



Guía de lectura: Unidad Temática 2

Autores:

Dr. MSc. MV. Carlos Pereyra
Esp. Méd. Vet. Damián Parola
Esp. Méd. Vet. Verónica Venegas
Méd. Vet. Cirimele María Noel
Méd. Vet. Chavez Jorge
Méd. Vet. Quiroga Vicente
Méd. Vet. Muando Diego
Méd. Vet. Cocco Valeria
Srta. Perez Mogetta Luisina
Srta. Bosco Justina
Sr. Heger Federico
Sr. Iribarren Santiago



Año 2023

Unidad temática II: Aparato de la locomoción. Osteología y Artrología. Estudio Descriptivo y Comparado en las especies domésticas.

MÓDULO I: INTRODUCCIÓN A OSTEOLOGÍA Y ARTROLOGÍA. GENERALIDADES.

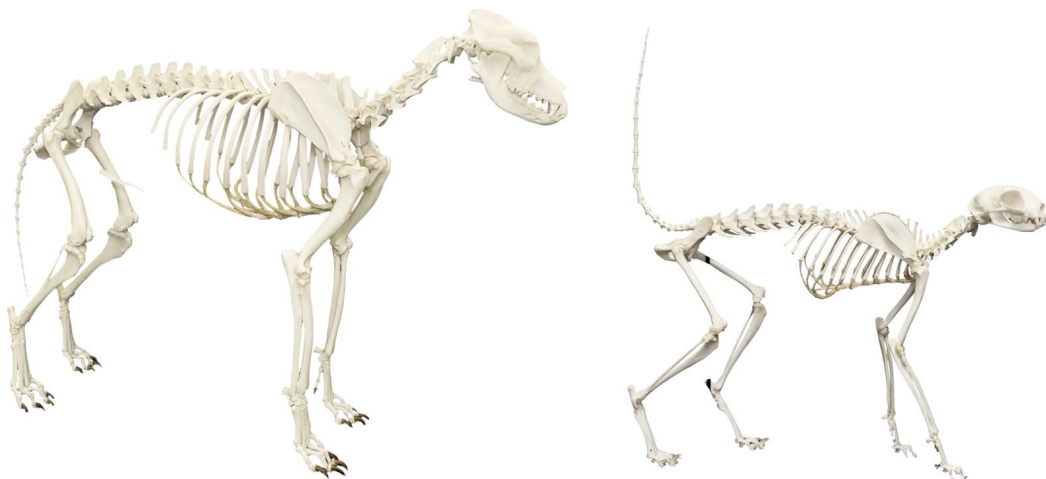
I- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS HUESOS.

La Osteología (*Osteologia*) “griego = *ὀστεολογία*, de *ὀστέον* ostéon 'hueso' y *λογία* -logía '-estudio', es la rama de la Anatomía Sistemática que se encarga del estudio de los huesos.

Los huesos (*Ossa*) son los órganos pasivos de la locomoción, duros, rígidos, de color blanco amarillento a los que se adhieren los músculos y actúan sobre ellos como si fueran palancas. En conjunto protegen ciertos órganos frágiles y vitales (sistema nervioso central, corazón, pulmones). Tienen un papel importante como reservorios de minerales y alojan a la médula ósea que interviene en la producción de los elementos formes de la sangre.

El esqueleto (*Systema skeletale*) es el armazón formado por los huesos y las articulaciones que los unen, proporcionando al individuo su forma y dimensiones generales. El esqueleto óseo constituye la principal característica de los vertebrados.

Figura 1 Esqueletos de Carnívoros (Perro y Gato).



