

*Atlas de Histología Vegetal y Animal*

# Tejidos animales

## CARTILAGINOSO

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

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Marzo 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>Cartilaginoso</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Imagen; Hialino</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Imagen; Hialino articular</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Imagen; Elástico</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Imagen; Fibrocartílago</b>	<b>14</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 glicosamicoglicanos. 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 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. El cartílago es una estructura semirígida que permite mantener la forma de numerosos órganos, recubre la superficie de los huesos en las articulaciones y es el principal tejido de soporte durante el desarrollo embrionario, cuando el hueso aun no está formado. Posteriormente parte de este cartílago fetal se sustituirá por hueso mediante osificación endocondral. Durante la evolución, el cartílago fue la base para la formación del endoesqueleto de los vertebrados. La mayoría del cartílago de los mamíferos se genera desde el mesodermo pero también hay otros generados desde las crestas neurales, sobre todo los cartílagos craneofaciales. A veces se encuentran cartílagos con características intermedias entre el cartílago y el hueso y se denominan huesos condroides.

#### 1. Características

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 agregano, y glicoproteínas (10 %) y por agua (65-80%). También largas cadenas de ácido hialurónico están presentes en el cartílago. El colágeno es el principal responsable de la resistencia a estiramientos, mientras que el agregano permite la resistencia a presiones, además de favorecer una gran hidratación. La matriz del cartílago puede estar mineralizada o no. Aunque el cartílago es mayormente avascular existen unos canales denominados canales cartilagosos en el cartílago embrionario que pueden llevar vasos sanguíneos una cierta distancia en el interior del cartílago. Estos canales también llevan condroblastos y son los que permiten la sustitución del cartílago por el hueso durante el desarrollo.

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, mu-

chos poseen un cilio. 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 condrón o condroma (Figura 2). Al contrario que en el hueso, los condrocitos cercanos no están conectados entre sí por procesos citoplasmáticos. La matriz del cartílago se forma por los condrocitos y condroblastos, y se puede eliminar por condroblastos mono o multinucleados. La mayoría de los condrocitos tienen la capacidad de dividirse, pero esto puede ser muy poco frecuente, como es el caso del cartílago articular donde las células que se dividen representan menos del 1 %.

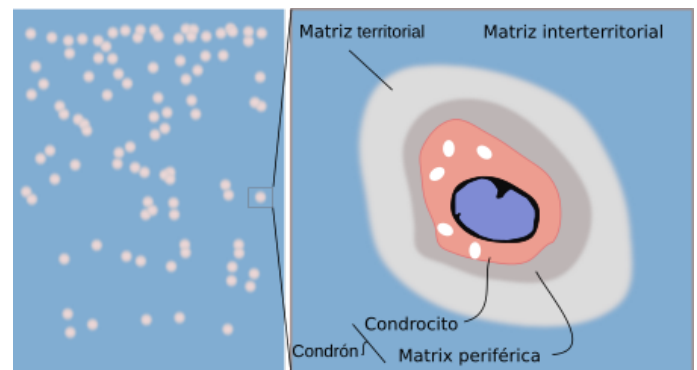


Figura 2: Esquema de las variedades de matriz extracelular en torno a un condrocito de un cartílago hialino.

La mayor parte del cartílago, excepto el tipo de cartílago denominado fibrocartílago, está rodeado por una capa de tejido conectivo denominada pericondrio. El pericondrio posee una capa externa, denominada pericondrio fibroso, formada por tejido conectivo fibroso que contiene fibroblastos y fibras de colágeno, y otra interna denominada pericondrio condrogénico, donde se encuentran las células condrogénicas y los condroblastos que por diferenciación darán lugar a los condrocitos. Las células condrogénicas producen a los condroblastos, que 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 alrede-

dor. Este crecimiento se conoce como crecimiento por aposición. En el cartílago joven, sin embargo, los condrocitos pueden dividirse y contribuyen al crecimiento y a la formación de matriz extracelular en lo que se denomina crecimiento intersticial.

