

*Atlas de Histología Vegetal y Animal*

# Tejidos animales

## ÓSEO

**Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal**

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Abril 2020)

Este documento es una edición en pdf del sitio  
<http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo  
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA  
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar  
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,  
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre  
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software  $\text{\LaTeX}$   
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio  
([www.texstudio.org/](http://www.texstudio.org/)) como editor.

## Contenidos

<b>1</b>	<b>Histología</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Conectivo</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Óseo</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Imagen; Células óseas</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Imagen; Fibras de colágeno</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Imagen; Óseo trabecular</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Imagen; Óseo compacto</b>	<b>13</b>

## 1 Histología

Un tejido (del latín *texere* = tejer) es un conjunto de células, matriz extracelular, y fluido corporal. Las células de un tejido 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. La histología es una disciplina eminentemente descriptiva que se dedica a la observación de los diferentes tejidos mediante microscopios, tanto ópticos como electrónicos. Sin embargo, el conocimiento de la anatomía y organización de los tejidos es fundamental para comprender su fisiología y reconocer alteraciones patológicas, tanto de los propios tejidos como de los órganos y estructuras que forman. La histopatología es una rama de la histología dedicada a estudiar alteraciones patológicas en los tejidos.

A pesar de que las células que forman un organismo son muy diversas en forma y función, los histólogos han clasificado tradicionalmente a los tejidos en cuatro tipos fundamentales:

**Tejidos epiteliales.** Conjunto de células estrechamente unidas que o bien tapizan las superficies corporales, tanto internas como externas, o se agrupan para formar glándulas.

**Tejidos conectivos o conjuntivos.** Son un variado tipo de tejidos que se caracterizan por la gran importancia de su matriz extracelular, la cuál, en la mayoría de los casos, es la principal responsable de su función. Los tejidos conectivos se originan a partir de las células mesenquimáticas embrionarias y forman la mayor parte del organismo, realizando funciones tan variadas como sostén, nutrición, reserva, etcétera. La clasificación de los tejidos conectivos puede variar según los diferentes autores, pero en general incluyen a los tejidos conectivo propiamente dicho, adiposo, cartilaginoso, óseo y sanguíneo.

**Tejido muscular.** Formado por células que pueden contraerse, lo que permite el movimiento de los animales o de partes de su cuerpo.

**Tejido nervioso.** Está constituido por células especializadas en procesar información. Reciben dicha información del medio interno o externo, la integran y producen una respuesta que envían a otras células, sobre todo a las células musculares.

## 2 Conectivo

El tejido conectivo, o conjuntivo, es el principal constituyente del organismo. Bajo el nombre de conectivo se engloban una serie de tejidos heterogéneos (Figura 1) pero con algunas características compartidas. Una de estas características es su origen mesenquimático (del mesodermo embrionario), además de la existencia de una matriz extracelular, generalmente abundante, 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 glicosaminoglicanos. Las características de la matriz extracelular son las prin-

cipales responsables de las propiedades mecánicas, estructurales y bioquímicas de los distintos tipos de tejido conectivo, y, junto con las células, uno de los principales elementos considerados a la hora de clasificar a los tejidos conectivos. En general, los tejidos conectivos se consideran como tejidos de sostén puesto que sostienen y cohesionan a otros tejidos dentro de los órganos, sirven de soporte a estructuras del organismo o al propio organismo, y protegen y aíslan a los órganos. Además, todas las sustancias que son absorbidas por los epitelios tienen que pasar por estos tejidos, que sirven además de vía de comunicación entre otros tejidos, por lo que generalmente también se les considera como el medio interno del organismo.

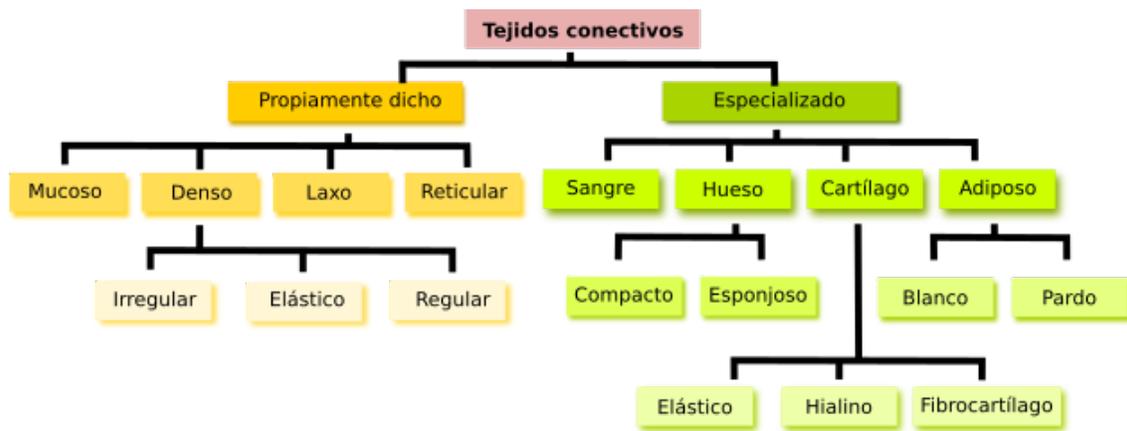


Figura 1: Clasificación de los tejidos conectivos.