1.- CONSTITUCIÓN GENERAL DEL ESQUELETO

En los individuos vertebrados mamíferos, podemos reconocer dos divisiones principales en el esqueleto:

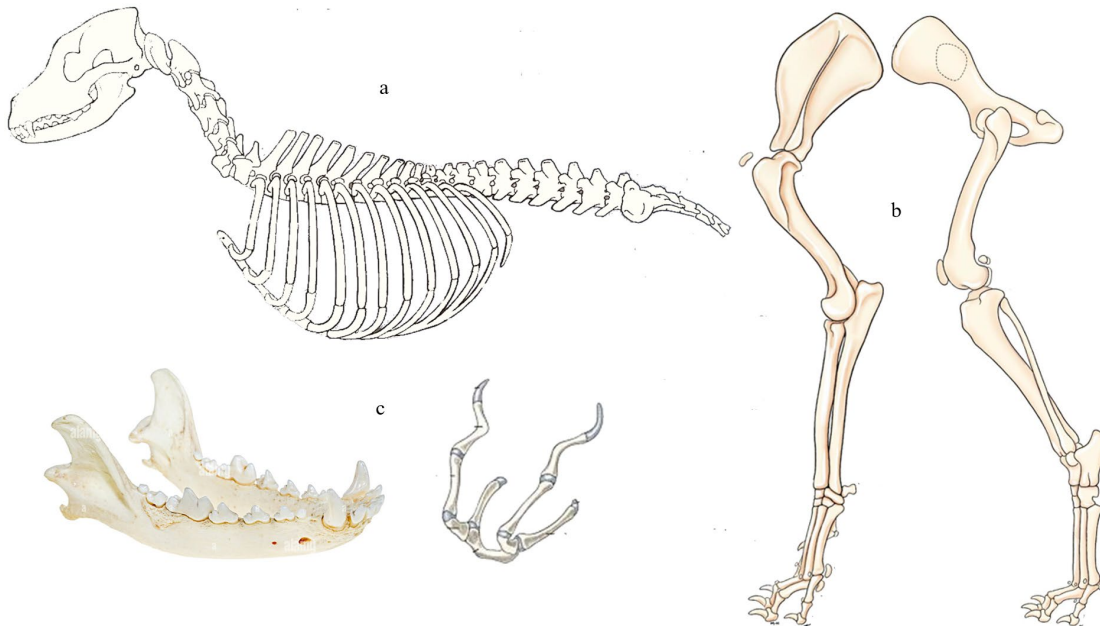
1) El **Esqueleto Somático**, que a su vez se divide en:

a) **Esqueleto Axial** (*Skeleton axiale*), que involucra las piezas óseas de la cabeza, el raquis y el tórax.

b) **Esqueleto Apendicular** (*Skeleton appendiculare*), que involucra las piezas óseas de las cinturas basilares y las extremidades. Está dispuesto simétricamente respecto al esqueleto axial. Se lo subdivide en el esqueleto basilar (cintura), que lo relaciona al esqueleto axial, y en esqueleto apendicular propiamente dicho.

2) El **Esqueleto Visceral**, está compuesto por los huesos derivados de los arcos branquiales. Representado por la mandíbula, los huesecillos del oído medio y el hioides. Ellos prestan inserción a un grupo de músculos branquiales cuya irrigación e inervación tienen el mismo origen embriológico.

Figura 2 División del Esqueleto.

