

T. P N° 4. DRA LENTATI. COMISION 8

TEJIDO CARTILAGINOSO

CELULAS MESENQUIMÁTICAS.

Origen: MESODERMO INTRAEMBRIÓNARIO.

Es una célula totipotencial o pluripotente, da origen a fibroblastos, células musculares, células endoteliales, condroblastos, células osteoprogenitoras y adipocitos.

CARTÍLAGO

Definición: ES TEJIDO CONECTIVO ESPECIALIZADO, AVASCULAR, COMPUESTO POR CÉLULAS LLAMADAS CONDROBLASTOS Y CONDROCITOS, Y UNA MEC ESPECIALIZADA (que comprende más del 95% del volumen del cartílago).

Propiedades: resistencia, elasticidad y consistencia.

Histogénesis: se origina a partir del mesénquima embrionario, en la 5ª SEG (1º: centros de condricificación, 2º formación de lagunas, 3º diferenciación a condrocitos y 4º formación del pericondrio).

MEC CARTILAGINOSA:

- 1) FIBRAS:
 - * Colágenas tipo II – IX – X – XI
 - * Colágenas tipo I
 - * Elásticas
- 2) SUSTANCIA FUNDAMENTAL AMORFA:
 - * GAG
 - * Ácido hialurónico.
 - * Condroitín-sulfato.
 - * Queratán-sulfato.
 - * Proteoglucanos.
 - * Agrecanos.
 - * Condronectina.
 - * LEC

Así, sobre la base de la MEC CARTILAGINOSA, puede distinguirse:

- CARTÍLAGO HIALINO: MEC con fibras de colágeno tipo II, GAG, proteoglucanos y proteínas multiadhesivas.
- CARTÍLAGO ELÁSTICO: contiene fibras y láminas elásticas, además de la MEC típica del cartílago.
- CARTÍLAGO FIBROSO: abundantes fibras de colágeno tipo I, además de la MEC típica del cartílago.

Formas de crecimiento del cartílago:

- a) APOSICIONAL: característico de la etapa posnatal. Depende de la actividad condrogénica del pericondrio (se produce el depósito de células en la capa condrogénica del pericondrio).
- b) INTERSTICIAL: característico del desarrollo embrionario. Se produce por multiplicación de los condrocitos dentro de sus lagunas (ocurren divisiones mitóticas de los condroblastos que forman los grupos isógenos).

➤ CARTÍLAGO HIALINO

* Células: CONDROCITOS Y CONDROBLASTOS.

* MEC: distingue al cartílago hialino, por ser amorfa y homogénea. Tiene aspecto vítreo.

Se compone de:

- Fibras de colágeno tipo II (80%) y de tipos IX, X, XI
- Sustancia fundamental amorfa: GAG, Acido hialurónico, condroitín sulfato, queratán-sulfato y condronectina para estabilizar los agregados de proteoglucanos.

En toda la extensión de la matriz cartilaginosa hay espacios, llamados LAGUNAS ó CONDROPLASTOS, que contienen a las células cartilaginosas o CONDROCITOS.

Los CONDROCITOS son células especializadas que producen y mantienen la MEC. Se distribuyen solos o en grupos llamados GRUPOS ISÓGENOS.

La MEC del cartílago es basófila, pero no se tiñe de manera homogénea, dependiendo de sus componentes moleculares, hay 3 regiones:

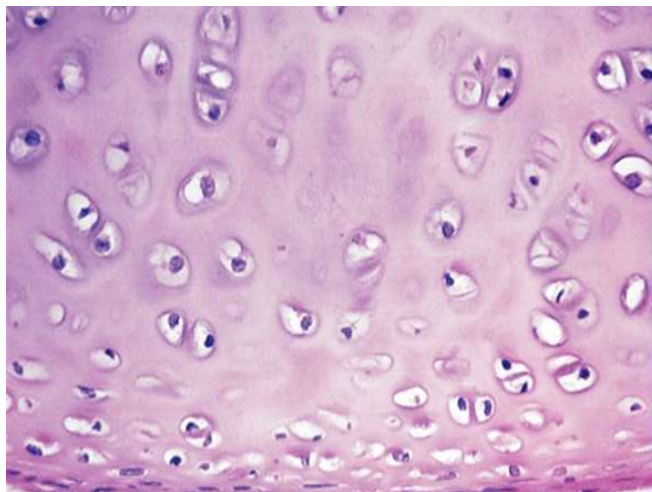
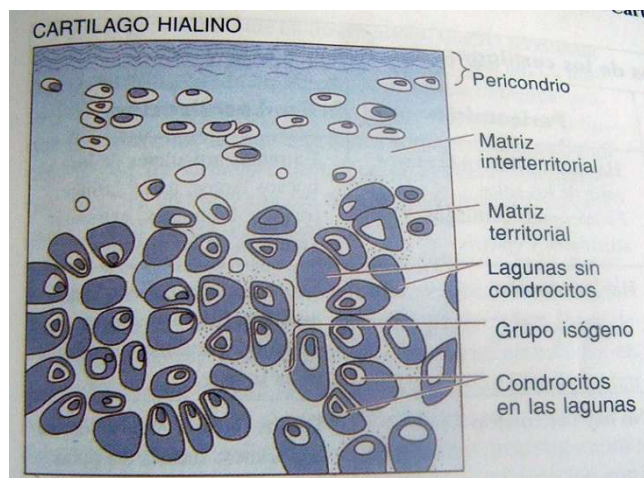
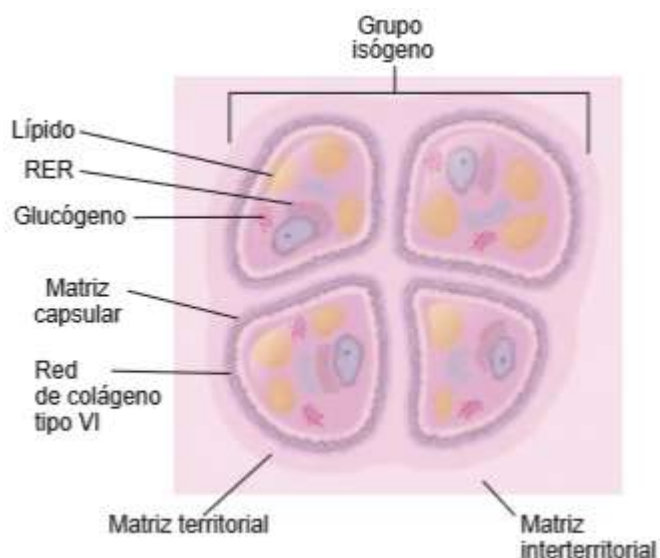
- MATRIZ CAPSULAR O PERICELULAR:** anillo de matriz intensamente teñida, justo alrededor de los condrocitos (>proteoglucanos sulfatados, hialuronano colágeno VI y IX).
- MATRIZ TERRITORIAL:** en la vecindad inmediata (> colágeno tipo II).
- MATRIZ INTERTERRITORIAL:** rodea a la matriz territorial y ocupa el espacio entre los grupos isógenos

* Pericondrio: es el TC denso que rodea al cartílago hialino, excepto en las superficies articulares.

Está constituido por: - Capa celular interna: condrógena.

- Capa externa fibrosa: muy vascularizada, con terminaciones nerviosas.

Localización: superficies articulares, tráquea, laringe y bronquios. Esqueleto fetal.

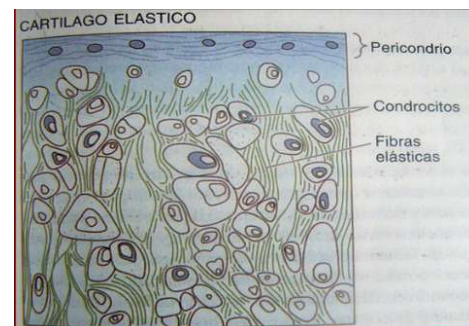


➤ **CARTÍLAGO ELÁSTICO.**

Se caracteriza por la presencia de fibras y láminas elásticas en la MEC (además de la MEC del cartílago hialino). Se puede observar con técnicas de orceína y fucsina. Propiedades: ELASTICIDAD.