### 3 Óseo

El tejido óseo, junto con la médula ósea y otros tejidos conectivos, forma los huesos, los cuales tienen una doble función: mecánica y metabólica. En su faceta mecánica, los huesos sostienen las partes blandas del cuerpo y protegen a los órganos como el cerebro, pulmones y corazón. También sirven como palanca para el agarre de los músculos y la generación de los movimientos. Como centro metabólico, el tejido óseo almacena calcio y fósforo, y regula su metabolismo. Además, en el interior de los huesos, en la médula ósea, se generan las células sanguíneas (hematopoyesis).

#### 1. Características

Las características del tejido óseo dependen de los tipos celulares que lo forman y sobre todo de las propiedades de su matriz extracelular.

##### *Tipos celulares*

Los osteoblastos son las células especializadas en la síntesis de matriz ósea y son responsables del crecimiento y remodelación del hueso. Se encuentran en el frente de crecimiento del hueso, alineados uno al lado del otro formando una especie de capa celular de una célula de espesor. Esta matriz ósea, todavía no mineralizada, se denomina osteoide, la cual madura por la deposición de sales de calcio. Cuando los osteoblastos se rodean completamente por matriz ósea quedan encerrados en unas cavidades denominadas lagunas óseas y entonces se diferencian en osteocitos.

Los osteocitos son el tipo de celular óseo más abundante en el hueso maduro. Se localizan en unas cavidades de la matriz ósea que se denominan lagunas óseas. Tienen aspecto de arañas con largas patas. Esas patas corresponden a canales que discurren por la matriz extracelular denominados canalículos óseos, en los cuales se extienden las prolongaciones de los propios osteocitos. A través de estas prolongaciones es posible el trasiego de sustancias desde los vasos sanguíneos a todos los osteocitos, puesto que la matriz ósea mineralizada es un medio que dificulta la difusión de metabolitos. Los osteocitos mantienen la matriz ósea, reabsorben y producen matriz ósea. También intervienen en la homeostasis del calcio en

el cuerpo mediante su liberación desde la matriz ósea.

Los osteoclastos se encargan de eliminar hueso, tanto la matriz ósea mineralizada como la orgánica, mediante un proceso denominado reabsorción. Son células muy grandes y multinucleadas.

##### *Matriz ósea*

El componente más característico del hueso es una matriz extracelular mineralizada que contiene cristales de hidroxiapatita (fosfato cálcico cristalizado que representa hasta el 65 % de la matriz). El resto de la matriz extracelular lo forma la parte orgánica que está compuesta por una gran abundancia de fibras de colágeno y por glicosaminoglicanos en menor cantidad. Esta composición confiere al tejido óseo una gran consistencia, dureza, resistencia a la compresión y cierta elasticidad. Al contrario que el cartílago, el hueso es un tejido fuertemente irrigado por el sistema sanguíneo.

Cuando observamos microscópicamente la orientación de las fibras de colágeno distinguimos tres categorías de tejido óseo: no laminar, con fibras entrecruzadas; laminar, con fibras paralelas que forman haces; y osteónico o laminar concéntrico, con fibras de colágeno que se disponen paralelas formando fibras concéntricas (Figura 2).

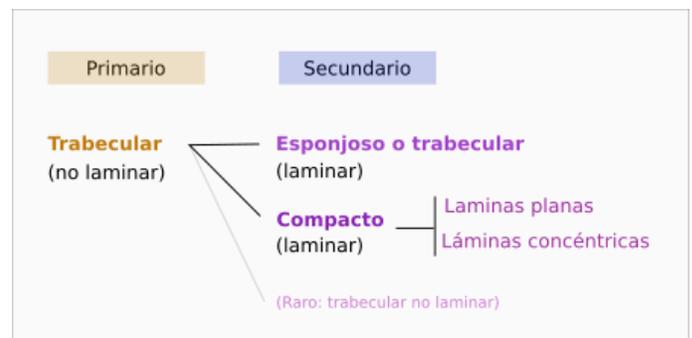


Figura 2: Tipos de hueso y organización de su matriz extracelular.

Según la compactación y densidad de la matriz extracelular, observable con una lupa, podemos distinguir dos tipos de tejido óseo: esponjoso o trabecular, cuando la matriz es menos compacta y con un aspecto laxo, y compacto o cortical, cuando la matriz es muy densa.

Generalmente, durante la formación de los huesos u osteogénesis se forma primero un hueso trabecular no laminar, denominado primario (Figura 1), que posteriormente es sustituido por un hueso secundario que es laminar (sólo ocasionalmente hay hueso secundario no laminar). Hay dos tipos de hueso secundario: el compacto y el trabecular.

## 2. Hueso esponjoso o trabecular

El hueso esponjoso o trabecular (Figura 3) 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 en laminillas óseas (hueso trabecular laminar) o más raramente en de manera entrecruzada (hueso trabecular no laminar).

