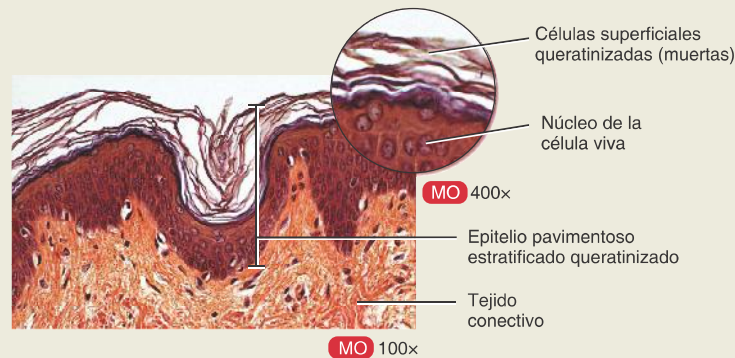
**Función** Protección contra la abrasión, la pérdida de agua, la radiación ultravioleta y la invasión por materiales extraños. Ambos tipos constituyen la primera línea de defensa contra los microorganismos.



Corte transversal del epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado que tapiza la vagina



Epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado



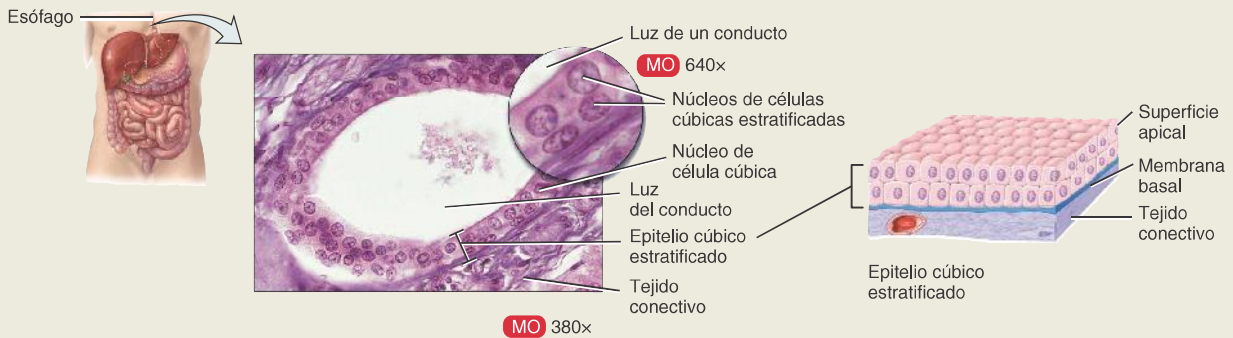
Corte transversal del epitelio pavimentoso estratificado queratinizado

