

Es la ciencia que estudia todo lo referente a los tejidos orgánicos: su estructura microscópica, su desarrollo y sus funciones. La histología se identifica a veces con lo que se ha llamado anatomía microscópica, pues su estudio no se detiene en los tejidos, sino que va más allá, observando también el interior de las células y otros corpúsculos, relacionándose con la bioquímica y la citología.

Si se analizan los sucesivos estados de organización del organismo, entre los que figura en primer lugar la célula, encontramos que el segundo escalón está representado por los tejidos. Éstos están conformados por células y matriz extracelular:

- **Células:** forman y definen las propiedades de un tejido. Se renuevan, especializan y diferencian según las distintas actividades que van a realizar, de ahí la gran diversidad celular que existe en respuesta a las muy diferentes funciones que el conjunto de nuestro organismo efectúa.
- **Matriz extracelular** (intercelular): es el soporte físico y metabólico de los tejidos. Son macromoléculas sintetizadas por las células del tejido y segregadas al espacio intercelular o macromoléculas y moléculas orgánicas e inorgánicas procedentes de otras partes del organismo, junto con agua.

## PARA SABER MÁS

### ¿Necesitas refrescar las bases de la citología?

Este vídeo puede ayudarte a repasar de manera rápida los elementos clave de la estructura celular, para que entiendas mejor **los conceptos** de los que se hablarán en este capítulo:

[www.youtube.com/watch?v=hBTImxRZrDM&list=PL97E79F463BF59671](http://www.youtube.com/watch?v=hBTImxRZrDM&list=PL97E79F463BF59671)

Por lo tanto, los **tejidos** son agrupaciones celulares que tienen un nivel de diferenciación y un origen embrionario semejantes, así como una capacidad funcional común. Las células y el medio intersticial o matriz en el que se encuentran serán los elementos a estudiar en los tejidos.

Existen diversos tipos de tejidos animales y vegetales. Los tejidos se clasifican atendiendo a:

- El origen embrionario (ontogénico).
- El (o los) tipo(s) celular(es).
- El tipo de matriz intercelular.
- La histofisiología.

Existen cuatro tejidos básicos en nuestro organismo (Fig. 1):

- Epitelial.
- Conjuntivo o conectivo.
- Muscular.
- Nervioso.



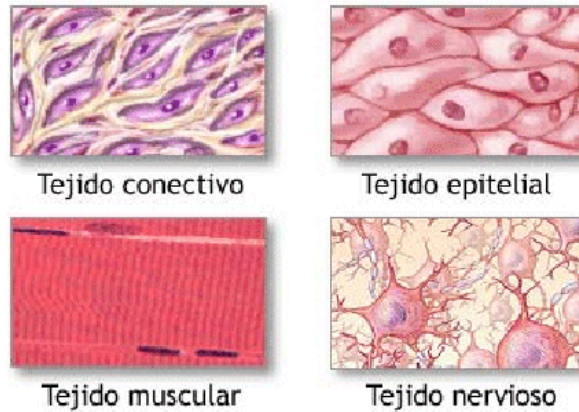


Fig. 1

Como variedades del tejido conjuntivo existen el tejido esquelético (cartilaginoso y óseo), el tejido adiposo e incluso la sangre y la hemolinfa, cuya matriz es líquida.

En su organización tisular, algunos tejidos incluyen a otros tejidos, que actúan como un soporte físico y metabólico. Por ejemplo, el tejido muscular contiene tejido conjuntivo. Desde ese punto de vista, se pueden distinguir:

- **Células características** (o principales): población celular que define al tejido (en el ejemplo anterior, las células musculares).
- **Estroma** (*trama o armazón*): el tejido o tejidos que constituyen el soporte de las anteriores (en el ejemplo anterior, el tejido conjuntivo).

#### PARA SABER MÁS

“**The inner life of a cell**” es un cortometraje de aspecto científico que demuestra diversos mecanismos biológicos que suceden dentro del cuerpo humano. Esta animación en gráficos 3D se hizo en demanda de Bio Visions, del Departamento de Biología Molecular y Celular de la Universidad de Harvard.

[www.youtube.com/watch?v=yKW4F0Nu-UY](http://www.youtube.com/watch?v=yKW4F0Nu-UY)

Para terminar esta breve introducción, hay que recordar que los tejidos provienen embriológicamente de 3 capas:

- Ectodermo (capa externa): forma los epitelios externos (como la epidermis) y el tejido nervioso.
- Mesodermo (capa media): origina algunos epitelios internos (endotelio, mesotelio, túbulos renales), los tejidos conectivos y la mayoría del tejido muscular.
- Endodermo (capa interna): da lugar a los epitelios del tracto digestivo y del aparato respiratorio.

## PARA SABER MÁS

### Más imágenes

A lo largo de este capítulo encontrarás muchas preparaciones histológicas para ilustrar los textos. En estos enlaces hallarás muchas más imágenes, con presentaciones sencillas que serán de utilidad para reforzar y repasar este contenido:

#### En formato flash:

- [www.fmvuba.org.ar/grado/medicina/ciclo\\_biomedico/primer\\_a%F1o/histologiasp/1ra/v3/Atlas.swf](http://www.fmvuba.org.ar/grado/medicina/ciclo_biomedico/primer_a%F1o/histologiasp/1ra/v3/Atlas.swf)
- [virtual.ujaen.es/atlas/](http://virtual.ujaen.es/atlas/)

## PARA SABER MÁS

### ¿Por qué estudiar histología?

Estos dos artículos te harán comprender la importancia de la histología para poder integrar de mejor manera el concepto de globalidad que estáis aprendiendo en las clases presenciales. Si no tienes buena base en este tema, espera a terminar este módulo para leer estos artículos, de los que sin duda podréis aprender mucho y os harán reflexionar de la importancia de los conocimientos a nivel microscópico, para poder entender procesos que no tienen explicación a nivel macroscópico:

- **La matriz extracelular: morfología, función y biotensegridad (parte I):**  
[www.elsevier.es/en/node/2083867](http://www.elsevier.es/en/node/2083867)
- **La matriz extracelular: de la mecánica molecular al microambiente tumoral (parte II):**  
[www.elsevier.es/sites/default/files/elsevier/pdf/297/297v43n01a13148819pdf001.pdf](http://www.elsevier.es/sites/default/files/elsevier/pdf/297/297v43n01a13148819pdf001.pdf)

# I. TEJIDO EPITELIAL

## A. INTRODUCCIÓN

El epitelio es el tejido formado por una o varias capas de células unidas entre sí que puestas recubren todas las superficies libres del organismo, y constituyen el revestimiento interno de las cavidades, órganos, conductos del cuerpo y la piel y que también forman las mucosas y las glándulas. Los epitelios además forman el parénquima de muchos órganos, como el hígado. En los tejidos epiteliales, las células están estrechamente unidas entre sí formando láminas. La matriz extracelular se ubica por debajo de las de células epiteliales, formando una capa delgada y continua de estructura filamentosa llamada **lámina o membrana basal** (Fig. 2).