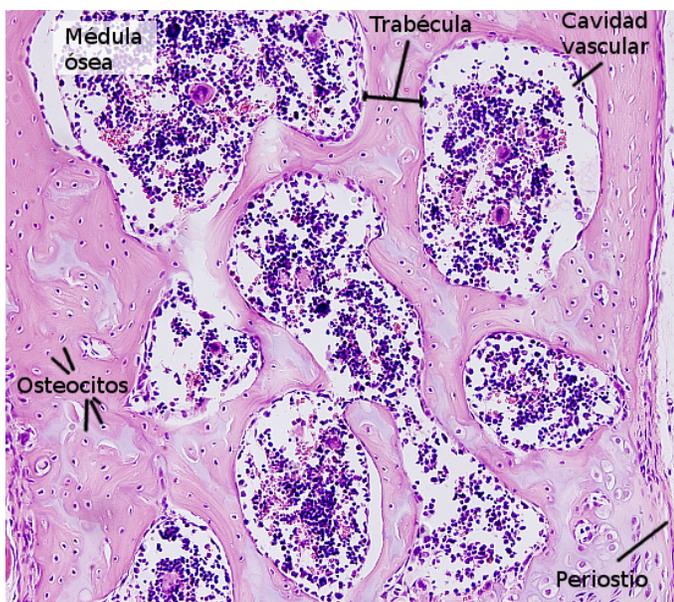


Figura 3: Imagen de hueso trabecular, hioides de rata.

## 3. Hueso compacto o cortical

El hueso compacto o cortical no posee cavidades vasculares y su matriz extracelular se ordena en laminillas óseas, las cuales se pueden disponer de manera más o menos rectas y paralelas (hueso compacto laminar) o de manera concéntrica alrededor de un canal (hueso compacto de tipo osteónico) (Figuras 4 y 5). En el hueso osteónico, los vasos sanguíneos y nervios viajan por un canal denominado canal de

Havers. Las laminillas óseas concéntricas y los osteocitos, dispuestos entre las laminillas se disponen alrededor del canal de Havers, 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 (Figura 5). 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.

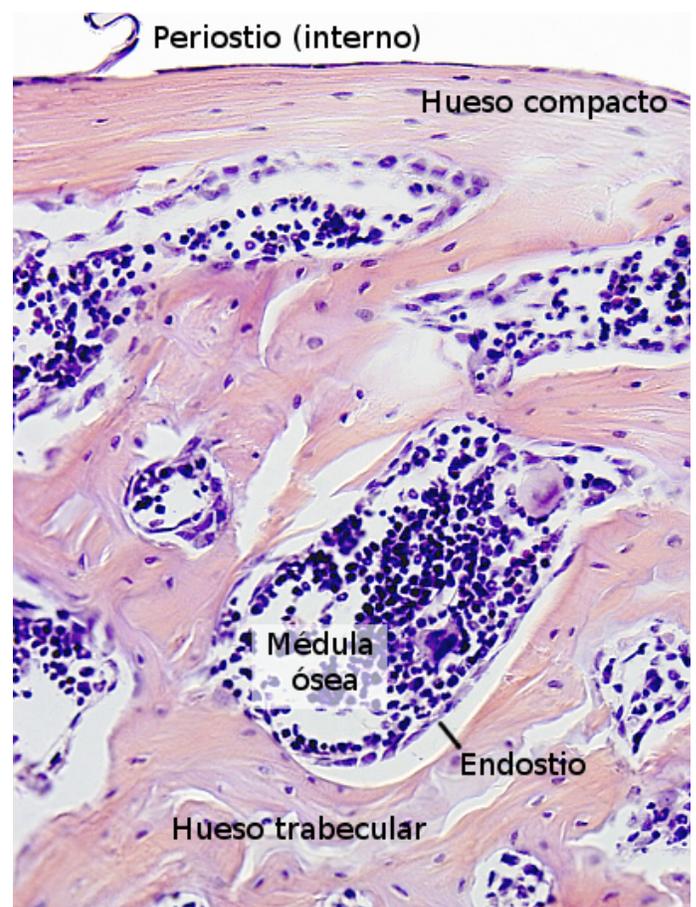


Figura 4: Hueso de ratón (descalcificado y teñido con hematoxilina y eosina).

Las superficies interiores o medulares del hueso compacto, así como las cavidades vasculares del hueso esponjoso, están recubiertas por el denominado en-

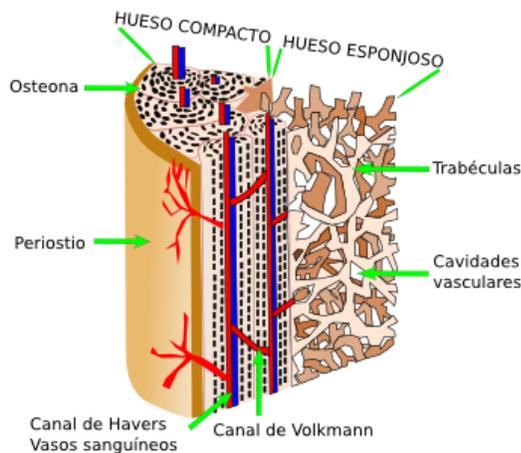


Figura 5: Esquema de una sección de un hueso largo, en concreto la diáfisis, donde se muestra la organización y localización del hueso compacto y del esponjoso.

ostio (Figura 3), que contiene células osteogénicas, osteoblastos y algunos 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 ósea calcificada.

#### 4. Osteogénesis

La osteogénesis es el proceso de formación del hueso. Hay que distinguir entre el origen celular de las células óseas y el modo de formación del hueso. 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, y a partir de las crestas neurales, derivadas del ectodermo, se forman algunos huesos del cráneo y la cara. Por otro lado hay dos formas de producir hueso a partir de células mesenquimáticas (procedentes de alguno de las tres linajes embrionarios anteriores): intramembranosa y endocondral. La osificación intramembranosa consiste en la formación de hueso directamente desde las células mesenquimáticas, mientras que la osificación endocondral supone la diferenciación de células mesenquimáticas en cartílago y posteriormente la susti-

tución de cartílago por tejido óseo. Como se puede ver el hueso se forma por sustitución de otro preexistente y en los dos casos el primer indicio de la formación de hueso es la aparición de una red de trabéculas óseas que se irán remodelando posteriormente.

