

1º FISIOTERAPIA

TEJIDOS

2º PARTE DE HISTOLOGIA

TEMAS 13 – 29

Dr. Prof. Diego Fernández-Lázaro

TEJIDO EPITELIAL

Tejidos: Conjunto de células que cooperan para llevar a cabo una o varias funciones en un organismo. Estas células se relacionan entre sí mediante interacciones directas entre ellas o mediadas por las moléculas que se encuentran entre ellas y que forman la matriz extracelular. Distintos tejidos se asocian entre sí para formar los órganos.

Existen 4 tejidos fundamentales: **epitelial, conectivo, muscular y nervioso**. Su **origen** puede ser:

- **Derivados del ectodermo.** Da lugar a la epidermis, los SNC y SNP, los ojos y los oídos internos, la cresta neural y los tejidos conjuntivos.
- **Derivados del endodermo.** Origen de los revestimientos epiteliales, de las vías respiratorias y alimentarias y de células glandulares de los órganos asociados, como el hígado y el páncreas.
- **Derivados del mesodermo.** Da lugar a todos los músculos esqueléticos, las células sanguíneas y el revestimiento de los vasos sanguíneos, todas las capas musculares y revestimientos sedosos de conductos y órganos.

Todos los tejidos se componen de:

- **CÉLULAS.** Específicas según los tejidos, en cuanto a estructura y función. Imprescindibles.
- **SUSTANCIA INTERCELULAR.** Componentes que existen entre las células en mayor o menor proporción. Glucoproteínas y lípidos.
- **FIBRAS.** Unidades alargadas secretadas por las células del tejido. Proteínas complejas.

1. TEJIDO EPITELIAL

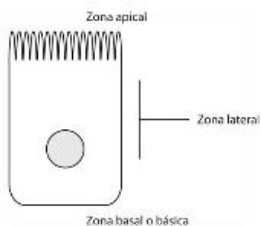
Conjunto de células estrechamente unidas que, o bien **tapizan las superficies corporales** (tanto externas como internas), o se agrupan para **formar glándulas**. Representan el 60% de todas las células del cuerpo humano.

Es un tejido que **no presentan fibras** y la **sustancia fundamental es mínima**, solo visible por microscopía electrónica. El tejido epitelial está casi exclusivamente formado por **células**.

Embriológicamente **deriva de las tres hojas germinativas**, de tal forma que el epitelio de la piel deriva del ectodermo, el del aparato respiratorio y digestivo del endodermo, y el de las vías urinarias y genitales del mesodermo.

Entre el epitelio y el tejido conjuntivo subyacente, se encuentra una fina capa de soporte: **membrana o lámina basal** (con un componente producido por las células epiteliales y otro por el tejido conectivo).

Es característico de los epitelios su **polaridad**, entendiendo las **diferencias morfofuncionales**, que presentan entre su dominio apical (orientado hacia la luz) y su dominio basal (hacia la lámina basal).



- **Apical.** Con microvellosidades, capa estriada, ribete en cepillo, cilios, cutículas...
- **Lateral.** Zona de oclusión, con desmosomas, de adherencia, interdigitaciones, desmosomas y gap junctions.
- **Basal.** Hemidesmosomas y laberinto basal.

Los epitelios **no poseen red de capilares sanguíneos** (excepto la estría vascular del oído interno) por lo que la nutrición se realiza por **difusión desde el tejido conectivo subyacente**.

FUNCIONES DE LOS EPITELIOS DE REVESTIMIENTO

- **Protección** (sobre todo los estratificados)
- **Absorción** (cilíndricos)
- **Movimiento**: Los que poseen cilios (vías respiratorias)
- **Secreción** (estómago que segrega mucus)
- **Deslizamiento** (pleura, pericardio y peritoneo)
- **Excreción** (glándulas)
- **Intercambio** (intestino, epitelio alveolar...)

RESUMEN DEL TEJIDO EPITELIAL

- Polaridad morfofuncional
- Sustancia intercelular escasa
- Membrana especializada (apical, lateral y basal)
- **Células diferenciadas**:
 - o **Poco diferenciadas**. Pocas funciones, sobre todo de renovación (regeneración de otras a partir de ellas). Son células de reserva.
 - o **Bien diferenciadas**. Funciones concretas:
 - Absorción: Chapa estriada
 - Secreción. Epitelios granulares
 - Excreción o filtración selectiva de productos
 - Percepción sensorial
- **Degeneración constante de los epitelios**, a expensas de células poco diferenciadas (de reserva). La velocidad de regeneración varía en base al tipo de epitelio, pudiendo estar modificada por la presencia de ciertos productos. Puede tener mayor tasa de error (mitosis).

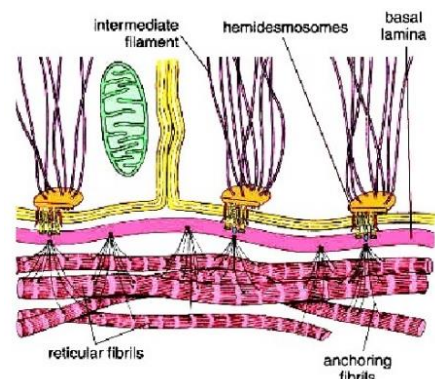
LÁMINA BASAL

Formaciones extracelulares que se localizan en la parte inferior del tejido epitelial. **Tapizan células musculares individualmente, adipocitos y células de Schwann.**

La **lámina reticular** es una capa de grosor variable existente en muchas ocasiones bajo la **lámina basal** y que, junto con ésta, forma la **membrana basal**.

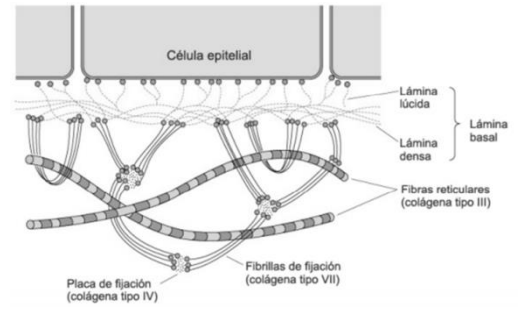
Formada, principalmente, de **fibrillas reticulares** sintetizadas por las células conjuntivas a las que separan del **tejido epitelial** supradyacente.

Los componentes de estas dos láminas corresponden a glucoproteínas. Son PAS positivas.



La lámina basal está formada por:

- **Colágeno tipo IV**
- **Laminina** (principal componente)
- **Proteoglicanos (heparansulfato)**
- **Fibronectina** (cara conjuntiva)
- **Entactina** (unen moléculas de laminina con el colágeno tipo IV)



Sus funciones son las siguientes:

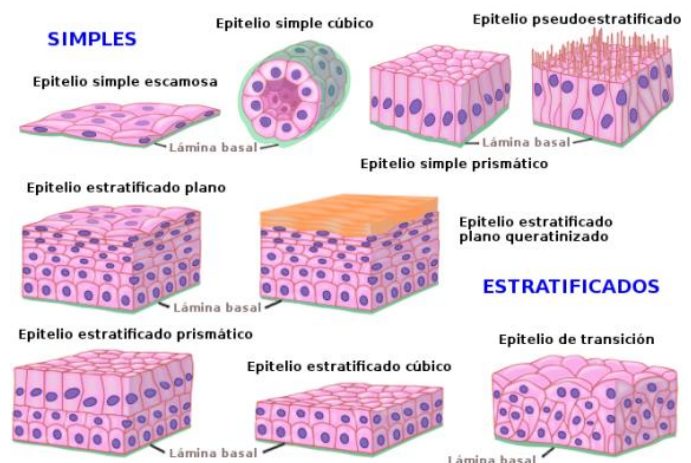
- Constituye una interfase de adhesión entre las células parenquimatosas y la matriz extracelular menos especializada. **Mantenimiento de la morfología y cohesión de epitelios.**
 - Filtración y permeabilidad selectiva.** Sus poros son de un tamaño que depende de la carga y la ordenación de su composición en GAGs.
 - Controla la organización y diferenciación de las células de alrededor.**
- *Los epitelios **no poseen vascularización, pero sí inervación.**



2. EPITELIOS DE REVESTIMIENTO

Los epitelios de revestimiento se pueden clasificar en dos grupos:

- Según el número de capas:
 - Monoestratificado
 - Poliestratificado
 - Pseudoestratificado
- Según la forma de las células superficiales:
 - Planas o pavimentosas
 - Cúbicas
 - Cilíndricas o prismática



SIMPLES

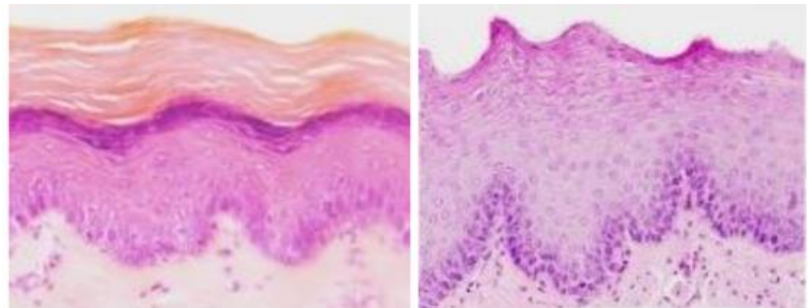
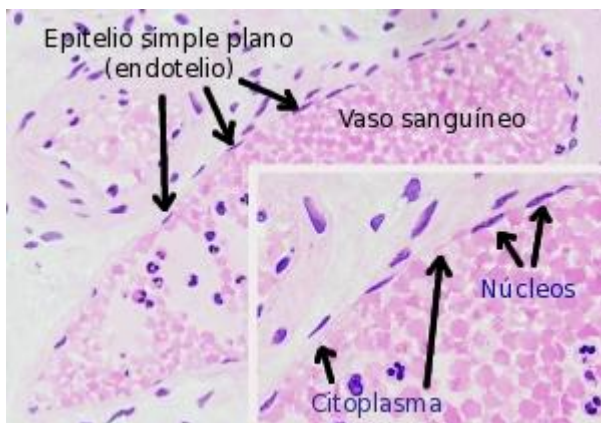
TEJIDO EPITELIAL PLANO SIMPLE

CARACTERÍSTICAS

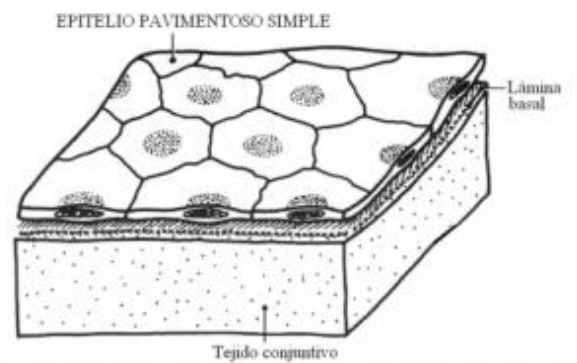
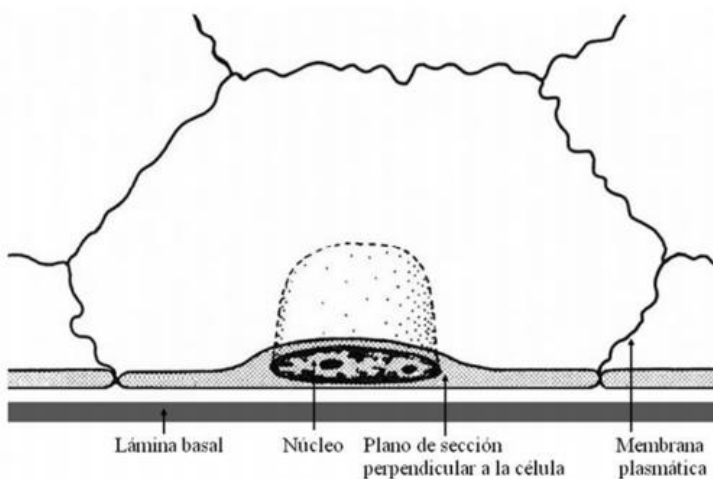
- Una capa de **células muy aplanadas** con **escaso desarrollo citoplasmático**.
- **Núcleo aplastado** y más grueso que el citoplasma.

LOCALIZACIÓN

- Rama descendente del asa de Henle, un conducto que forma parte de la nefrona.
- Alveolo pulmonar
- Vasos sanguíneos y linfáticos y cavidades cardíacas
- Cavidades peritoneal, pleural y pericárdico
- La cápsula de Bowman del glomérulo de la nefrona en el riñón



Vasos sanguíneos: Ratón



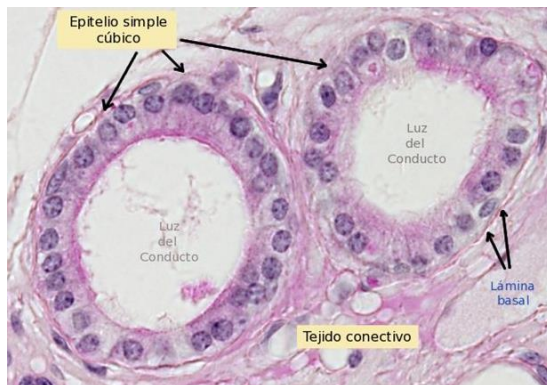
TEJIDO EPITELIAL CÚBICO SIMPLE

CARACTERÍSTICAS

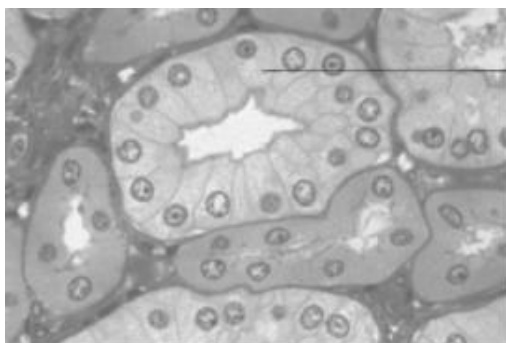
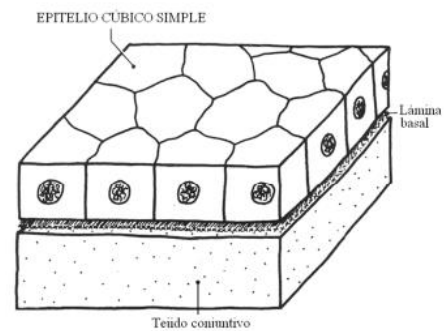
- Una capa de **células cúbicas** con **mediano desarrollo citoplasmático**. El **largo y ancho de las células es casi igual**
- **Núcleo esférico y central**
- Las células están unidas por **zónula occludens**, **adherens** y **desmosomas**.

LOCALIZACIÓN

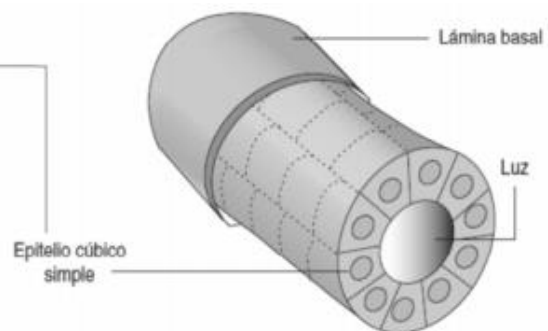
- Superficie del ovario
- Algunos conductos excretores de glándulas exocrinas
- Epitelio glandular de numerosas glándulas exocrinas
- Folículo del tiroides
- Bronquios del pulmón



Glándula exocrina de la tráquea: ratón



Epitelio cúbico simple (túbulo colector renal)
El revestimiento interno de los túbulos renales y los folículos tiroideos corresponde a una capa única de células cúbicas. Las células cúbicas muestran una notable polaridad y



participan en la absorción, la secreción (tiroides) y el transporte activo de iones (riñón). Igual que sucede con el endotelio, una lámina basal une la célula al tejido conjuntivo subyacente.

TEJIDO EPITELIAL PRISMÁTICO O CILÍNDRICO O COLUMNAR

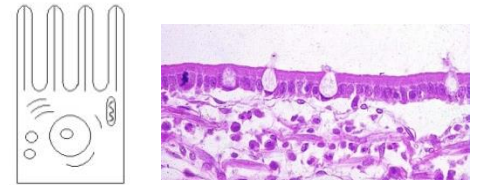
CARACTERÍSTICAS

- Una capa de células cilíndricas con gran desarrollo citoplasmático. Altura mayor que anchura.
- Núcleo ovalado situado en la parte basal de la célula.
- Las células están unidas por zónula occludens, adherens y desmosomas.
- Tienen diferenciaciones apicales. Por ejemplo, las microvellosidades.
- Con frecuencia aparecen tipos celulares diferentes.

LOCALIZACIÓN

- Conductos excretores mayores glandulares
- Mucosa del estómago
- Trompa uterina y útero
- Intestino delgado y grueso
- Vesícula biliar
- Vías respiratorias periféricas
- Conductos colectores mayores

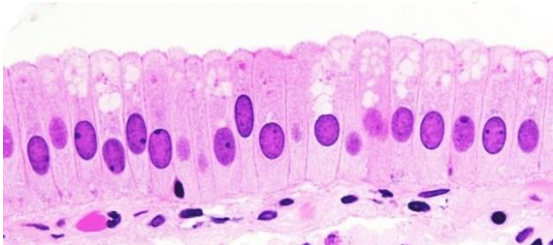
ESPECIALIZACIONES DE LA ZONA APICAL

- **Con chapa o superficie estriada.** Gran número de microvellosidades rectilíneas del mismo calibre y longitud, dispuestas paralelamente y muy ordenadas. El eje de las mismas se ancla en el velo terminal citoplasmático apical, y la membrana que los recubre es rica en glucocálix. Se encargan de **aumentar las superficies de absorción (células intestinales)**.

- **Con ribote o borde en cepillo.** Similar al anterior, pero con vellosidades más largas y no tan regularmente dispuestas. En **túbulos contorneados del riñón**.
- **Con estereocilios.** Vellosidades largas, tortuosas y ramificadas, sin filamentos en su interior. Son paralelas en su origen y entremezcladas en su parte apical. En el **conducto deferente**.
- **Con cilios.** Estructura típica (9x2 + 2). En lugares que deben **desplazar sustancias por la superficie (trompa uterina)**.

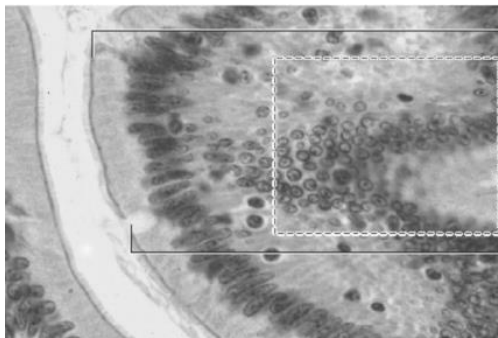
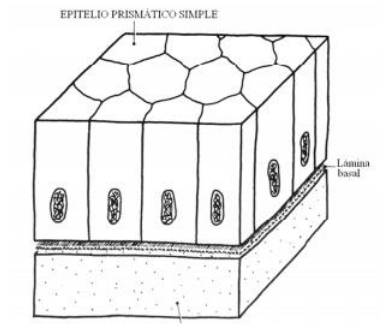


TIPOS

- **Epitelio cilíndrico simple secretor.** Las células, además de proteger, están especializadas en la secreción de mucus (estómago, cérvix...)
- **Epitelio cilíndrico simple secretor y de absorción.** A nivel del intestino delgado
- **Epitelio cilíndrico simple ciliado.** Vías respiratorias altas (cilios)

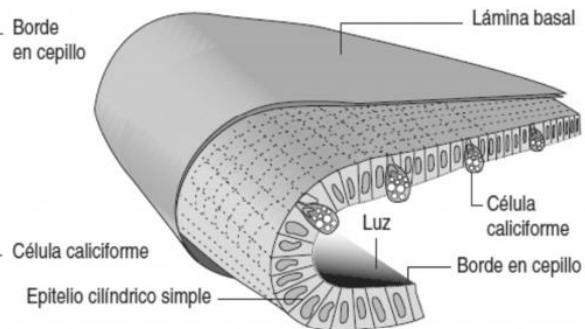


Vesícula biliar: humano

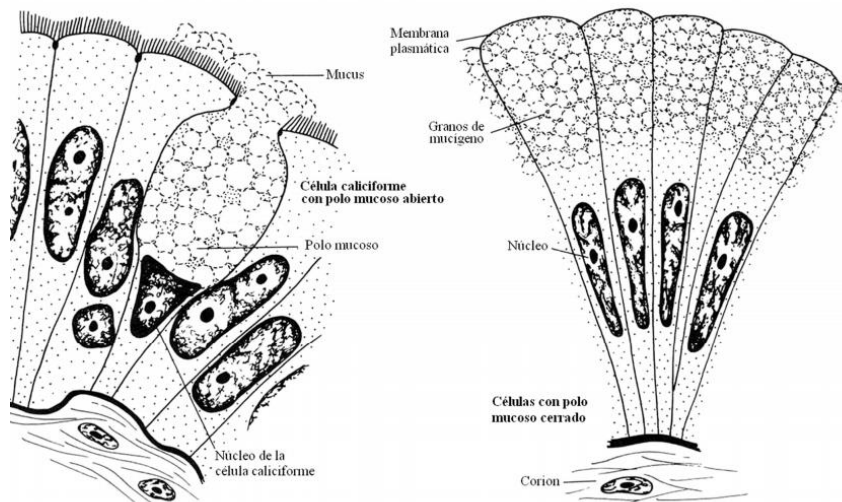


Epitelio cilíndrico simple (intestino delgado)

El intestino delgado está revestido por células epiteliales cilíndricas cuyo núcleo se encuentra en la zona basal de la célula. El dominio apical contiene proyecciones digitiformes denominadas **microvellosidades**, que forman un borde en cepillo. Las microvellosidades participan en la absorción de proteínas, azúcares y lípidos, que se liberan por el dominio



basolateral hacia la sangre para que las transporte al hígado. Las células cilíndricas se orientan en distintas direcciones. El cuadro indica agregados de núcleos observados en un corte transversal del epitelio cilíndrico en la región más basal. Un corte transversal que atraviese la región apical muestra citoplasmas sin núcleos visibles.