Localización: pabellón auricular, conducto auditivo externo, trompa de Eustaquio y epiglotis.

* Tiene pericondrio.

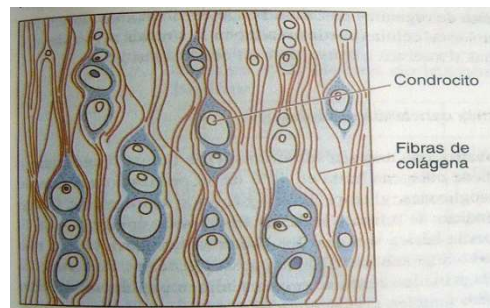


➤ **CARTÍLAGO FIBROSO o FIBROCARILAGO.**

Se compone de condrocitos y su matriz territorial que se combina con TC denso, conformado por haces de colágeno tipo I y II, dispuesto en forma paralela. Combina TC denso modelado y cartílago hialino. Los condrocitos están dispersos entre las fibras colágenas, solos o en grupos isógenos.

Localización: discos intervertebrales, sínfisis del pubis, meniscos.

No tiene pericondrio.



Tipos de cartílago	Características	Pericondrio	Localización
Hialino	Colágena tipo II, matriz basofila, condrocitos que suelen estar distribuidos en grupos	Hay pericondrio en la mayor parte de los sitios. Excepciones: cartílagos articulares y epífisis.	Extremos articulares de los huesos largos, nariz, laringe, traquea, bronquios, extremos ventrales de las costillas
Elástico	Colágena del tipo II, fibras elásticas	Hay pericondrio	Oreja, paredes del conducto auditivo, epiglotis, cartílago cuneiforme de la laringe
Fibrocartílago	Colágena tipo I, matriz acidofila, condrocitos distribuidos en filas paralelas entre los haces de colágena, siempre asociados con tejido conectivo denso regular o con cartílago hialino	No hay pericondrio	Discos intervertebrales, discos articulares, sínfisis del pubis, inserción de algunos tendones.

TEJIDO OSEO

DEFINICIÓN: El hueso está formado por tejido óseo, que es una forma especializada de TC que se caracteriza por tener una MEC mineralizada.

Función: la MEC mineralizada produce un tejido muy duro capaz de proporcionar sostén y protección. Además, almacena calcio y fosfato.

Se CLASIFICA en:

- a) **TEJIDO ÓSEO ESPONJOSO O TRABECULAR:** constituido por trabéculas entrecruzadas con presencia de cavidades interpuestas, que incluyen a la médula ósea.
- b) **TEJIDO ÓSEO COMPACTO O DENSO O CORTICAL:** masa ósea compacta sin espacios visibles.

Según la forma de los huesos, se dividen en:

- Huesos largos
- Huesos cortos
- Huesos planos
- Huesos irregulares

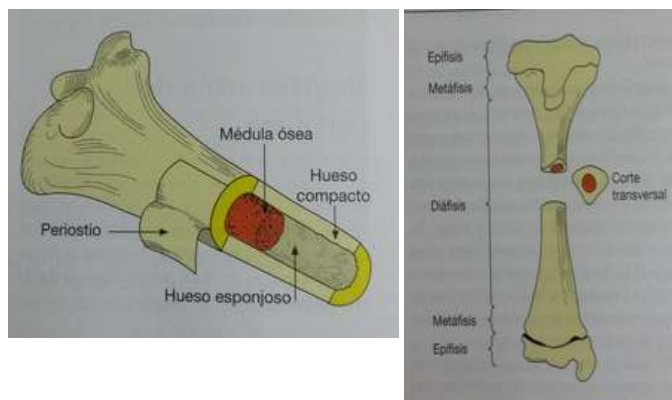
COMPONENTES DEL TEJIDO ÓSEO

✓ **CÉLULAS:**

- * Células osteoprogenitoras.
- * Osteoblastos.
- * Osteocitos.
- * Osteoclastos.