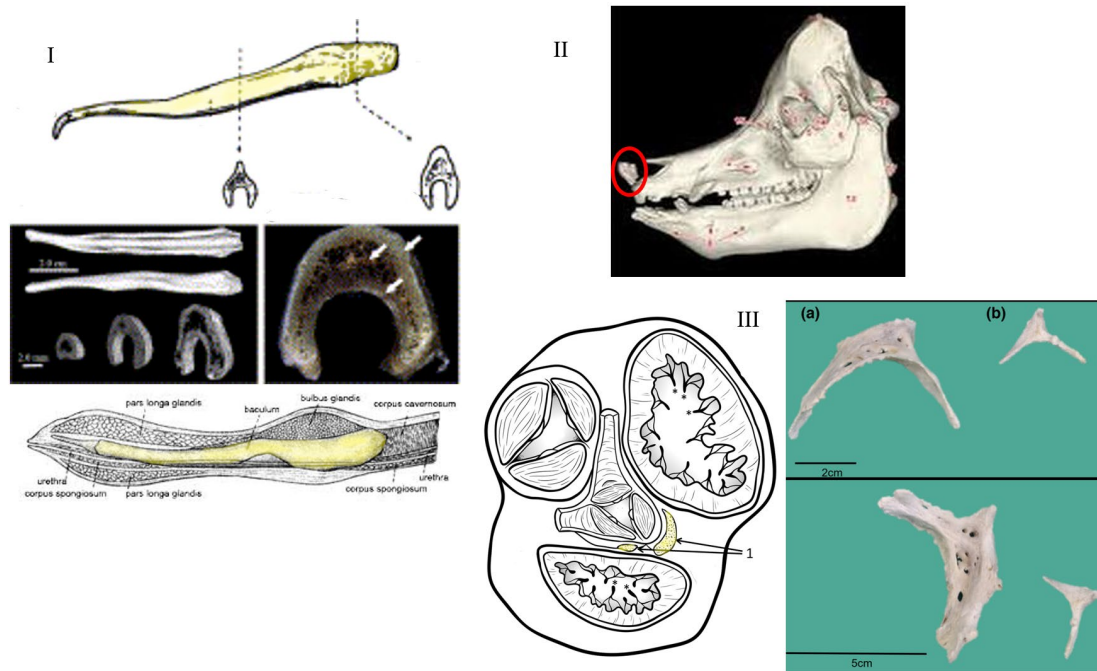


Referencias: a- esqueleto axial, b- esqueleto apendicular y c- esqueleto visceral. Tomado y modificado de De Evans HE, de Lahunta A: Guía de Miller para la disección del perro.

3) Una serie de huesos que se desarrollan en algunos órganos determinados son los denominados huesos **heterotópicos** (del corazón del bovino, hocico del cerdo, hueso peneano de los carnívoros) y hay otros que se desarrollan en el espesor de los tendones denominándose **huesos sesamoideos** (rótula, de los gastrocnemio, plantares proximales,

palmar distal, etc.), son pequeños huesos ovoides o esferoides ubicados en puntos donde se ejerce una presión significativa.

Figura 3 Huesos heterotópicos.



Referencias: I- Hueso peneano del perro tomado de A. Sharir, et al, The canine baculum: *The structure and mechanical properties of an unusual bone*, *Journal of Structural Biology*, Vol 175, Issue 3, 2011), II- hueso del hocico del cerdo tomado de onlinelibrary.wiley.com, III- hueso del corazón del bovino, 1- localización del hueso y Fotografías desde dos vistas diferentes de un adulto (a) derecha y (b) izquierda tomado de *Anat Histol Embryol*, Volume: 51, Issue: 6, Pages: 683-695, First published: 08 September 2022, DOI: (10.1111/ahe.12861).

DIVISIÓN DEL ESQUELETO SOMÁTICO

ESQUELETO AXIAL

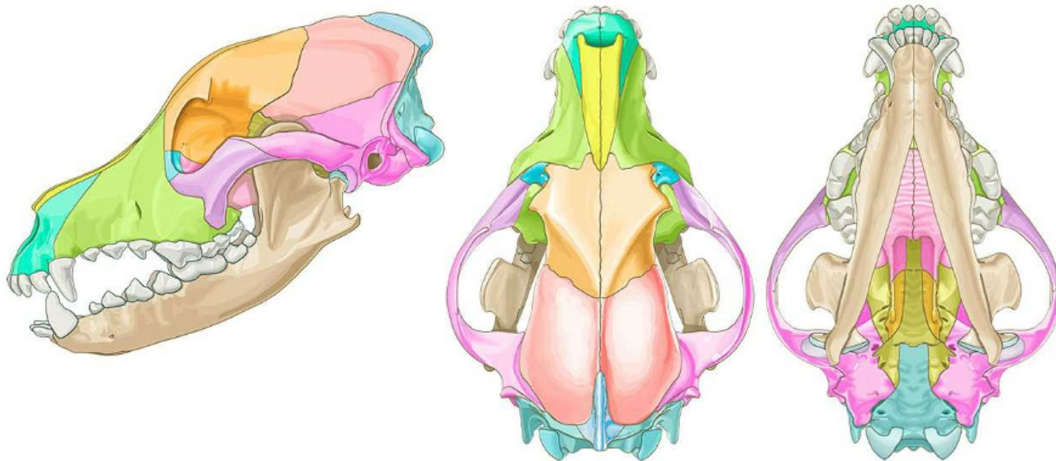
Este esqueleto es un eje óseo constituido por: la columna vertebral (formada por piezas metaméricas denominadas vértebras), que en su extremo craneal sostiene la cabeza y en su región torácica articula con las costillas que, a su vez, ventralmente se articulan con el esternón, formando en conjunto la base ósea del tórax.