Hay tres tipos de cartílago en el organismo: hialino, elástico y fibrocartílago. Esta clasificación en tres tipos de cartílago se aplica a los mamíferos, mientras que la variedad de cartílagos es mayor cuando se consideran otros vertebrados.

## 2. 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 de sustancias a las zonas más internas 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 (Figura 3), los cuales están separados entre sí por la matriz interterritorial. En la matriz periférica (Figura 1), 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 (Figura 3). La parte externa del pericondrio se llama fibrosa ya que está formada por fibras colágenas, algún fibroblasto y por gran cantidad de vasos sanguíneos. La



Figura 3: Imagen de cartílago hialino del hueso hioides de rata donde se observa osificación endocondral.

parte interna se denomina condrogénica porque a partir de ella se forman y diferencian nuevos condrocitos que quedarán incorporados al cartílago a medida que van sintetizando matriz extracelular.

### *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, pero crece por aposición a partir de una población de progenitores que se encuentra en su superficie. Curiosamente esta población se puede diferenciar también en hueso, tendón y perimio. La principal misión de este cartílago 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 (Figura 4). 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 agregano y el condroitín sulfato. En el cartílago articular, la matriz pericelular carece de colágeno tipo II.

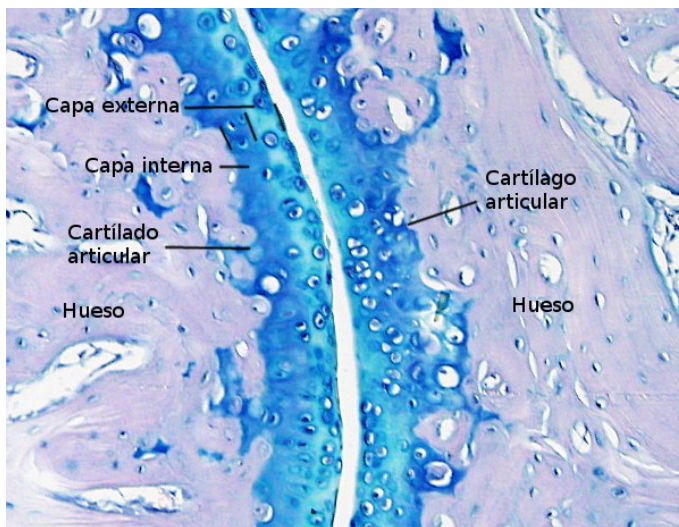


Figura 4: Imagen de cartílago articular donde se pueden apreciar las dos capas principales.

### 3. Cartílago elástico

El cartílago elástico (Figura 5) 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 % de su peso seco. El colágeno que predomina es el tipo II. El cartílago elástico no se forma a partir de centros de condriificación, 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.

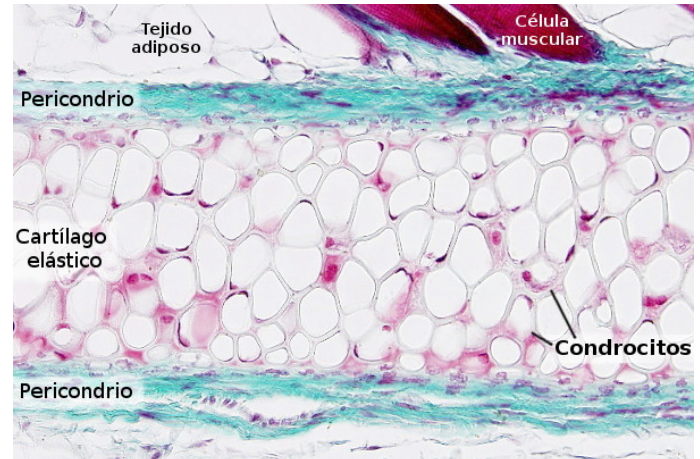


Figura 5: Cartílago elástico de la oreja de un ratón.

### 4. Fibrocartílago

El fibrocartílago se encuentra en lugares como los discos intervertebrales, algunas articulaciones, en la inserción del tendón a la epífisis del hueso (Figura 6), en zonas de las válvulas del corazón y en el pene de algunos animales. Normalmente está rodeado por cartílago hialino. Carece de pericondrio. Es un tejido con propiedades intermedias entre el tejido conectivo denso y el cartílago hialino. 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. En general, en el interior del tejido las células se parecen más a condrocitos y en el exterior a fibroblastos. Las características ultraestructurales de sus células son similares a las del cartílago hialino.