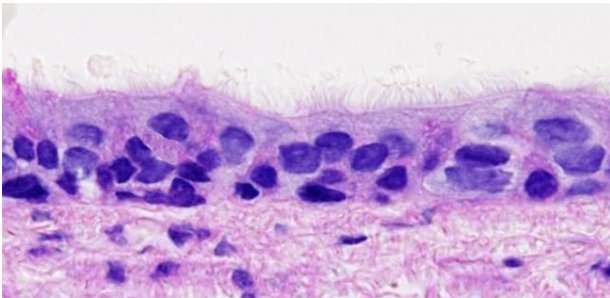
TEJIDO EPITELIAL PRISMÁTICO PSEUDOESTRATIFICADO

CARACTERÍSTICAS

- Una capa de células prismáticas que se insertan en la lámina basal. **No todas llegan a la superficie** y suelen presentar **cilios**.

LOCALIZACIÓN

- Epidídimo
- Tráquea (porción distal del aparato respiratorio y mucosa nasal)
- Algunas regiones de la uretra



Tráquea: ratón

ESTRATIFICADOS

Poseen **dos o más capas de células** en las que **solo una de las capas contacta con la lámina basal**, mientras que la capa más superficial forma la superficie libre. Los epitelios también se clasifican en plano, cúbico o prismático.

FUNCIONES

- **Protección** (principal).
- **No son eficaces para la absorción ni la secreción.**
- Las **glándulas** se encuentran por **debajo del epitelio**.

TIPOS

Según la forma de las células del estrato que delimita el espacio libre del epitelio, se diferencian en:

- Epitelio Plano estratificado NO queratinizado
- Epitelio Plano estratificado queratinizado
- Epitelio Cúbico estratificado
- Epitelio Prismático estratificado
- Epitelio De transición o polimorfo

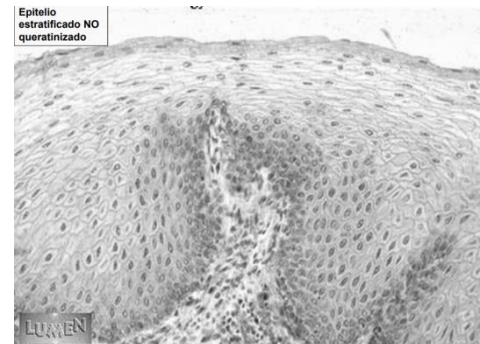
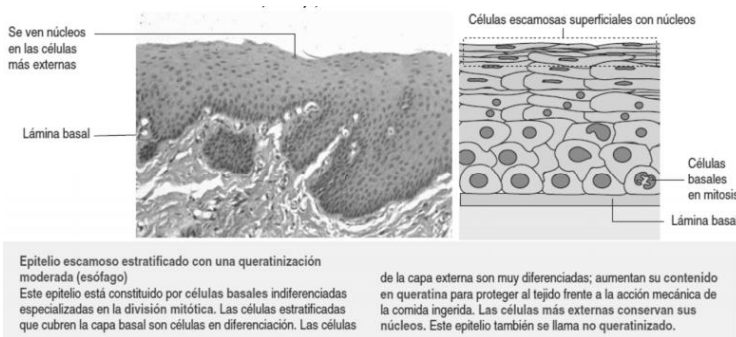
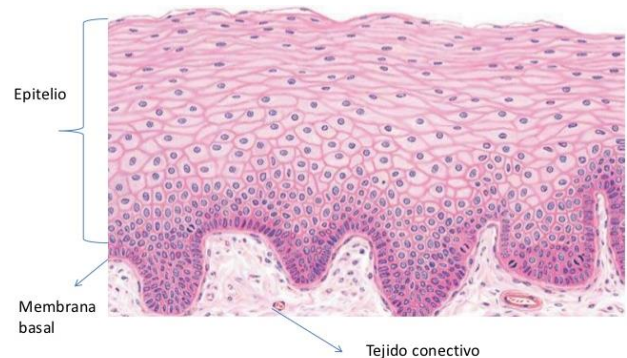
TEJIDO EPITELIAL PLANO ESTRATIFICADO NO QUERATINIZADO

CARACTERÍSTICAS

- Varias capas de células. Dependiendo de la profundidad:
 - o Profundas → Cilíndricas
 - o Medias → Poliédricas
 - o Superficiales → Planas / escamosas

LOCALIZACIÓN

- Cavidad bucal
- Uretra peneana
- Córnea, conductos lacrimales
- Conducto auditivo externo
- Exocérnix, vagina



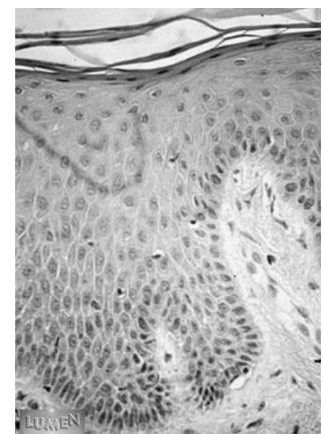
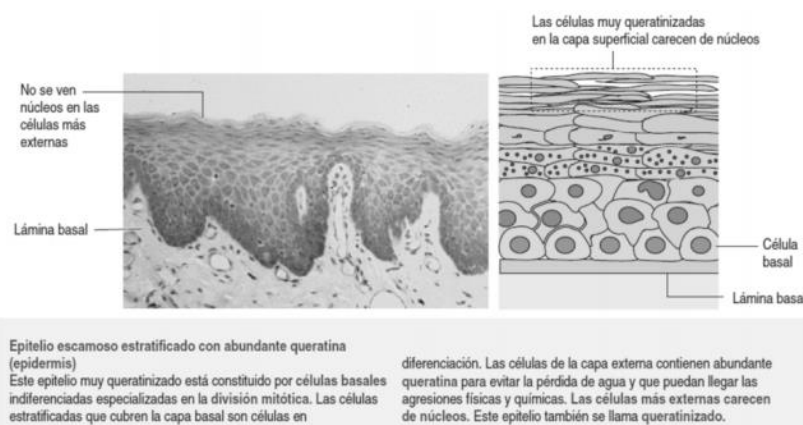
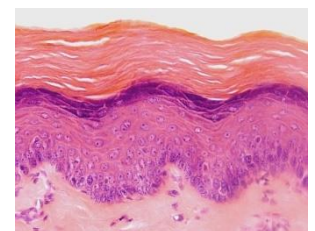
TEJIDO EPITELIAL PLANO ESTRATIFICADO QUERATINIZADO

CARACTERÍSTICAS

- Las células más superficiales pierden sus núcleos y sus citoplasmas son reemplazados por queratina.

LOCALIZACIÓN

- Piel
- Vagina



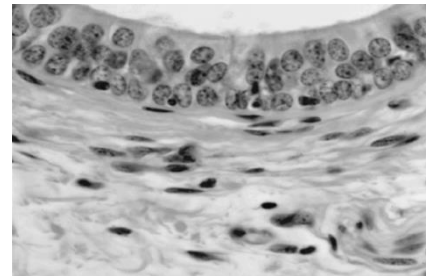
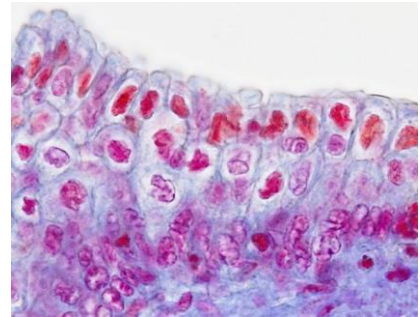
TEJIDO EPITELIAL PRISMÁTICO ESTRATIFICADO

CARACTERÍSTICAS

- Varias capas de células. Dependiendo de su profundidad:
 - Superficial → Prismáticas
 - Medias → Poliédricas
 - Basal → Cúbicas

LOCALIZACIÓN

- Conjuntiva palpebral
- Parte de la uretra masculina y femenina
- Ciertas partes de la laringe
- Conductos excretores de ciertas glándulas



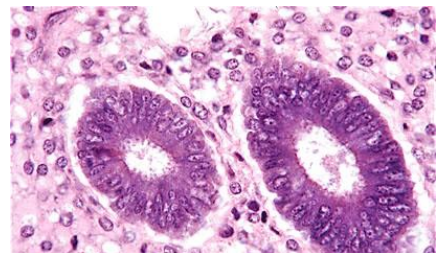
TEJIDO EPITELIAL CÚBICO ESTRATIFICADO

CARACTERÍSTICAS

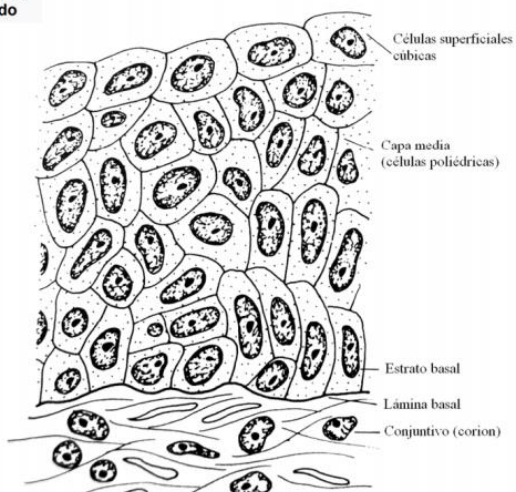
- Varias capas de células. Dependiendo de su profundidad:
 - Superficial → Prismáticas
 - Medias → Poliédricas
 - Basal → Cúbicas

LOCALIZACIÓN

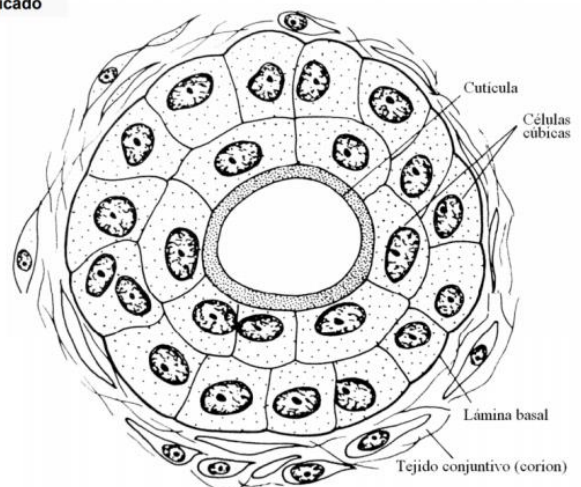
- Conductos excretores de glándulas sudoríparas y sebáceas



Epitelio cúbico
estratificado



Epitelio cúbico
estratificado



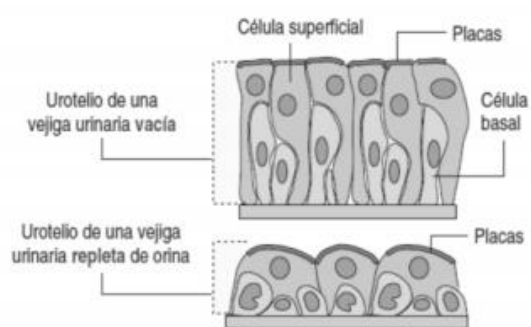
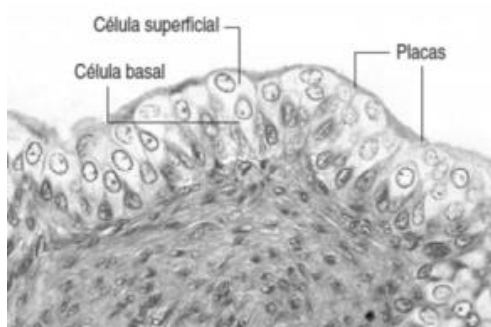
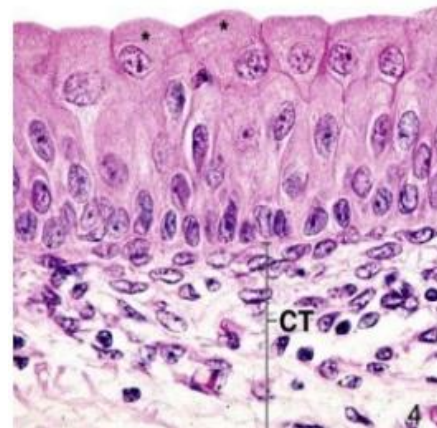
TEJIDO EPITELIAL DE TRANSICIÓN O POLIMORFO

CARACTERÍSTICAS

- Los epitelios de transición tienen más de una capa de células, pero su aspecto cambia dependiendo del estado en que se encuentre el órgano que tapizan.
- Cambian de forma cuando el epitelio se contrae o se distiende.
- Este tejido se encuentra entre el plano estratificado y el cilíndrico estratificado.
- Recubre órganos que experimentan variaciones en su volumen
- Las células varían su morfología pero todas llegan a la membrana basal.

LOCALIZACIÓN

- Urotelio



Epitelio transicional (vejiga urinaria)

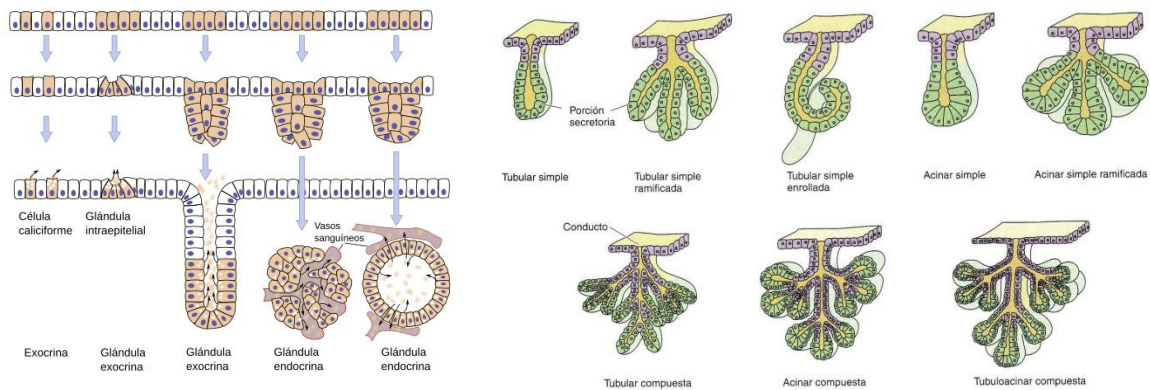
El epitelio transicional, que reviste las vías urinarias (también denominado urotelio), comprende dos tipos principales de células: 1) células cilíndricas o superficiales, que se extienden desde la lámina basal a la luz, y 2) células basales unidas a la lámina basal. Básicamente el urotelio es un epitelio pseudoestratificado, aunque

parece un epitelio escamoso estratificado. Una característica del urotelio es que las células superficiales responden a las fuerzas de tensión causadas por la orina mediante cambios en su geometría y en la forma de su superficie. Se encuentran placas de proteínas agregadas en la membrana plasmática apical de las células superficiales.

3. TEJIDO GLANDULAR

Glándula: Asociación grande y compleja de células encargadas de la secreción (liberación de sustancias por parte de las células al medio extracelular).

Durante su formación embrionaria, las glándulas se originan a partir de un epitelio de revestimiento y penetran en el parénquima subyacente. Se denominan **exocrinas**, si el producto queda en el exterior del cuerpo (piel, conducto respiratorio, digestivo); o **endocrinas**, destino final de su producto es el torrente sanguíneo o espacio intercelular.



EXOCRINAS

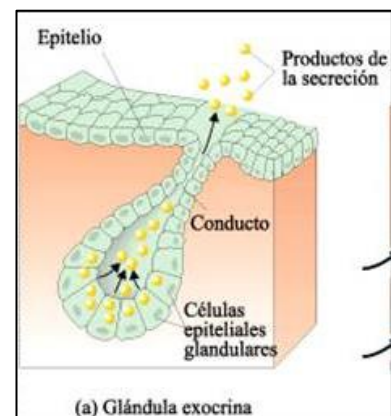
Estos epitelios poseen **GLÁNDULAS EXOCRINAS** que tienen dos componentes:

- **Porción secretora.** Células que sintetizan la secreción elaborada por la glándula.
- **Conducto excretor.** Es la vía de paso del producto de secreción para su vertido en alguna superficie.

CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA

- **Con conducto excretor**
 - o Simples
 - o Compuestas
- **Según la morfología de la porción secretora**
 - Glándulas tubulares: recta, ramificada y contorneada
 - Glándulas alveolares
 - Glándulas tubuloalveolares

Las glándulas están compuestas de epitelio (**parénquima**) y tejido conectivo (**estroma**).



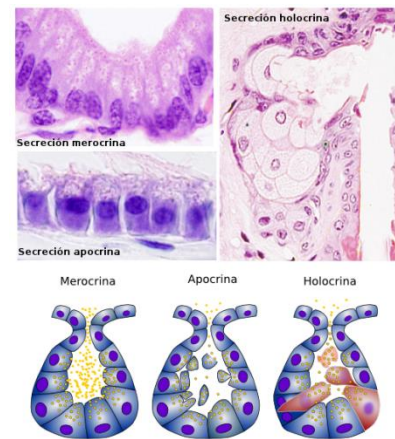
- **Sin conducto excretor** (las células forman parte del epitelio de revestimiento, vierten el producto de secreción directamente al exterior).
 - o Glándulas unicelulares
 - o Glándulas intraepiteliales
 - o Epitelio de revestimiento glandular

-Según la naturaleza de sus secreciones

- **Glándulas mucosas.** Segregan moco. Con núcleo redondo, 1/3 basal y citoplasma oscuro.
- **Glándulas serosas.** Acuosa con enzimas. Con núcleo irregular en el polo basal y citoplasma claro.
- **Glándulas mixtas.** Células mucosas y serosas (semilunas serosas).

-Según el mecanismo de secreción

- **Merocrinas.** Secreción mediante exocitosis (sudoríparas ecrinas).
- **Holocrinas.** Toda la célula es descamada (glándula sebácea de la piel).
- **Apocrinas.** Se desprende la porción apical de la célula en la que está contenido el producto de secreción (porción lipídica de la secreción mamaria).

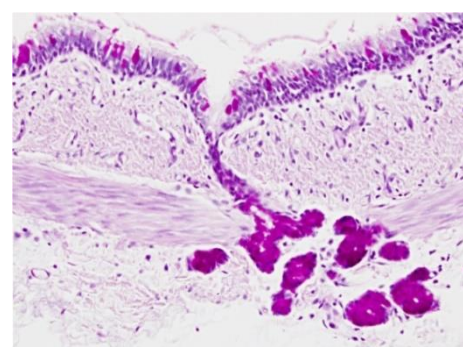
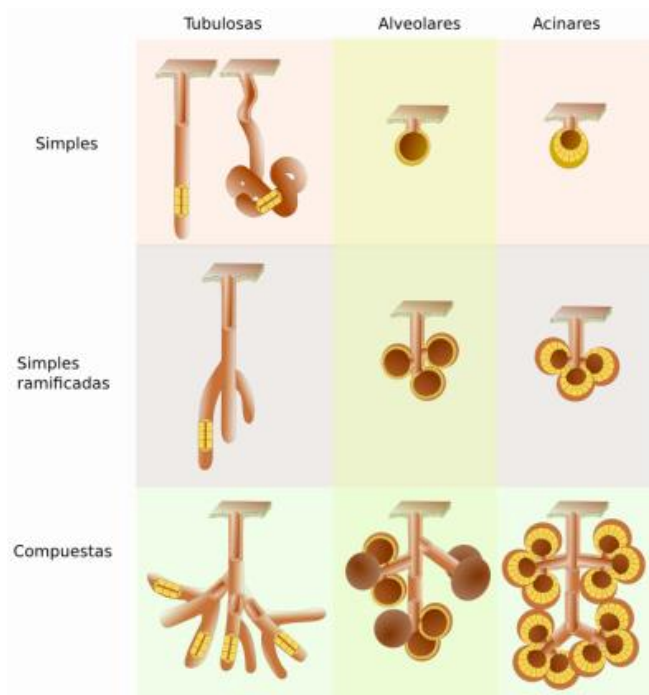


GLÁNDULAS EXOCRINAS CON CONDUCTO EXCRETOR

Pueden llegar a ser muy complejas morfológicamente. Se clasifican según la **forma y grado de ramificación de sus conductos excretores** y la **organización de sus porciones secretoras**.