**CUADRO 4.1 CONTINUACIÓN**

Tejidos epiteliales: epitelio de cobertura y revestimiento

**G. EPITELIO CÚBICO ESTRATIFICADO**

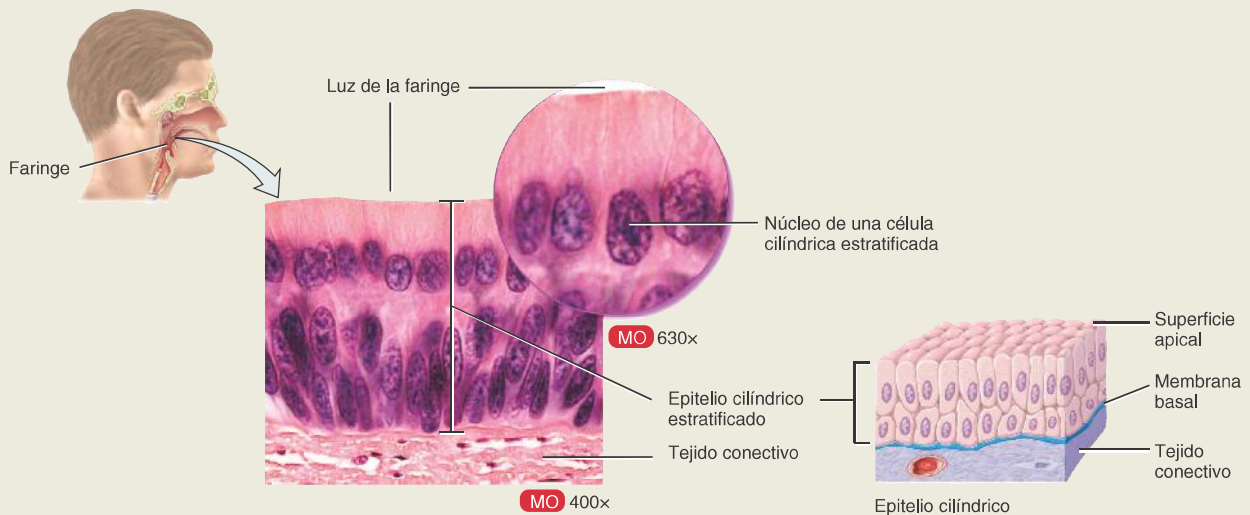
- Descripción** Dos o más capas de células; las células de la cara apical son cúbicas; tipo de epitelio bastante infrecuente.
- Localización** Conductos de las glándulas sudoríparas y las glándulas esofágicas del adulto y parte de la uretra masculina.
- Función** Protección; secreción y absorción limitadas.



Corte transversal del epitelio cúbico estratificado del conducto de una glándula esofágica

**H. EPITELIO CILÍNDRICO ESTRATIFICADO**

- Descripción** Las capas basales suelen estar compuestas por células pequeñas de forma irregular. Sólo la capa apical presenta células cilíndricas; infrecuente.
- Localización** Cubre parte de la uretra, los conductos excretores grandes de algunas glándulas como las esofágicas, pequeñas áreas de la mucosa anal y parte de la conjuntiva del ojo.
- Función** Protección y secreción.