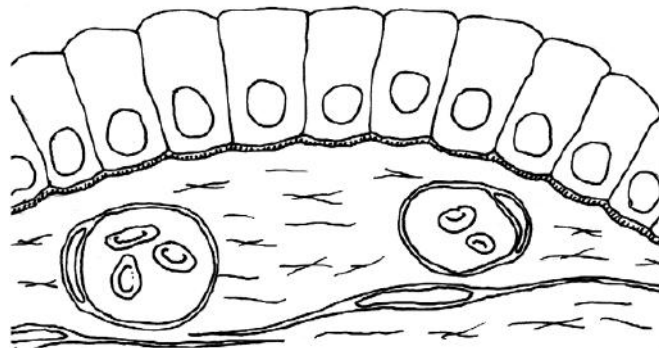


Fig. 2. Tejido epitelial.

Las **características generales** de este tejido, siendo las más importantes las dos primeras, se resumen en:

- Presenta escasa matriz intercelular. Debido a la intensa cohesión entre sus células y a la frecuente existencia de mecanismos estructurales en sus membranas, que aproximan o unen unas células epiteliales con otras, generando unas barreras muy compactas (Fig. 3).

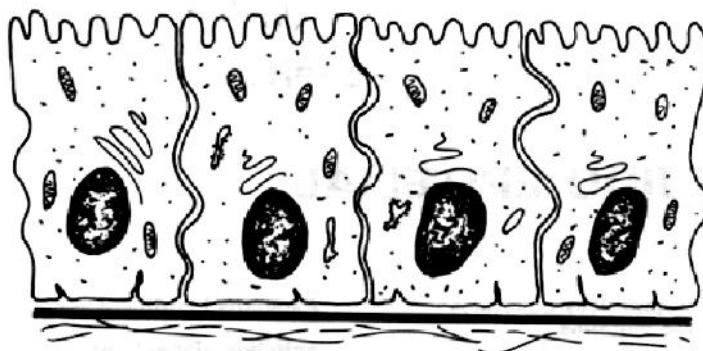


Fig. 3. Interdigitaciones características en caras laterales de las células epiteliales.

- Presenta polaridad estructural y funcional. Existencia de un polo apical libre, en relación de una superficie externa del organismo o con la luz de una cavidad abierta o cerrada, y de un

polo basal, con el que se continúa el resto de las estructuras del organismo, en general tejido conjuntivo, separadas por la lámina basal y unidos entre sí por un mecanismo de unión denominado hemidesmosoma. Esta diversidad establece una polaridad funcional, en la que la mayor especificidad radica en el polo apical.

- Generalmente forma láminas:
  - Que recubren a otros tejidos.
  - Que se apoyan en el tejido conjuntivo, separados por la membrana basal.
- Es generalmente avascular (carece de vascularización tanto sanguínea como linfática). Se nutren por difusión a partir de los capilares del tejido conjuntivo subyacente.
- Es un tejido que aloja terminaciones nerviosas. En algunos epitelios se encuentran terminaciones nerviosas sensitivas, como en el caso de la epidermis (tacto, dolor, presión, temperatura).
- Las células epiteliales tienen por lo general una corta vida y un elevado índice de regeneración. Esta regeneración se produce por divisiones celulares a partir del estrato basal.

## B. CLASIFICACIÓN

Puede llegar a ser muy compleja. El tejido epitelial se divide en dos grandes grupos en relación con su localización y su función. Es importante conocer que esta división se hace con un criterio anatómico en un caso (localización) y funcional en otro (secreción), lo que implica que puedan existir formas comunes, como ocurre en los casos de epitelio de revestimiento con función secretora.

Existen dos tipos principales de tejido epitelial:

- **Epitelios de revestimiento:** recubren las superficies corporales (externa e interna)
  - Tapizan conductos (vasos, conductos excretores)
  - Forman la interfase entre medios distintos.
  - Regulan el transporte de sustancias entre esos medios.
- **Epitelios glandulares:** forman las glándulas.
  - Secretan diversos tipos de productos (proteínas, mucopolisacáridos, lípidos, iones).

### Epitelios de revestimiento:

- Según características morfológicas:
  - Número de estratos/capas (Fig. 4):
    - **Simple:** una sola capa.
      - **Pseudoestratificado:** única capa de células sobre membrana basal, con diferentes alturas sin contactar todas con la luz.
    - **Estratificado:** dos o más capas.
      - **De transición:** número de capas variable, según el estado fisiológico.
  - Forma de las células más apicales:
    - **Plano** (pavimentoso): anchura mayor que altura.
    - **Cúbico:** dimensiones semejantes.
    - **Prismático** (cilíndrico): altura superior a la anchura.

Están formados por un número variable de capas celulares. El nombre específico del epitelio estratificado se define según la forma de las células vecinas a la superficie: estratificados planos, cuboidales, cilíndricos.



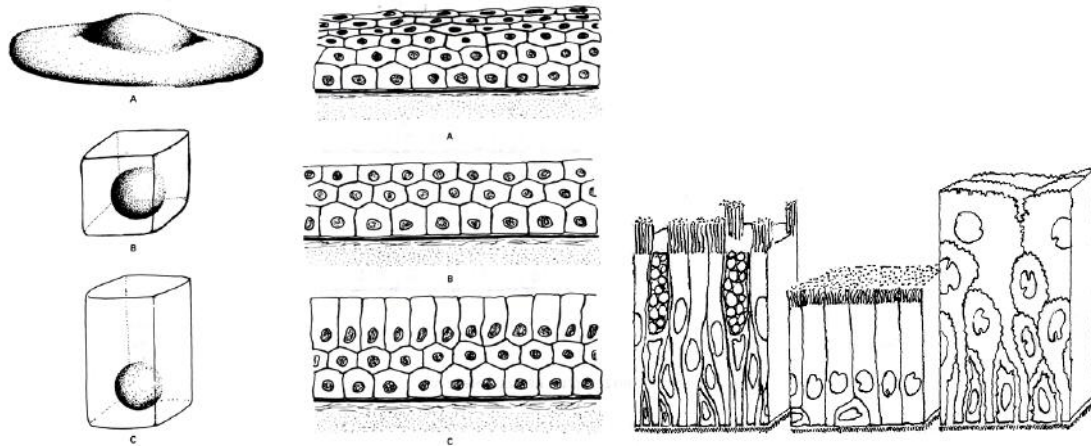


Fig. 4.1. Tipos de células epiteliales según su altura: A) Célula plana. B) Célula cúbica. C) Célula prismática.  
 2. Epitelios estratificados. A) Epitelio plano o pavimentoso. B) Epitelio cúbico. C) Epitelio prismático o cilíndrico.  
 3. Comparación entre epitelios pseudoestratificados.

- Según diferenciaciones de las células epiteliales:
  - **Mucoso:** superficie apical “húmeda”.
    - Estrato apical formado por células vivas cubiertas por una capa protectora (mucus o cutícula).
  - **Queratinizado** (cornificado): superficie apical “seca”.
    - Estrato apical formado por células muertas.