LOCALIZACIÓN

- **Acinar:** Páncreas exocrino y uretra.
- **Tubular:** Glándulas de Brunner y glándulas sudoríparas de la piel.
- **Túbulo-acinar:** Glándula mamaria, lagrimal o la salival submandibular.
- **Simples ramificadas:** Glándulas mucosas del cardias



GLÁNDULAS EXOCRINAS SIN CONDUCTO EXCRETOR

Sus células glandulares **liberan sus secreciones a una cavidad interna o al exterior**. Pueden encontrarse de forma de **células individuales o reunidas en grupos**, son células que forman parte del propio **epitelio de revestimiento**.

Las glándulas unicelulares están dispersas y aisladas. Pueden ser **células calciformes o células de la superficie secretora del estómago**.

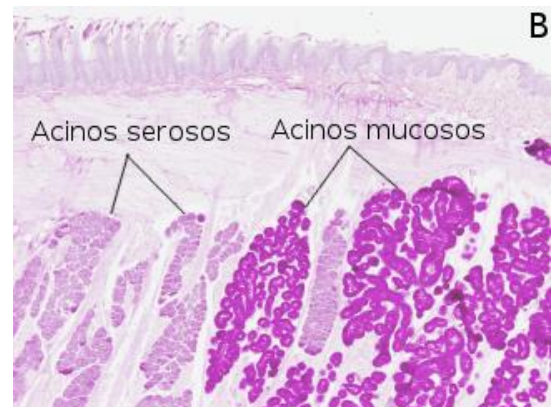
Las células calciformes son **células unicelulares intraepiteliales** que se encuentran dispersas entre las células del epitelio de revestimiento del aparato respiratorio (tráquea, bronquios) y en algunos epitelios lubricados. Estas células tienen **forma de cáliz** con una **parte apical más ancha**, donde se acumulan las vesículas de secreción y una **parte basal estrecha**, donde se localiza el núcleo. La liberación del producto se realiza por **secreción merocrina por estímulo autónomo**. Una vez liberado el producto, la célula se adelgaza y comienza a sintetizar de nuevo.

Por ejemplo, las células mucosas del digestivo y algunos dispersos por la conjuntiva.

A veces, las glándulas se asocian formando **grupos de células intraepiteliales**. Por ejemplo, las cavidades nasales, las trompas de Eustaquio, la uretra y la conjuntiva del ojo.

Las **glándulas salivales** pueden ser mucosas, serosas o mixtas: Las glándulas mucosas pueden liberar glucosaminoglicanos, proteoglicanos y glicoproteínas para recubrir superficies internas, mientras que las glándulas serosas liberan enzimas para la digestión.

Solo las **sublinguales y submaxilares** son **mixtas** (con acinos serosos y mucosos), mientras que la parótida es serosa. Las glándulas pequeñas son mucosas. Independientemente del tipo de glándula salival, todas ellas liberan a la cavidad oral cuando son estimuladas por el sistema nervioso autónomo.

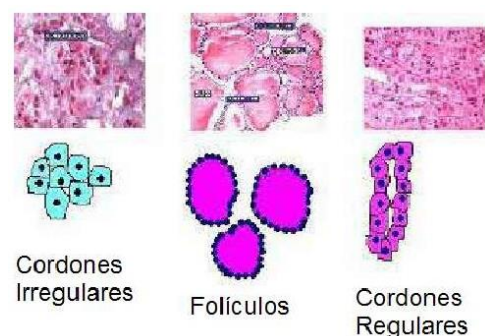


ENDOCRINAS

No tienen conductos y secretan sus productos (hormonas y proteínas) al espacio extracelular, desde donde pasan al torrente sanguíneo para distribuirse por el resto del organismo.

- Hay **glándulas endocrinas intraepiteliales unicelulares** que forman el **sistema neuroendocrino difuso**. Son células aisladas y entremezcladas con células epiteliales de revestimiento del tronco respiratorio, gastrointestinal y entre las células de la hipófisis.

- La dependencia de los vasos sanguíneos del resto de las glándulas endocrinas (no intraepiteliales) hace que las células secretoras se dispongan en **cordones o glomérulos** rodeados por una red densa de capilares. Los productos de secreción no se liberan inmediatamente después de la síntesis, sino que se pueden almacenar en el interior de las células hasta que llegue la señal para su liberación.



CLASIFICACIÓN

- Según la tipografía

- Difusas: Sistema endocrino
- Organizadas: Tiroides, hipófisis.

- Según la morfología

- Foliculares: Tiroides
- Trabeculares: Suprarrenal
- Islotes: Páncreas

- Según el producto de secreción

○ **Proteínas o glucoproteínas:** Páncreas

- **Morfología:** Núcleo voluminoso, RER, Golgi y vesículas muy desarrollados
- **Fisiología:** síntesis del componente proteico → ribosomas del RER → cisternas del RER → cara cis Golgi → cara trans Golgi → vesículas → exterior.

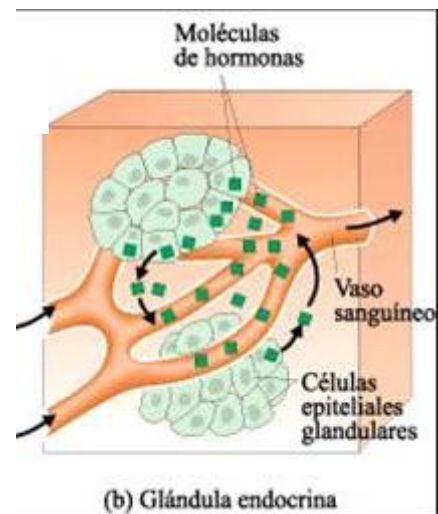
○ **Aminas biógenas:** Médula suprarrenal y APUD.

- Escaso RER, abundantes ribosomas libres y vesículas de secreción con núcleo denso.
- Las células extraen aa' de la sangre, como Tyr (en la síntesis de catecolaminas) y Trp (serotonina y melatonina).

○ **Esteroides:** Corteza suprarrenal y gónadas

- **Morfología:** REL muy abundante, mitocondrias con crestas tubulares y vacuolas lipídicas frecuentes.
- **Fisiología:** El colesterol extraído de la sangre pasa a las mitocondrias, pierde la cadena lateral y queda convertido en 5-pregnenolona. Esta pasa al REL, y es aquí donde algunas se sintetizan (andrógenos y progesterona); otras han de pasar de nuevo a la mitocondria para completar su síntesis (mineral y glucocorticoides).

○ **Neurosecreción:** Hipotálamo-hipófisis

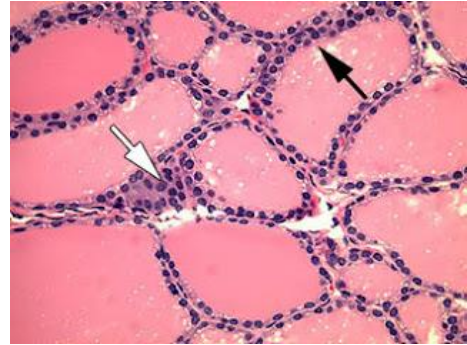


GLÁNDULAS ENDOCRINAS FOLICULARES

Poseen una estructura en **lóbulos**, separados por **tejido conectivo**, por el cual transcurren los vasos sanguíneos, a los cuáles se liberarán las hormonas ya procesadas.

Los lóbulos contienen a los **folículos** (formados por las **células foliculares** y por el **coloide**, formando un epitelio cúbico simple). Entre los lóbulos se encuentran las **células parafoliculares**, que producen las **hormonas tiroideas T3 y T4** (tiroxina) y liberan **calcitonina**.

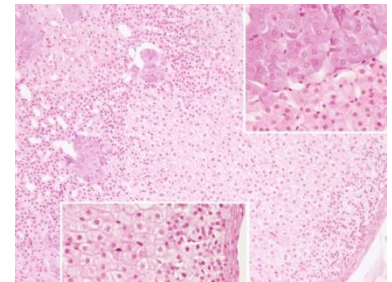
El coloide ocupa el interior del folículo y está formado mayoritariamente por **tiroglobulina**, que sirve de precursor para la síntesis de las hormonas y T3 y T4.



GLÁNDULAS ENDOCRINAS TRABECULARES

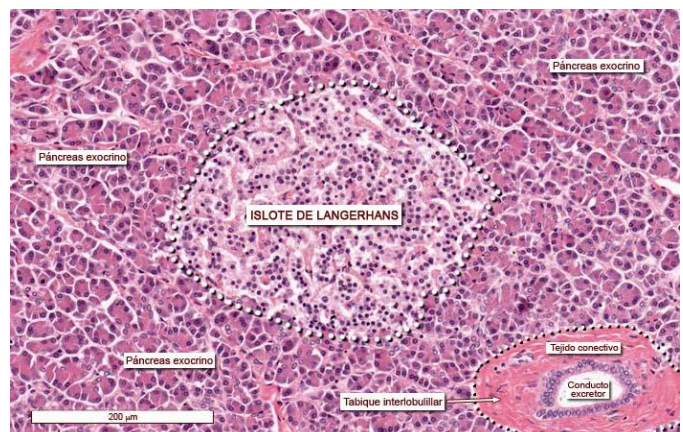
Constan de 2 partes: corteza y médula

- **CORTEZA**. Con 3 compartimentos:
 - **Zona glomerular**. Es la más externa. Las células epiteliales se organizan formando **túbulos, dispuestos irregularmente**. Estas células están especializadas en la liberación de mineralcorticoides, como la aldosterona.
 - **Zona fasciculada**. Es la más extensa. Las células epiteliales forman **túbulos orientados radialmente**, con un aspecto más laxo o esponjoso, con muchas gotas de lípidos.
 - **Zona reticular**. Los **túbulos se disponen desordenadamente, formando una estructura reticular**. Producen y liberan las hormonas sexuales (esteroides y andrógenos).
- **MÉDULA**. Es la zona más interna. Tiene **células epiteliales grandes y globulosas**, que se asocian **en torno a vasos sanguíneos medulares**, a donde se liberan catecolaminas (adrenalina y noradrenalina).
- ***CÁPSULA**. Vaina de epitelio conectivo que se encuentra en la superficie externa de la glándula suprarrenal.



GLÁNDULAS ENDOCRINAS ISLOTES

En órganos como el páncreas, coexisten glándulas endocrinas y exocrinas en estrecha asociación. La parte exocrina libera su contenido al tubo digestivo, mientras que la parte endocrina, forma los **islotas de Langerhans**.



*CONTROL DE LA SECRECIÓN

Las glándulas endocrinas regulan el momento y la cuantía de su secreción mediante 2 mecanismos:

-**Retroalimentación negativa.** La glándula lanza una hormona a la circulación, y ésta ejerce su efecto sobre las células diana.

Bien la concentración de la hormona en sangre o bien el producto de las células diana, inhiben la síntesis de la hormona por la glándula.

-**Estimulación neurohormonal.** Algunas hormonas (oxitocina y noradrenalina) se segregan por estímulos nerviosos directos.

*SISTEMA NERVIOSO DIFUSO

Las neuronas emplean neurotransmisores para comunicarse entre sí por contacto. Algunas neuronas se han modificado, **convirtiendo los neurotransmisores en auténticas hormonas**, que alcanzan el torrente sanguíneo.

No todas las células de este tipo forman glándulas concretas. La mayoría se hallan **esparcidas** por numerosos órganos, formando el sistema endocrino difuso o sistema APUD.

TEJIDO CONJUNTIVO

El tejido conectivo es el **principal constituyente del organismo**. Se le considera como un tejido de **sostén**; puesto que sostiene y cohesiona a otros tejidos dentro de los órganos, sirve de soporte a estructuras del organismo y protege y aísla a los órganos.

Además, todas las sustancias que son absorbidas por los epitelios tienen que pasar por este tejido, que sirve además de vía de comunicación entre distintos tejidos, por lo que generalmente se le considera como el **medio interno del organismo**.

Una de estas características es la **existencia de una abundante matriz extracelular** en la que se encuentran las células. La matriz extracelular es una combinación de **fibras colágenas y elásticas** y de una **sustancia fundamental rica en proteoglicanos y glucosamicoglicanos**. Las características de la matriz extracelular son las principales responsables de las propiedades mecánicas, estructurales y bioquímicas de los distintos tipos de tejido conectivo.

Este tejido consta de las siguientes funciones:

1. Físicoquímicas

- De apoyo (hueso, ligamentos, tendones)
- Flexibilidad (ligamentos, tendones...)
- Distensibilidad (Lámina elástica)

2. Fisiológicas

- Difusión (Membrana basal y matriz extracelular)
- Filtración (Membrana basal y matriz extracelular)
- Cicatrización y curación (fibrosis)
- Crecimiento y desarrollo (células, matriz extracelular)

Este tejido está muy extendido por todo el cuerpo: **rellena espacios entre órganos**, por ejemplo entre la piel y los músculos, rodea a los vasos sanguíneos, a los nervios y a diferentes órganos. **Forma el estroma de órganos** como el riñón, el hígado, glándulas, gónadas, etcétera. Pero también **participa en la composición de diferentes aparatos** como el locomotor ya que es el tejido que forma los tendones, los ligamentos, la córnea y la dermis. Y por último **rodea los órganos mediante cápsulas conjuntivas**.



Sea cualquiera su localización están constituidos por tres elementos: **fibras, células y sustancia fundamental**.

El tejido conectivo puede diferenciarse en **laxo** (con sustancia amorfa abundante frente a las fibras de colágeno, localizado en paquetes vasculonerviosos o la dermis) y **denso** (predominio de fibras sobre las células y la matriz extracelular amorfa).

Aunque también puede adquirir formas especiales:

- **Mucosa o gelatina de Warton**. Aparece en el cordón umbilical. Tiene menos consistencia que el laxo y destaca la abundante matriz extracelular amorfa.
- **Elástico**. Gran cantidad de fibras elásticas que forman redes en zonas huecas del organismo, como las paredes de arterias, tráquea, bronquios y la Fascia de Scarpia.
- **Reticular**. Fibras reticulares en 3D muy elaboradas. Se localiza en el estroma de los ganglios linfáticos (bazo y sinusoides hepáticos).

Las células del tejido conectivo se clasifican en dos grupos:

○ **Propias o autóctonas**

- **Fijas**

- Fibroblastos
- Adipocitos.

- **Móviles**

- Macrófagos o histiocitos
- Mastocitos o células cebadas
- Plasmocitos o células plasmáticas

- **Células emigradas**: no son del tejido conectivo general, pero se encuentran en él frecuentemente y proceden de la sangre: monocitos, linfocitos y eosinófilos.

1. FIBROBLASTOS

Son las **células principales del tejido conjuntivo**. Se encargan de **producir y liberar los diferentes componentes de la matriz extracelular**.

Suelen estar **entre las fibras de colágeno** y aparecen en los cortes como **elementos fusiformes con largas prolongaciones terminadas en punta**.

Sus características son:

- Citoplasma eosinófilo
- Núcleo elíptico.
- Cromatina escasa y distribuida en pequeños cariosomas
- Pequeño aparato de Golgi y escaso R.E. rugoso
- Mitocondrias largas y delgadas



SÍNDROME DE MARFAN

Desorden del tejido conjuntivo que **afecta al sistema musculo-esquelético y cardiovascular y a los ojos**.

Los pacientes muestran una complexión asténica, con estatura alta, largos brazos y manos y dedos como los de una araña. La musculatura está pobremente desarrollada, con poca grasa subcutánea y una gran latitud de las articulaciones y ligamentos.



La enfermedad se debe a una **mutación en el gen FBNI**, que codifica la fibrina-1.

FIBRAS DE COLÁGENO

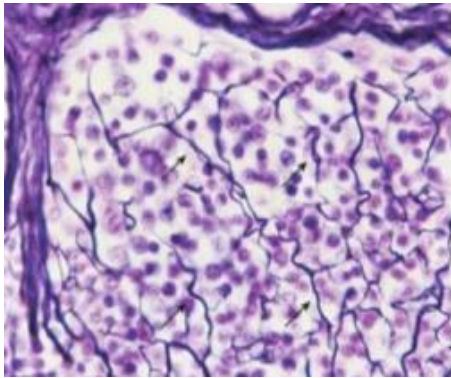
Cada fibra de colágeno está formada por muchas fibrillas, y cada fibrilla, por células de colágeno. Al microscopio óptico, se ven como estructuras onduladas de espesor variable y longitud indeterminada. Se tiñen bien con eosina, azul de anilina (tricrómica de Mallory) y verde luz (técnica de Maisson).

El colágeno es fundamental para la estructura del tejido conectivo. Existen varios tipos:

TIPO I	El más abundante (90%). Predominante en hueso, piel y tendones
TIPO II	En el cartílago, humor vítreo del ojo y en los núcleos pulposos.
TIPO III	En tejidos flexibles, como vasos sanguíneos, piel y tracto gastrointestinal. Forma las fibras de reticulina
TIPO IV	En las membranas basales
TIPO V	Resistencia a la tracción. Forma filamentos finos sin estriaciones
TIPO VII	Une la lámina basal al tejido reticular

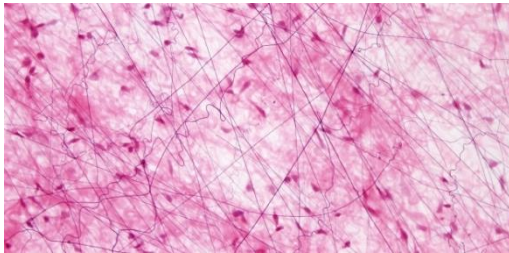


FIBRAS RETICULARES



- Están compuestas por **colágeno tipo III**.
- Tienen un diámetro reducido y no suelen organizarse en haces o fibras gruesas, sino en **redes irregulares**.
- **No se ven en preparados de Hematoxilina-eosina**
- Están presentes como **estructura de sostén en el tejido hematopoyético y linfopoyético** (salvo el timo).
- Son producidas por **células reticulares**.
- Forman una **laxa reticular** en muchos tejidos de sostén, por debajo de las membranas basales.
- Pueden encontrarse en la médula ósea, riñón, bazo, hígado y nódulos linfáticos.

FIBRAS ELÁSTICAS



- Se componen principalmente por **elastina**
- **Impiden que el órgano se desestructure**
- Son **finas, delgadas y resistentes**.
- Se tiñen débilmente con eosina.
- **Núcleo central de elastina**. Puede estar **rodeado de microfibrillas** de la proteína **fibrilina**.

2. TEJIDOS CONJUNTIVOS GENERALES

- **Tejido conjuntivo sin predominancia** → Tejido conjuntivo laxo o areolar

- **Tejido conjuntivo con predominancia de fibras de colágeno**

- Tejido conjuntivo denso no orientado
- Tejido conjuntivo denso orientado

- **Tejido conjuntivo con predominancia de la sustancia fundamental**

- Tejido conjuntivo mucoso o gelatinoso

- **Tejido conjuntivo con predominancia de fibras elásticas**

- **Tejido conjuntivo reticular**

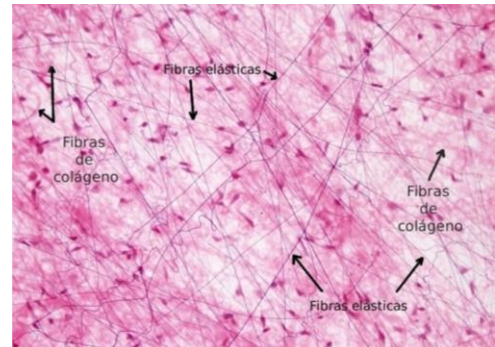
- **Tejido conjuntivo mesenquimático**

🚩 **TEJIDO CONJUNTIVO SIN PREDOMINANCIA**

TEJIDO CONJUNTIVO LAXO O AEROLAR

CARACTERÍSTICAS

- **Distribución muy extensa.** Aparecen en todos los órganos, en **zonas que no requieren una gran resistencia a tensiones mecánicas.**
- **Tejido de relleno.** Se intercala entre los tejidos de diferentes órganos, adyacente a los epitelios de revestimiento, aportando sostén.
- Sus **células** son los **fibroblastos** y los **macrófagos**.