✓ **MEC:**

- Componentes orgánicos: Osteoide o matriz ósea: representa el 35%. Está formada por colágeno tipo I y proteoglicanos, glucoproteínas (osteocalcina y osteopontina), sialoproteínas óseas y glucoproteínas adhesivas.
- Componentes inorgánicos: fosfato de calcio en forma de cristales de hidroapatita, bicarbonato, sodio y magnesio.



PERIOSTIO

Es TC denso, vascularizado, con capacidad osteogénica, que cubre la superficie externa de los huesos (excepto en las superficies articulares y de inserciones tendinosas)

ENDOSTIO

Es TC laxo que recubre la superficie interna del hueso compacto, la cavidad medular de los huesos largos y la superficie trabecular del hueso esponjoso.

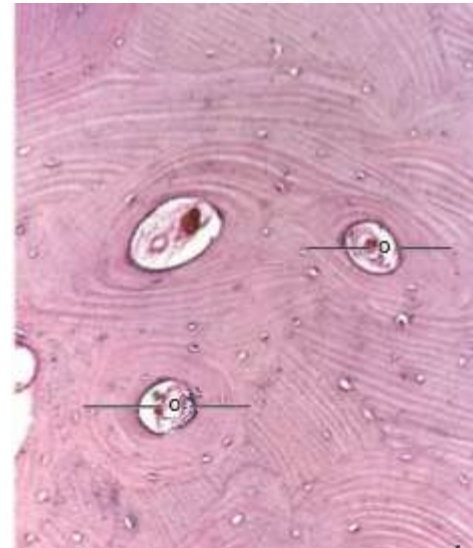
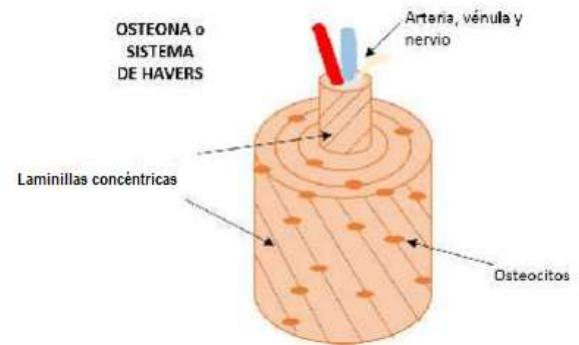
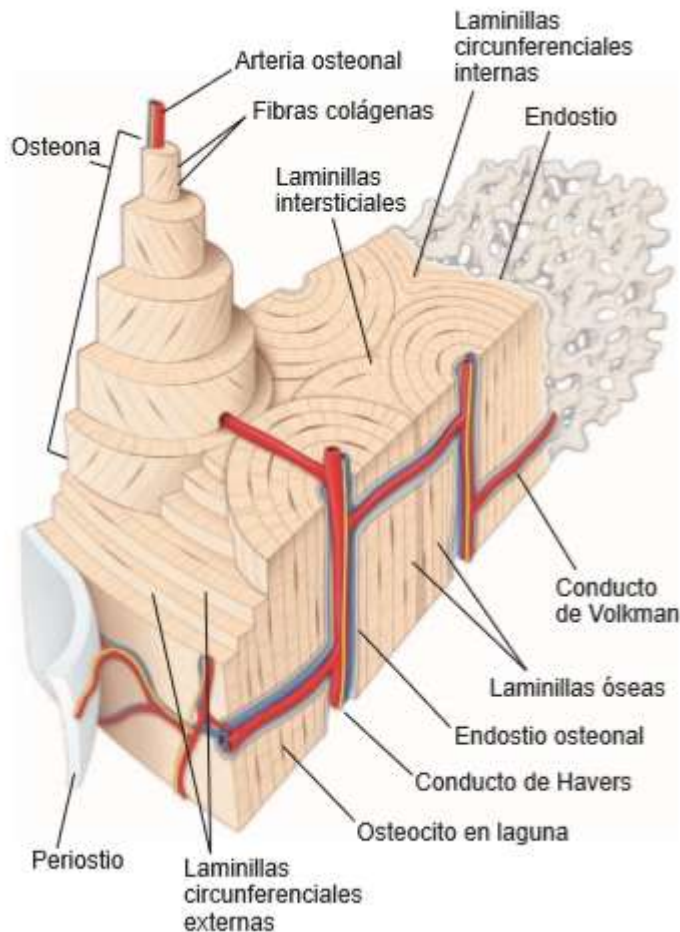
HUESO INMADURO: se llama OSTEOIDE, está en el esqueleto del feto y no tienen aspecto laminar, se tiñe con eosina y no está mineralizada.