#### *Osificación intramembranosa*

En este tipo de formación de hueso las células mesenquimáticas se transforman directamente en hueso (Figura 6). Esto ocurre en los huesos planos. En primer lugar hay una condensación de células mesenquimáticas donde se va a formar el hueso y la aparición de unas bandas de matriz dispuestas a modo de retículo. Entorno a estas trabéculas iniciales se agregan células mesenquimáticas que se convertirán en osteoblastos, los cuales empiezan a secretar matriz ósea. Este proceso genera una zona de osificación inicial en torno a la cual se va repitiendo el proceso de maduración de células mesenquimáticas en osteoblastos, con lo que las trabéculas van aumentando de tamaño. La propia secreción y maduración de la matriz extracelular hace que los osteoblastos queden progresivamente rodeados por matriz ósea, lo que los convierte en osteocitos maduros. En los límites externos de este sistema de trabéculas se formará el periostio y el interior de los espacios entre trabéculas se convertirá en médula ósea y endostio.

Inicialmente la matriz ósea que se deposita tienen una organización denominada inmadura o reticular que se transformará en una organización laminada. Los huesos formados por osificación intramembranosa no tienen osteonas típicas, aunque sí hueso compacto en la periferia y hueso esponjoso en su interior.

#### *Osificación endocondral*

En este tipo de osificación las células mesenquimáticas se diferencian primero en condrocitos, los cuales son posteriormente sustituidos por células óseas (Figura 7). Inicialmente, tras un proceso de compactación, hay una proliferación de los condrocitos para formar un cartílago que servirá de molde para obtener el hueso. Llegado a un punto del desarrollo, los condrocitos de la zona media dejan de dividirse. Entonces crecen enormemente en tamaño y se convierten en condrocitos hipertróficos. Los condrocitos hipertróficos producen un tipo de matriz ex-

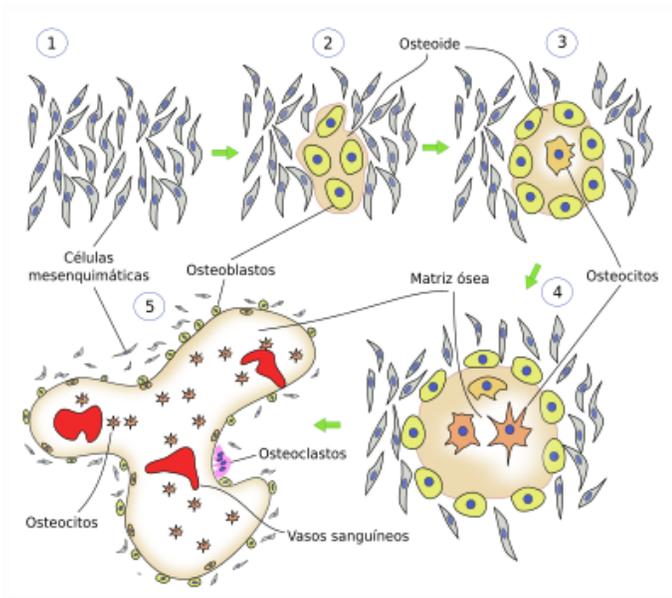


Figura 6: Pasos en la osteogénesis intramembranosa. 1) Células mesenquimáticas. 2) Formación del centro de osificación, producción de osteoide y diferenciación de osteoblastos. 3) Diferenciación de osteocitos, producción de matriz ósea. 4 y 5) Crecimiento del hueso desde el borde del hueso donde hay 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.

tracelular que permiten la mineralización. También secretan moléculas para favorecer la angiogénesis, que atrae a los vasos sanguíneos al interior del cartílago, y otra para convertir a las células mesenquimáticas periféricas en osteoblastos. Estos últimos, alrededor de esa zona y se parte más superficial, crean un anillo o collar óseo que rodea el hueso, y que sirve de soporte al hueso.

Los condrocitos hipertrofos mueren por apoptosis. Esos huecos serán invadidos por vasos sanguíneos, los cuales entran formando aberturas que quedarán en el hueso adulto denominadas forámenes nutricios. La llegada de vasos sanguíneo trae osteoblastos que se localizarán en el interior de la estructura y comenzarán a producir matriz ósea interna. Mientras, como se ha mencionado, externamente, los osteoblastos generados en el antiguo pericondrio, también sintetizarán matriz ósea formando hueso en torno al cartílago en degen-