LOCALIZACIÓN

- Parte de la pared del aparato respiratorio y digestivo.
- Estroma o sostén de órganos macizos como el hígado o el riñón.

🚩 **TEJIDO CONJUNTIVO CON PREDOMINANCIA DE FIBRAS DE COLÁGENO**

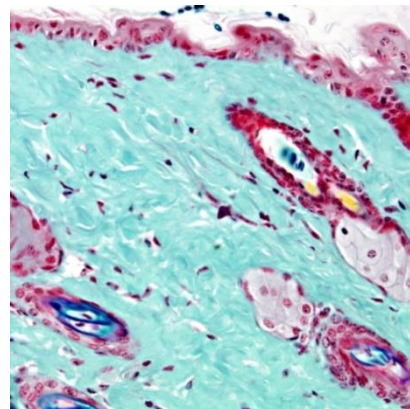
TEJIDO CONJUNTIVO DENSO NO ORIENTADO

CARACTERÍSTICAS

- **Irregular,** con grandes cantidades de fibras de colágeno agrupadas en haces gruesas, que están formando una red tridimensional.
- **Tejido mecánicamente fuerte** debido a las gruesas fibras en el tejido conjuntivo laxo y poca densidad de los vasos sanguíneos y las fibras nerviosas.
- Está sometido a **fuerzas multidireccionales.**

LOCALIZACIÓN

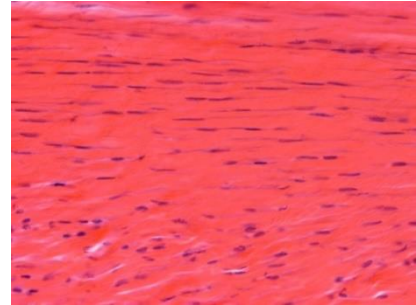
- Dermis de la piel
- Cápsulas que envuelven los órganos
- Meninges duramadre
- Periostio
- Perimisio
- Pericardio
- Válvulas cardíacas
- Cápsulas articulares



TEJIDO CONJUNTIVO DENSO ORIENTADO

CARACTERÍSTICAS

- **Ordenado regularmente en haces paralelos**
- **Matriz celular con gran cantidad de fibras de colágeno** ordenadas de forma regular.
- Sometido a tensiones mecánicas en 1 dirección (unidireccional) o en 2 (bidireccional). Esto hace que puedan ser **unitensos** o **bitensos**.



LOCALIZACIÓN

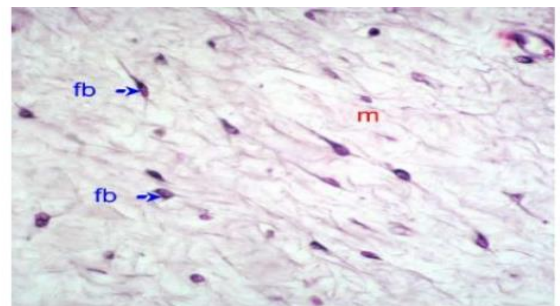
- Tendones. Sus fibroblastos se denominan tenoblastos y tenocitos. Colágeno tipo I
- Ligamentos
- Vainas o fascias
- Músculos del abdomen
- Córnea

TEJIDO CONJUNTIVO CON PREDOMINANCIA DE SUSTANCIA FUNDAMENTAL

TEJIDO CONJUNTIVO MUCOSO O GELATINOSO

CARACTERÍSTICAS

- Posee **pocos fibroblastos**
- **Sustancia fundamental rica en proteoglicanos** (ácido hialurónico).
- Tiene **aspecto de gelatina**. Muy hidratado, turgente y con gran resistencia mecánica.
- Tiene **escasas fibras de colágeno**, y las que hay son finas.



Cordón umbilical e hipodermis embrionaria

LOCALIZACIÓN

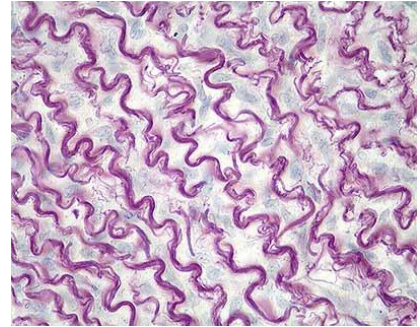
- Gelatina de Luharton
- Cordón umbilical
- Capilares fetales
- Pulpa del diente

✚ **TEJIDO CONJUNTIVO CON PREDOMINANCIA DE FIBRAS ELÁSTICAS**

TEJIDO CONJUNTIVO ELÁSTICO

CARACTERÍSTICAS

- Es **abundante y de color amarillo**
- Sus **fibras elásticas son paralelas entre sí**, anastomosadas a intervalos cortos. Cada fibra está envuelta por escasas fibras reticulares.
- Se encarga de **mantener un estado de tensión durante el estiramiento**, para luego recuperar su longitud inicial.



LOCALIZACIÓN

- Arterias de gran calibre, como la aorta
- Ligamento amarillo de la columna vertebral
- Ligamento de las cuerdas vocales
- Ligamento suspensorio del pene

✚ **TEJIDO CONJUNTIVO RETICULAR**

CARACTERÍSTICAS

Posee unas células especializadas, **reticulares**, diferentes de los fibroblastos comunes.

Este tejido se encuentra en la médula ósea y en el tejido linfoide y hematopoyético, posee una red de fibras reticulares aparentemente anastomosadas. Está constituido por:

- **Fibras reticulares o reticulina.** Son fibroblastos especializados en **sintetizar fibras reticulares** (colágeno tipo III). Estas poseen una gran cantidad de glúcidos, lo que permite teñirlas mediante tinciones argénticas o con el método PAS.
Las fibras se disponen de forma de redes y los amplios espacios intercelulares son ocupados por escasa sustancia intercelular, células libres (macrófagos) y células sanguíneas.
- **Células reticulares.** Fibras de reticulina y forman un verdadero armanzón. Su **morfología es parecida al fibroblasto**: núcleo voluminoso, pálido, central y prolongaciones robustas de un citoplasma con numerosos lisosomas, ribosomas libres y RER moderadamente desarrollados.

Todas las variedades tienen abundantes vasos sanguíneos, linfáticos y terminales nerviosos. Ante agresiones, sus células conservan capacidad reproductora.

Este tejido conjuntivo se puede considerar como laxo atendiendo a la densidad de fibras en su matriz extracelular. En conjunto las células y fibras reticulares sirven de andamiaje para las células linfoides.

LOCALIZACIÓN

- Estroma de la médula ósea, del bazo, de los ganglios linfáticos y del timo.
- Amígdalas
- Placas de Peyer del íleon

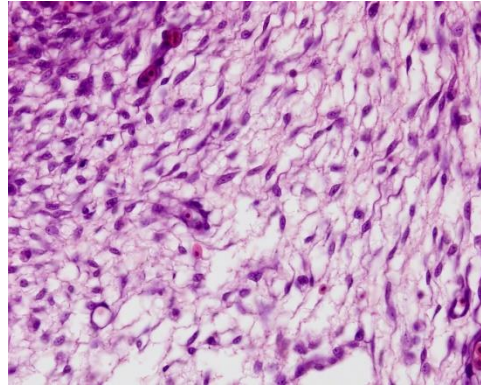


TEJIDO CONJUNTIVO MESENQUIMÁTICO

Este tejido se distingue de los demás por el **aspecto indiferenciado de sus células mesenquimáticas** y por la **abundancia de matriz extracelular**.

Las **células se disponen de forma laxa**, aunque están conectadas entre sí por prolongaciones muy finas, formando una especie de **estructura reticular**. En algunas ocasiones se pueden observar mitosis.

Su núcleo suele ser grande, con invaginaciones de la envuelta nuclear, y un con nucléolo bien patente. Inicialmente, esta matriz, en el embrión, es muy fluida y está formada principalmente por sustancia fundamental (proteoglicanos, glicosaminoglicanos y glicoproteínas), pero su contenido en proteínas fibrosas (colágeno, fibras elásticas y reticulares) aumenta a medida que avanza el desarrollo.



Se puede considerar como un **tejido conectivo embrionario**, aunque también aparece en menor medida en algunos órganos de animales adultos. **A partir de él** se forman, durante el desarrollo embrionario, no sólo los **tejidos conectivos propiamente dichos** sino también **cartílago, hueso, los sistemas sanguíneo y linfático, incluso se puede diferenciar en músculo liso**.

TEJIDO ADIPOSO

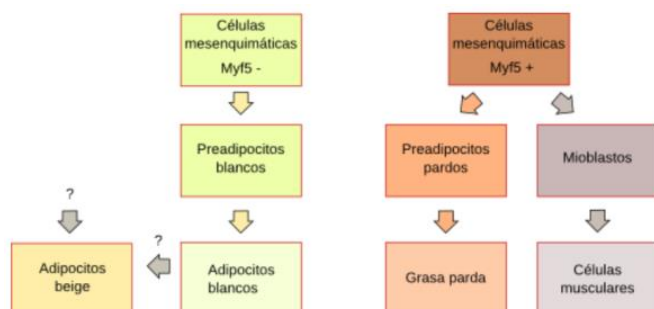
El tejido adiposo es un **tejido conectivo especializado** en la **síntesis y almacenamiento de triglicéridos**. Se puede considerar como un tejido conectivo un tanto atípico, puesto que posee muy poca matriz extracelular, pero su origen embrionario son las **células mesenquimáticas derivadas del mesodermo**, las cuales dan también lugar al resto de tejidos conectivos (dependen del **gen Myf5**). Este tipo de tejido está presente en todos los mamíferos y en algunas especies de animales no mamíferos.

Su capacidad para almacenar lípidos se basa en unas células capaces de contener en su citoplasma, grandes gotas de grasa: los **ADIPOCITOS**. Estos almacenes de energía se emplean para proporcionar moléculas energéticas a otros tejidos o para generar directamente calor.

Los adipocitos se agrupan estrechamente y en gran número, para formar el tejido adiposo, aunque también se pueden encontrar dispersos en el tejido conectivo laxo.

Hay dos tipos de tejido adiposo: el formado por **grasa blanca (o unilocular)**, cuyos adipocitos presentan una **gran gota de lípidos**, y el formado por **grasa parda (o multilocular)**. El color blanco (a veces amarillento) o pardo se refiere al color de la grasa en su estado fresco.

Aunque los dos tipos de grasa derivan de células mesenquimáticas, lo hacen a partir de poblaciones diferentes. De hecho, la grasa parda comparte progenitor con las células musculares, no así la blanca.



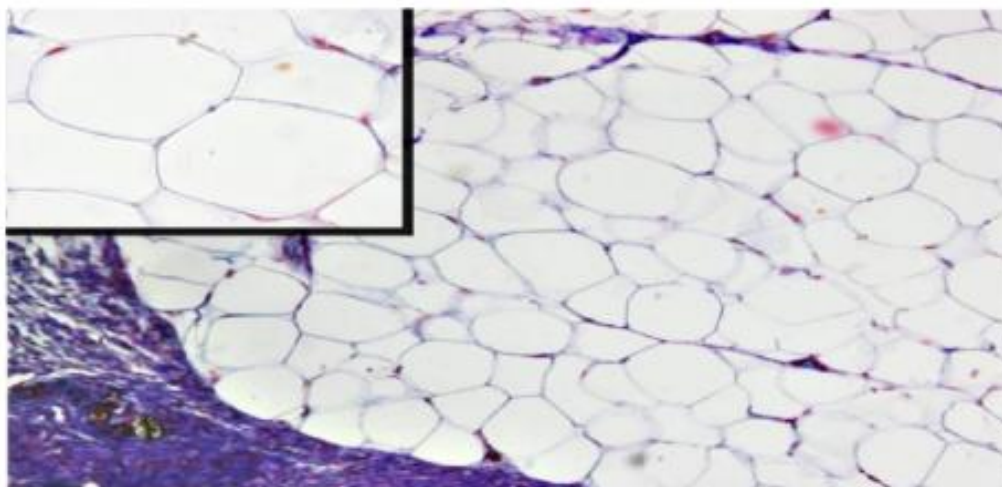
TEJIDO ADIPOSO BLANCO O UNILOCULAR

El tejido adiposo blanco o unilocular que forma la grasa blanca está presente en **todos los mamíferos** y es el tejido graso predominante. Los adipocitos en este tejido son células redondeadas muy grandes, de más de 100 μm de diámetro, que poseen **una sola y gran gota de grasa**, la cual ocupa prácticamente todo el citoplasma, de ahí el nombre de unilocular. Tanto el núcleo como el resto de los componentes citoplasmáticos forman un **fino anillo periférico**.

Es frecuente observar en animales bien alimentados, adipocitos que presentan numerosas gotas de grasa, dispersos entre otros que son claramente uniloculares. No hay que confundirlos con los adipocitos multiloculares de la grasa parda ya que durante la diferenciación los adipocitos uniloculares contienen múltiples gotas de grasa en su citoplasma. Todas esas gotitas de grasa se condensarán en una sola cuando el adipocito madure. Es decir, **los adipocitos de la grasa blanca pueden pasar por periodo multilocular durante su diferenciación**. Sin embargo, en mucha menor cantidad se pueden observar adipocitos denominados **beige**, posiblemente derivados de los propios adipocitos blancos, con las **mismas características que los adipocitos de grasa parda**.

Los adipocitos están separados por **finas capas de tejido conectivo laxo** formado sobre todo por **fibras reticulares**, que son secretadas por ellos mismos. Además, rodeando al adipocito hay fina y distinta capa de material extracelular denominada **LÁMINA EXTERNA**, similar a la lámina basal de los epitelios. En la zonas del cuerpo sometidas a estrés mecánico el tejido adiposo forma **lóbulos**, los cuales son grupos de adipocitos separados por láminas de tejido conectivo, denominadas **SEPTOS**, que pueden ser más o menos anchas dependiendo de la resistencia mecánica que deban ejercer.

En el tejido adiposo también se encuentran mastocitos, macrófagos, algunos fibroblastos, leucocitos y células precursoras de los adipocitos. El tejido adiposo unilocular se localiza sobre todo en el **tejido subcutáneo, donde forma la hipodermis**. En humanos existen zonas de alta acumulación de adipocitos que suelen tener diferentes localizaciones en hombres y en mujeres. Parece además que los diferentes depósitos de grasa en el cuerpo tienen diferentes funciones. Internamente es abundante en los mesenterios e intraperitonealmente, y menos proporción en la médula ósea y otras regiones alrededor de los órganos. La hipodermis, además de actuar como lugar de **reserva** también funciona en algunas especies como **capa aislante frente al frío**. Asimismo, la grasa que se encuentran en la planta de los pies o en la palma de las manos tienen una función de **protección mecánica** más que reserva de energía.



TEJIDO ADIPOSO PARDO O MULTILOCULAR

La grasa parda está formada por adipocitos maduros que contienen, no una, sino **numerosas gotas de lípidos**. Así, las imágenes de microscopía óptica muestran estas células con numerosos huecos, debido a que durante el procesamiento histológico estándar se eliminan las sustancias grasas, por ello también se llaman **adipocitos multiloculares**.

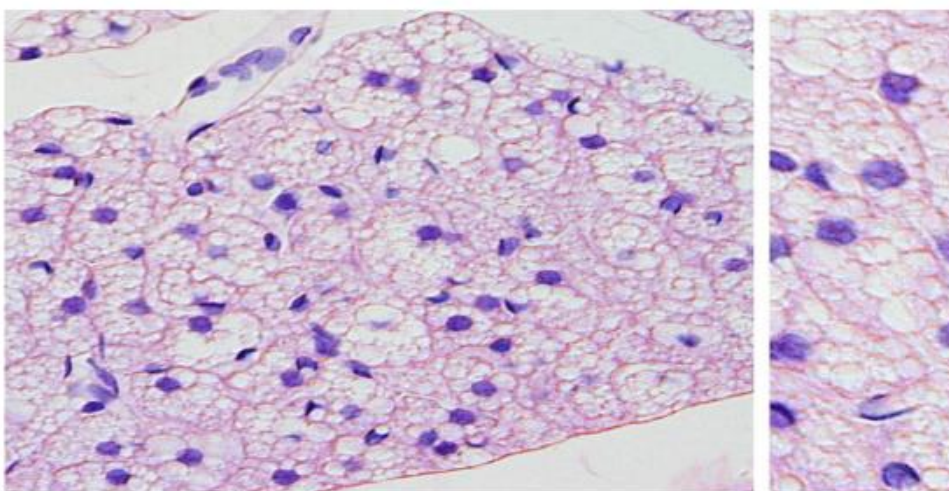
La grasa parda es frecuente en los **animales hibernantes y en los fetos y neonatos de mamíferos**, mientras que en los adultos está muy reducida. Durante el desarrollo, **la grasa parda aparece antes que la blanca**. En humanos se puede encontrar en muchas regiones que se pueden dividir en dos:

- **Viscerales: perivasculares** (arterias aorta, carótidas, braquicefálicas, coronarias epicardiales, venas cardíacas, arteria mamilar interna, arterias y venas intercostales), **en torno a órganos huecos** (corazón, tráquea, bronquios mayores, mesocolon, omentum principal) y **en torno a órganos sólidos** (torax paravertebral, páncreas, riñón, hígado, hilio del bazo).

- **Subcutánea:** músculos anteriores del cuello, fosa supracavicular, bajo las clavículas, axila, pared abdominal anterior, fosa inguinal.

El tejido de grasa parda está dividido en **lóbulos y lobulillos separados por tejido conectivo** por el que viajan numerosos vasos sanguíneos, mucho más abundantes que en el adiposo blanco. Está innervado por el sistema simpático que, tras la estimulación, hace que los adipocitos **generen calor**. Los adipocitos multiloculares de la grasa parda son más pequeños que los uniloculares y su núcleo no suele estar aplanado, sino **redondeado y situado en cualquier parte del citoplasma**.

El color pardo de este tipo de grasa en fresco es debido a la **presencia de multitud de MITOCONDRIAS en su citoplasma, las cuales contienen una gran cantidad de citocromo oxidasa**. También ayuda al color su **ALTA VASCULARIZACIÓN**. Los adipocitos se caracterizan por poseer la **proteína UCP1**, la cual desacopla la cadena de transporte de electrones de la síntesis de ATP, de manera que esa energía se emplea en la **producción de calor**. El aspecto de los adipocitos multiloculares puede cambiar según las condiciones ambientales, al menos en ratones. Se ha comprobado que en **condiciones de temperatura alta o cálida**, cuando no se necesita producir calor, los adipocitos de grasa parda **se parecen a los de la grasa blanca**. Cuando se someten después a bajas temperaturas, revierten su aspecto a multiloculares y aumentan en número.

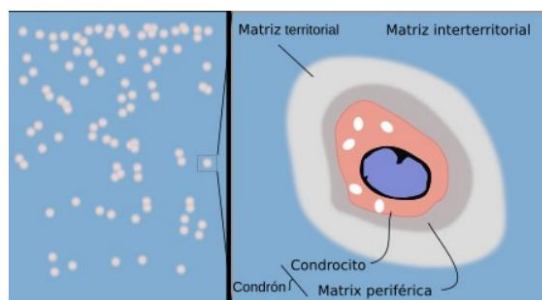


TEJIDO CARTILAGINOSO

Es, junto con el hueso, uno de los **principales tejidos de soporte de los animales**. Su función es posible gracias a las **propiedades de su matriz extracelular**.

Es un tejido generalmente **avascular**, alinfático y sin terminaciones nerviosas. Sus propiedades mecánicas y bioquímicas están determinadas por su matriz extracelular, la cual está formada fundamentalmente por **colágeno** (15-20 %), sobre todo el **tipo II**, por **proteoglicanos**, sobre todo el **agrecano**, y glicoproteínas (10 %) y por **agua** (65-80%). El colágeno es el principal responsable de la resistencia a estiramientos, mientras que el **agrecano** permite la resistencia a presiones, además de favorecer una gran hidratación.

Las células que componen el cartílago son los **CONDROCITOS**, los cuales se localizan en pequeñas oquedades diseminadas denominadas **lagunas**. Son células **redondeadas o elipsoides** con una superficie con **numerosas microvellosidades irregulares**. Los condrocitos jóvenes muestran orgánulos secretores, retículo endoplasmático y aparato de Golgi, muy desarrollados, puesto que son capaces de sintetizar colágeno y fibras elásticas. También poseen inclusiones de glucógeno y gotas de lípidos. Cada condrocito está rodeado por una **delgada capa pericelular de matriz extracelular**, diferente al resto de la matriz del cartílago, que junto con el condrocito forman lo que se denomina **CONDROÓN** o **CONDROMA**.