1) Esqueleto de la Cabeza

Articulada con la primera vértebra cervical (Atlas) comprende dos regiones que conforman al cráneo (neurocráneo) y a la cara (esplacnocráneo). El Cráneo (*Cranium*) está formado por los huesos que rodean y alojan al cerebro con sus meninges, permiten el pasaje de los vasos que lo nutren y la emergencia de los nervios craneanos. Los Huesos Faciales (*Facies*) forman el armazón de las cavidades nasal y bucal. En su unión

con los huesos del cráneo encontramos las órbitas (destinadas a albergar los ojos y sus anexos), y el laberinto etmoidal, que forma el fondo de la cavidad nasal. En los mamíferos, todos los huesos del cráneo y la cara están soldados entre sí. Sólo quedan móviles: las mandíbulas, articuladas a los huesos temporales, de manera que permitan masticar los alimentos, y el aparato hioideo, también unido a los huesos temporales, para dar unión flexible a la lengua, faringe y laringe.

Figura 4 Esqueleto de la cabeza de canino.



Referencias: cada pieza ósea que conforma el neurocráneo y esplacnocráneo se encuentra coloreada.

2) Columna Vertebral

La columna vertebral (*Columna vertebralis*) es la parte fundamental del esqueleto de los vertebrados. Está formada por huesos impares y dispuestos en forma metamérica (en serie) denominados vértebras. Cada una de ellas se constituye de un cuerpo (corto y macizo) y dos láminas dorsales, que se unen formando un arco dorsal o neural. De esta manera, queda formado un foramen vertebral; la unión sucesiva de los forámenes vertebrales conforma el canal vertebral que alberga la médula espinal. Las vértebras no presentan el mismo aspecto en todas las regiones de la columna vertebral, lo que lleva a distinguir cinco grupos:

a) las Vértebras Cervicales (*Vertebrae cervicales*) forman la base ósea de la región del cuello; son particularmente móviles. Hay 7 en todos los mamíferos, mientras que su número es muy variable en las otras clases de vertebrados. La primera, llamada

atlas, está articulando con la cabeza y pivota sobre la segunda, llamada axis (estas dos vértebras tienen características muy particulares).

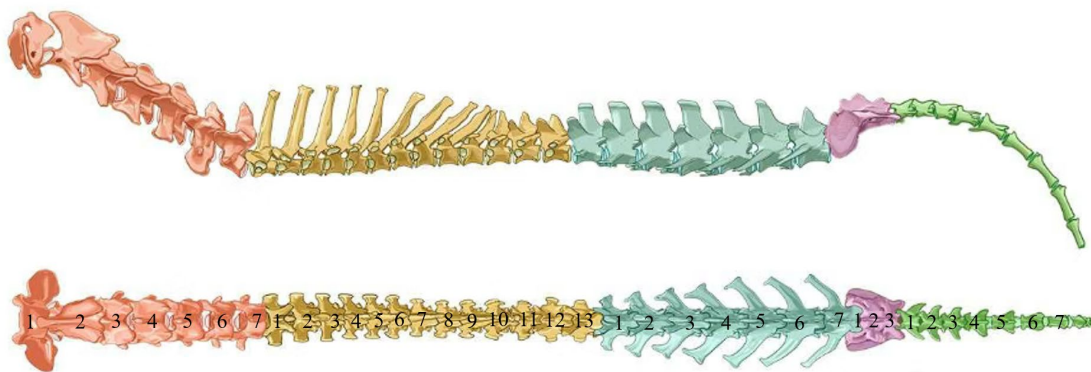
b) las Vértebras Torácicas (*Vertebrae thoracicae*) forman la base ósea del dorso. Mucho menos móviles que las anteriores, se articulan ventralmente con las costillas y entran así en la constitución del tórax.