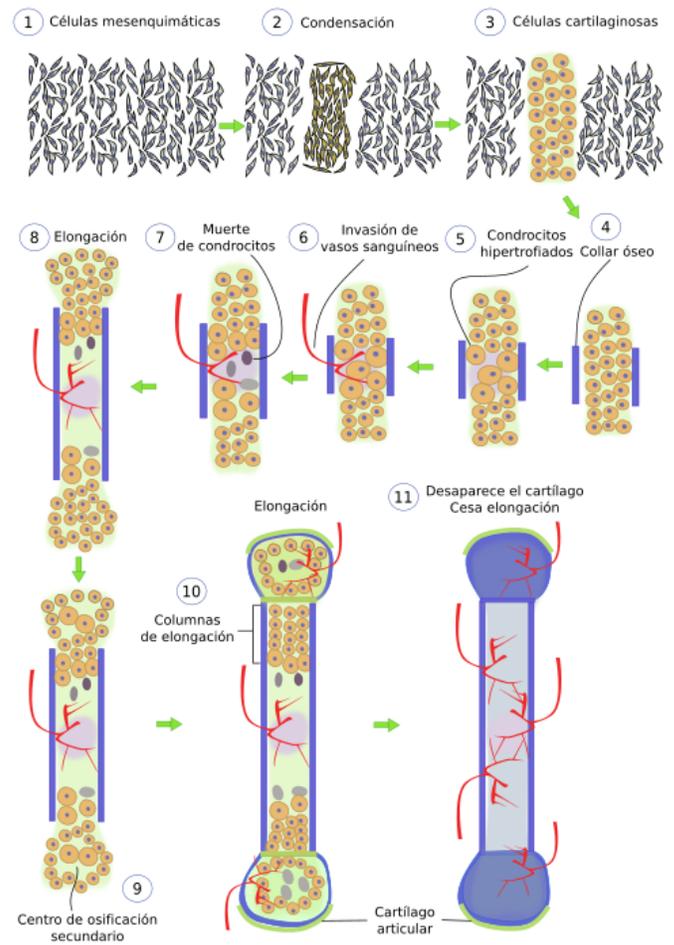


Figura 7: Pasos en la osteogénesis endocondral. 1) Células mesenquimáticas, 2) condensación de las células mesenquimáticas, 3) diferenciación a cartílago, 4) formación del collar óseo a partir del pericondrio (células que rodeaban al cartílago), 5) hipertrofia de condrocitos y mineralización de matriz extracelular, 6) invasión por vasos sanguíneos, 7) muerte de condrocitos hipertrofiados por apoptosis, 8) elongación por proliferación de cartílago en los extremos del hueso, 9) aparición de centros de osificación secundaria en las epífisis, 10) elongación, 11) desaparición de cartílago, excepto el articular, lo que provoca la detención del crecimiento.

eración. En esta zona se formará también el periostio, mientras que internamente, la zona de muerte de condrocitos se irá extendiendo a lo largo de la estructura o molde, y se irá ocupando por vasos sanguíneos, con los cuales llegarán las células que formarán la médula ósea, así como los osteoclastos, los cuales derivan de células sanguíneas.

En los extremos de los huesos largos quedarán restos de cartílago que permitirán el crecimiento en longitud del hueso durante las etapas de crecimiento juvenil y desaparecerán en los huesos maduros. A estas zonas de cartílago que quedan en ambos extremos de los huesos largos se las denomina fisas o placas de crecimiento. Rodeando a la placa de crecimiento hay una estructura denominada anillo pericondral que hace de

soporte a la placa de crecimiento y permite el crecimiento en diámetro.

Los huesos largos también crecen en diámetro, a la vez que en longitud. El crecimiento en grosor se produce por la acción del periostio, el cual generará hueso por osificación intramembranosa hacia el interior.