HUESO MADURO:

El tejido óseo maduro se compone de unidades estructurales y funcionales denominadas

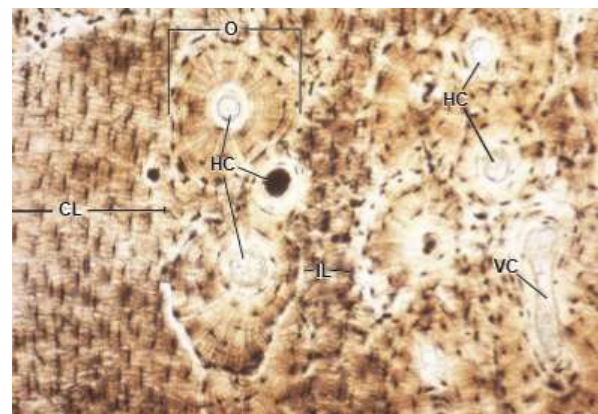
OSTEONAS (SISTEMA DE HAVERS).

Son unidades cilíndricas que consisten en laminillas concéntricas de matriz ósea alrededor de un conducto central, el conducto de Havers, que contiene vasos sanguíneos y nervios.



El eje longitudinal de la osteona es paralelo al eje longitudinal del hueso largo.

Los **conductos de Volkmann** (conductos perforantes) son túneles en el hueso laminar a través de los cuales pasan vasos sanguíneos y nervios desde el endostio y el periostio para alcanzar el conducto de Havers y, además, comunican conductos de Havers entre sí. No están rodeados de laminillas concéntricas.



CÉLULAS DEL TEJIDO ÓSEO.

Son 5, a excepción del osteoclasto, el resto pueden considerarse una forma diferenciada del mismo tipo celular.

❖ CÉLULAS OSTEOPROGENITORAS

Deriva de la célula madre pluripotencial mesenquimática de la médula ósea (la misma que origina fibroblastos, adipocitos, condrocitos, células musculares). Las células osteoprogenitoras son las células precursoras del osteoblasto.

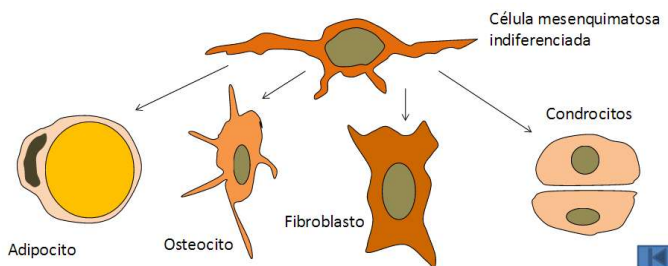
La célula osteoprogenitora es una célula en reposo que puede transformarse en osteoblasto y producir matriz ósea.

La osteogénesis es el proceso por el cual se forma tejido óseo nuevo y es fundamental para la función ósea normal.

Son células aplanadas, con núcleo ovalado o alargado pálido y citoplasma anfófilo.

Se localizan en:

- Feto: Centros de osificación del feto.
- Adultos: las superficies externa e interna de los huesos, morfológicamente corresponden a las células periósticas que forman la capa más interna y las células endósticas que tapizan las cavidades medulares, los conductos de Havers y los de Volkmann.



❖ OSTEOBLASTOS

Es la *célula osteoformadora* (célula formadora de hueso) diferenciada que secreta matriz ósea.

Secreta las proteínas que constituyen la matriz ósea no mineralizada (**OSTEOIDE**):

- Colágeno tipo I (que representa el 90% de la proteína ósea)
- Proteínas de la matriz ósea (proteínas fijadoras de calcio: osteocalcina y osteonectina, glucoproteínas adhesivas y fosfatasa alcalina y proteoglicanos).