c) las Vértebras Lumbares (*Vertebrae lumbales*) forman la base ósea del lomo, son fuertes y anchas, forman una especie de puente entre el dorso y la pelvis.

d) las Vértebras Sacras (*Vertebrae sacrales*) se fusionan para formar el hueso Sacro, que es la base ósea de la región sacra o grupa y forma el techo de la cavidad pelviana. El sacro se articula con los huesos de la cintura pélvica, para formar con ellos la pelvis ósea. De esta forma, colabora con el impulso de los miembros pélvicos, que se transmite al resto del cuerpo.

e) las Vértebras Caudales o Coccígeas (*Vertebrae coccygeae*) completan la columna vertebral y entran en la constitución de la cola. Son las más móviles y sencillas; se vuelven cada vez más simples estructuralmente hacia la punta de la cola. Su número es muy variable según la especie, e incluso según los individuos dentro de la misma especie (alrededor de veinte en los mamíferos domésticos).

Figura 5 Columna vertebral de Canino, vistas lateral y dorsal.



Referencias: cada región se encuentra coloreada y enumerada demostrando su metameria.

3) Costillas y Esternón

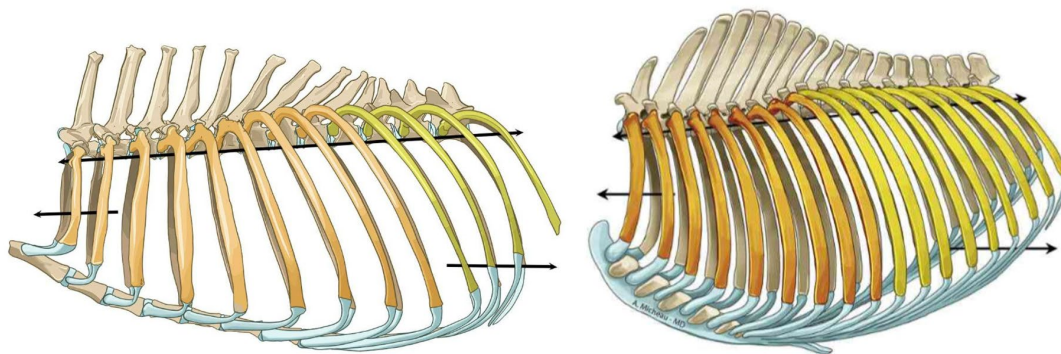
Las *costillas* (*Costae*) son huesos alargados, dispuestos de a pares, que forman la base ósea de las paredes del tórax. Cada costilla tiene dos regiones: una proximal, articulada a las dos vértebras adyacentes, y la otra distal, que articula con el esternón o se une indirectamente a él. La primera es el *hueso costal* (*Os costale*) y la otra es el *cartilago costal* (*Cartilago costalis*), cuya unión directa con el esternón caracteriza a las

costillas esternales o "costillas verdaderas", siendo calificadas las demás costillas como asternales o "costillas falsas" ya que se unen indirectamente al esternón mediante una prolongación del cartílago costal. Aquellas que no se unen al esternón de forma directa o indirecta se denominan costillas flotantes (presentes solo en carnívoros).

El **Esternón** (*Sternum*), cierra ventralmente el tórax y da soporte a los cartílagos costales. Está formado por una serie de segmentos cartilagosos o esternebras (*Sternebrae*) que se fusionan más o menos completamente según la especie y edad.

Las vértebras torácicas, costillas y esternón, constituyen la caja torácica o esqueleto del Tórax, que alberga y protege al corazón y los pulmones.

Figura 6 Esqueleto del tórax canino y equino.