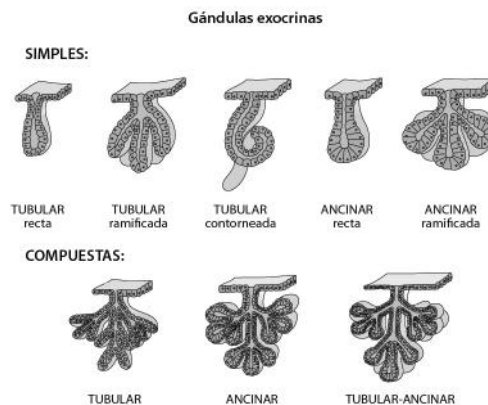
### Epitelios glandulares:

Una célula secretora es aquella que sintetiza una sustancia para liberarla al exterior, no siendo utilizada por la propia célula productora. La secreción es una actividad que realizan numerosos tipos de células (neuronas y neurotransmisores, osteoblastos y proteínas/glicoproteínas de la matriz ósea, células plasmáticas e inmunoglobulinas, mastocitos y heparina e histamina...). La actividad glandular depende de factores genéticos y exógenos, a través de la regulación nerviosa del sistema vegetativo y hormonal.

Las células glandulares son las células secretoras de naturaleza epitelial, y solo a los epitelios con capacidad secretora se les denomina así.

- Según criterios fisiológicos: dependiendo del sitio al que secretan:
  - **Exocrinas:** secretan al medio externo.
  - **Endocrinas:** secretan al medio interno intercelular o circulante.
  - **Mixtas:** secretan productos para ser liberados al medio interno y externo.
- Clasificación de las **glándulas exocrinas**, según criterios histológicos:
  - Por el número de células que las forman:
    - **Unicelulares:** aisladas en epitelios de revestimiento
    - **Pluricelulares:**
      - Sin conducto excretor: intraepiteliales (grupos discretos en epitelio de revestimiento).
      - Con conducto excretor con epitelio de revestimiento (especializado y no especializado) y adenómero, que corresponde a la porción secretora (a veces hay células mioepiteliales).

- Por el tipo de producto de secreción:
  - **Mucosas:** mucopolisacáridos (mucus).
  - **Serosas:** péptidos, proteínas: enzimas...
  - Otros tipos: lípidos, ceras (sebo), iones.
- Por la forma de secreción:
  - **Ecrina** (merocrina): exocitosis.
  - **Apocrina:** ruptura del polo apical de la célula.
  - **Holocrina:** muerte y ruptura de la célula.
- Por la forma de la glándula (Fig. 5):
  - Glándulas **unicelulares:**
    - Cúbicas o prismáticas.
    - Células caliciformes.
  - Glándulas **pluricelulares:**  
Según el conducto excretor:
    - **Simples:** conducto excretor único.
      - No ramificada: un adenómero.
      - Ramificadas: varios adenómeros.
    - **Compuestas:** conducto excretor ramificado.



*Fig. 5.*

- Según la forma del adenómero (porción secretora):
  - **Acinar.**
  - **Alveolar.**
  - **Tubular.**
    - Tubular recta.
    - Tubular contorneada (ovillo).
- Clasificación de las glándulas **Endocrinas:**
  - Por el número de células que las forman:
    - Glándulas **unicelulares:**
      - Asociadas al polo basal de epitelios de revestimiento.
      - Dispersas en los tejidos.



- Glándulas **pluricelulares**:
  - En estrecho contacto con el medio interno (vasos sanguíneos o hemolinfáticos).
- Por la forma de las glándulas pluricelulares:
  - En cordones (compactas): cordones o masas de células secretoras.
  - Glándulas foliculares: folículos, formados:
    - Epitelio folicular (células foliculares).
    - Luz folicular (cavidad), que acumula la (pro)hormona.
- Por el tipo de producto de secreción:
  - Péptidos/gluco proteínas (insulina, glucagón, tiroideas...).
  - Esteroides (testosterona, progesterona, corticoesteroides...).
  - Aminas (catecolaminas: adrenalina, noradrenalina; serotonina y melatonina a partir de aminoácidos de la sangre (tirosina y triptófano respectivamente)).

## C. FUNCIONES QUE REALIZAN LOS EPITELIOS

Morfológicamente, las células se diferencian según la actividad funcional en:

- **Protección:** mecánica, térmica y química.
- **Absorción.**
- **Excreción.**
- **Secreción.**
- **Recepción sensitiva y sensorial.**

Las células **soportan las tensiones mecánicas**, por medio de resistentes filamentos proteicos que se entrecruzan, en el citoplasma de cada célula epitelial, formando el citoesqueleto. Para transmitir la tensión mecánica de una célula a las siguientes, estos filamentos están unidos a proteínas transmembrana ubicadas en sitios especializados de la membrana celular. Estas proteínas se asocian, en el espacio intercelular, ya sea con proteínas similares de la membrana de las células adyacentes, o con proteínas propias de la lámina basal subyacente.

Los tejidos epiteliales **limitan** tanto las cavidades internas como las superficies libres del cuerpo. La presencia de uniones especializadas entre sus células permite a los epitelios formar barreras para el movimiento de agua, solutos o células, desde un compartimiento corporal a otro. Como se ilustra en la figura, un epitelio separa el lumen intestinal de los tejidos subyacentes; y un epitelio separa a la pared intestinal de la cavidad abdominal.

Las membranas que recubren las cavidades cerradas se denominan **serosas**. Como ejemplos, destacan la cavidad pericárdica, la cavidad pleural, la cavidad peritoneal y las cavidades circulatorias sanguíneas y linfáticas. Estas cavidades no se hallan en contacto con el exterior y para su acceso se requiere la realización de punciones.

Los epitelios que revisten las cavidades circulatorias se denominan **endotelios**, y los que revisten las restantes cavidades cerradas y tapizan las serosas, **mesotelios**. Todos ellos derivan embriológicamente del mesénquima.

Pueden presentar adaptaciones estructurales que les permiten realizar, como función principal, las siguientes tareas específicas:





## Epitelios que sirven como barrera de protección.

Están formados por varios estratos de células, de las cuales sólo la primera capa está en contacto con la lámina basal. En este primer estrato se ubican las células troncales y a partir de ellas se forman continuamente nuevas células.

Las nuevas células se diferencian mientras migran hacia los estratos más superficiales para reemplazar a las células que enfrentan la superficie libre, las que se desprenden finalmente del epitelio.

Fig. 6. Corte perpendicular en la epidermis

La estructura del epitelio se mantiene estable gracias a una dinámica bien regulada entre los procesos de proliferación, diferenciación y descamación que enfrentan sus células. El caso más notable lo constituye la epidermis, epitelio plano pluriestratificado cornificado que sirve de protección ante los traumatismos mecánicos y forma una barrera impermeable al agua, capaz de proteger a los organismos terrestres de la desecación (Fig. 6).

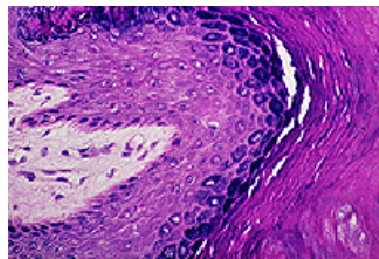


Fig. 6. Corte perpendicular en la epidermis.

Las células de los estratos más superficiales están rodeadas de un material rico en glicolípidos, sintetizado y secretado por ellas, el cual impide el paso de agua a través de estos espacios intercelulares de este epitelio (Fig. 7). Las capas superficiales de células aparecen además como escamas córneas con su citoplasma lleno de manojos de filamentos de queratina asociados a la proteína filagrina. Estos manojos engloban a los organelos que ya no son visibles (Fig. 8)

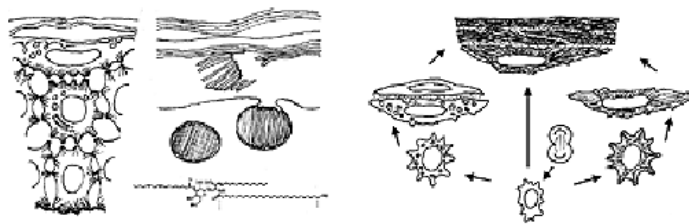


Fig. 7 y 8.