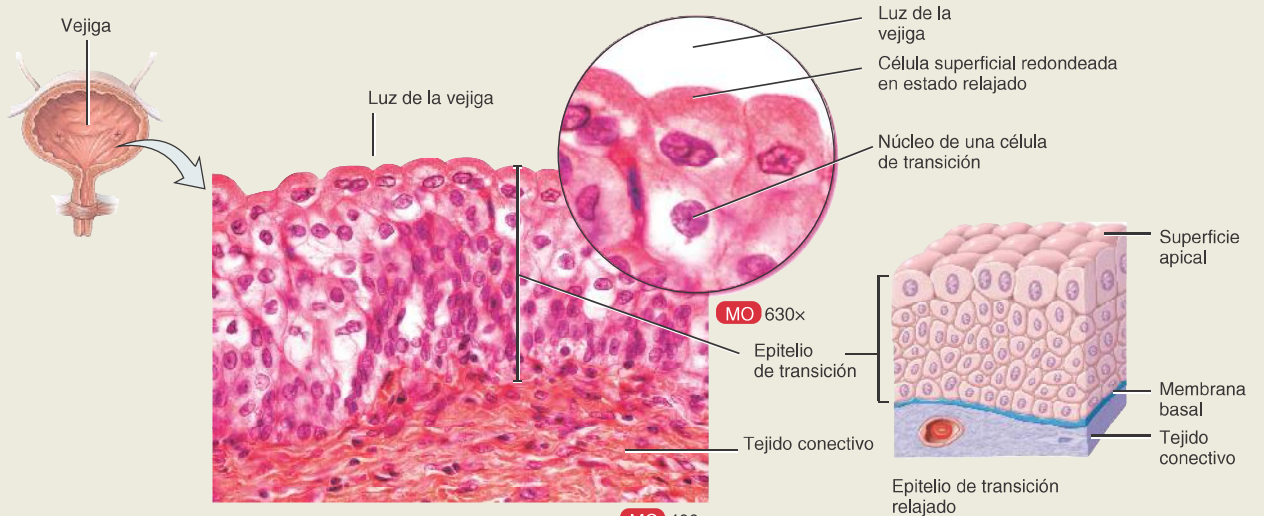


Corte transversal del epitelio cilíndrico estratificado que tapiza la faringe

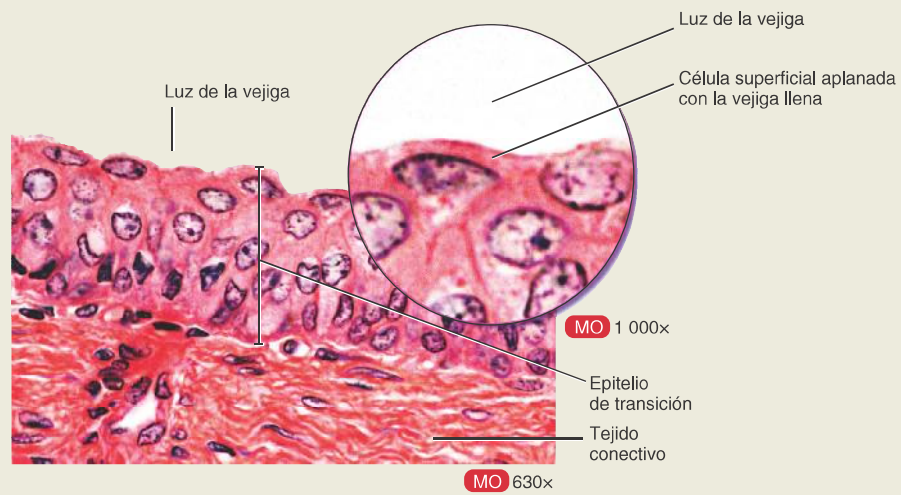


**I. EPITELIO DE TRANSICIÓN**

- Descripción** Su aspecto es variable (transicional). En estado relajado o no estirado, parece un epitelio cúbico estratificado, salvo las células apicales que tienden a ser grandes y redondas. A medida que el tejido se estira, las células se aplanan y ofrecen el aspecto de un epitelio pavimentoso estratificado. Sus múltiples capas y su elasticidad lo hacen ideal para tapizar estructuras huecas (vejiga), que se expande desde su interior.
- Localización** Tapiza la vejiga y parte de la uretra y los uréteres.
- Función** Permite el estiramiento de los órganos urinarios y mantiene una cubierta protectora mientras contiene cantidades variables de líquido sin romperse.



Corte transversal del epitelio de transición de la vejiga en estado relajado (vacía) MO 400x



Corte transversal del epitelio de transición con la vejiga llena MO 630x

## Epitelio glandular

La función del epitelio glandular es la secreción, que se realiza a través de las células glandulares que a menudo se agrupan subyacentes al epitelio de revestimiento. Una **glándula** puede constar de una sola célula o de un grupo de células que secretan sustancias dentro de

conductos (tubos) hacia la superficie o hacia la sangre. Todas las glándulas del cuerpo se clasifican en exocrinas o endocrinas.

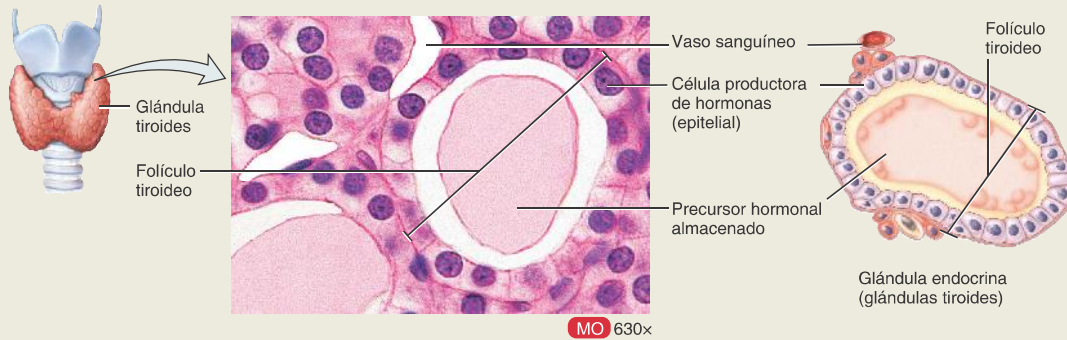
La secreción de las **glándulas endocrinas** (*endo* = dentro y *-krínein* = secreción, Cuadro 4.2), conocidas como hormonas, ingresa en el líquido intersticial y luego difunde en forma directa hacia la circulación sanguínea sin atravesar conductos. Las glándulas endocrinas se