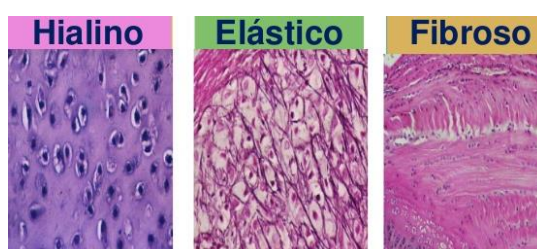
La mayor parte del cartílago, excepto el tipo de cartílago denominado **fibrocartílago**, está rodeado por una capa de tejido conectivo denominada **PERICONDRIO**. Éste posee dos capas:

- **Pericondrio fibroso** (capa externa). Formada por tejido conectivo fibroso que contiene fibroblastos y fibras de colágeno.

- **Pericondrio condrogénico** (capa interna), donde se encuentran las **células condrogénicas** y los **condroblastos** que, por diferenciación, darán lugar a los condrocitos. Las células condrogénicas producen a los condroblastos y estos últimos son los responsables de **sintetizar la matriz cartilaginosa**. A medida que la sintetizan se van rodeando de ella y se transforman en **condrocitos**, los cuales seguirán produciendo y remodelando la matriz a su alrededor. Este crecimiento se conoce como **crecimiento por aposición o pericondrial**. En el cartílago joven, sin embargo, los condrocitos pueden dividirse y contribuyen a la formación de matriz extracelular en lo que se denomina **crecimiento intersticial**. Este último puede ser de dos tipos:

- **Isogénico axial**. La mitosis se efectúa en una dirección.
- **Coronario**. La mitosis se efectúa en varias direcciones.

Existen 3 tipos de cartílago: hialino, articular y elástico.



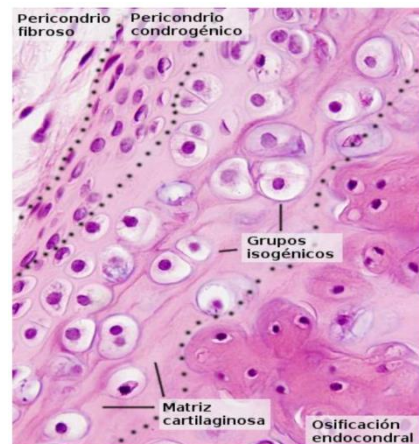
CARTÍLAGO HIALINO

El cartílago hialino es el cartílago **más ampliamente distribuido**. Está asociado comúnmente con el hueso. Se encuentra como parte del esqueleto del embrión y en animales adultos, aparece en los **anillos de la tráquea**, bronquios, la nariz, laringe, superficies articulares y en las zonas de unión de las costillas al esternón. Con el paso de los años, el cartílago va perdiendo proporción de agua y puede disminuir el suministro a las zonas centrales con lo que pueden aparecer zonas necróticas. El cartílago hialino **sólo se puede regenerar cuando se conserva el pericondrio**.

El cartílago hialino presenta dos partes: el **pericondrio**, más externo, y el **cartílago maduro**, más ancho e interior.

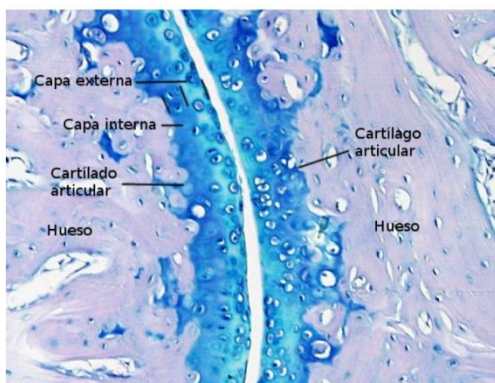
El **cartílago hialino maduro** muestra una **matriz extracelular de aspecto homogéneo**. En ella predomina el **colágeno tipo II**, aunque también existen otros tipos de colágeno, además de **proteoglicanos**. La matriz extracelular es secretada por los **condrocitos**, los cuales se encuentran en unas cavidades denominadas **lagunas**. Los condrocitos tienen forma ovoide o redondeada y se suelen asociar por **parejas o tétradas** formando los llamados **grupos isogénicos**, los cuales están **separados entre sí por la matriz interterritorial**.

En la matriz periférica, la que rodea directamente al condrocito, abundan los **colágenos tipo VI y los proteoglicanos**, pero hay poco colágeno tipo II. El pericondrio es una **vaina de tejido conectivo condensada que recubre al cartílago maduro**.



*CARTÍLAGO ARTICULAR

El cartílago articular es un **tipo de cartílago hialino que se encuentra en las articulaciones sinoviales** (poseen un alto grado de movimiento). **Carece de pericondrio** y su principal misión es **servir de almohadilla para las presiones mecánicas y proporcionar una superficie lisa y lubricada que contrarresta el rozamiento entre los huesos durante el movimiento**.

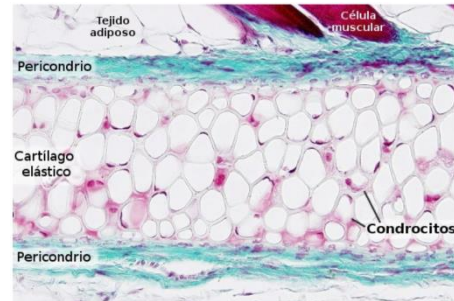


Posee varias capas. La más externa está en contacto con el líquido sinovial y es un **cartílago con matriz no calcificada con fibras largas y cruzadas de colágeno**. Le sigue una **franja irregular y estrecha de matriz extracelular algo calcificada**. Entre ésta y el hueso se extiende una **capa de cartílago con matriz calcificada**, la cual se continúa con la matriz del hueso. Mientras que la capa superficial se encarga de resistir fricciones, la media, y sobre todo, la profunda contrarrestan las presiones mecánicas.

Su matriz extracelular, además de agua, posee **colágeno tipo II**, el más abundante, y proteoglicanos, sobre todo el **agrecano** y el **condroitín sulfato**.

CARTÍLAGO ELÁSTICO

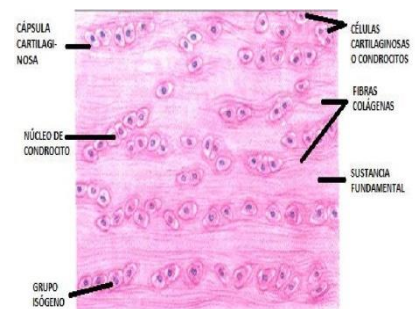
El cartílago elástico se caracteriza por contener una **gran cantidad de fibras elásticas**, lo que le confiere la capacidad para estirarse sin romper su estructura, y se encuentra en lugares como el oído externo, en el conducto auditivo externo, trompa de Eustaquio, epiglotis y en la laringe. Posee **poca matriz extracelular**, la cual está formada principalmente por fibras elásticas muy ramificadas, que contribuyen a las propiedades mecánicas de este tejido, pudiendo llegar a representar hasta el 20 % del peso seco de este tejido. El **colágeno** que predomina es el **tipo II**. El cartílago elástico no se forma a partir de centros de condricificación, sino **a partir de tejido mesenquimático**. En su periferia se localiza el pericondrio formando una vaina muy delgada de tejido conectivo altamente condensado. Los grupos isogénicos, grupos de 2 a 4 condrocitos, no son fáciles de observar. **El cartílago elástico no se osifica ni tiene capacidad de regeneración.**



CARTÍLAGO FIBROSO O FIBROCARTÍLAGO

Se encuentra en lugares como los discos intervertebrales, algunas articulaciones, en la inserción del tendón a la epífisis del hueso, en zonas de las válvulas del corazón y en el pene de algunos animales. Normalmente está **rodeado por cartílago hialino**. Es un tejido con **propiedades intermedias entre el tejido conectivo denso y el cartílago hialino**, y es el más **resistente** de los cartílagos. Sus células pueden disponerse de forma irregular y más dispersas que en el hialino, pero también aparecen formando **hileras**, y a veces es difícil distinguir los condrocitos de los fibroblastos.

Su matriz extracelular contiene sobre todo **colágeno tipo I**, aunque otros tipos están presentes. Estas **fibras de colágeno** suelen estar **orientadas en la dirección de las tensiones mecánicas**. Posee **pocas fibras elásticas** y el mayor componente de la matriz amorfa está formada por proteoglicanos, aunque menos que en el cartílago hialino. La proporción de sustancia fundamental de la matriz extracelular es menor que otros cartílagos, y esto hace que se puedan apreciar bien las fibras de colágeno. Es menos elástico que el cartílago hialino pero más que, por ejemplo, los tendones.



NUTRICIÓN DEL CARTÍLAGO Y TEJIDOS ESPECIALES

Los cartílagos son **avascularizados**, pero se encuentran **cercanos a las zonas donde está irrigado**. Es por esto, que los nutrientes de los vasos difunden de zonas más cercanas al vaso y por diferencia de presión osmótica llega a zonas más alejadas del cartílago avascular. El cartílago puede obtener sus nutrientes de **vasos sinoviales, líquido sinovial y vasos subcondrales**.

Además, existen **2 tipos de tejidos cartilagosos especiales**: **articular**, que recubre las superficies articulares de la zona de la epífisis; y el **cartílago de conjunción**, presente en el crecimiento y encargado de separar las epífisis de las diáfisis, transformando el cartílago en hueso (**osificación**).

TEJIDO ÓSEO

Es el **principal tejido de sostén y protección en vertebrados**. El hueso, como los restantes tejidos conjuntivos, está formado por células, fibras y sustancia fundamental, pero, a diferencia de los otros, sus **componentes extracelulares están calcificados** y le convierten en un **material duro y firme**, idealmente adecuado para su función de soporte y protección.

1. FUNCIONES DEL TEJIDO ÓSEO

Las **funciones del tejido óseo** son las siguientes:

- Proporciona **apoyo interno al cuerpo y ofrece lugares de inserción** a los músculos y tendones, que son esenciales para el movimiento.
- **Protege** los órganos vitales de las cavidades craneal y torácica, envuelve a los elementos formadores de la sangre de la médula ósea (**tejido hematopoyético**).
- Almacena y es regulador metabólico de elementos como el **calcio** o el **fósforo**.

2. COMPONENTES DEL HUESO

El hueso está en **continua remodelación** y las células encargadas de destruir o degradar hueso se denominan **osteoclastos**, mientras que su formación se lleva a cabo por los **osteoblastos**, los cuales van quedando encerrados en cavidades de matriz extracelular y terminan por convertirse en **osteocitos**. Las células que constituyen el hueso maduro se denominan **osteocitos**. Al contrario que el cartílago, el hueso es un tejido fuertemente irrigado por el **sistema sanguíneo**.

Según su organización microscópica, el hueso puede ser:

- **No laminar o amorfo**. Fibras entrecruzadas (en recién nacidos y callos de fractura)
- **Laminar**. Fibras paralelas que forman haces
- **Osteónico o laminar concéntrico**. Fibras paralelas que se disponen formando fibras concéntricas.

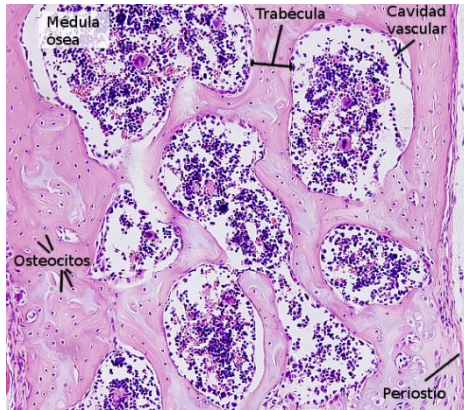
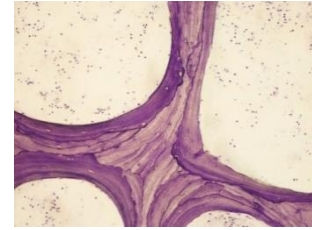
El componente más característico del hueso es una **matriz extracelular mineralizada**, que contiene **cristales de hidroxapatita (fosfato cálcico cristalizado)**, **fibras de colágeno tipo I** y **glicosaminoglicanos**, en menor cantidad. Esta composición confiere al tejido óseo una gran consistencia, dureza, **resistencia a la compresión** y cierta elasticidad.

Según la densidad de la matriz, el hueso presenta 2 variables (macroscópicas):

- **Esponjoso o trabecular**. La matriz presenta numerosas oquedades que le dan un aspecto laxo.
- **Compacto o cortical**. La matriz es muy densa y sin cavidades vacías.

HUESO ESPONJOSO O TRABECULAR

Posee grandes espacios denominados **cavidades vasculares**, ocupados por vasos sanguíneos y elementos hematopoyéticos. Estas cavidades están delimitadas por **trabéculas óseas** en las cuales las fibras de colágeno pueden estar dispuestas de manera **entrecruzada** (**hueso trabecular no laminar**) o bien **ordenadas en laminillas óseas** (**hueso trabecular laminar**).



Las trabéculas óseas están formadas por láminas óseas de espesor variable (3-7 μm) que son capas bien diferenciadas de matriz recorridas por fibras colágenas paralelas entre sí, en donde los osteocitos se distribuyen regularmente.

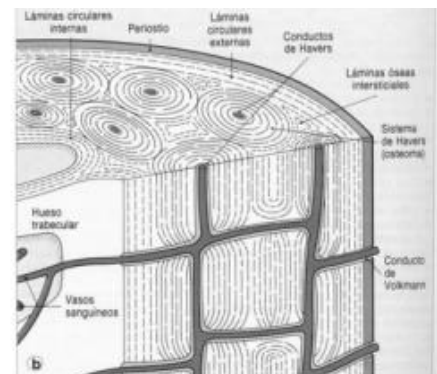
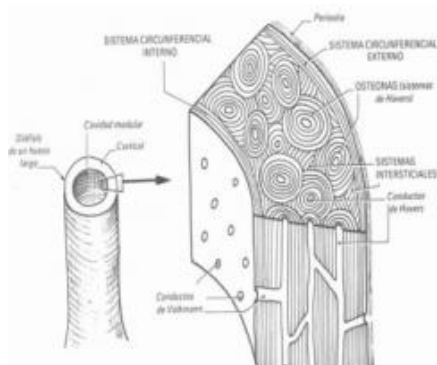
Generalmente, durante la formación de los huesos u **osteogénesis** se forma primero un hueso **trabecular no laminar**, denominado primario, que posteriormente es sustituido por un hueso secundario, que es **trabecular laminar**. Este último se encuentra por lo general en el interior de los huesos, como el interior de la diáfisis o en la cabeza de los huesos largos, siempre rodeado por hueso compacto.

HUESO COMPACTO O CORTICAL

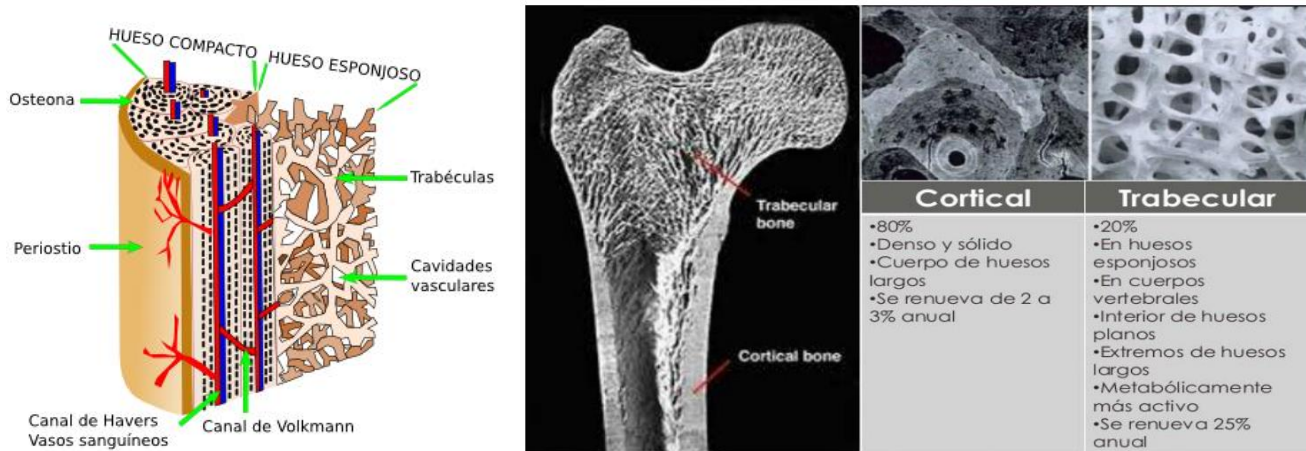
No posee **cavidades vasculares**, sino que su matriz extracelular ósea (mineralizada) se ordena en **laminillas óseas**, las cuales se pueden disponer de manera **paralela** (**hueso compacto laminar**) o de manera **concéntrica alrededor de un canal** (**hueso compacto de tipo osteónico**). Por este canal, denominado **CANAL DE HAVERS**, discurren vasos sanguíneos y nervios, y **junto con las laminillas óseas concéntricas y los osteocitos**, dispuestos entre las laminillas, forman un conjunto denominado **OSTEONA** o sistema de Havers. Los canales de Havers de osteonas cercanas están conectados mediante **canales transversales** denominados **CANALES DE VOLKMANN**. Del orden de 4 a 20 laminillas óseas se disponen alrededor de un canal de Havers.

Los osteocitos se encuentran en unos huecos localizados en las laminillas óseas denominados **lagunas**. De estas lagunas salen pequeños conductos, denominados **canalículos**, por donde los osteocitos emiten prolongaciones celulares. Los canalículos se abren a los canales de Havers por donde viajan los vasos sanguíneos, y desde donde los osteocitos obtienen los nutrientes. Los nutrientes no se difunden por la matriz sino que lo obtienen por esos canales.

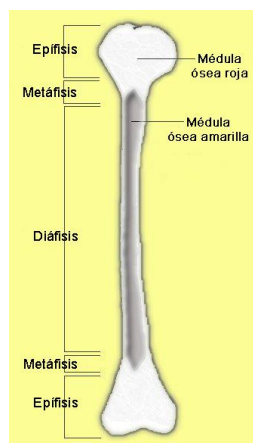
Conjunto de canales + laminillas + lagunas + canículas asociadas a él, se denomina osteona, unidad de la estructura del hueso compacto osteónico.



*DIFERENCIAS ENTRE HUESO ESPONJOSO Y COMPACTO



3. PARTES DEL HUESO (MACROSCÓPICAMENTE)



- **Diáfisis.** Es un cilindro cuyas paredes son de tejido óseo compacto, con una cavidad central (cavidad medular), que contiene la médula.

- **Epífisis.** Son los extremos de la diáfisis. Están formados por tejido óseo esponjoso, recubierto periféricamente por una fina capa de tejido hialino (cartílagos articulares). Los espacios comprendidos entre las trabéculas de tejido óseo esponjoso de la epífisis comunican directamente con la cavidad medular de la diáfisis.

- **Metáfisis.** Zona constituida por columnas de tejido óseo esponjoso que une la epífisis con la diáfisis. Durante el desarrollo del hueso largo, la metáfisis está separada de la epífisis por el cartílago de conjunción.

4. DISTRIBUCIÓN TOPOGRÁFICA (MICROSCÓPICAMENTE)

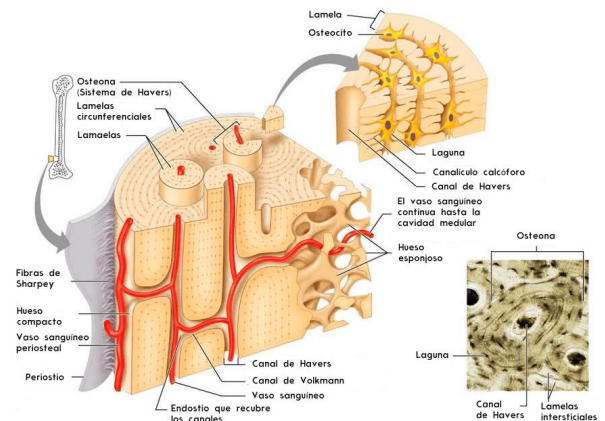
Las superficies internas o medulares de los huesos compactos, así como las cavidades vasculares del hueso esponjoso, están recubiertas por el denominado “**endostio**”, que contiene células osteogénicas, osteoblastos y osteoclastos.

Recubriendo al hueso externamente se encuentra el “**periostio**” formado por una **capa externa de tejido conectivo fibroso** y por otra capa más próxima al hueso que contiene **material osteogénico**, donde se encuentran los osteoblastos. Esta envuelta se encuentra **sujeta al hueso mediante haces de colágeno embebidos en la matriz calcificada** y falta en los lugares de inserción de tendones y ligamentos, y en alguna superficie del fémur, del astrágalo y en la rótula.