## Epitelios que transportan material a lo largo de su superficie libre.

La superficie de los epitelios que realizan esta función está bañada por un líquido y en la cara luminal de las células presenta numerosos cilios (Fig. 9).

El epitelio de revestimiento de la tráquea es un buen ejemplo, ya que tanto las partículas y como los microorganismos presentes en el aire inhalado son atrapados en el mucus que baña su superficie y el desplazamiento de ellos es realizado por el movimiento coordinado de sus cilios (Fig. 10).

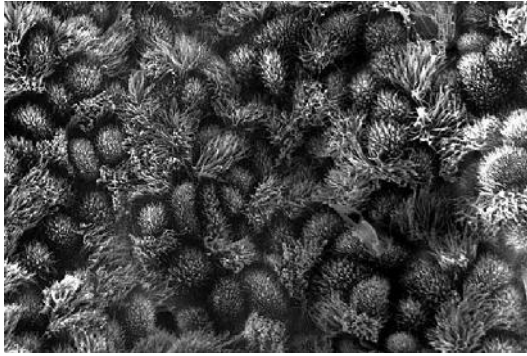


Fig. 9. Superficie del epitelio del oviducto, mostrando la cara luminal de células ciliadas

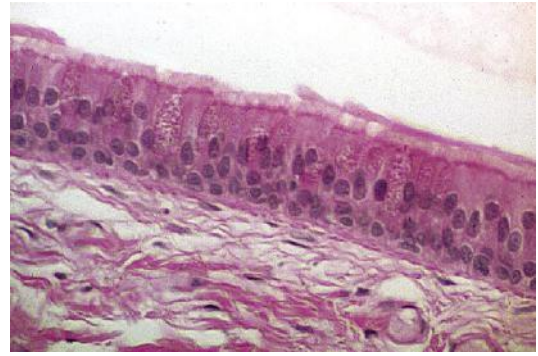


Fig. 10. Corte perpendicular por el epitelio de revestimiento de la tráquea

El batido de los cilios consiste en un desplazamiento hacia adelante, parecido al golpe de un látigo, que termina con el cilio completamente extendido, perpendicular a la superficie celular, y con su extremo en la capa de mucus (movimiento efectivo).

Este movimiento es seguido de una ondulación hacia abajo y atrás (movimiento de preparación) durante la cual el extremo del cilio se aproxima a la superficie celular y el cilio se desplaza cerca de la célula en la capa acuosa de menor resistencia (Fig. 11). Para que se genere una onda organizada de movimiento que permita desplazar a la capa de líquido con las partículas que contenga, el movimiento de los cilios debe estar perfectamente coordinado, tanto en cada célula como entre las células adyacentes.

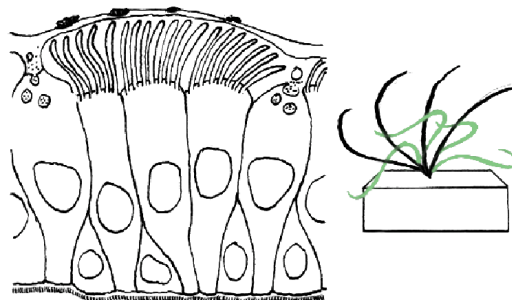


Fig. 11. A la derecha se ilustran las etapas del movimiento de un cilio. A la izquierda de muestra en un esquema el desplazamiento de la capa mucosa por el epitelio de la tráquea

### Epitelios capaces de absorber agua e iones desde el líquido luminal.

El epitelio de revestimiento de la vesícula biliar, responsable de la concentración de la bilis, es un buen ejemplo, ya que para ello absorbe  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{H}_2\text{O}$  desde la bilis. El epitelio libera hacia el tejido subyacente una solución de cloruro de sodio que es isotónica con la solución que baña su superficie luminal.

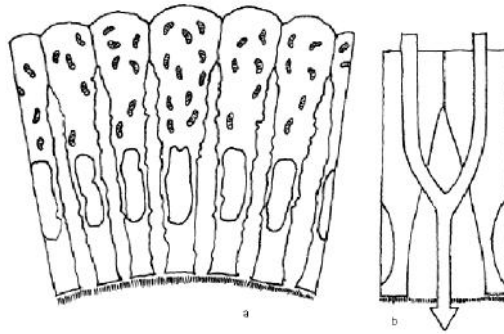


Fig. 12a y b.

a: Estructura del epitelio de la vesícula biliar, mostrando los espacios intercelulares y la ubicación de la Na/K ATPasa.

b: Esquema del arrastre osmótico de agua generado por el microambiente hipertónico del espacio intercelular.

Las células de este epitelio cilíndrico monoestratificado se caracterizan porque:

- Su membrana plasmática luminal es permeable al agua, sodio y cloruro.
- La membrana plasmática de sus caras laterales contiene a la Na/K-ATPasa, capaz de transportar activamente sodio desde el citoplasma hacia el espacio intercelular, intercambiándolo por potasio. Esta membrana es además permeable al cloruro y al agua.
- Contiene abundantes mitocondrias, capaces de sintetizar el ATP necesario para el transporte activo de sodio (Fig. 12 a).

Al activarse el transporte activo de sodio, ocurre también la salida de  $\text{Cl}^-$  desde la célula. El aumento de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en el espacio intercelular crea un microambiente hipertónico que genera la salida de agua desde el citoplasma. Mientras esta solución fluye por el espacio intercelular hacia la zona basal del epitelio, continúa el arrastre osmótico de agua, hasta que esta solución se hace isotónica con la del contenido luminal. Así la existencia de los espacios intercelulares permite acoplar el transporte activo de  $\text{Na}^+$  a la absorción de agua. (Fig. 12 b).

### Epitelios que absorben moléculas desde el líquido luminal hacia el tejido subyacente.

Se caracterizan porque la superficie luminal de las células presenta abundantes microvellosidades (Fig. 13).

Un caso típico es el epitelio de revestimiento del intestino delgado, en el cual ellas forman la chapa estriada (Fig. 14).

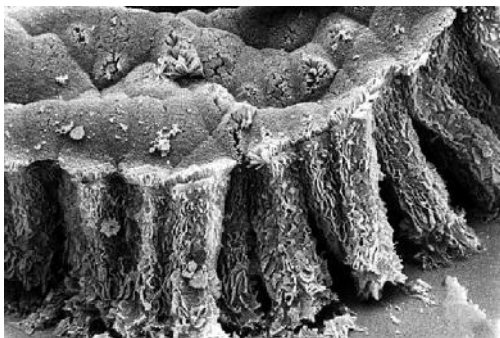


Fig. 13. Epitelio de un intestino delgado en proceso de absorción

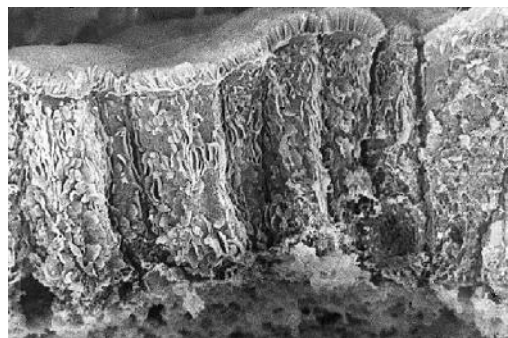


Fig. 14. Epitelio de un intestino delgado en reposo.