### CUADRO 4.2

#### Tejidos epiteliales: epitelio glandular

##### A. GLÁNDULAS ENDOCRINAS

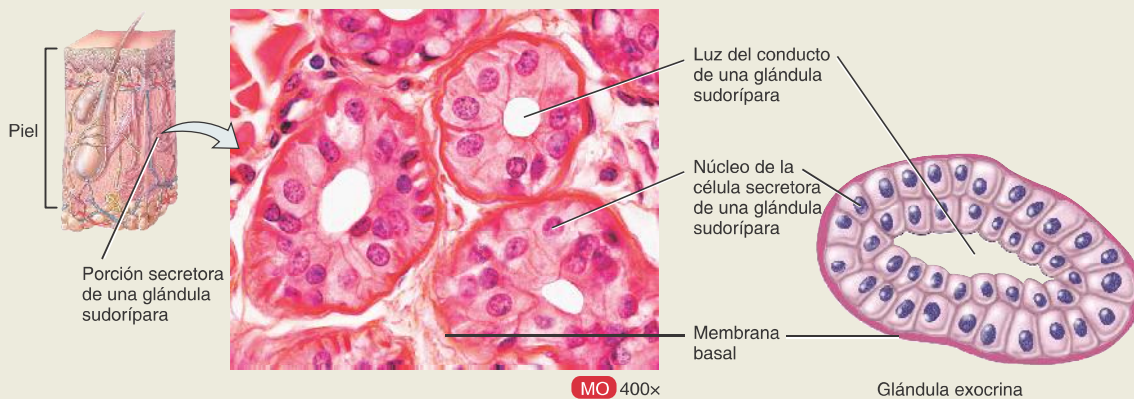
- Descripción** Los productos de secreción (*hormonas*) ingresan en el tejido intersticial y difunden en forma directa hacia la corriente sanguínea sin atravesar conductos. Las glándulas endocrinas se describirán en detalle en el Capítulo 18.
- Localización** A modo de ejemplo, se pueden mencionar la glándula hipófisis situada en la base del encéfalo, la glándula pineal en el encéfalo, las glándulas tiroideas y paratiroides cerca de la laringe, las glándulas suprarrenales situadas sobre los riñones, el páncreas cerca del estómago, los ovarios en la cavidad pélvica, los testículos en el escroto y el timo en la cavidad torácica.
- Función** Las hormonas regulan numerosas actividades metabólicas y fisiológicas para mantener la homeostasis.



Corte transversal de una glándula endocrina (glándula tiroidea)

##### B. GLÁNDULAS EXOCRINAS

- Descripción** Productos secretorios liberados dentro de conductos que desembocan en la superficie de un epitelio de cobertura y revestimiento, como la superficie cutánea o la luz de un órgano hueco.
- Localización** Glándulas sudoríparas, sebáceas y ceruminosas en la piel; glándulas digestivas como las glándulas salivales (secretan hacia la cavidad bucal) y el páncreas (secreta hacia el intestino delgado).
- Función** Producen sustancias como sudor para contribuir a descender la temperatura corporal, sebo, cera, saliva o enzimas digestivas.



Corte transversal de la porción secretora de una glándula exocrina (glándula sudorípara ecrina)



describirán en detalle en el Capítulo 18. Las secreciones endocrinas producen efectos a larga distancia porque se distribuyen por todo el organismo a través de la corriente sanguínea.

Las **glándulas exocrinas** (*exo* = afuera, Cuadro 4.2) secretan sus productos dentro de conductos que desembocan en la superficie de un epitelio de cobertura y revestimiento, como la superficie cutánea o la luz de un órgano hueco. Las secreciones de una glándula exocrina producen efectos limitados y algunas de ellas serían nocivas si ingresaran en la corriente sanguínea. Como se explicará más adelante, algunas glándulas del organismo, como el páncreas, los ovarios y los testículos, son glándulas mixtas que contienen tanto tejido endocrino como exocrino.