De cuatro a siete tipos de colágeno se han encontrado en el fibrocartílago dependiendo de donde se encuentre. El tipo I es el más abundante con un 80 a 90 %. La abundancia de colágeno tipo I (abundante en tejidos sometidos a tensión) respecto al colágeno tipo II (más abundante en tejidos sometidos a presión) es una característica distintiva del fibrocartílago. Las 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. El fibrocartilago se forma a partir de pre-cartilago, del cartílago hialino y sobre todo de tejido conectivo fibroso, dependiendo de su localización en el cuerpo.

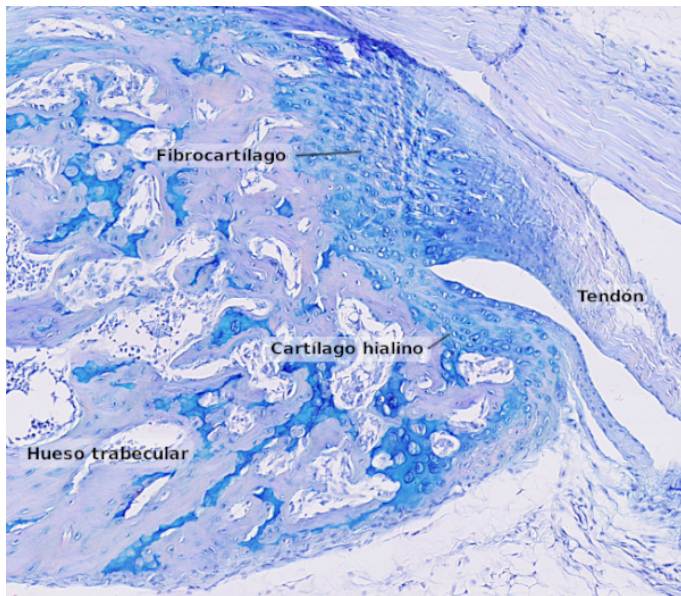


Figura 6: Fibrocartilago en la conexión entre el cartílago hialino del hueso y el tejido conectivo denso regular del tendón.

Hay cartílagos que se denominan ectópicos puesto que se generan en lugares donde normalmente no se encuentra cartilago como en el corazón, o en las mandíbulas.

### Bibliografía

Benjamin N, Evans EJ. 1990. Fibrocartilage. *Journal of anatomy*. 171: 1-15.

Fox AJS, Bedi A, Rodeo SA. 2009. The basic science of articular cartilage: structure, composition, and function. *Sport health*. 1: 461-468.

Salter DM. 1998. Cartilage. *Current Orthopaedics*, 12(4), 251-257.

Wilusz RE, Sanchez-Adams J, Guliak F. 2014. The structure and function of the pericellular matrix of articular cartilage. *Matrix biology*, 39, 25-32.