La existencia de las microvellosidades se traduce en un notable incremento del área de superficie celular expuesta al líquido luminal. La membrana plasmática luminal contiene proteínas que realizan el transporte específico de moléculas. Por ejemplo, la glucosa podrá entrar hacia el citoplasma siempre que sea co-transportadas con  $\text{Na}^+$ . La concentración intracelular de  $\text{Na}^+$  se mantiene baja gracias a la  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPasa, presente en la membrana celular de las caras laterales, que efectúa el transporte activo de  $\text{Na}^+$  hacia los espacios intercelulares. En las figuras 15 y 16 se muestra como se modifican los espacios intercelulares según el estado de absorción del epitelio.

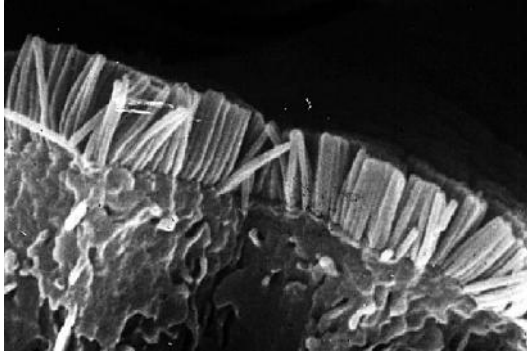


Fig. 15. Microvellosidades en la cara apical de células del intestino delgado

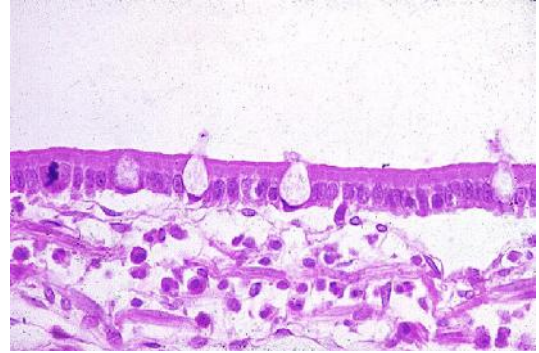


Fig. 16. Epitelio de revestimiento intestinal en el que destaca la chapa estriada

### Epitelios que sintetizan y secretan material glicoproteico hacia su superficie luminal

Entre las células epiteliales especializadas en la secreción de glicoproteínas un buen ejemplo son las células caliciformes, ubicadas en el epitelio de revestimiento del intestino y la tráquea (Fig. 17).

Estas células, que funcionan como glándulas unicelulares, se caracterizan por tener en su citoplasma retículo endoplasmático rugoso y un aparato de Golgi muy desarrollado (Fig. 18), organizados en forma tal que la secreción de las glicoproteínas ocurre sólo hacia el polo luminal de la célula, donde al hidratarse forman el mucus que baña a la superficie epitelial (Figs. 19 y 20).

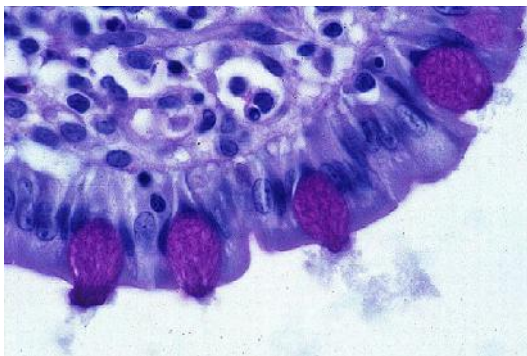


Fig. 17. Células caliciformes liberando su mucus, en epitelio de revestimiento intestinal.

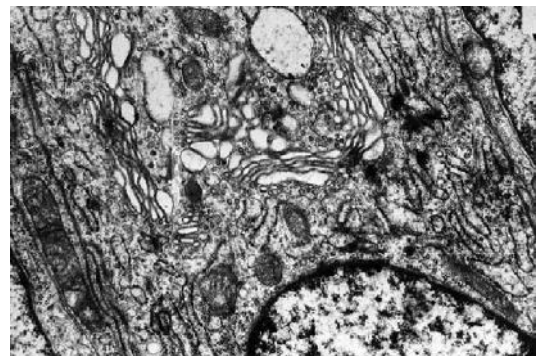


Fig. 18. Retículo endoplasmático rugoso asociado al aparato de Golgi ubicado en la región supranuclear de la célula caliciforme.

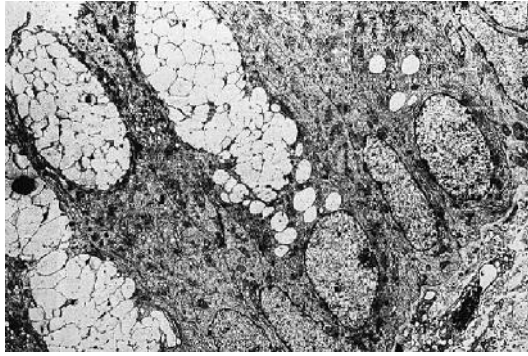


Fig. 19. Gránulos de secreción acumulados en el polo apical de la célula caliciforme.

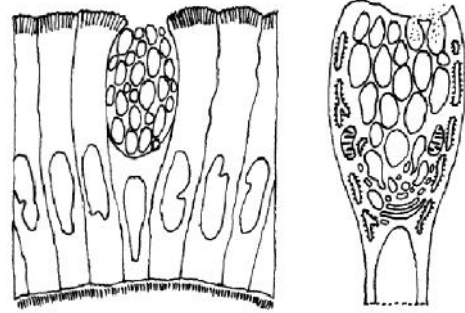


Fig. 20. Estructura de célula secretora de glicoproteínas de tipo mucoso.

## D. SUPERFICIE DE LAS CÉLULAS EPITELIALES

### D.1. Superficie lateral de las células epiteliales:

En la zona vecina a la superficie del epitelio, la superficie lateral de las células presenta un sistema de uniones intercelulares llamado complejo de unión. Este sistema une a las células entre sí, permiten formar uniones estables con las células adyacentes y define las caras luminal y basolateral de cada célula, contribuyendo a la estabilidad de la estructura celular y como punto de anclaje a los tonofilamentos.

Si las uniones estrechas desaparecen, la asimetría en la distribución de moléculas entre las membranas luminal y basolateral desaparece, perdiéndose la organización polarizada de la membrana celular epitelial.

### Uniones entre células epiteliales

Existen tres clases de uniones intercelulares (Fig. 21)

- Uniones de adherencia (adherens) entre las células: si existe espacio de separación entre células vecinas, aunque muy reducido (150-200 Å).
- Uniones de oclusión (occludens) del espacio intercelular: hay contacto físico entre las hojas externas de las membranas de células vecinas, desapareciendo por tanto el espacio intercelular. Se denominan uniones cerradas o tight-junction.