CINTURAS BASILARES

Las cinturas basilares (*cingula*), son piezas óseas situadas en lateral del tronco, que sostienen y dan unión al primer segmento de un miembro. Hay una cintura torácica (*Cingulum membri thoracici*) y una cintura pélvica (*Cingulum membri pelvini*), cada una articulada a la extremidad que le corresponde.

En los Tetrápodos (cuadrúpedos), cada uno de ellos está dividido en dos partes laterales exactamente simétricas y bien diferenciadas, por lo que en el lenguaje corriente se suele emplear el término cinturón para designar los huesos de un solo lado.

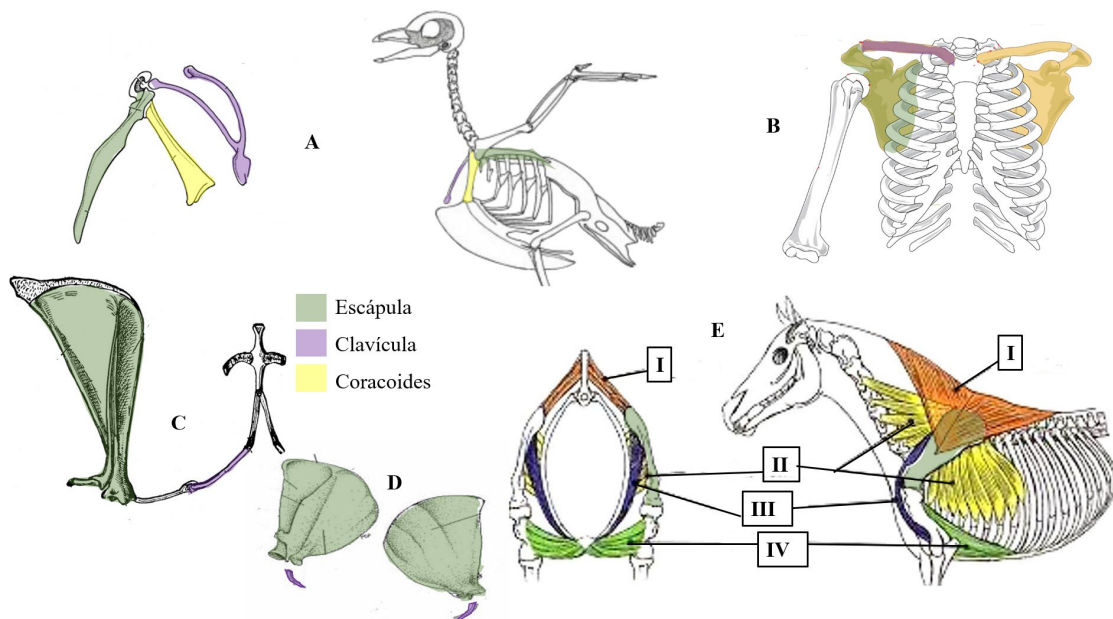
La **cintura torácica** es la más variable y modificada entre los mamíferos, posee tres constituyentes fundamentales que son: dorsalmente el hueso escápula, ventrocranealmente el hueso clavícula y caudalmente el hueso coracoides. La cintura torácica o escapular es simple en los mamíferos domésticos, donde cubre parcialmente el tórax, sin participar en su formación. Tiende así a separarse del esqueleto axial, al que se une por músculos (numerosos y poderosos, llamándose a este tipo de articulación

“sinsarcosis”). Sus partes ventrales han desaparecido y conserva de sus constituyentes originales sólo la escápula, que es ancha y fuerte.

La escápula (*Scapula*) se articula solo con el primer segmento del miembro torácico. Generalmente se completa dorsalmente por una lámina fibrocartilaginosa más o menos extensa (*Cartilago scapulae*), a veces reemplazada por un rodete fibrocartilaginoso, como es el caso de los carnívoros.

La clavícula (*Clavicula*) se extiende entre el extremo craneal del esternón y un proceso (*Acromion*) de la escápula. Su desarrollo es muy variable según los grupos zoológicos. De gran desarrollo en el hombre, los monos y las aves; es por el contrario débil en los Carnívoros y desaparece en los Ungulados.

Figura 7 Cintura basilar torácica.