## 4 Imagen; Células óseas

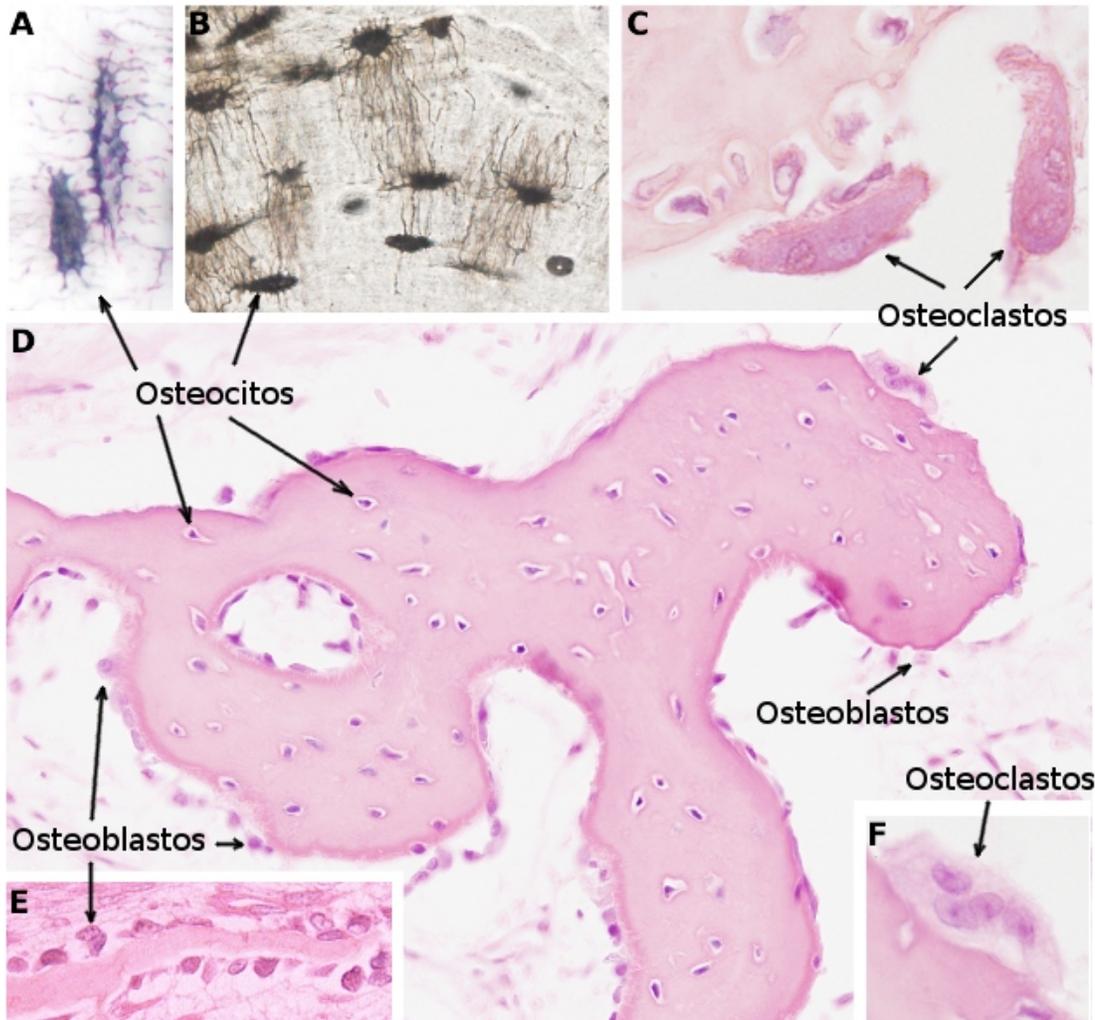


Figura 8: Órgano: hueso. A, B) Hueso compacto y C-F) Hueso en formación. Especie: varias. Técnica: A, B) Desgaste. C-F) Descalcificación, hematoxilina-eosina. La imagen de la figura A ha sido cedida por D. Santiago Gómez Salvador, Depto. Anatomía patológica, Facultad de Medicina, Universidad de Cádiz.

En el hueso hay tres tipos celulares que se encargan de la síntesis, mantenimiento y degradación del hueso: osteoblastos, osteocitos y osteoclastos.

Los osteoblastos (figuras D y E) son las células especializadas en la síntesis de matriz ósea y son responsables del crecimiento y remodelación de la matriz ósea. Como se puede apreciar en las imágenes,

sobre todo en la figura E, que es hueso en formación, se encuentran en el frente de crecimiento del hueso, alineados uno al lado del otro formando una especie de capa celular de una célula de espesor. Son células redondeadas, con el núcleo bien visible situado lejos de la superficie de la matriz ósea. Su forma cambia a columnar, y son más basófilos, cuando están sintetizando mucha matriz, mientras que son más aplanados cuando su tasa de síntesis es baja. La actividad de los osteoblastos se ve afectada por la hormona paratiroidea.

Los osteocitos son el tipo de celular óseo más abundante en el hueso maduro. Se localizan en unas cavi-

dades de la matriz ósea que se denominan lagunas óseas. Como se observa en las figuras A, B y sobre todo en la D. Tienen aspecto de arañas con largas patas (Figuras A y B). Esas patas corresponden a canales que discurren por la matriz extracelular denominados canalículos óseos, en los cuales se extienden las prolongaciones de los propios osteocitos. Estas prolongaciones se desarrollan durante la diferenciación de osteoblastos a osteocitos y comunican osteocitos vecinos. Como se observa en la figura D, los osteocitos están rodeados completamente por matriz ósea.

Los osteoclastos se encargan de eliminar hueso, tanto la matriz ósea mineralizada como la orgánica, mediante un proceso denominado reabsorción. Como se observa en las figuras C, D y F, son células muy grandes y multinucleadas. En la figura C se observa que la superficie del osteoclasto orientado hacia el hueso presenta una forma muy ondulada, con numerosos y densos pliegues. Esta especialización de la superficie del osteoclasto se produce cuando está reabsorbiendo hueso y aquí se localizan numerosas enzimas encargadas de degradar la matriz ósea.

## 5 Imagen; Fibras de colágeno

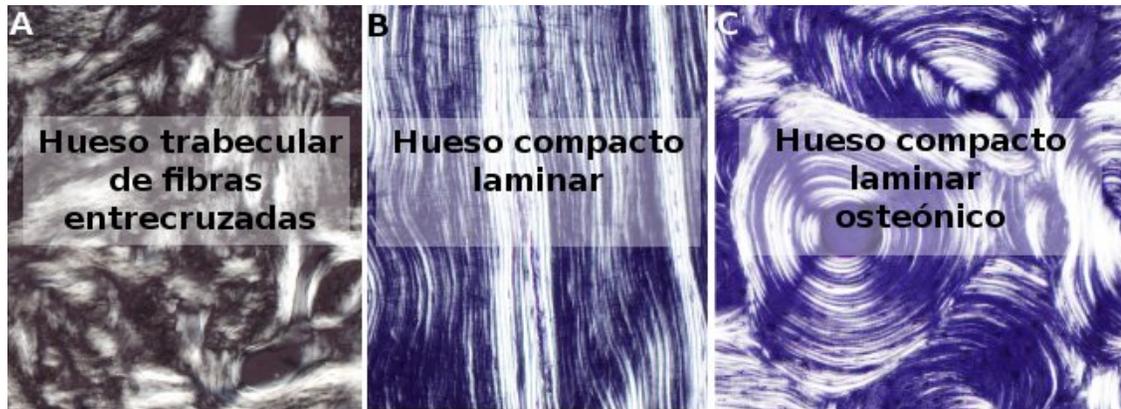


Figura 9: Órgano: A) Mandíbula; Hueso trabecular de fibras entrecruzadas Especie: Perro (*Canis familiaris*; mamíferos) Técnica: Osteodistracción, desgaste. Órgano: B) Tibia; Hueso compacto laminar Especie: Humano (*Homo sapiens*; mamíferos) Técnica: Desgaste más luz polarizada. Órgano: C) Tibia; Hueso compacto de tipo osteónico Especie: Humano (*Homo sapiens*; mamíferos) Técnica: Desgaste más luz polarizada. D. Santiago Gómez Salvador (Depto. Anatomía patológica, Facultad de Medicina, Universidad de Cádiz) ha cedido las imágenes y es coautor de la edición del texto.