La combinación de estas dos variedades origina cuatro posibilidades de sistemas de unión:

- Mácula adherens.
- Zónula adherens.
- Mácula occludens.
- Zónula occludens.
- Uniones de comunicación entre los citoplasmas de células vecinas. También llamado nexus, uniones gap o gap-junction. Establece una gran proximidad entre las laminillas externas de las membranas sin que exista contacto (20-40 Å). Aunque estas uniones se encuentran en los epitelios, son más frecuentes en otros tejidos, principalmente el muscular. Además de mecanismos de unión, representan medios de comunicación entre las células. Las uniones gap son heptalaminares (formadas por 7 capas), a diferencia de las tight-junction, que son pentalaminares (constituidas por cinco capas). (Fig. 22)

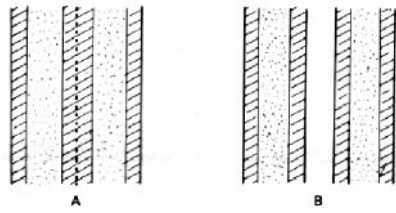


Fig. 21. A) Tight junction: unión pentalaminar.  
B) Gap-junction: unión heptalaminar.

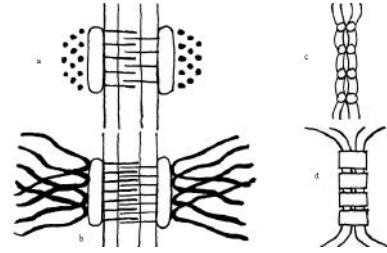


Figura 22.  
a: Estructura de corte perpendicular por la zónula adherente.  
b: Estructura de corte perpendicular por un desmosoma.  
c: Estructura de corte perpendicular por una zónula ocluyente.  
d: Estructura de corte perpendicular por una unión de comunicación.

De acuerdo con su amplitud, estos mecanismos pueden ser (Fig. 23):

- De tipo mácula: si afecta a una pequeña zona discoidal de la célula.
- De tipo zónula: si se trata de una banda que abarca toda la circunferencia celular.

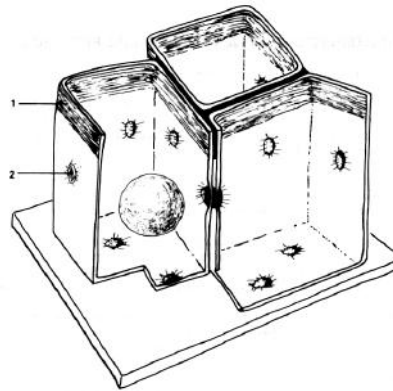


Fig. 23. Esquema de tres células epiteliales que muestran bandas de unión que abarcan toda la circunferencia de la célula (1), correspondientes a zónula, y zonas discoidales de unión (2), correspondientes a mácula.

### 1. Uniones de adherencia (o anclaje) entre las células, de las cuales existen dos tipos:

- **Zónulas adherentes o bandas de adhesión**, presentes en el borde luminal de células de epitelios monoestratificados. Se les denomina así, cuando la asociación es entre los microfilamentos de actina.
- **Desmosomas o máculas adherentes**, distribuidos en las caras laterales de las células. Se les denomina así, cuando la asociación es entre los citoesqueletos de filamentos intermedios. Se aprecia un engrosamiento de la hoja interna de la membrana plasmática de ambas células, una zona fibrilar densa paralela (al lado de dicho engrosamiento), numerosos tonofilamentos convergiendo hacia ella y, por último, una sustancia compacta en el espacio intercelular.

Su función es formar uniones entre los citoesqueletos de las células epiteliales, permitiendo la transmisión de fuerzas mecánicas a lo largo de la lámina epitelial. (Fig. 24).

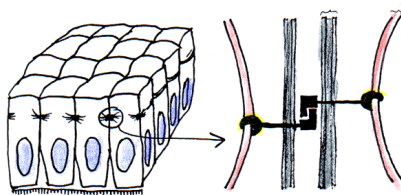


Fig. 24. Estructura básica de las uniones de adhesión.

Están formadas por:

- Glicoproteínas transmembrana, cuyo dominio citoplasmático se asocia a proteínas intracelulares, mientras que su dominio extracelular interactúa con el de otra glicoproteína transmembrana ubicada en la membrana celular asociada al sistema de unión de la célula vecina (negro).
- Proteínas de unión intracelular, que conectan a la glicoproteína transmembrana de cada célula, con los elementos del citoesqueleto asociados al sistema de unión (verde).
- Filamentos del citoesqueleto asociados a la unión.

**2. Uniones de oclusión del espacio intercelular (zónulas ocluyentes)**, ubicadas vecinas al borde luminal de las células.

Forman una banda continua en todo el borde apical de las células epiteliales. Se reconocen en cortes perpendiculares, observados al microscopio electrónico de transmisión (Fig. 25), porque las membranas plasmáticas de las dos células adyacentes parecen fusionarse cerca del borde apical, desapareciendo el espacio intercelular en zonas de 0,1 a 0,3  $\mu\text{m}$  de longitud. El aspecto de esta zona resulta de la existencia de múltiples puntos de contacto entre las láminas externas densas de las membranas celulares.

Estos puntos de contacto resultan de la interacción, en el extracelular, de un tipo especial de proteínas transmembrana llamadas ocludinas, que se caracterizan por presentar una zona hidrofóbica en su dominio extracelular, lo que permite la interacción entre dos ocludinas que se enfrentan en el espacio intercelular. (Fig. 26). Esta zona se extiende en forma de cinturón alrededor de todo el perímetro celular, interactuando cada célula con las células adyacentes a ella, cerrándose así el espacio intercelular.



Fig. 25. Corte perpendicular por la zónula ocluyentes, entre dos células epiteliales gástricas.

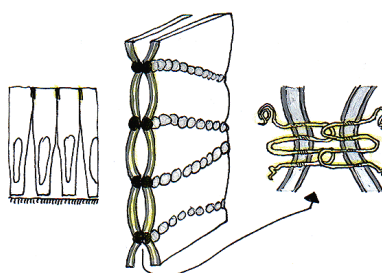


Fig. 26. Esquema de la estructura de las proteínas transmembrana en la zónula ocluyente.

En preparaciones por criofractura a través de una zónula ocluyente (Fig. 27) se observa que las caras P y E de la membrana plasmática presentan una serie de estructuras lineales. En la cara citoplasmática de la membrana (P), aparecen como cresta o eminencias, mientras que en la cara extracelular de la membrana (E) aparecen como surcos poco profundos.



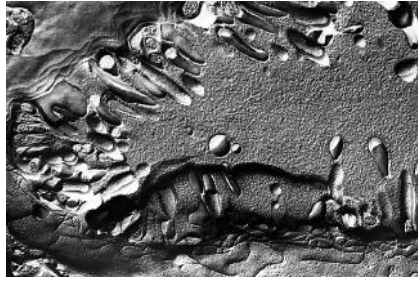


Fig. 27. Criofractura por la zónula ocluyente de células de epitelio gástrico.

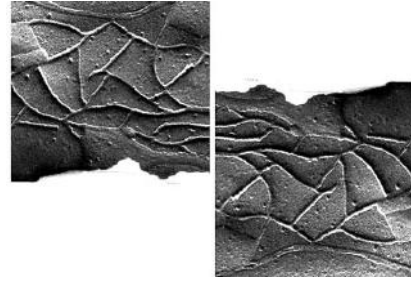


Fig. 28. Aspecto complementario de criofractura por caras P y E de las membranas de una zónula ocluyente.