## 4 Imagen; Hialino

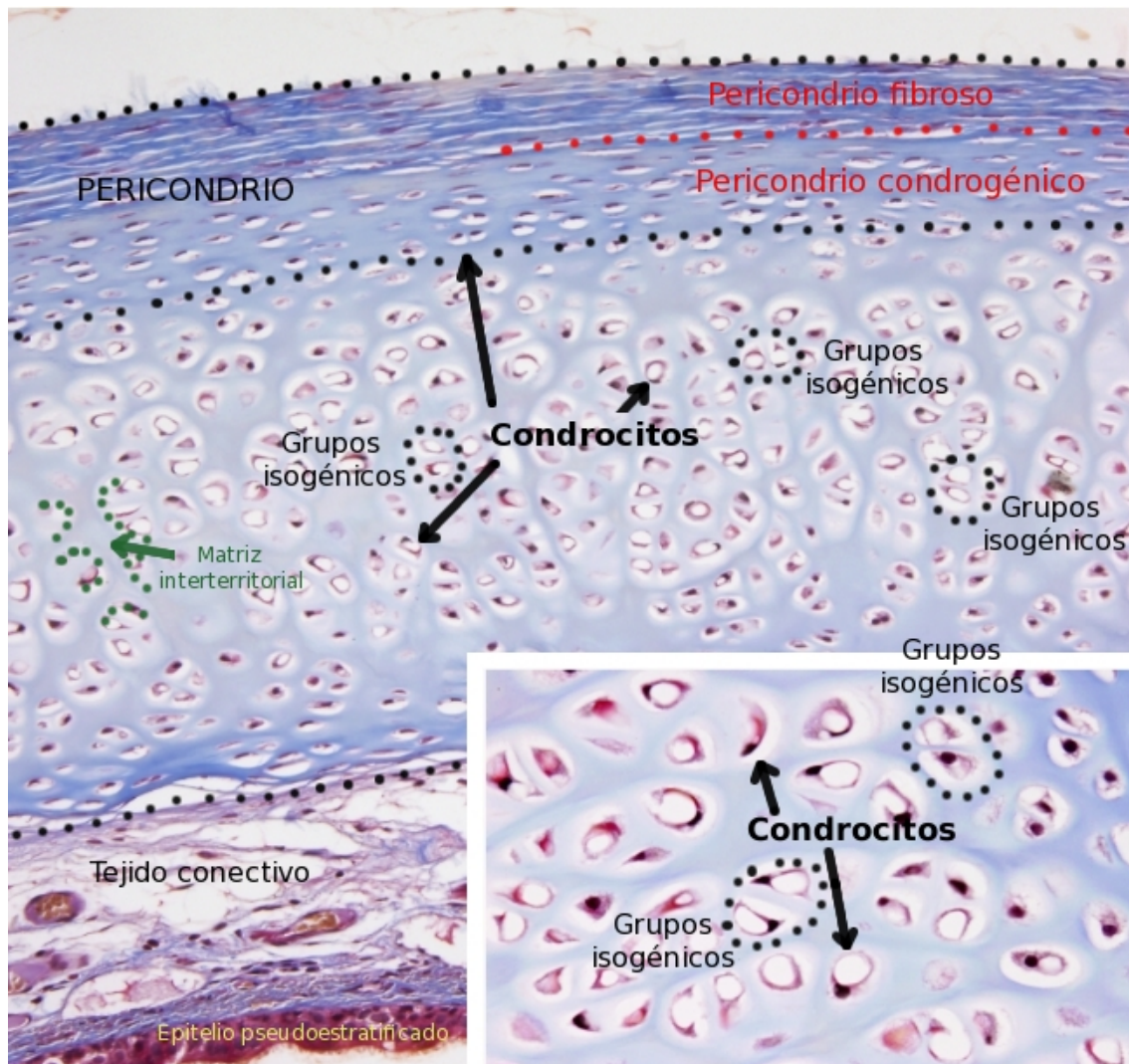


Figura 7: Órgano: tráquea, cartílago hialino. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: tricrómico de Masson en cortes de 8 micras de parafina.

En esta imagen se muestra una parte de la tráquea de un ratón. Desde la parte superior (parte externa) a la inferior (parte interna) podemos observar cartílago hialino, tejido conectivo y epitelio pseudoestratificado, el cual recubre la pared interna de la tráquea. El cartílago hialino presenta dos partes: el pericóndrio, más externo, y el cartílago maduro, más ancho e interior. El cartílago hialino maduro muestra una matriz extracelular de color azulada y 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. La ausencia de condrocitos en algunas de las lagunas que se observan en esta imagen se debe a artefactos producidos durante el procesamiento histológico. Los condrocitos se suelen asociar por parejas o tétradas formando los llamados grupos isogénicos, los cuales están separados entre sí por la matriz interterritorial.