A) Imagen de un hueso trabecular no laminar donde se observa la disposición irregular de las fibras de colágeno, que se disponen de forma entrecruzada. Los osteocitos son difíciles de distinguir pero aparecen como pequeñas manchas oscuras. Esta organización ósea es típica de vertebrados menos desarrollados, mientras que en vertebrados más complejos aparece en lugares concretos o temporalmente. Por ejemplo, se forma de manera transitoria al principio de la osteogénesis, como en fetos y recién nacidos, sustituyéndose posteriormente por hueso trabecular laminar. En adultos se puede encontrar en las proximidades de las suturas de los huesos planos, en alveolos

dentarios y en algunos puntos de inserción de tendones. También se forma en circunstancias especiales como en las lugares de reparación de fracturas o en ciertos tumores óseos. En estos casos la formación del hueso es secundaria ya que se deposita sobre hueso preexistente. La imagen A procede de una mandíbula sometida a un proceso traumático como la osteodistracción.

B) Imagen de hueso compacto laminar formado durante la osteogénesis de las diáfisis de una tibia. Este tipo de organización se establece en las proximidades del periostio y del endostio formando el denominado sistema circunferencial externo e interno respectivamente.

C) Internamente al hueso compacto laminar se encuentra el sistema compacto de tipo osteónico, donde las fibras de colágeno se disponen alrededor de un canal central denominado canal de Havers. Por el canal de Havers discurren los vasos sanguíneos. Las fibras se organizan en bandas denominadas lamelas, entre las que se encuentran los cuerpos celulares de los osteocitos.

## 6 Imagen; Óseo trabecular

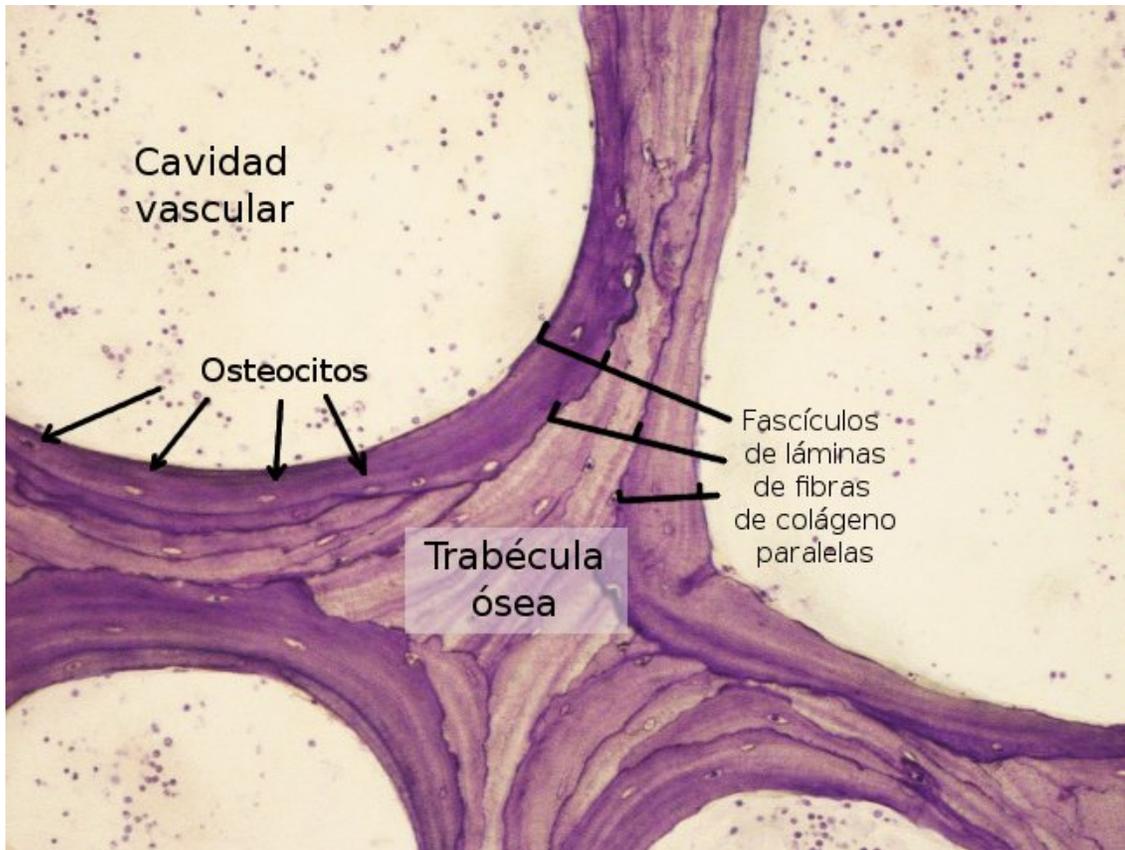


Figura 10: Órgano: vértebra, hueso trabecular. Especie: oveja (*Ovis aries*; mamíferos). Técnica: Teñido con azul de toluidina. La imagen ha sido cedida por D. Santiago Gómez Salvador, Depto. Anatomía patológica, Facultad de Medicina, Universidad de Cádiz.