Por otro lado, también tiene a su cargo la calcificación de la matriz, mediante la secreción de vesículas matriciales que contienen fosfatasa alcalina (FAL) hacia la matriz.

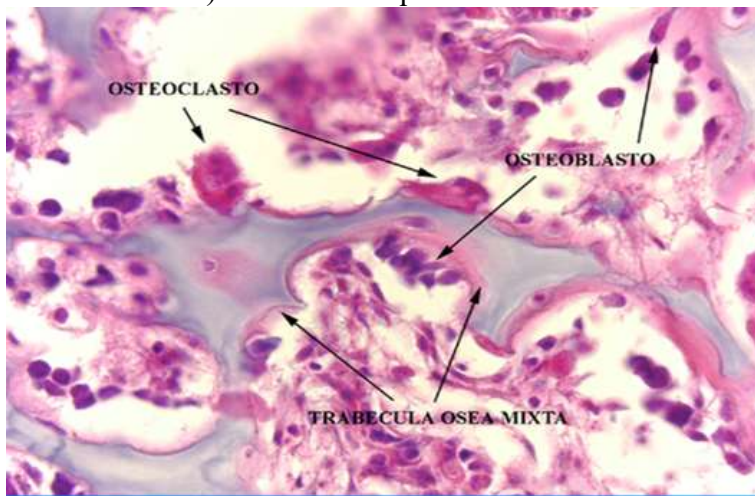
Morfología:

Osteoblastos activos: tienen forma cúbica o poliédrica. Se disponen en una sola capa, sobre la superficie en la que se está formando hueso. El citoplasma es basófilo, con un halo perinuclear claro, contiene gránulos PAS (+), contiene gran cantidad de RER y ribosomas libres, un aparato de Golgi bien desarrollado (halo perinuclear) y las vesículas descriptas.

Osteoblastos inactivos: son aplanados revistiendo la superficie ósea.

A medida que se deposita el osteoide, el osteoblasto va quedando rodeado por ella y entonces se convierte en osteocito.

Los osteoblastos tienen prolongaciones que lo comunican con otros osteoblastos y osteocitos, mediante uniones de hendidura (nexo).



❖ OSTEOCITOS

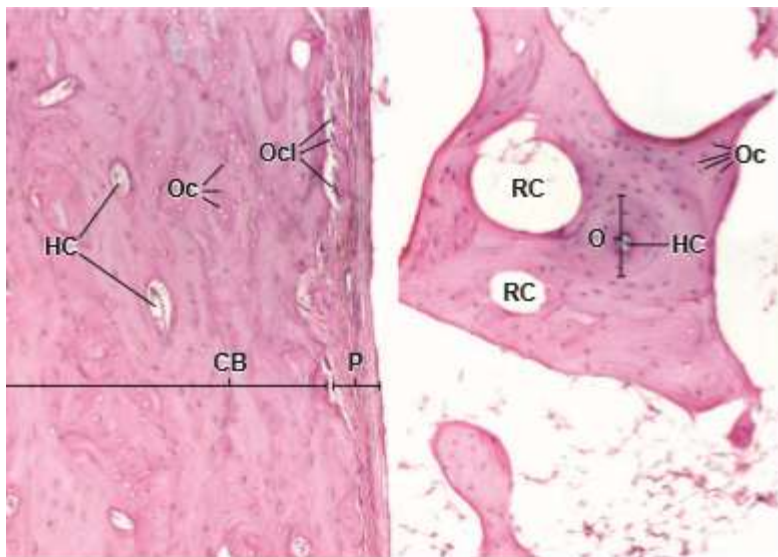
Es la célula ósea madura.

Está rodeado por matriz ósea y es el responsable de mantenerla. Pueden sintetizar matriz ósea y además, participan en el proceso de resorción ósea mediante la secreción de colagenasas.

Cada osteocito ocupa un espacio llamado **LAGUNA** u **OSTEOPLASTO**.