Cada una de estas eminencias lineales (cara P) está formada por la asociación de sucesivas moléculas de ocludinas (Fig. 28); mientras que los surcos lineales (cara E) corresponden a los sitios ocupados previamente por moléculas de ocludina que al ocurrir la fractura quedaron en la otra cara de la membrana celular. (Fig. 29). El número de líneas y su entrecruzamiento varía según el tipo de epitelio.

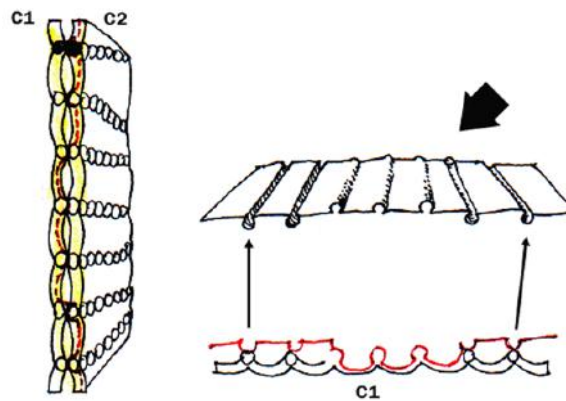


Fig. 29. Esquema ilustrando como un cambio en la dirección del plano de fractura puede cambiar desde una membrana celular a la otra en una zónula ocluyente.

Las células del revestimiento gástrico (Figs. 30 y 31) muestran unas zónulas ocluyentes muy anchas y con muchos puntos de fusión.

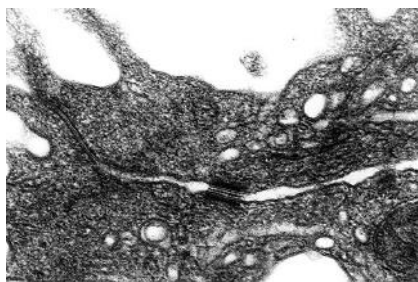


Fig. 30. Corte perpendicular por zónula ocluyente en células de epitelio gástrico.

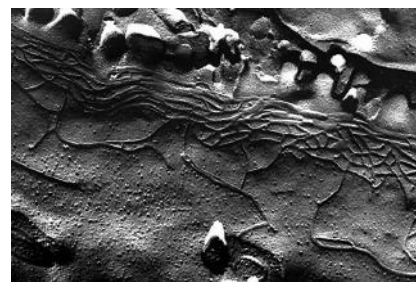


Fig. 31. Criofractura por la zónula ocluyente del epitelio gástrico.

Las zónulas ocluyentes entre los hepatocitos muestran pocos puntos de fusión y más separados (Figs. 32 y 33).

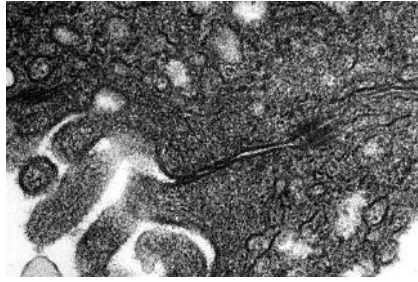


Fig. 32. Corte perpendicular por zónula ocluyente en células de epitelio hepático.



Fig. 33. Criofractura por la zónula ocluyente del epitelio hepático.

### 3. Uniones de comunicación entre los citoplasmas de células vecinas (uniones de hendidura), distribuidas en las caras laterales de células adyacentes.

Estas uniones tienen forma de botón y se distribuyen en forma discreta en los límites intercelulares, próximos a sus polos apicales, compuestos por tres elementos que en un sentido apicobasal son: zónula occludens, zónula adherens y mácula adherens. Se denominan también bandas de cierre o bandas terminales (Fig. 34).

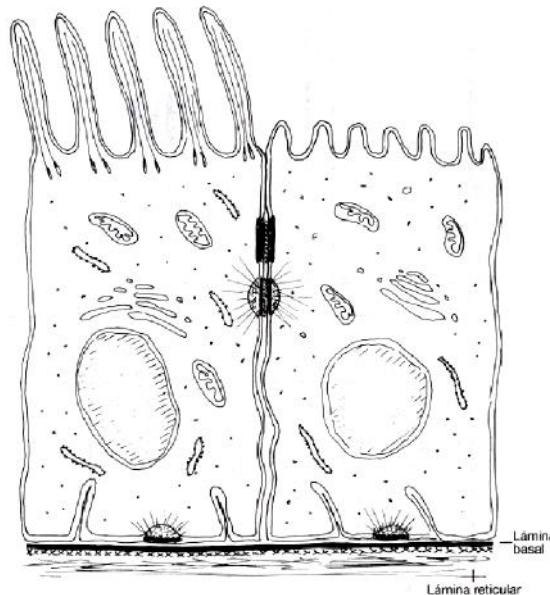


Fig. 34. Dos células epiteliales que muestran entre ambas, cerca de su polo apical, un complejo de unión, banda de cierre o banda terminal. La célula de la izquierda es una célula ciliada y la de la derecha presenta microvellosidades triviales. En el polo basal se aprecian sendos hemidesmosomas, que fijan las células a la membrana basal.

Se reconocen en cortes al microscopio electrónico de transmisión (Fig. 35) porque las membranas plasmáticas adyacentes, corren paralelas entre sí. En cortes adecuados es posible observar que un bandeo fino atraviesa este espacio intercelular. La existencia de estructuras atravesando este espacio se demuestra al marcar con trazadores el espacio intercelular.

En preparaciones obtenidas por criofractura, la cara citoplasmática de la membrana (cara P) presenta un número variable de partículas que hacen eminencia, mientras que la cara E (extracelular) complementaria muestra un conjunto de invaginaciones cuyo tamaño y disposición concuerdan con la disposición de las partículas en la cara P (Fig. 36).

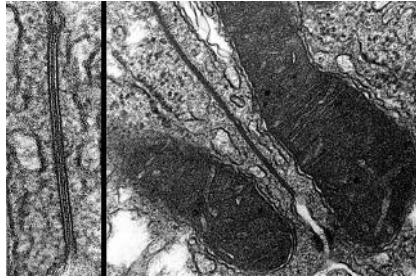


Fig. 35. Corte perpendicular por una unión de comunicación entre hepatocitos. A la derecha se observa, a mayor aumento, el bandeado que atraviesa el espacio intercelular.

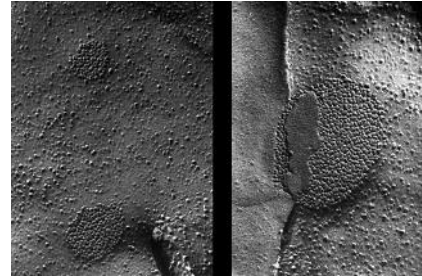


Fig. 36. Preparación por criofractura por uniones de comunicación. La imagen de la derecha permite observar la estructura de los conexones.

Las partículas que se observan en la cara P forman las unidades funcionales de las uniones y se llaman conexiones. Los conexones están formados por 6 proteínas transmembrana llamadas conexinas, las cuales al interactuar entre sí pueden dejar un canal hidrofílico central. Los dominios extracelulares de los conexones pueden interactuar entre sí, uniendo a las células y creando un canal hidrofílico entre los citoplasmas de las células adyacentes. (Fig. 37).