Este tejido está constituido por un entramado tridimensional de trabéculas óseas ramificadas que limitan un sistema de cavidades vasculares amplias e irregula-

res, las cuales albergan vasos sanguíneos y células de la médula ósea en el seno de un conjuntivo laxo. Las trabéculas están formadas por láminas óseas de espesor variable ( $3-7\ \mu\text{m}$ ) que son capas bien diferenciadas de matriz recorridas por fibras colágenas paralelas entre sí, en donde los osteocitos se distribuyen regularmente.

## 7 Imagen; Óseo compacto

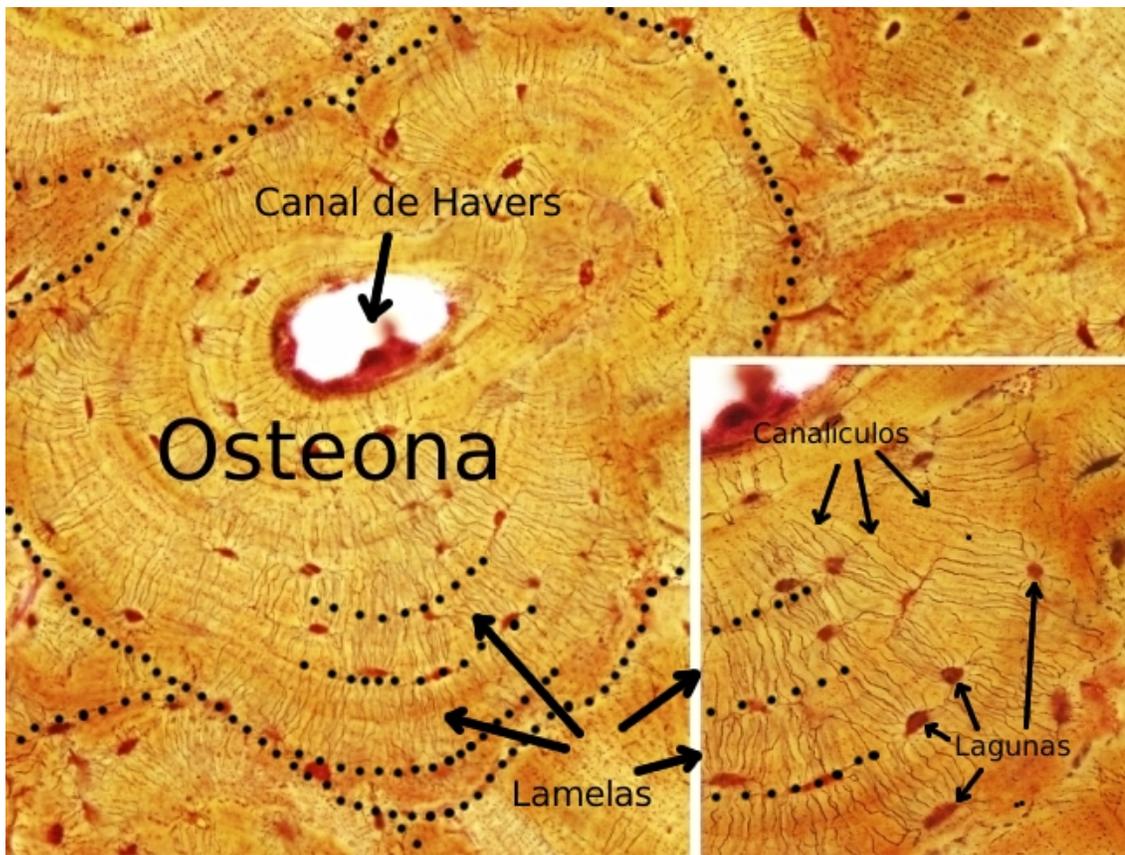


Figura 11: Órganos. hueso, hueso compacto. Especie: mamífero. Técnica: desgaste.

El hueso compacto osteónico se caracteriza porque su matriz ósea (sustancia intersticial mineralizada) se organiza formando lamelas o laminillas óseas que se disponen de manera concéntrica en torno a una canal que contiene vasos sanguíneos y nervios denominado canal de Havers. Las células del hueso maduro son los osteocitos y ocupan unos espacios denominados lagunas, dispuestos, al igual que las laminillas, de manera concéntrica. Las lagunas, y por tanto los osteocitos,

están comunicados entre sí por una red de finos conductos, los canaliculos calcóforos. Esta comunicación conecta a las lagunas más alejadas con los vasos sanguíneos presentes en el canal de Havers. Los nutrientes no difunden por la matriz ósea como lo hacen por la matriz cartilaginosa, por lo que utilizan esta red de canaliculos para llegar a todos los osteocitos. Al conjunto de canal de Havers más laminillas, lagunas y canaliculos asociados a él, se denomina osteona, que es la unidad estructural del hueso compacto osteónico. El tamaño de una osteona es variable y el número de laminillas puede oscilar entre 4 y 20.