Emiten prolongaciones citoplasmáticas a través de canaliculos en la matriz que los unen a otros osteocitos. En los cortes teñidos con H/E no se disciernen las prolongaciones ni los canaliculos, que sí son evidentes en la técnica de hueso por desgaste.

Son más pequeños que los osteoblastos, debido a la pérdida de citoplasma. También tienen citoplasma basofílico, aunque menos que sus precursores y suelen verse distorsionados producto del proceso de decalcificación.



❖ OSTEOCLASTOS.

Es la célula encargada de la resorción ósea.

Son células multinucleadas, grandes, localizados o apoyados sobre la superficie ósea en proceso de resorción, y por debajo de ellos se forma una excavación poco profunda llamada **bahía o laguna de resorción o laguna de Howship**.

El citoplasma es densamente eosinofílico, contiene lisosomas y fosfatasa ácida. Tiene un borde festoneado o deflecado, que es la porción de la célula en contacto directo con el hueso.

Ellos resorben el tejido óseo mediante la liberación de protones o hidrolasas lisosomales hacia el microambiente restringido del espacio extracelular. El medio ácido inicia la degradación del componente mineral del hueso (principalmente hidroxapatita) para convertirlo en iones de calcio, fosfatos y agua. Cuando el proceso de resorción del tejido óseo en cuestión se completa, los osteocitos sufren apoptosis.

La función fagocítica de los osteoclastos es regulada por muchos factores, entre ellos la hormona paratiroidea (PTH) que promueve su accionar y en cambio, la calcitonina secretada en la glándula tiroides, reduce su actividad.

Derivan de la fusión de células progenitoras hematopoyéticas mononucleares.

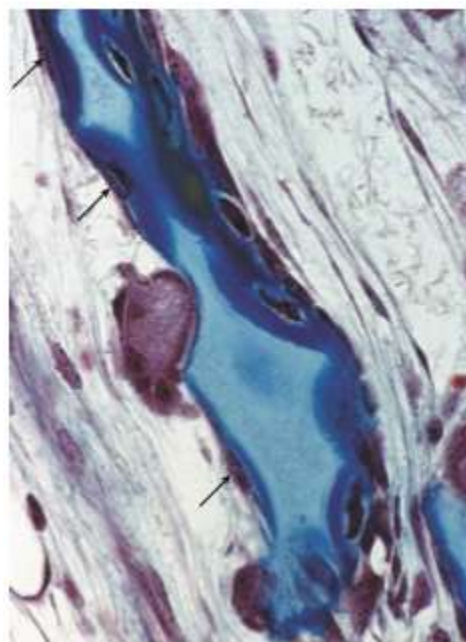





TABLA 8-1 Reseña de las características de osteoblastos, osteocitos y osteoclastos.

Características	Osteoblasto	Osteocito	Osteoclasto
			
Ubicación	Superficie ósea; cono de cierre de los conductos de resorción	Lagunas y canaliculos de la matriz ósea	Superficie ósea; cono de corte de conductos de resorción
Porcentaje celular total en el hueso	>5 %	~95 %	>1 %
Función	Depositos de la matriz ósea; inicia la mineralización mediante la liberación de vesículas matriciales	Mantiene la matriz ósea; detecta la tensión mecánica; regula la homeostasis de calcio y fósforo	Resorción ósea por hidrólisis enzimática de la matriz ósea mineralizada
Morfología celular	Células mononucleares, cúbicas o poligonales; citoplasma basófilo; Golgi negativo	Célula mononuclear pequeña y ovalada; citoplasma pálido; procesos celulares extensos	Célula multinuclear grande; citoplasma acidófilo; borde fosforescente; laguna de Howship subyacente
Células precursoras	Célula osteoprogenitora	Osteoblasto	Células hematopoyéticas (CMP, CFU-GM)
Procesos de diferenciación/factores de transcripción	CBFA1 (RUNX2), IGF-1	Se desconocen los procesos de selección desde los osteoblastos	c-fos, NF- κ B, señalización RANK-RANKL
Principales receptores hormonales/reguladores	RANKL, receptores de PTH	RANKL, receptores de PTH	RANK, receptores de calcitonina; receptores de fosfatasa resistente al tartrato (TRAP)
Expectativa de vida	Semanas (1-12 d)	Años (1-10-20 a)	Días (1-3 d)
Marcadores bioquímicos	Osteocalcina; saloproteína ósea (BSP-2)	Proteína de la matriz de dentina 1 (DMP-1); podoplanina (proteína E11); esclerostina; factor de crecimiento fibroblástico 23 (FGF-23)	Fosfatasa resistente al tartrato (TRAP); cathepsina K; metaloproteínasa matricial 9 (MMP-9)