El pericóndrio es una vaina de tejido conectivo condensada que recubre al cartílago maduro. La parte externa del pericóndrio se llama fibrosa ya que está

formada por fibras colágenas, algún fibroblasto y por gran cantidad de vasos sanguíneos. La parte interna se denomina condrogénica porque a partir de ella se forman y diferencian nuevos condrocitos que quedarán incorporados al cartílago a medida que van sintetizando matriz extracelular. Esto es lo que se denomina crecimiento por aposición. Existe otro tipo de crecimiento denominado intersticial y se debe a la división de los propios condrocitos.

## Más imágenes

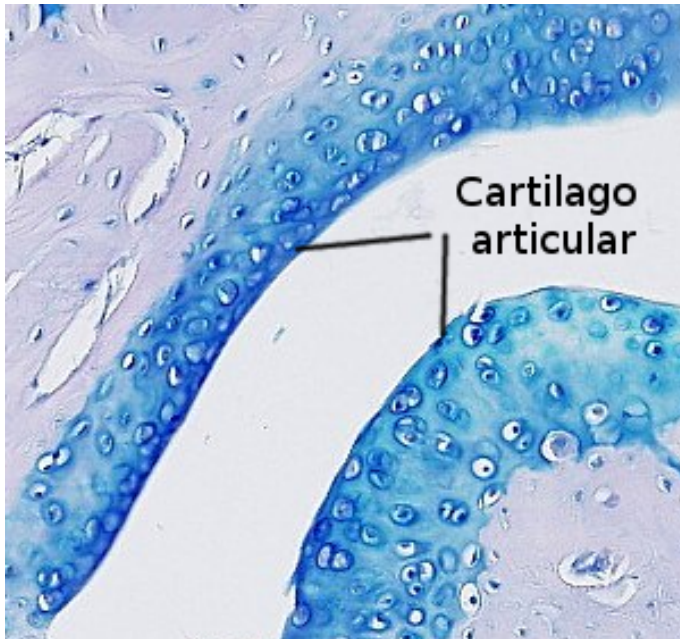


Figura 8: Cartílago hialino articular de una articulación de la mano Aparece teñido de azul, el resto es hueso.



Figura 10: Cartílago hialino en el hueso ioides de rata. Obsérvese el proceso de formación de hueso de izquierda a derecha.