### Clasificación estructural de las glándulas exocrinas

Las glándulas exocrinas se clasifican en unicelulares o multicelulares. Como su nombre lo indica, las **glándulas unicelulares** están constituidas por una sola célula. Las células caliciformes son glándulas exocrinas unicelulares importantes que secretan moco en forma directa sobre la superficie apical de un epitelio de revestimiento. La mayoría de las glándulas exocrinas son **glándulas multicelulares**, o sea que están compuestas por muchas células que forman una estructura microscópica caracte-

rística o un órgano macroscópico. Ejemplos de esta clase de glándulas son las glándulas sudoríparas, sebáceas y salivales.

Las glándulas multicelulares se clasifican a su vez de acuerdo con dos criterios: 1) si sus conductos son ramificados o no ramificados y 2) la forma de las porciones secretoras de la glándula (Figura 4.6). Si el conducto glandular no se ramifica, es una **glándula simple**. Si el conducto está ramificado, se trata de una **glándula compuesta**. Las glándulas con porciones secretoras tubulares son **glándulas tubulares**, mientras que las glándulas con porciones secretoras redondeadas (saculares) se denominan **glándulas acinares** (*acin* = baya) o también **glándulas alveolares**. Las **glándulas tubuloacinares** tienen porciones tubulares y porciones secretoras más saculares.

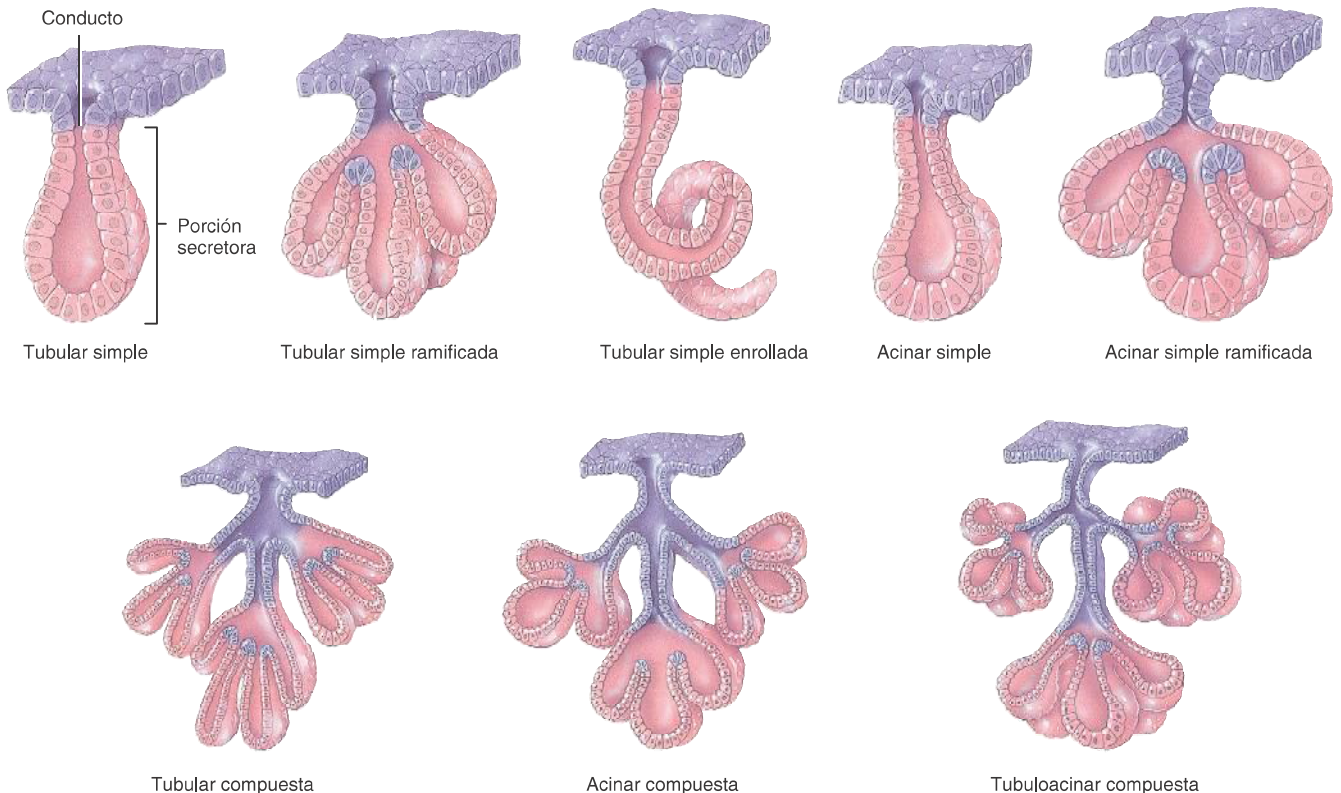
Las combinaciones de estas características son los criterios utilizados en el siguiente esquema de clasificación de las glándulas exocrinas multicelulares:

#### I. Glándulas simples

- A. **Tubular simple.** La porción secretora tubular es recta y se conecta con un conducto único no ramificado. Ejemplo: glándulas del intestino grueso.

**Figura 4.6** Glándulas exocrinas multicelulares. El color rosado representa la porción secretora y el color violáceo representa el conducto.

La clasificación estructural de las glándulas exocrinas multicelulares se basa en el patrón de ramificación del conducto y en la forma de la porción secretora.



? ¿En qué se diferencian las glándulas exocrinas multicelulares simples de las compuestas?

- B. **Tubular simple ramificada.** La porción secretora tubular es ramificada y se conecta con un conducto simple no ramificado. Ejemplo: glándulas gástricas.
- C. **Tubular simple enrollada.** La porción secretora tubular se encuentra enrollada y unida a un conducto simple no ramificado. Ejemplo: glándulas sudoríparas.
- D. **Acinar simple.** La porción secretora es sacular y se conecta con un conducto simple no ramificado. Ejemplo: glándulas de la uretra peniana.
- E. **Acinar simple ramificada.** La porción secretora sacular está ramificada y se conecta con un conducto simple no ramificado. Ejemplo: glándulas sebáceas.
- II. Glándulas compuestas
- A. **Tubular compuesta.** La porción secretora es tubular y se conecta con un conducto ramificado. Ejemplo: glándulas bulbouretrales (de Cowper).
- B. **Acinar compuesta.** La porción secretora es sacular y se conecta con un conducto ramificado. Ejemplo: glándulas mamarias.
- C. **Tubuloacinar compuesta.** La porción secretora es tanto tubular como sacular y se conecta con un conducto ramificado. Ejemplo: glándulas acinares del páncreas.

### Clasificación funcional de las glándulas exocrinas

La clasificación funcional de las glándulas exocrinas se basa en la forma en que se liberan sus secreciones. Todos estos procesos secretorios comienzan en el retículo endoplásmico y el aparato de Golgi, que operan en conjunto para formar vesículas secretoras intracelulares con el producto de secreción en su interior. Las secreciones de las **glándulas merocrinas** (*mero* = parte) se sintetizan en los ribosomas adheridos al retículo endoplásmico, para luego procesarse, clasificarse y envolverse en el aparato de Golgi y liberarse de la célula por exocitosis en vesículas secretoras (Figura 4.7a). Casi todas las glándulas exocrinas del cuerpo son merocrinas. A modo de ejemplo se pueden mencionar las glándulas salivales y el páncreas. Las **glándulas apocrinas** (*apé* = de, desde) acumulan sus productos en la superficie apical de las células secretoras. Más tarde, esa porción de la célula se desprende del resto por exocitosis para liberar las secreciones (Figura 4.7b). La porción remanente de la célula se repara a sí misma y el proceso se repite. En etapa reciente se pudo confirmar con microscopía electrónica que éste es el mecanismo de secreción de los lípidos lácteos en las glándulas mamarias. Evidencias actuales indican que las glándulas sudoríparas de la piel denominadas glándulas sudoríparas apocrinas debido a su modo de secreción, en realidad desarrollan un tipo de secreción merocrina. Las células de las **glándulas holocrinas** (*hólos* = todo) acumulan el producto de secreción en el citosol. A medida que las células secretoras maduran, se rompen y se convierten en el producto de secreción (Figura 4.7c). Como en este modo de secreción la célula se rompe, el material secretado contiene grandes cantidades de lípidos de la membrana plasmática y de las membranas intracelulares. Las células descamadas se sustituyen por células nuevas. Un ejemplo de glándula holocrina es la glándula sebácea de la piel.

### ✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

6. Describir las diferentes disposiciones en capas y las formas de las células epiteliales.
7. ¿Cuáles son las características compartidas por todos los tejidos epiteliales?
8. ¿Cómo es la estructura de los siguientes tipos de tejidos epiteliales en relación con su función: pavimentoso simple, cúbico

simple, cilíndrico simple (ciliado y no ciliado), cilíndrico pseudoestratificado (ciliado y no ciliado), pavimentoso estratificado (queratinizado y no queratinizado), cúbico estratificado, cilíndrico estratificado y de transición?

9. ¿Dónde se localizan el endotelio y el mesotelio?
10. ¿Cuál es la diferencia entre las glándulas endocrinas y las exocrinas? Nombre y dé ejemplos de tres clases funcionales de glándulas exocrinas sobre la base de las secreciones que liberan.

## 4.5 TEJIDOS CONECTIVOS

### ■ OBJETIVOS

- Describir las características generales de los tejidos conectivos.
- Describir la estructura, la localización y la función de diversos tipos de tejidos conectivos.

El **tejido conectivo** es uno de los más abundantes y de más amplia distribución en el cuerpo humano. Las diversas clases de tejido conectivo presentan distintas funciones: se unen entre sí, sostienen y fortalecen a otros tejidos corporales, protegen y aíslan a los órganos internos, constituyen compartimentos para estructuras como los músculos esqueléticos, funcionan como principal medio de transporte del organismo (la sangre es un tejido conectivo líquido), son el depósito principal de las reservas de energía (tejido adiposo o grasa) y constituyen el origen de las respuestas inmunitarias más importantes.

### Características generales de los tejidos conectivos

El tejido conectivo consiste en dos elementos básicos: células y matriz extracelular. La **matriz extracelular** del tejido conectivo es el material que se encuentra entre sus células, muy distanciadas entre sí. La matriz extracelular está compuesta por *fibras proteicas* y *sustancia fundamental*, que es el material entre las células y las fibras. Las células del tejido conectivo secretan las fibras extracelulares, que determinan gran parte de las propiedades funcionales del tejido y controlan el ambiente acuoso circundante a través de proteoglicanos específicos (se describirán en breve). La estructura de la matriz extracelular determina gran parte de las cualidades del tejido. Por ejemplo, en el cartílago, la matriz extracelular es firme pero flexible. La matriz extracelular del hueso, en cambio, es dura e inflexible.

Se debe recordar que a diferencia de los tejidos epiteliales, el tejido conectivo no suele ubicarse sobre las superficies corporales. Asimismo y a diferencia de los tejidos epiteliales, los tejidos conectivos suelen recibir una irrigación abundante, lo que significa que reciben gran cantidad de sangre. Las excepciones a esta regla son los cartílagos, que son avasculares, y los tendones, que poseen escasa irrigación. Excepto el cartílago, los tejidos conectivos, al igual que los tejidos epiteliales, reciben innervación.

### Células del tejido conectivo

Las células embrionarias denominadas células mesenquimáticas dan origen a las células de los tejidos conectivos. Cada tipo de tejido conectivo contiene una clase de células inmaduras con un nombre terminado en *-blasto*, que significa “retoño o germen”. Estas células inmaduras se denominan *fibroblastos* en los tejidos conectivos laxo y