El **periostio** es una lámina de tejido conjuntivo fibroso, dispuesta por fuera de los huesos. Tiene 2 capas:

- **Capa externa.** Contiene haces de fibras colágenas. Algunas penetran en el hueso y fijan el periostio al hueso, las denominadas **fibras de Sharpey**. Esta capa es rica en vasos sanguíneos y nervios, que llegan al hueso mediante los conductos de Volkmann.
- **Capa interna.** Está en contacto con el hueso y formada por células conjuntivas que pueden transformarse en osteoblastos.

El **endostio** es una lámina de tejido conjuntivo que tapiza la superficie interna de la cavidad medular de la diáfisis y la cavidad del hueso esponjoso. El endostio también está dotado de capacidad osteógena.



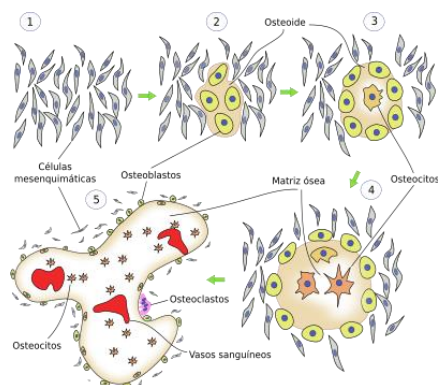
5. OSTEOGÉNESIS

La osteogénesis es el **proceso de formación de hueso**. Hay que distinguir entre el origen celular de las células óseas y el modo de formación del hueso:

- **ORIGEN CELULAR DE LAS CÉLULAS.** Hay tres linajes celulares embrionarios que pueden producir células óseas:
 - Desde el **mesodermo paraaxial**. Se producen las vértebras y parte de los huesos del cráneo y la cara.
 - Desde el **mesodermo lateral**. Se forman los huesos de las extremidades.
 - A partir de las **crestas neurales**, derivadas del ectodermo. Se forman huesos del cráneo y la cara.
- **MODO DE FORMACIÓN DEL HUESO (OSIFICACIÓN).** A partir de células mesenquimáticas (procedentes de alguno de los 3 linajes embrionarios anteriores), que puede ser de 2 tipos:

- **Intramembranosa.** Consiste en la formación de hueso directamente desde las células mesenquimáticas. Esto ocurre en los huesos de la bóveda del cráneo, de la cara y de las clavículas, además de otros huesos planos.

Los huesos formados por osificación intramembranosa no tienen osteonas típicas, aunque sí hueso compacto en la periferia y hueso esponjoso en su interior.



1) Células mesenquimáticas. 2) Formación del centro de osificación, producción de osteide y diferenciación de osteoblastos. 3) Diferenciación de osteocitos, producción de matriz ósea. 4 y 5) Crecimiento del hueso desde el borde del hueso donde hay osteoblastos que progresivamente se van convirtiendo en osteocitos para formar las trabéculas óseas. Cuando la trabécula adquiere un tamaño crítico (5) se produce la invasión por parte de los vasos sanguíneos. 5) Trabécula ósea con osteoblastos en la periferia, osteocitos, y osteoclastos, invasión de vasos sanguíneos.

- **Endocondral.** Supone la diferenciación de células mesenquimáticas en cartílago y posteriormente, la sustitución de cartílago por tejido óseo.

6. CÉLULAS ÓSEAS

Existen 3 tipos de células óseas: **osteocito**, **osteoblasto** y **osteoclasto**. Las dos primeras provienen de células mesenquimáticas, pero el osteoclasto no.

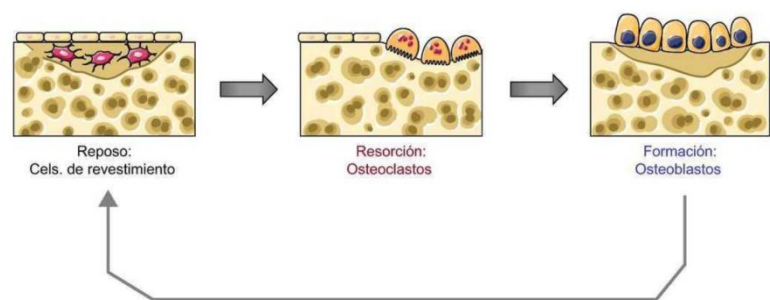
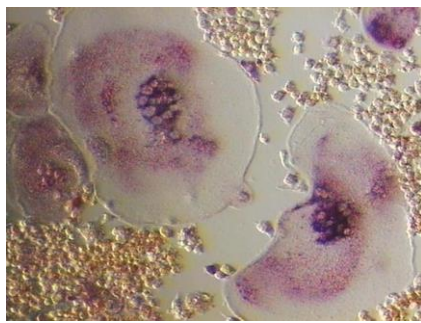
OSTEOCLASTOS

Se encargan de **eliminar hueso**, tanto la matriz ósea mineralizada como la orgánica, mediante **reabsorción**.

Son células **muy grandes y multinucleadas**. Su superficie está orientada hacia el hueso. Presenta una forma muy ondulada, con numerosos y densos **pliegues**. Esta especialización de la superficie se produce cuando está reabsorbiendo hueso, y aquí se localizan numerosas enzimas:

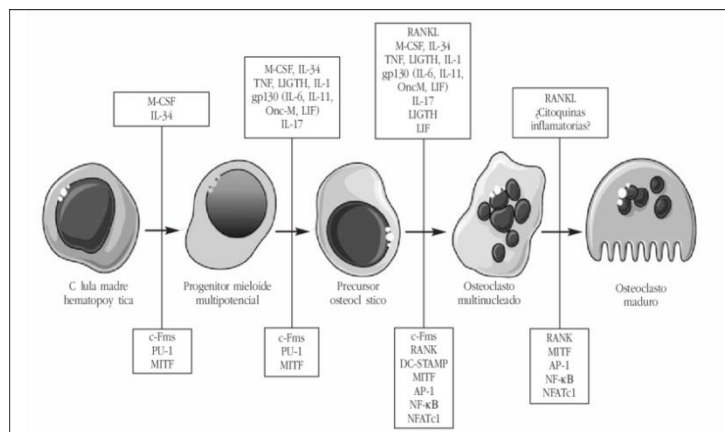
- Mitocondrias grandes y abundantes
- Ácido cítrico, carbónico, láctico... para eliminar y degradar.

Los osteoclastos **vierten su contenido lisosomal al exterior**, produciendo una **acidificación**, gracias a sus ácidos.



Etapas madurativas del osteoclasto

La **célula madre hematopoyética** se va a transformar en osteoclasto. Esta transformación se produce gracias a **RANK** (receptor que va a mandar señales al núcleo para así activar los genes de diferenciación). Una vez esté el osteoclasto activado, se coloca en la periferia del hueso para empezar a degradarlo. Este proceso puede ser inhibido por una sustancia llamada **osteoprotegenina (OPG)**.



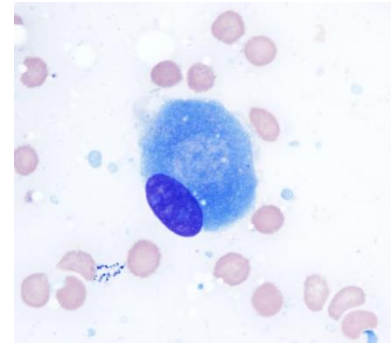
OSTEOBLASTOS

Células especializadas en la **síntesis de matriz ósea** y responsables del **crecimiento y la remodelación del hueso**.

Son células redondeadas, aunque **su forma cambia en función de su actividad metabólica**: columnar (al sintetizar mucha matriz) o aplanadas (su tasa de síntesis es baja).

Las **funciones** de estas células son las siguientes:

- **Producción de colágeno**
- **Elabora componentes de la matriz que intervienen en la regulación autocrina y paracrina de:**
 - División celular
 - Producción de colágeno
 - Mineralización del hueso
 - Resorción ósea

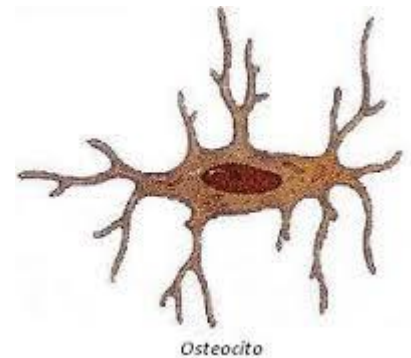


OSTEOCITOS

Células con aspecto de arañas con patas largas más abundante en el hueso maduro. Están rodeados completamente por matriz ósea (baja capacidad de síntesis).

En ellos se localizan lagunas óseas, que corresponden a canales que discurren por la matriz extracelular, denominados **canalículos óseos o conductos calcóforos**, en los cuales se extienden las prolongaciones de los propios osteocitos.

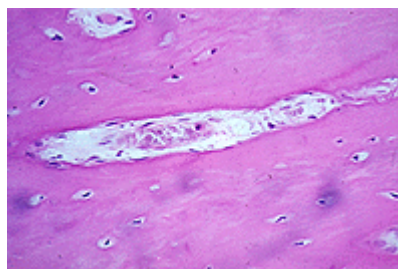
Las prolongaciones de los osteocitos se desarrollan durante la **diferenciación de osteoblastos a osteocitos** y se encargan de **comunicar osteocitos vecinos**.



CÉLULAS DE REVESTIMIENTO

Zonas en las que el hueso no está remodelado. Las superficies óseas están revertidas por una capa de células aplanadas con poco citoplasma y escasos orgánulos, más allá de la región perinuclear.

La células ubicadas en superficies externas se denominan **células del periostio**, y las que tapizan las internas, **células del endostio**.



7. REMODELADO ÓSEO

Es el fenómeno de **continua renovación al que está sometido el hueso** y cuya principal función es **evitar el acúmulo de lesiones por fatiga y el mantenimiento de la homeostasis mineral y el equilibrio ácido-base**.

Es un proceso que implica la retirada de hueso antiguo y su sustitución por uno nuevo. Tiene lugar en las unidades básicas de remodelado (**BMU**), formadas por un grupo acoplado de **osteoclastos y osteoblastos**.

Fases de remodelación

1. **Activación.** Reclutamiento y diferenciación de células mononucleadas para formar preosteoclastos que se unen a la matriz ósea.
2. **Resorción de 2 a 4 semanas.** Se forman las lagunas de resorción.
3. **Acoplamiento RANK-ligando y RANK al hueso.**
4. **Formación ósea.** Sintetizan nueva matriz orgánica (MBU y osteocitos).

8. MARCADORES DE REMODELADO ÓSEO

Marcadores de formación

- **Suero**
 - **Fosfatasa alcalina (BSAP)**
 - **Osteocalcina (OC)**
 - **Propéptidos de colágeno tipo I carboxil terminal (PICP)**
 - **Propéptidos de colágeno tipo I amino terminal (PINP)**

Marcadores de absorción

- **Orina**
 - **Hidroxiprolina**
 - **Piridinolinas totales y libres (Pyd)**
 - **Deoxipiridinolinas totales y libres (Dpd)**
 - **N-telopéptidos de los enlaces de colágena (NTx)**
 - **C-telopéptidos de los enlaces de colágena (CTx)**
- **Suero**
 - **Enlaces únicos a C-telopéptidos de colágena tipo I (ICTP)**
 - **Fosfatasa ácida resistente a tartrato (TRAP)**

9. MATRIZ ÓSEA EXTRACELULAR

Entramado de moléculas, proteínas y carbohidratos que se disponen en el espacio intercelular, y que son sintetizadas y secretadas por las propias. Algunos como el epitelial y el nervioso tienen poca matriz extracelular.

La matriz se compone por:

- Colágeno (I) (90%)
- Componentes no colágenos (10%)
 - Glucosaminoglicanos
 - Proteínas plasmáticas
 - Fosfoproteínas, glicoproteínas aniónicas y sialoproteínas
- Minerales de hueso

La matriz ósea es el componente más característico del hueso, la parte inorgánica de la matriz extracelular mineralizada son los cristales de hidroxapatita. El resto de la matriz lo forma una parte orgánica: las fibras de colágeno y los glicosaminoglicanos.

- **Matriz orgánica**

- Fibras de colágeno (90%)
- Sustancia fundamental
- Confiere propiedades elásticas y de resistencia a la tracción. Dependen en particular del contenido de colágeno.

- **Matriz inorgánica**

- Sales de calcio
- Confiere resistencia a la compresión del tejido óseo
- Ej: fosfato, calcio, magnesio, potasio, bicarbonato...

Además, existen dos **tipos de fibras de colágeno (I)**:

- **Extrínsecas.** Funciones de anclaje
- **Intrínsecas.** Constituyen la masa ósea. Pueden estar entrelazadas, paralelas o en forma ósea laminar.

TEJIDO MUSCULAR

El tejido muscular es **responsable del movimiento de los organismos y de sus órganos**. Está formado por **miocitos o fibras musculares** que tienen la **capacidad de contraerse** y se disponen **en paralelo formando haces o láminas**. Sus células son de origen mesenquimático.

El tejido muscular puede ser:

- **Liso**. Carece de bandas o estrías. Su movimiento es involuntario
- **Estriado**. Presenta bandas o estrías.
 - Estriado **esquelético**: voluntario
 - Estriado **cardíaco**: Miocardio, contracción involuntaria

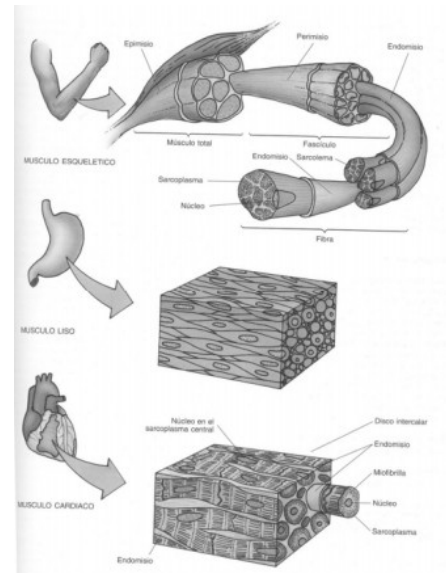
Además, los orgánulos celulares van a tener nombres especiales:

Mitocondrias = sarcosomas

Retículo endoplasmático = Retículo sarcoplásmico

Citoplasma = Sacoplasma

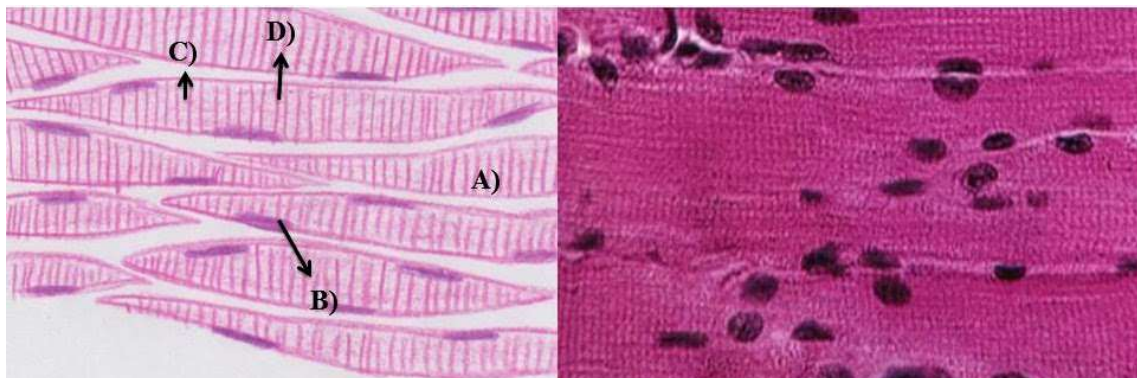
Membrana celular = Sarcolema



MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO

Componentes:

- **Células musculares**. Paralelas entre sí y al eje mayor del músculo
- **Células satélites**. Primitivas, junto a las células musculares intervienen en la regeneración del músculo.
- **Tejido conjuntivo**. Función de unir y transmitir los movimientos de contracción.
- **Vasos sanguíneos y linfáticos**.
- **Fibras nerviosas sensitivas y motoras**.

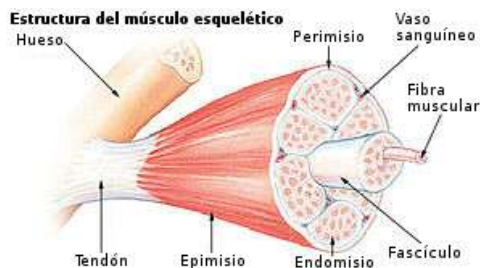
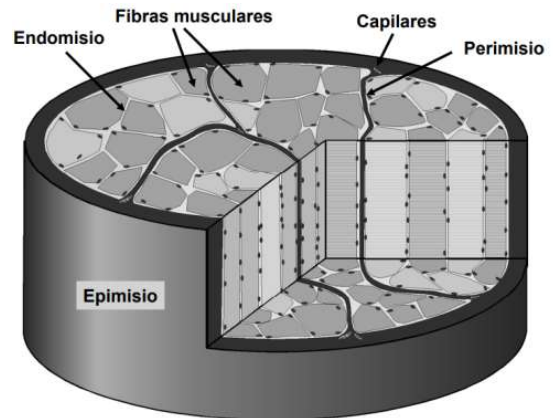


Organización:

Las células musculares se asocian entre sí para formar las **fibras musculares**, limitadas y unidas por tejido conjuntivo, y que se unen a su vez para formar el músculo esquelético.

Las fibras musculares están rodeadas por una lámina basal (que es una matriz extracelular) y por fibras reticulares y de colágeno (**ENDOMISIO**). Además, cada fascículo muscular está rodeado por otra envuelta de tejido conjuntivo denso (**PERIMISIO**), y todo el músculo por el **EPIMISIO**, también tejido conjuntivo.

Por estas envueltas de tejido conjuntivo, penetran y se dispersan los **vasos sanguíneos y ramificaciones nerviosas**, que controlan la contracción muscular.



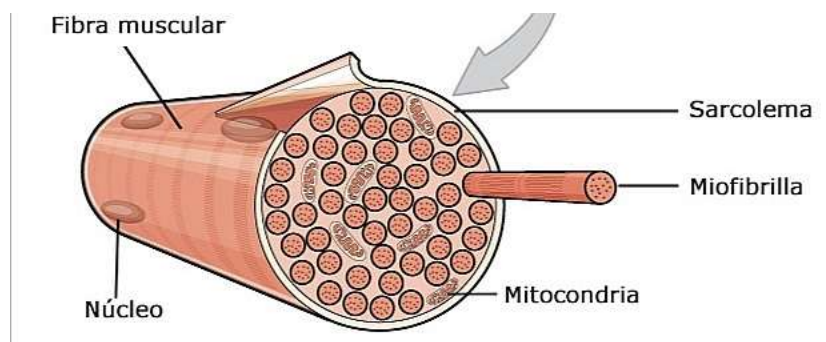
Por tanto, el músculo se divide en fascículos, rodeados de perimisio, y estos en fibras, rodeadas de membrana plasmática, con miles de **miofibrillas que contienen los filamentos contráctiles (3000 de actina y 1500 de miosina)**.

Las **estrías** de este tejido se deben a la **disposición organizada de filamentos finos (actina) y gruesos (miosina)**. El **sarcómero** es la unidad contráctil del músculo esquelético.

Células:

Los miocitos son células muy alargadas, no ramificadas, **multinucleadas (sincitios)**, con núcleos en la periferia y dispuestas en paralelo **formando haces o láminas**. No se anastoman nunca.

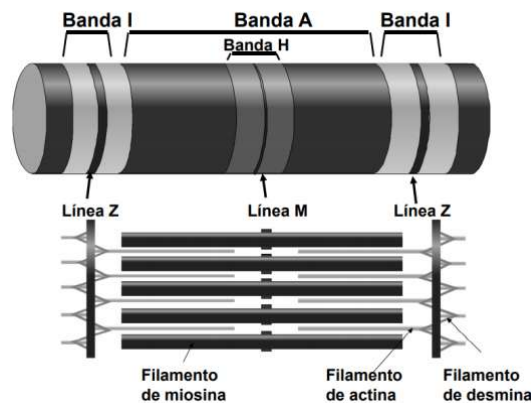
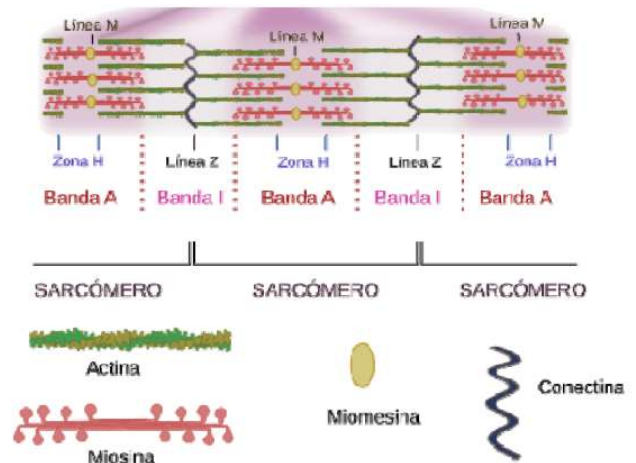
El contenido interno de las células musculares esqueléticas está dominado por el citoesqueleto, formado por **filamentos de actina y miosina II**, una proteína motora. Ambas se asocian en haces (miofibrillas), los cuales están rodeados por retículo sarcoplásmico. Entre las miofibrillas también hay **mitocondrias y cúmulos de glucógeno**.