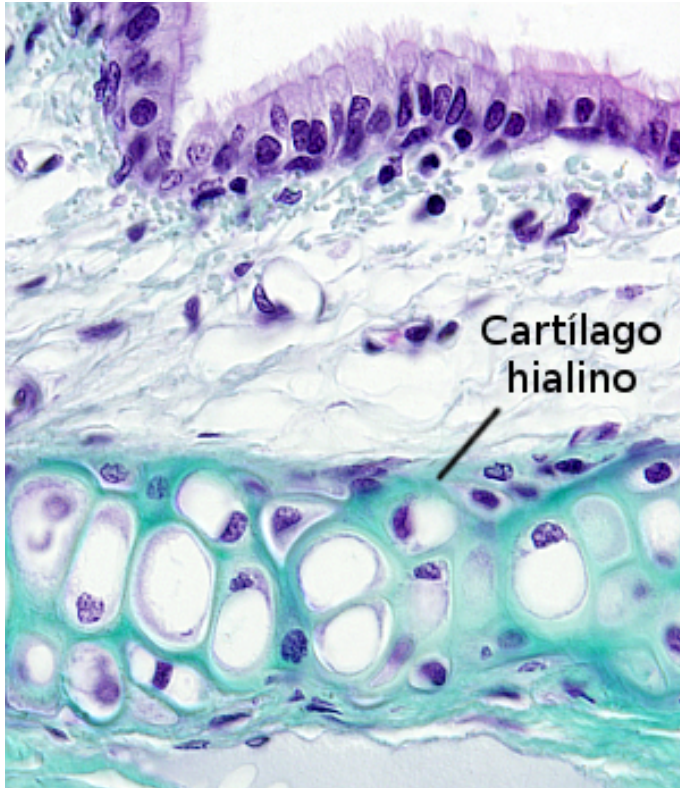


Figura 9: Cartílago hialino de los bronquios del pulmón

## 5 Imagen; Hialino articular

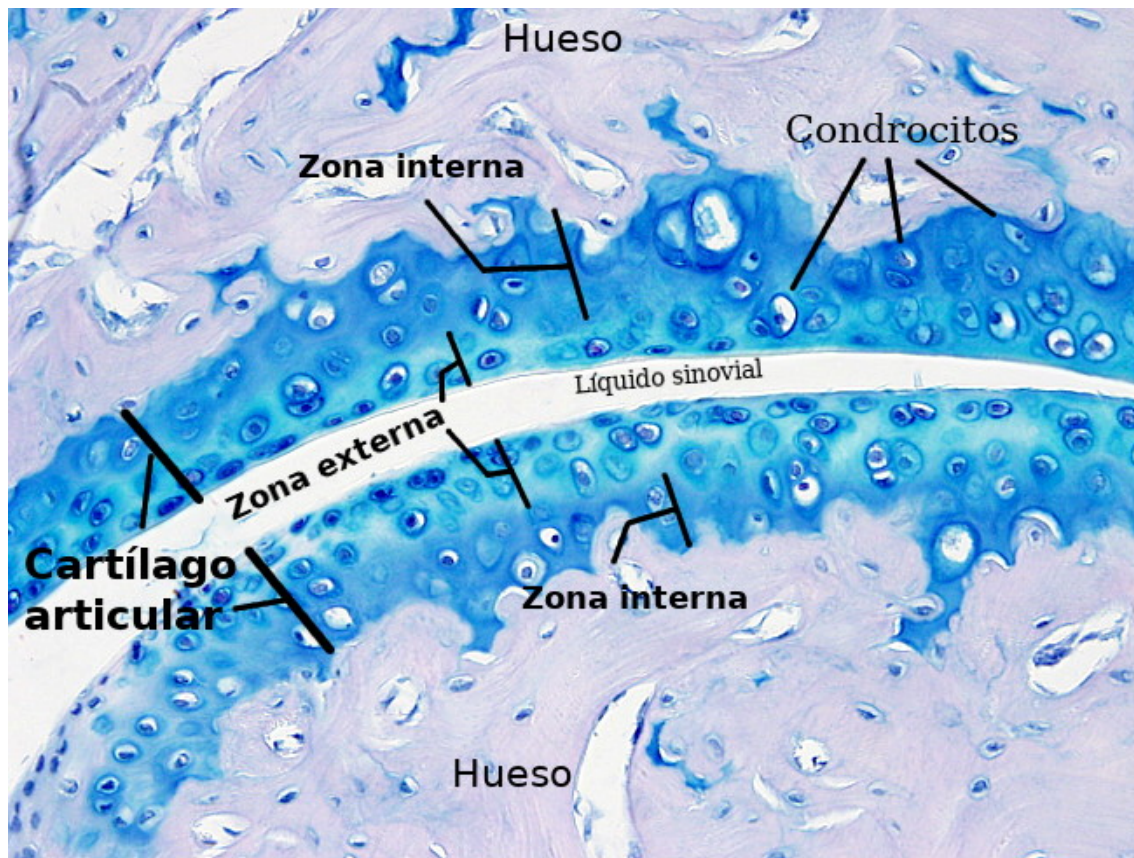


Figura 11: Órgano: articulación, cartílago articular. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: cortes de parafina teñidos con hematoxilina-azul de toluidina.

El cartílago articular se encuentra en las articulaciones sinoviales, 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. Como cualquier cartílago hialino carece de irrigación sanguínea, linfática e innervación nerviosa. Además tiene poca capacidad de regeneración. Suele tener de 1 a 2 mm de grosor. La matrix extracelular contiene colágeno, glicosaminoglicanos y glicoproteínas que le dan sus propiedades mecánicas y ayudan a hidratarlo, cosa que es fundamental para su función. La proporción de agua en el cartílago articular disminuye desde la zona externa (80%) hasta la profunda (65%). El colágeno es la molécula más abundante,

siendo más abundante el tipo II, aunque también otros como I, IV, V, VI, IX y XI, los cuales ayudan a la estabilización de los tipo II. Los proteoglicanos representan en torno al 10 al 15 % del peso seco, representado principalmente por el agregano.