CBFA1, factor fijador central alpha 1; CMP/CFU-GM, célula progenitora de granulocitos/macrófagos; IGF-1, factor de crecimiento similar a la insulina 1; PTH, hormona paratiroidea; RANK, receptor activador del factor nuclear κ B; RANKL, molécula ligando de RANK; RUNX2, factor de transcripción 2 relacionado con runx.

OSIFICACIÓN: Es la formación de tejido óseo por medio de la síntesis y depósito de matriz orgánica por parte de los osteoblastos.

Participan un centro de osificación primario (diafisario) y secundarios (epifisarios).

Se da sobre:

- Mesénquima embrionario.
- Tejido cartilaginoso hialino.
- Tejido óseo.

Tipos: estos nombres hacen alusión al mecanismo inicial por el cual es formado el hueso.

1) **OSIFICACIÓN INTRAMEMBRANOSA:** El hueso se forma por la diferenciación de células mesenquimáticas en osteoblastos. No hay cartílago precursor. Más simple. Aparece alrededor de la 8ª SEG. Algunas de las células mesenquimáticas dentro del mesénquima embrionario, migran y se acumulan en regiones específicas, que son el sitio donde se formara el tejido óseo, y se diferencian en células osteoprogenitoras.

Las células mesenquimáticas dan origen a los osteoblastos que secretan matriz ósea y forman así los osteocitos. Algunas células mesenquimáticas dan origen a las células osteoprogenitoras que se adosan a la espícula ósea en crecimiento, transformándose en osteoblastos y secretando más matriz ósea, aumentando el tamaño y generando de esta manera, más tejido óseo, por el llamado **CRECIMIENTO POR APOSICIÓN**.

De esta manera se forman los huesos planos del cráneo y de la cara, la mandíbula y la clavícula.

2) **OSIFICACIÓN ENDOCONDRALE**: Un modelo cartilaginoso sirve como precursor óseo. Así se desarrollan los huesos de los miembros y los del esqueleto axial (por ej las vértebras).

En un principio se forma el molde de cartílago hialino, éste experimenta un crecimiento intersticial y por aposición, llevando a aumento de la longitud. A nivel medio (diáfisis) aparece el *centro de osificación 1°* y las células del pericondrio de esta zona dejan de producir condroblastos para producir osteoblastos y pasa a ser periostio. Así aparece una delgada capa de tejido óseo alrededor del molde cartilaginoso, llamado collarete óseo. Luego los condrocitos de la zona se hipertrofian, comienzan a secretar FAL y la matriz empieza a calcificarse, llevando a la apoptosis de los condrocitos.

Conforme la cavidad medular se agranda, aparecen los *centros de osificación 2°* en el cartílago epifisario, que son responsables del crecimiento en longitud

MINERALIZACIÓN: Es el depósito de minerales (sales de calcio) en la matriz orgánica de los tejidos cartilaginoso y óseo.

CENTROS DE OSIFICACIÓN:

- 5° SEMANA DE VIDA INTRAUTERINA: CLAVICULA.
- 7 Y 8° SEMANA DE VIDA INTRAUTERINA: HUESOS LARGOS.
- CENTROS DE OSIFICACIÓN SECUNDARIOS: EN EL PERIODO POSNATAL.
- CULMINA ENTRE LOS 18-25 AÑOS.

Recordar que:

- Anfófilo: se tiñe tanto con eosina como con hematoxilina.
- Morfología: estudio de la forma.
- Apoptosis: muerte celular programada.
- SEG: semana de edad gestacional.