COMPOSICIÓN ULTRAESTRUCTURAL:

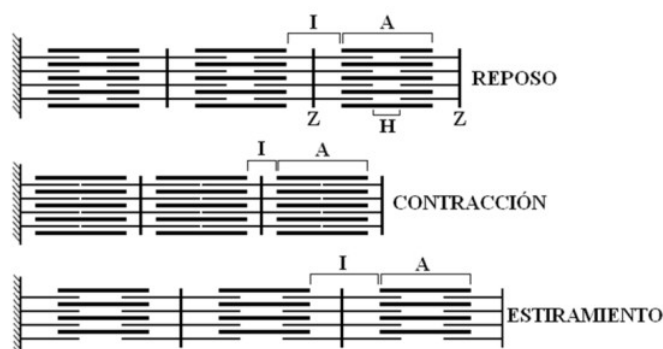
El nombre de célula muscular esquelética estriada se debe al patrón de bandas claras y oscuras que aparece al microscopio óptico, a modo de estrías. Este bandeo es consecuencia de la **superposición de los filamentos del citoesqueleto en las miofibrillas**.

- **Banda oscura o A (anisótropas)**, localizada en el centro del sarcómero y configurada por la superposición de los filamentos de actina y miosina (constantes en la contracción).
- **Bandas claras o I (isótropas)**, filamentos de actina que se localizan a ambos lados de la banda A y se acortan en la contracción.
- **Línea o discos Z (centro de las bandas I)**, región de anclaje de los filamentos de actina de sarcómero y cumple una función mecánica de transmisión de la fuerza desarrollada por la miofibrilla.
- **Banda o zona H (centro de la banda A)**, filamentos de miosina sin solapamiento con los de actina.
- **Banda o línea M (centro de la banda H)**, proteínas que unen la miosina (miomesina o creatincinasa).



CONTRACCIÓN MUSCULAR

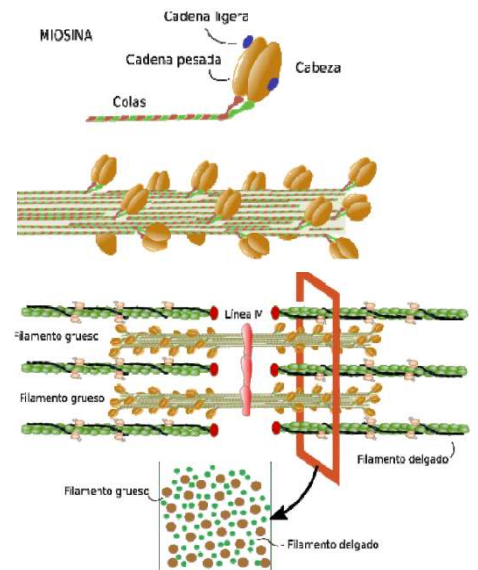
La contracción muscular consiste en la **disminución en la longitud de los sarcómeros y, por tanto, de las fibras musculares**, esto se debe al **deslizamiento de los filamentos finos sobre los filamentos gruesos**. La disminución del sarcómero implica el **acercamiento de las líneas Z**. las **bandas A no varían**, mientras que las **bandas I se estrechan**.



FILAMENTOS GRUESOS

MIOSINA

- **Filamentos gruesos** compuestos por múltiples moléculas de miosina (200 o más).
- Formada por **6 cadenas polipeptídicas**: 2 cadenas pesadas, formando una doble hélice (**cola**) y 4 cadenas ligeras (**cabeza**).
- En un extremo, cada cadena pesada se despliega, formando una **estructura globular**, donde se adosan 2 cadenas ligeras, formando las cabezas de miosina. Las colas se agrupan y forman el cuerpo del filamento.
- La cabeza se separa de la hélice mediante un **brazo flexible**, que permite **angular e interactuar con la Actina G**, formando **puentes cruzados**, dotados de movilidad.
- **MIOSINA = proteína motora**
- La cabeza de la miosina posee **actividad ATP-asa, energía y contracción**.



FILAMENTOS FINOS

ACTINA. Principal componente del filamento delgado del sarcómero. Cada filamento de actina está formado por dos hélices de actina F, compuesta por monómeros globulares de actina G (puntos activos unidos a ADP, puntos de unión de miosina).

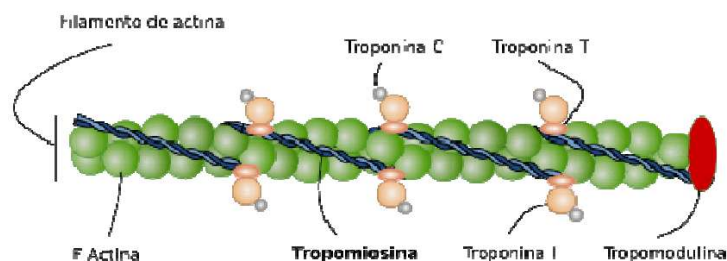
TROPOMIOSINA. Proteína filamentosa que se enrolla en espiral alrededor de la actina. En reposo, impide la tracción entre los filamentos de actina y miosina.

TROPONINA (complejo de proteínas globulares, TIC). Se une a los lados de la tropomiosina a intervalos regulares.

T → Tropomiosina. Une tropomiosina-troponina

I → Inhibición. Inhibe la interacción Actina-Miosina y cubre el sitio de unión para la miosina en la actina.

C → Ca^{2+} . Unión al Ca^{2+} y función de inicio de contracción.



PROTEÍNAS ACCESORIAS

Mantienen la alineación precisa entre filamentos finos y gruesos

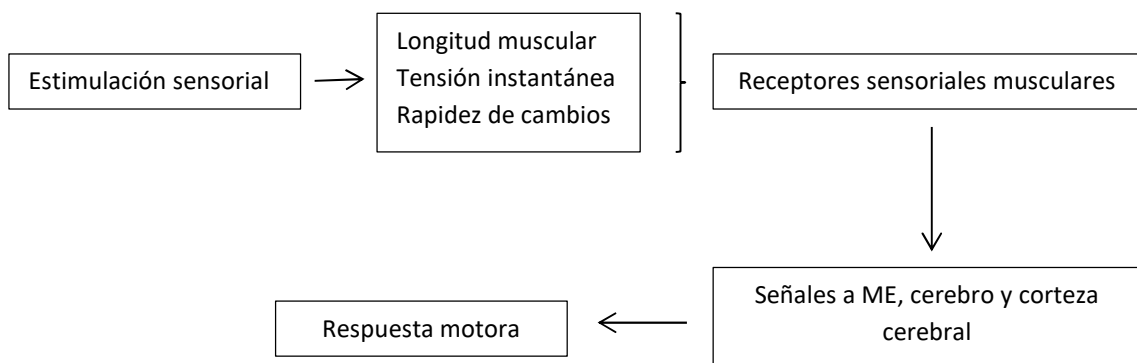
- α -actinina. Mantiene los filamentos una retícula en el disco Z.
- Miomesina. Mantiene los filamentos de miosina formando una retícula en la región de la línea M.
- Titina (conectina). Proteína elástica de gran longitud.
- Desmina. Proteínas con filamentos intermedios
- Proteína C

RELACIÓN DE LAS MIOFIBRILLAS CON LOS ELEMENTOS SARCOPLASMÁTICOS

- **Con las mitocondrias:**
 - En el *sarcoplasma intermiofibrilar*
 - Eje mayor paralelo al de las miofibrillas
 - **Dos por sarcómera**
 - Responsables del **suministro de energía a las miofibrillas**
- **Con el retículo sarcoplasmático (RS)**
 - La membrana se invagina en algunos lugares para formar los **Túbulos T o transversales**. Estos se localizan a nivel de las bandas A-I del sarcómero, se disponen próximas a las cisternas del RS.
 - Se forman unas estructuras denominadas **TRIADAS** (túbulos T- cisterna- túbulos T).
 - De esta manera, una **despolarización del sarcolema** se traduce rápidamente en una **liberación de Ca^{2+}** , desde el retículo y se produce una **contracción de la célula**.

INERVACIÓN SENSITIVA:

Los receptores sensoriales musculares van a ser: **husos musculares** y **órganos tendinosos de Golgi**.



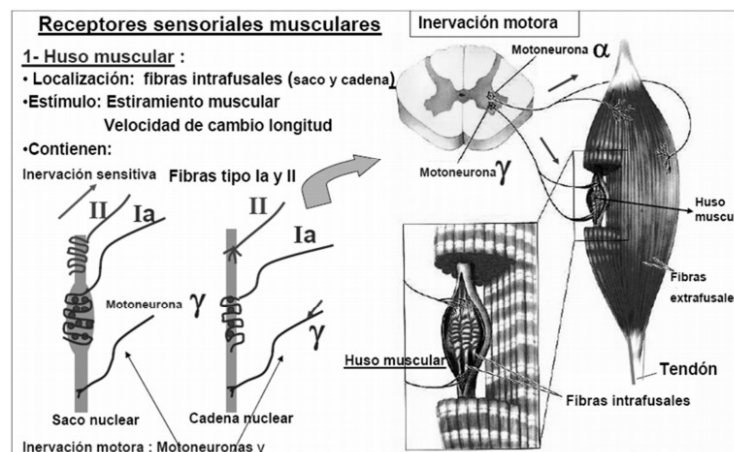
HUSO MUSCULAR

El huso neuromuscular es un **receptor del reflejo miotático para ajustar el tono muscular**. Los músculos tienen un **sensor encapsulado** especializado que se denomina **huso neuromuscular**, en el que se contienen los componentes sensitivos y motores. Corresponde a entre **2 y 14 fibras musculares estriadas especializadas** y rodeadas por una vaina fusiforme o cápsula de tejido conjuntivo. Las fibras musculares especializadas del interior del huso muscular se denominan **fibras intrafusales**.

Existen dos tipos de fibras intrafusales:

- **Fibra de la bolsa nuclear**, que cuenta con una región central sensitiva a modo de bolsa no contráctil.
- **Fibra de cadena nuclear**. Se llama así porque en su porción ventral contiene núcleos dispuestos en forma de cadenas.

Aquí se originan las **fibras Ia y IIa** (terminaciones primarias y secundarias).

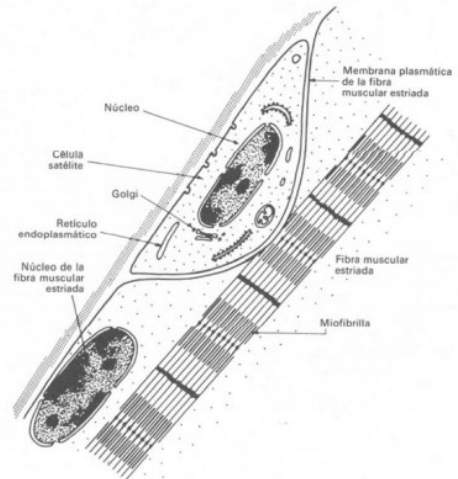


• **Fibras de tipo I o fibras oxidativas lentas**: son lentas y aparecen rojas en el estado fresco. Tienen abundantes mitocondrias, gran cantidad de mioglobina y concentración elevadas de enzimas oxidativas lentas. Realizan una contracción lenta y resistente a la fatiga pero generan menos tensión muscular. Su velocidad de ATPasa es la más lenta. Son típicas de los músculos largos del dorso de los seres humanos.

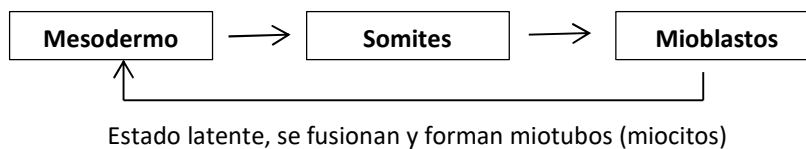
• **Fibras de tipo IIa o fibras glucolíticas oxidativas rápidas**: son las fibras intermedias que se ven en el tejido fresco. Son de tamaño mediano, con muchas mitocondrias y un contenido elevado de mioglobina. Poseen gran cantidad de glucógeno y tienen capacidad de glucólisis anaerobia. Realizan una contracción rápida, es resistente a la fatiga y generan un gran pico de tensión muscular.

ÓRGANO TENDINOSO DE GOLGI

- **Órgano encapsulado que conecta con 10-15 fibras musculares.**
- **Estimulado por la tensión de estas haces musculares.** Informa sobre el grado de tensión del músculo al cerebro.
- **Respuesta estática y dinámica**
- Responde **con intensidad a los aumentos de tensiones bruscas (dinámica) y luego responde en forma estática.**
- Tipos \pm b a la médula, al cerebelo y a la corteza (la señal se transmite).
- En la médula produce señales inhibitorias a la motoneurona para impedir tensiones excesivas a los músculos \rightarrow **Reacción de alargamiento.**



LA HISTOGENÉESIS MUSCULAR



Hay 2 tipos de mioblastos:

- **Presuntos.** Son células alargadas o fusiformes con actividad mitótica intensa.
- **Propiamente** dichos. No tienen actividad mitótica. En ellos comienzan a aparecer los miofilamentos.

MIOTUBOS

- Células cilíndricas, alargadas, en las que la zona axial está ocupada por **núcleos dispuestos en una fila paralela a la membrana plasmática lateral.**
- Proceden de la **fusión de los mioblastos** y en ellos comienzan a aparecer miofibrillas bien organizadas.
- El **aumento progresivo del número de miofibrillas del miotubo** provoca una **migración de los núcleos que pasan de ser centrales a ser periféricos.**
- El miotubo se transforma en una **fibra madura.**

El **crecimiento de las fibras musculares** se realiza gracias a las **células satélite**. Estas células son **mononucleadas con escaso citoplasma** y suelen ser embrionarias. Están situadas entre la lámina basal y la membrana plasmática de las fibras musculares. El crecimiento comienza con la **diferenciación de nuevas fibras**. Para ello se aumenta el diámetro y el número de miofibrillas. Tiene lugar por división longitudinal, dando lugar a miofibrillas de menor diámetro que crecen rápidamente por **aposición de nuevos filamentos de actina y miosina**. Son responsables de las **reestructuraciones ante una rotura (hipertrofia o hiperplasia)**.

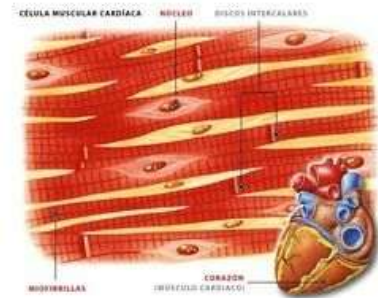


Dr. Prof. Diego Fernández-Lázaro

MÚSCULO ESTRIADO CARDIACO

El **músculo cardíaco o miocardio** forma las partes del corazón y su misión es el bombeo de sangre mediante la contracción de las paredes de este órgano. Este tejido proviene del mesodermo esplánico.

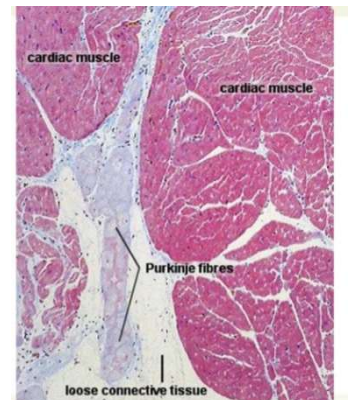
Está formado por **cardiomiocitos, fibroblastos, una densa red capilar y linfática y fibras nerviosas simpáticas y parasimpáticas**. Además, presenta **numerosas gotas de lípidos y glucógeno** (fuente de energía) **en el sarcolema**, **mitocondrias** con muchas crestas (fuente de oxígeno) y **vesículas** que contienen un péptido que regula la presión arterial.



El músculo cardíaco tiene la **capacidad de contraerse de manera espontánea**. Existen **fibras musculares especializadas que generan el estímulo para la contracción**, que actúan a modo de nódulos. Existen diferentes tipos: **células nodales, de los fascículos (Hiss y Purkinje), células de transición y células mioendocrinas**.

Nos vamos a centrar en:

- **CARDIOMIOCITOS – CARDIOCITOS.** Células musculares cilíndricas, mononucleadas y con un núcleo central, grande, ovalado y eucromático. Además son más cortas y anchas que las esqueléticas y poseen ramificaciones. Presentan **estrías transversales** con bandas oscuras y claras, y su sarcolema se invagina formando túbulos T. Están unidos entre sí en una disposición término-terminal, por medio de unas estructuras especializadas llamadas **DISCOS INTERCALARES**, un conjunto de complejos de unión.
- **FIBRA MUSCULAR DE PURKINJE.** Tienen forma irregular y están recubiertas de una malla de reticulina. Contactan unas con otras mediante **desmosomas y uniones gap**, pero **NO forman bandas escaleriformes. Produce y conduce los impulsos eléctricos**.
 - Túbulos T muy rudimentarios, que a veces se confunden con las cisternas del RS.
 - Núcleo: 1-2 claros centrales
 - Citoplasma. Claro, rico en glucógeno. Contiene mitocondrias y restos del aparato contráctil rudimentario. Se localiza en el fascículo de His y la red de Purkinje.



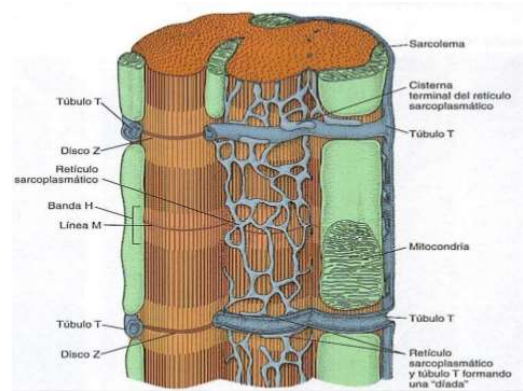
ULTRAESTRUCTURA DE LOS CARDIOCITOS

- **Abundantes mitocondrias**, con múltiples crestas.
- **Sarcoplasma** con numerosas gotas de lípidos y glucógeno (depósito de energía).
- Elevada concentración de **microtúbulos**
- **Citoplasma auricular con vesículas** que contienen ADN (péptido natriurético Atrial), regula la presión arterial, volumen cardíaco y eliminan H_2O , Na^+ y K^+ , reduciendo la volemia.

TÚBULOS T

Las **invaginaciones del túbulo T** son de mayor tamaño, más prominentes que en el esquelético y se localizan en las **líneas Z de sarcómeros** (uno por cada), a diferencia del esquelético, que se ubican a nivel de las bandas A-I del sarcómero.

En el cardíaco se forman **DIADAS** (túbulo T + cisterna). Si existe menor cantidad de Ca^{2+} , menor desarrollado estará el retículo endoplasmático.



DISCOS INTERCALARES

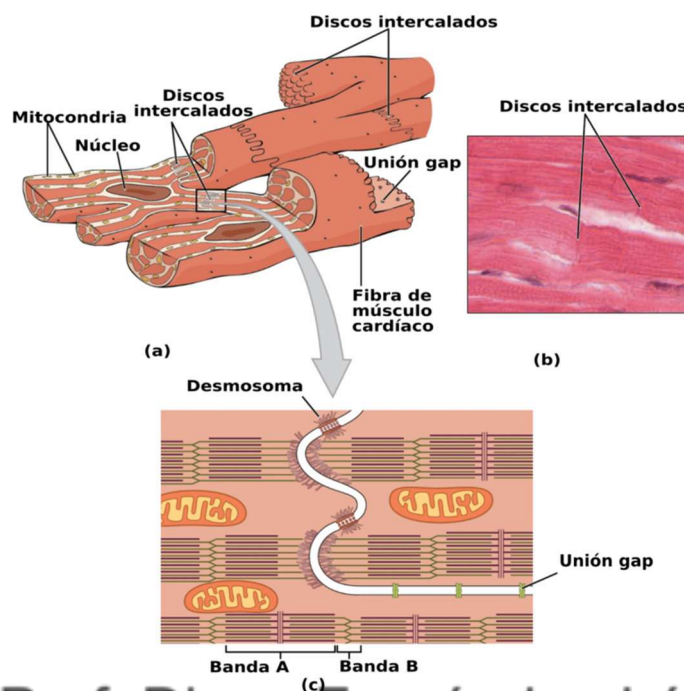
Las membranas de las células adyacentes están separadas por 20 nm. Los cardiocitos están unidos por zonas especializadas de unión, propio Tubulo cardíaco. Estos discos están situados siempre a la altura línea Z.