Se distinguen varias zonas. La zona superficial es la más externa y la que realiza el contacto físico con el cartílago articular opuesto. Representa aproximadamente entre el 10 y el 20 % del espesor. En esta zona abundan los colágenos tipo II y IX orientados paralelos a la superficie. Los condrocitos son aplanados. Esta capa está en contacto con el líquido sinovial. A continuación viene la capa de transición o medio (40-60 % del espesor) y contiene muchos proteoglicanos y fibras más gruesas de colágeno, la densidad de condrocitos es menor y es la principal responsable de resistir la compresión mecánica. La zona profunda o interna (alrededor del 30 %) es la más próxima al hueso, las fibras de colágeno, las más gruesas, se

disponen perpendicularmente a la superficie articular, y posee una gran cantidad de proteoglicano. Es la capa que más resistencia aporta. Los condrocitos se disponen normalmente en columnas perpendiculares a la superficie articular. Entre la zona profunda y el hueso está la zona de cartílago calcificado, la cual ancla el cartílago al hueso. En general los condrocitos representan el 2% del total del volumen del cartílago.

## 6 Imagen; Elástico

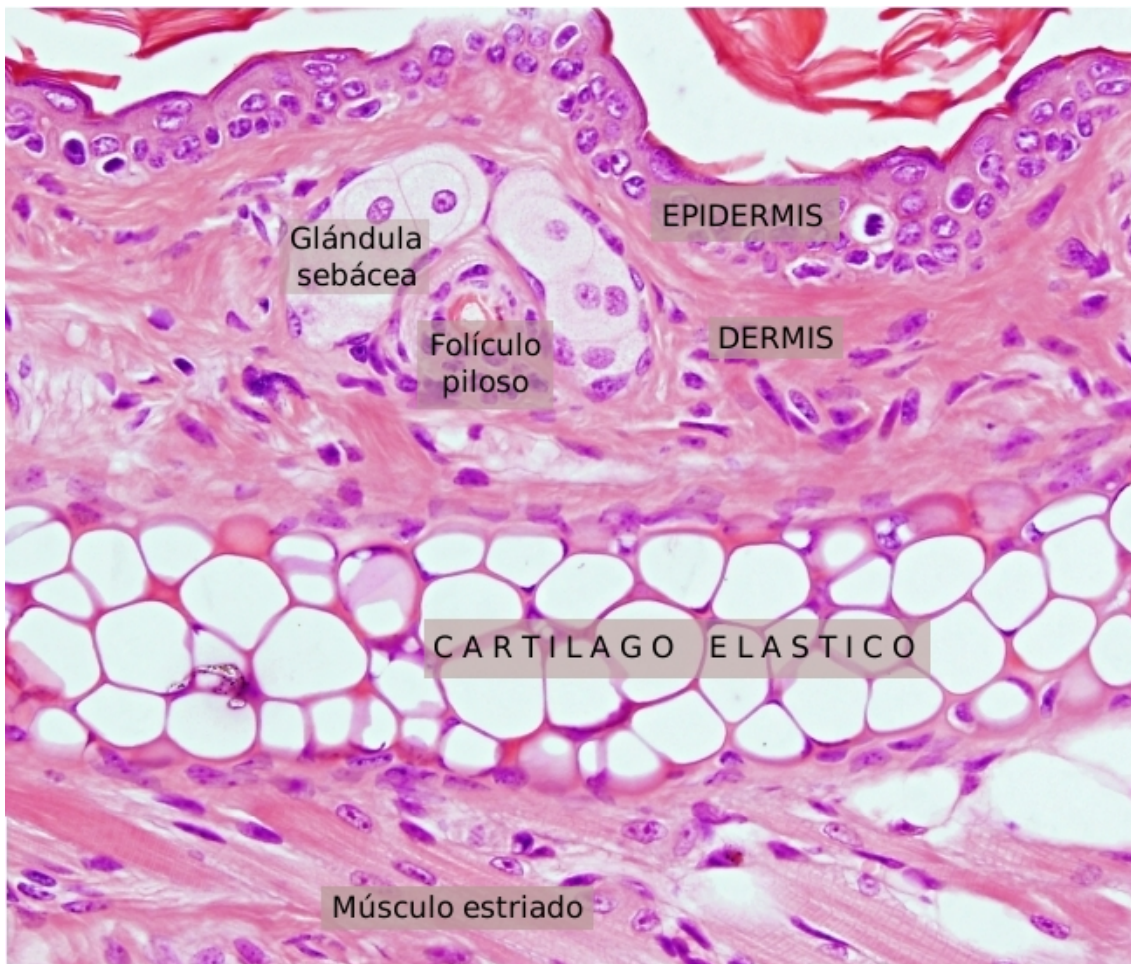


Figura 12: Órgano: oreja, cartílago elástico. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: hematoxilina-eosina en cortes de 8 micras de parafina