Su función es formar un canal que atraviese las membranas de células vecinas, permitiendo la comunicación entre sus citoplasmas. La apertura del canal, regulando la posición de las conexinas, permite a las células tanto su acoplamiento eléctrico como metabólico.

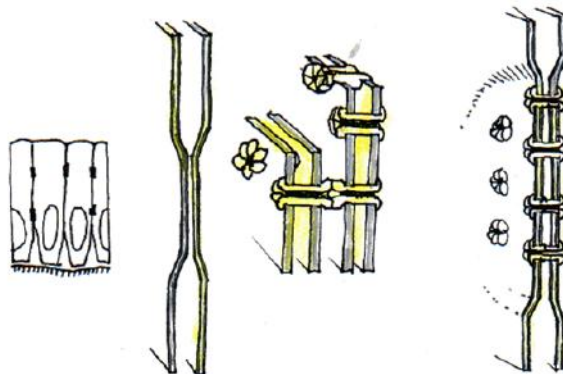


Fig. 37. Estructura de la unión de comunicación. Estructura de las conexiones

## D.2. Superficie luminal de las células epiteliales:

Puede presentar especializaciones del citoplasma y de la superficie celular, de acuerdo a la función que desempeña el epitelio. Entre ellas destacan la existencia de prolongaciones digitiformes del citoplasma de la superficie libre, las cuales pueden ser de dos tipos:

- Microvellosidades.
- Cilios.

### 1. Microvellosidades

Son particularmente numerosas en aquellos epitelios simples que cumplen funciones de absorción y transporte transepitelial. Los túbulos proximales del riñón (ribete en cepillo) (Figs. 38 y 39) y el epitelio de revestimiento intestinal (chapa estriada) (Figs. 40 y 41) presentan este tipo de diferenciación.



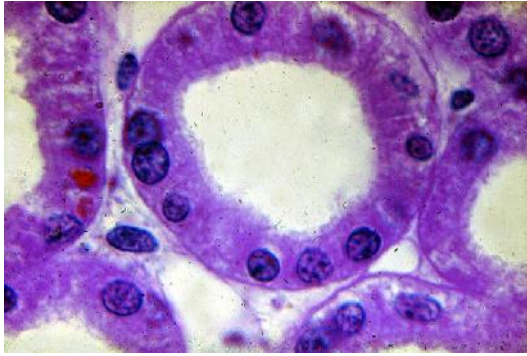


Fig. 38.

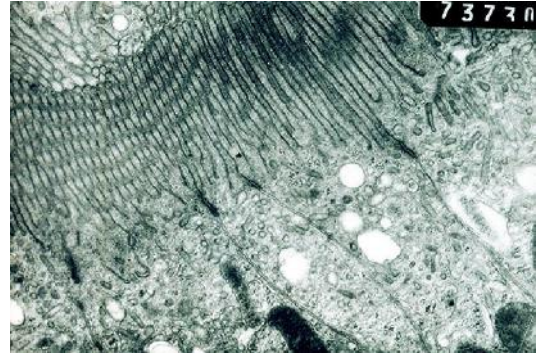


Fig. 39.

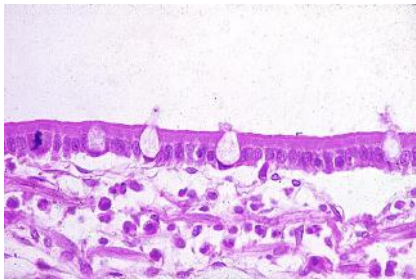


Fig. 40. Epitelio de revestimiento intestinal en el que destaca la chapa estriada.

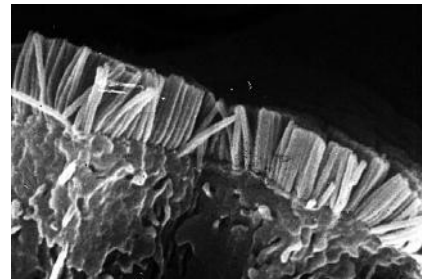


Fig. 41. Microvellosidades en la cara apical de células del intestino delgado.

Estas estructuras digitiformes miden  $0,080\ \mu\text{m}$  de ancho y  $1,0\ \mu\text{m}$  de longitud y producen un aumento en la superficie de absorción de alrededor de 20 veces (Fig. 42). En el centro de cada microvellosidad se localiza un manojito de 20 a 30 microfilamentos de actina que le sirve de soporte.

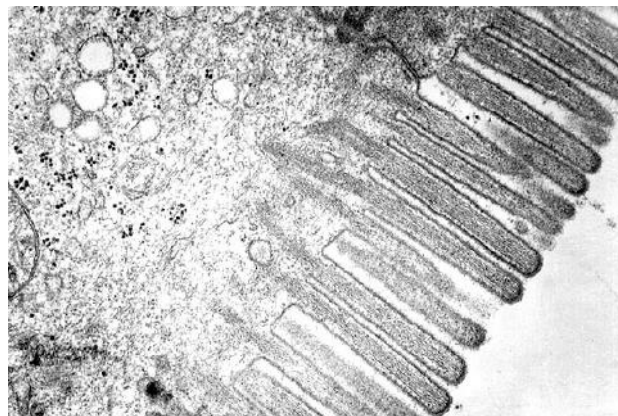
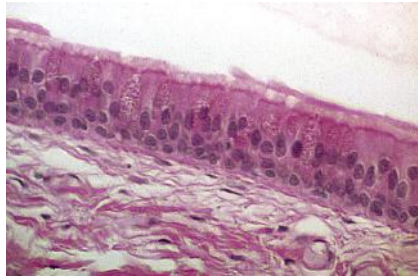


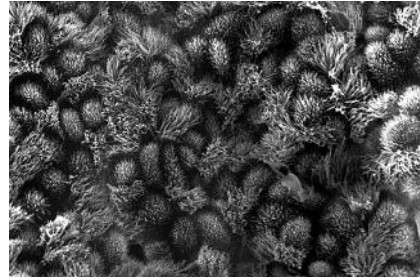
Fig. 42. Micrografía electrónica del citoplasma apical de células del revestimiento intestinal.

## 2. Cilios

Son diferenciaciones de la superficie apical de células presentes en epitelios que participan en el transporte de sustancias a lo largo de la superficie epitelial. Así, los epitelios que tapizan el tracto respiratorio, el útero y el oviducto poseen numerosas células ciliadas. (Figs. 43 y 44).



*Fig. 43. Corte por el epitelio pseudoestratificado ciliado de la tráquea.*



*Fig. 44. Superficie del epitelio del oviducto, mostrando la cara luminal de células ciliadas.*

### **D.3. Superficie basal de las células epiteliales**

Descansa sobre una especialización de la matriz extracelular, denominada lámina basal. Esta estructura se une a la membrana plasmática basal a través de proteínas receptoras específicas, que forman parte de las uniones adherentes de la base. La base de la mayoría de los epitelios, presenta un contorno liso. Sin embargo, los epitelios especializados en el transporte de electrolitos y agua, suelen presentar profundos pliegues que permiten la amplificación de la superficie basal.