Los tipos de unión existentes son: Gap Junctions, adherens y desmosoma. Presentan disposición escalonada y forman 2 regiones:

- **Porción transversal.** Representada por la banda Z, a la cual se insertan los filamentos de actina que se unen con α -actinina y la vincula con la fascia adherens.
- **Porción longitudinal.** La membrana plasmática de las fibras contiguas se acercan a muy corta distancia, y es posible ver las uniones en hendidura o **nexus**.

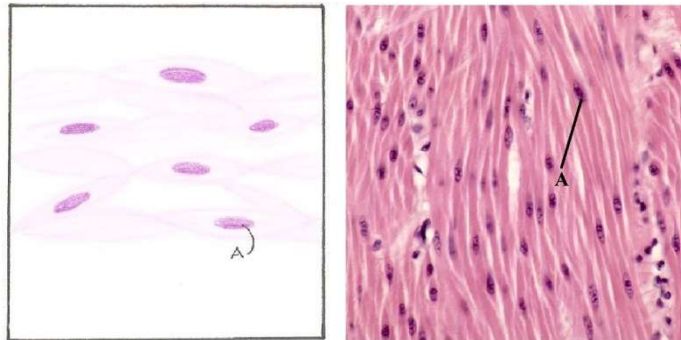
La Fascia Adherens se encarga de **fijar la porción final del sarcómero terminal a la membrana plasmática**. Se encarga de cohesionar las:

- **Máculas Adherens.** Fibras musculares cardíacas que resisten a la tensión durante los latidos.
- **Nexus.** Unión de baja resistencia eléctrica y permite la rápida propagación del potencial de acción de una fibra cardíaca a la vecina, ya que actúan como un **sincitio funcional** (contracción sincrónica).



MÚSCULO LISO

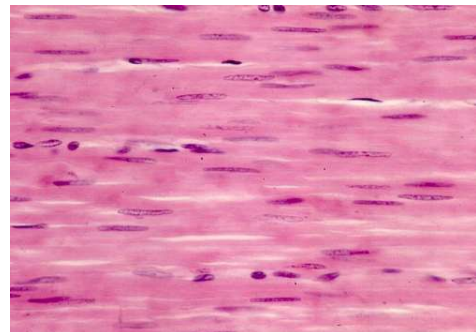
El músculo liso está constituido por la asociación de **células musculares lisas unidas mediante tejido conjuntivo** y se encuentra en **todas las estructuras corporales que no requieren movimientos voluntarios** (músculo involuntario), como el aparato digestivo, vías respiratorias, algunas glándulas, la vesícula biliar, vejiga urinaria, vasos sanguíneos y linfáticos, útero, etc.



Célula muscular lisa

Las células musculares lisas son largas y fusiformes, con unos **extremos ramificados**. Poseen un **núcleo alargado y central**, en cuyos **polos se localizan la mayoría de los orgánulos** y pocos filamentos del citoesqueleto.

Se diferencian del resto de fibras musculares por tener un **retículo sarcoplásmico menos desarrollado** y un **citoplasma homogéneo**, donde se localiza el aparato contráctil que no se organiza en estructuras regulares o estrías visibles. Todas las células están **rodeadas por una capa de matriz extracelular** (lámina basal), que deja algunos espacios. En el músculo liso **no se forman fascículos y, por tanto, carece de este tejido conjuntivo**.



Además, presentan **CAVÉOLAS**, depresiones de la membrana plasmática con estructuras permanentes, implicadas en el transporte de líquidos y electrolitos. Entre estas cavéolas y la membrana, hay aglomerados de proteínas, denominados **CUERPOS DENSOS DEL CITOPLASMA**, ricos en actina y que **se comportan como las bandas Z del músculo esquelético**.

También hay que tener en cuenta que el músculo liso tiene muchos **más filamentos de actina** que de miosina. Además **carecen de troponina**, tienen **CALDESMONA** (bloquea el sitio activo de la actina), actina y tropomiosina. Es necesaria la **fosforilación de las cabezas de miosina**, regulada por el Ca^{2+} .

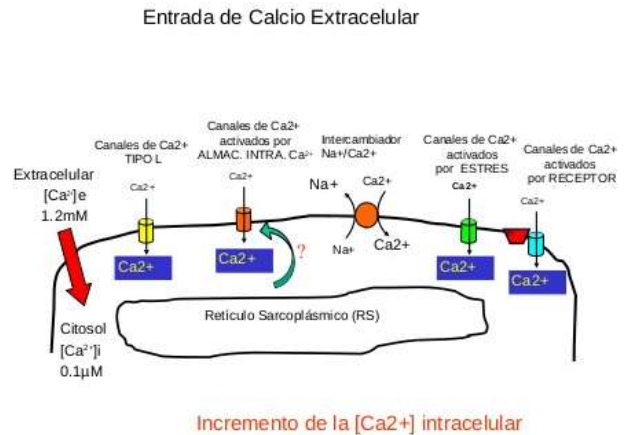
En general, tiene la **mitad de proteínas que el músculo esquelético**, y la cantidad de actina y tropomiosina es similar en ambos. La miosina del liso ha de ser fosforilada para que se produzca la activación de la actina.

CONTRACCIÓN Y ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DEL MÚSCULO LISO

La contracción de las células musculares lisas se produce por la **acción del sistema nervioso autónomo**. La contracción es **más lenta y consume menos ATP** que las musculares esqueléticas. En ocasiones, **carece de inervación nerviosa** y su contracción se debe a la **acción de moléculas (histamina) u otros factores**.

Pasos de la contracción:

1. Estímulo (iniciado en el sarcolema)
2. Aumento de Ca^{2+} citosólico (proveniente de las cavéolas)
3. Entrada desde las cavéolas, el Ca^{2+} activa una quinasa que activa las cadenas ligeras de miosina.
4. Forma los puentes cruzados
5. Contracción



Funcionalmente, hay dos **maneras de organización de los grupos celulares del músculo liso**: como una unidad o como multiunidades.

- **Unidad**. Las células se disponen en láminas (extremo de una célula entre las zonas medias de otras) y, entre ellas, existen uniones de hendidura que permiten que la inervación de unas pocas la contracción en sincronía de todo el grupo.
- **Multiunidades**. cada célula es independiente, tiene su propia inervación, y suelen estar aisladas por tejido conectivo.

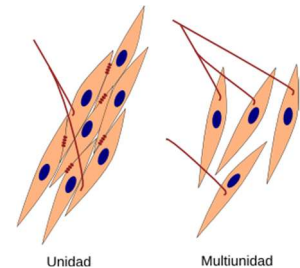
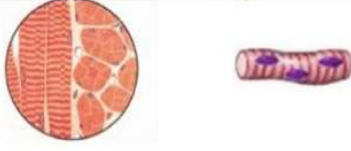
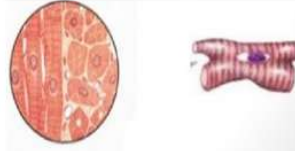
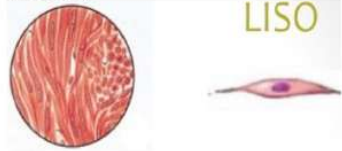


TABLA COMPARATIVA

Músculo		Estriado esquelético	Liso	Estriado cardíaco
Esquema	Corte longitudinal			
	Corte transversal			
Eosinofilia		+++	+	++
Estricciones		++	-	+
Núcleo	Número	Hasta 200	1	1 (o 2)
	Ubicación	Periférico	Central	Central
	Cromatina	Densa	Laxa	Laxa
	Forma	Alargada	Alargada	Ovalada
Discos intercalares		-	-	+
Ultra-estructura	Tubos T	Triadas	Cavéolas	Diadas
	Glucógeno	++	+	+++
Longitud		Hasta 100 μm	20-200 μm	80-100 μm
Contracción		Voluntaria	Involuntaria	Involuntaria
Tipos especiales		Tipo 1, rojas o lentas Tipo 2, blancas o rápidas Tipo 3, intermedias	-	Miocardiocitos auriculares Miocardiocitos ventriculares Fibras de Purkinje

	MÚSCULO ESQUELÉTICO	MÚSCULO LISO
Localización	Asociado al esqueleto	Cavidades tubulares (vísceras), algunas glándulas, el ojo y el pelo
Movimientos	Voluntarios	Involuntarios en su mayoría
Activación por distensión	No (solo músculos de asincrónicos de invertebrados)	Solo el musculo liso visceral
Organización en sarcómeros	Sí	No
Morfología	Polinucleadas	Uninucleadas
	Grandes	Pequeñas
	Regulares	Fusiformes
Retículo Sarcoplásmico	Mucho	Poco
Túbulos-T	Sí (necesidad de que el potencial de acción llegue a toda la célula)	No
Caveolas	No	Sí
Cuerpos densos	No	Sí
Moléculas implicadas en la contracción	Miosina	
	Actina (G y F)	
	Tropomiosina (reguladora del sitio de unión actina-miosina)	Tropomiosina (estabilizadora de la red de actina y miosina)
	Troponina	Calmodulina
	Independencia del Ca ⁺⁺ extracelular	Dependencia del calcio extracelular
	No MLCK	MLCK
	No fosfatasa	Fosfatasa
	Serca	Bombas de Calcio
	Na ⁺ (ión despolarizador)	Ca ⁺⁺ (ion despolarizador y contráctil)
Contracciones	Rápidas	Lentas
Actividad de ATPasa	Alta	Baja
Eficacia	Baja (solo acerca los músculos)	Alta (contrae los músculos)
Gasto de ATP	Alto	Bajo

TEJIDO MUSCULAR

DIFERENCIAS	MUSCULO ESQUELÉTICO	MÚSCULO CARDÍACO	MÚSCULO LISO
INERVACIÓN	VOLUNTARIA	INVOLUNTARIA	INVOLUNTARIA
CÉLULAS	Células largas . Núcleos en la periferia .	Células estriadas transversalmente con único núcleo central , unidas mediante discos intercalares.	Células ahusadas . Con un único núcleo en ubicación central .
UBICACIÓN	Todos los músculos.	Músculo del corazón	Paredes de vasos sanguíneos y vísceras.
ESQUEMA			
DISPOSICIÓN DE MIOFIBRILLAS	Secuencias bien orientadas de actina y miosina agrupadas en los campos de Cohneim. Sus estriaciones se deben a que cada miofibrilla está formada por segmentos alternados con regularidad de diferente índice de refracción.	Secuencias bien orientadas de actina y miosina. No presentan condensación tan densa ya que el ret. Sarcoplasmático y las hileras de mitocondrias lo separan en haces.	Disposición especial de los filamentos de actina y miosina.
RETÍCULO SARCOPLASMÁTICO	Bien desarrollado	Bien desarrollado	Poco desarrollado.
SARCOLEMA (MP)	Es de tipo trilaminar común . En su superficie se encuentra la distrofina unida a glucoproteínas que fijan el sarcolema a la matriz extracelular.	Similar al de las células esqueléticas.	
SARCOPLASMA (CITOPLASMA)	Contiene miofibrillas, aparato de Golgi, Glucógeno y lípidos.	Más abundante que el de las células esqueléticas. Contiene más glucógeno . Estriaciones longitudinales debido a hileras de mitocondrias. Pueden tener gránulos atriales que incrementa la eliminación de NaCl y agua por los riñones.	Se encuentran densidades o condensaciones citoplasmáticas que contienen actina a . Contiene filamentos intermedios compuestos por desmina .
CONTRACCIÓN	Se produce por el incremento de concentración de iones de calcio en el sarcoplasma y deslizamiento de las miofibrillas.	Se produce por el incremento de concentración de iones de calcio en el sarcoplasma y deslizamiento de las miofibrillas.	Se inicia con un aumento de la concentración de calcio en el citosol desde el medio extracelular hasta el interior.
ACOPLAMIENTO	Comprende fenómenos que ocurren	El potencial de acción difunde a	Hay ausencia de troponina que es

SISTEMA NERVIOSO

TEJIDO NERVIOSO

Funciones del sistema nervioso:

- Irritabilidad: capacidad para reaccionar ante estímulos químicos o físicos provenientes del medio externo o interno.
- Conductividad: transmisión del impulso nervioso que ha provocado la respuesta en la neurona de una célula a otra, mediante zonas de contacto denominadas lugares de sinapsis.

El sistema nervioso está constituido por el sistema nervioso central (cerebro, cerebelo y médula espinal) y el sistema nervioso periférico (nervios, ganglios nerviosos y terminaciones nerviosas).

Características de las células: todas ellas poseen:

- Pericarion o cuerpo celular: emite una serie de prolongaciones y tiene forma estrellada, piramidal, globular, esférica o fusiforme.
- Axones y dendritas: serie de expansiones o prolongaciones que terminan en arborización.
 - Axones: prolongación única, de longitud única pero con diámetro constante. La membrana que lo recubre se denomina **axilema** y su citoplasma **axioplasmia**. Conduce el impulso nervioso en sentido **celulífogo**. Nace en una zona denominada **cono axónico** y termina en forma de múltiples ramificaciones con un diámetro más fino: **teledendrón**. Tiene 4 partes: cono de implantación, segmento inicial, segmento principal y arborización terminal.
 - Dendritas: son ramificaciones arborescentes que parten de distintos sitios del soma neuronal. Tienen menos longitud que el axón y su diámetro baja conforme se va alejando el cuerpo de la neurona. Conduce el impulso en sentido **celulípeto**. Tienen un trayecto irregular, presentan múltiples prolongaciones y los contornos son rugosos y presentan espinas que es donde se realiza la sinapsis.

Clasificación morfológica de las neuronas:

- Células unipolares: de su cuerpo solo sale una prolongación (células amacrinias de la retina).
- Células pseudopolares: su pericarion tiene una prolongación que a corta distancia del cuerpo se divide en una T, originando dos prolongaciones: axón y dendrita (ganglios raquídeos).
- Células bipolares: presentan un pericarion fusiforme con 2 prolongaciones que salen de lugares distintos del cuerpo: axón y dendrita (células bipolares de la retina).
- Células multipolares: son las más frecuentes. Del cuerpo sale un axón y múltiples dendritas. Hay 4 tipos: células estrelladas, piramidales (células de la corteza cerebral), con arborización protoplasmática monopolar (células de Purkinje) y multipolares de cuerpo redondeado (células de ganglios simpáticos).

El **pericarion**, además del núcleo posee todos los orgánulos necesarios para la síntesis de proteínas estructurales y de sustancias que intervienen en el impulso nervioso:

- Grupos de Nissl: están dispersos en el citoplasma excepto en el cono de implantación del axón. Corresponde a cúmulos de retículo endoplasmático rugoso.
- Neurofibrillas. Se encuentran por todo el pericarion, en el seno del cual, se encuentran entrelazados.

Tipos de filamentos intermedios.

Las sinapsis son regiones de contacto entre dos neuronas constituidas por:

- Elemento presináptico: tiene una membrana presináptica y un retículo presináptico (es el conjunto de proyecciones densas, que entre ellas dejan unos canales por donde pasan las vesículas sinápticas: **sinaptoporos**).
- Hendidura sináptica
- Elemento postsináptico: presenta una membrana postsináptica y unos orgánulos subsinápticos: el **aparato subsináptico** y el **aparato subespinoso**.

Los neurotransmisores pueden ser:

- Monoaminas: catecolaminas (dopamina, noradrenalina y adrenalina), indolaminas, acetilcolina e histamina.
- Aminoácidos
- Péptidos

NEUROGLIA

No presentan características de células nerviosas, es decir no pueden irritarse ni conducir estímulos.

DENOMINACIÓN	ESTRUCTURA	LOCALIZACIÓN	FUNCIÓN
ASTROCITOS FIBROSOS	Cuerpos pequeños, prolongaciones largas y delgadas y filamentos citoplasmáticos	Sustancia blanca	Sostén, reparación de tejidos, fagocitosis, aislamiento, nutrición y protección
PROTPOPLASMÁTICOS	Cuerpos pequeños y prolongaciones gruesas y cortas	Sustancia gris	
OLIGODEDROCITOS	Cuerpos pequeños, pocas y delicadas prolongaciones y sin filamentos citoplasmáticos	En hileras a lo largo de los nervios mielínicos, rodeando los cuerpos de las células nerviosas	Formar la mielina del SNC. Influyen en la bioquímica de las neuronas.
MICROGLÍA	Es la más pequeña y tiene ramas onduladas con espinas	Dispersas por el SNC	Proliferan una enfermedad y la fagocitan
EPENDIMOCITOS	Forma cuboidea o cilíndrica con cilios y microvellosidades	Revisten ventrículos del conducto central	Circulan y absorben el LCR
TANICITOS	Prolongaciones basales largas con pies terminales sobre capilares	Revisten el piso del 3º ventrículo	Transporte de sustancias desde el LCR hasta el sistema hipofisoportal
CÉLULA EPITELIALES COROIDEAS	Los lados y las bases forman pliegues	Cubren las superficies de los plexos coroideos	Producen y secretan LCR

Los tipos en función de su localización son:

- Neuroglia de los centros nerviosos: glía intersticial y glía epitelial
- Glía periférica:
 - Células de Schwann
 - Células satélite: rodean las células ganglionares cerebro-espinales.

Las fibras nerviosas se clasifican en:

- Fibras nerviosas mielínicas:
 - Con vaina de Schwann: está rodeado de dentro hacia fuera por:
 - La vaina de mielina: tiene color anacarado, presenta interrupciones, los **nódulos de Ranvier**. Las porciones comprendidas entre dos nódulos se denominan **segmentos de Ranvier**. Cada segmento tiene forma cilíndrica de diámetro más o menos constante.
 - La vaina de Schwann: es una fina película citoplasmática que recubre la mielina entrando en contacto con el axón a nivel de los nódulos.
 - La vaina de Henle (colágeno): está constituida por la lámina basal. Recubre por completo la vaina de Schwann y está formada por fibrillas conjuntivas muy finas

Se encuentra en el sistema nervioso periférico.

- Mielinogénesis: el axón es englobado por la membrana plasmática y forma un **mesoaxón**. El axón va dando vueltas en espiral presionando al citoplasma de manera que la membrana citoplasmática se fusiona y el citoplasma queda rechazado. Al fusionarse las caras internas de la membrana plasmática dan la **línea densa mayor** y las caras externas dan la **línea interperiódica**.
- Los bulbos paranodales son dilataciones de la fibra a uno y otro lado de los nódulos de Ranvier.
- Teoría saltatoria: la mielina es un gran aislante. En los nódulos de Ranvier, donde no hay mielina, la membrana establece contacto con el líquido extracelular y es donde hay mayor concentración de canales de sodio. La despolarización salta de nódulo en nódulo y la actividad iónica va despolarizando los nódulos a lo largo del axón. La conducción saltatoria es más rápida que la continua. Además, cuanto mayor sea el grosor del axón, mayor será la velocidad, ya que al haber mayor superficie de membrana hay más canales de sodio. La conducción saltatoria gasta menos energía.
- Sin vaina de Schwann: en vez de células de Schwann hay oligodendrocitos. Existen diferencia con las fibras mielínicas con vaina de Schwann:
 - Ausencia de membrana basal
 - Estructura de la vaina de mielina: la periodicidad de las líneas mayores es menor.
 - Nódulos de Ranvier: presentan mayor frecuencia, son más largos, las zonas paranodales no se dilatan formando bulbos y el axón nodular no está aislado por lo que puede establecer contacto con otras células gliales o nerviosas.
 - Escasa cantidad de citoplasma neuróglia.
- Fibras nerviosas amielínicas:
 - Con vaina de Schwann o fibras de Remak.
 - Sin vaina de Schwann: arborización terminal de axón. Discurren por la sustancia gris del encéfalo y médula espinal.

Las meninges son duramadre (externa), aracnoides (media) y piamadre (interna).

NERVIOS PERIFÉRICOS

El tejido conectivo forma tres capas:

- Epineuro: es la más externa y está constituida por células del tejido conectivo, fibras de colágeno (longitudinales) y algunas células adiposas.
- Perineuro: envuelve a cada uno de los fascículos más pequeños del nervio.
- Endoneuro: está formado por finos fascículos de colágeno (longitudinales) unidas a fibroblastos.

Se distinguen

- Tipos de fibras:
 - Aferentes: llevan a los centros nerviosos la información procedente del organismo.
 - Eferentes: transmiten los impulsos de los centros nerviosos a los órganos efectores.
 - Nervios sensitivos: fibras con sensibilidad aferente.
 - Nervios motores: fibras eferentes.
- Vasa nervorum: vasos sanguíneos intraneurales. Las arterias pasan al epineuro y forman redes arteriolares en el perineuro que a su vez da una red capilar en el endodermo.

GANGLIOS

Acumulan los cuerpos de las células nerviosas. Hay 2 tipos:

- Ganglios cefalorraquídeos (sensitivos): están rodeados de células satélite y las neuronas son pseudounipolares
- Ganglios del sistema nervioso autónomo: están rodeados de células satélite y las neuronas son multipolares