Este tipo de cartílago aparece en 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. El cartílago elástico no se forma a partir de centros de condricación, sino a partir de tejido mesenquimático. En su periferia se localiza el pericondrio formando una vaina muy delgada de tejido y que es 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.



## 7 Imagen; Fibrocartílago

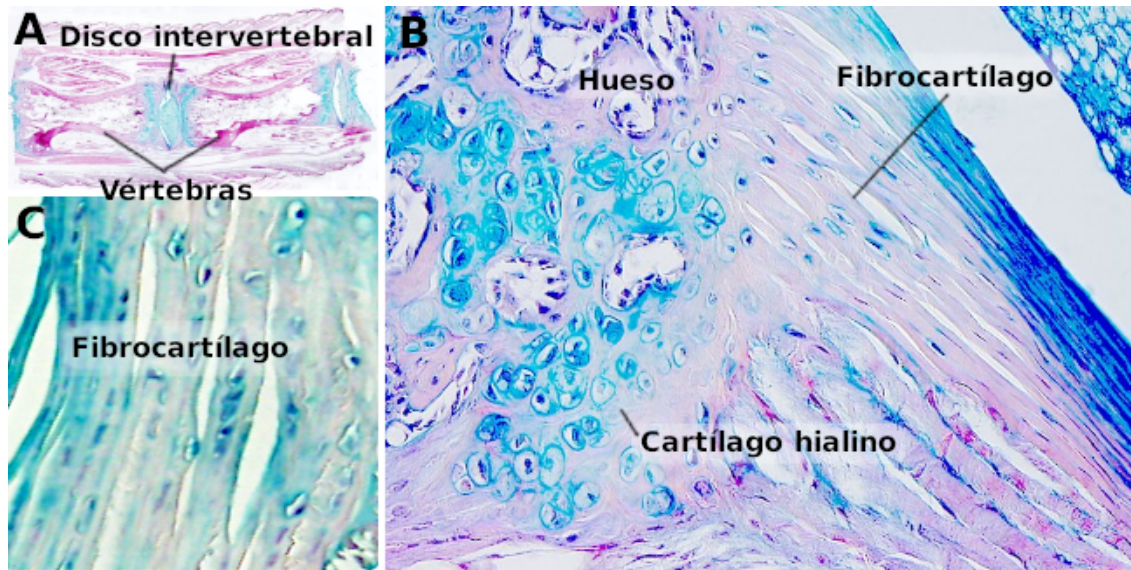


Figura 13: Órgano: columna vertebral, ligamento intervertebral. Especie: rata (*Rattus norvegicus*; mamíferos). Técnica: hematoxilina-eosina y azul alcian en cortes de 8 micras de parafina.

El 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. Carece de pericondrio. Es un tejido con propiedades intermedias entre el tejido conectivo denso y el cartílago hialino. 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. Sus células parecen condrocitos o fibroblastos y son difícil de distinguir. En general en el interior del tejido las células se parecen más a condrocitos y en el exterior a fibroblastos. Las características ultraestructurales de sus células son similares a las del cartílago hialino. Es menos elástico que el cartílago hialino pero más que, por ejemplo, los tendones. El fibrocartílago se forma a partir de precartilago, del cartílago hialino y sobre todo de conectivo fibroso, dependiendo de su localización en el cuerpo.