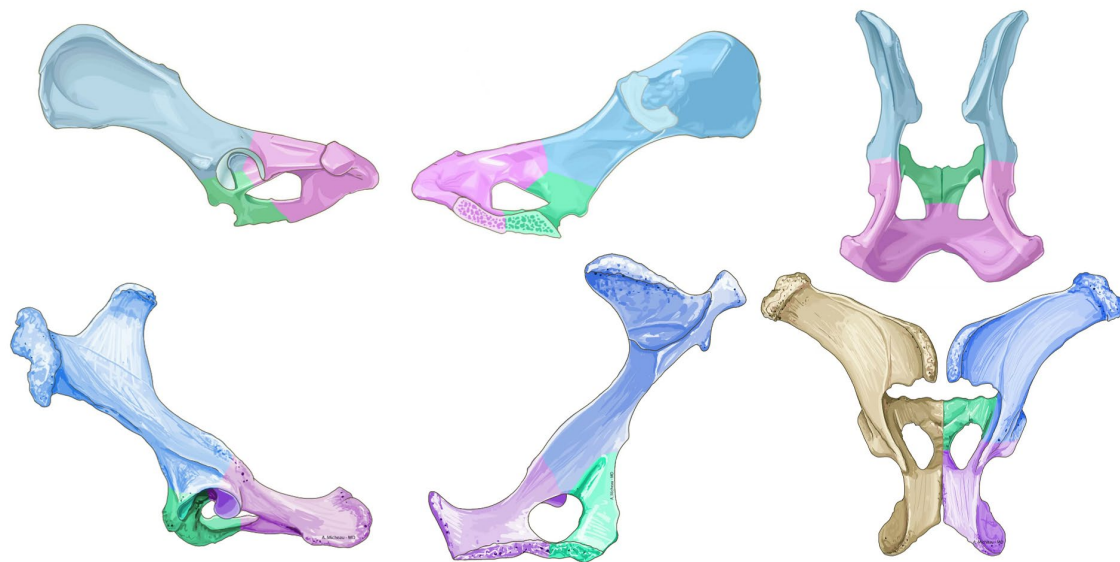
Referencias: Los componentes de la cintura basilar se encuentran coloreados. A- Cinturón torácico de las aves, B- Cinturón torácico del hombre, C- Cinturón torácico del conejo, D- Cinturón torácico del felino, E- Cinturón torácico del equino “sinsarcosis”, I- musculo trapecio, II- músculos serratos, III- músculo subclavio y IV- músculos pectorales.

La **cintura basilar pélvica** posee tres huesos que se conservan y están bien desarrollados. El hueso más dorsal es el hueso ílion, los dos ventrales son el hueso pubis, que es craneal y el hueso isquion que es caudal. Los tres están firmemente soldados entre sí para formar una sola pieza, llamada hueso coxal, que es el encargado de transmitir al resto del cuerpo la propulsión que proporcionan los miembros pélvicos. Este cinturón está siempre firmemente articulado a la columna vertebral. La articulación de los dos huesos coxales y el sacro constituye la pelvis o cavidad pélvica, en la que se

alojan el recto y partes importantes del aparato urogenital. Los dos huesos coxales de los mamíferos están articulados ventralmente en el plano medio, por una sínfisis isquiopubiana, que contribuye a la formación de un piso pélvico amplio y sólido.

En algunas ocasiones en el punto de unión de estos tres huesos (acetábulo) puede quedar presente en craneal del mismo, un cuarto hueso como vestigio del desarrollo embrionario que generalmente se une por osificación a temprana edad que es denominado hueso Acetabular. “Puede ser un hallazgo radiológico en cachorros y animales jóvenes que no debe confundirse con una lesión (fisura)”.

Figura 8 Cintura basilar pélvica del canino y equino.



Referencias: celeste: ilion, violeta: isquion y verde: pubis.

ESQUELETO DE LAS EXTREMIDADES O APENDICULAR PROPIAMENTE DICHO.

Las extremidades (*Membra*) son apéndices encargados de sostener el cuerpo y asegurar su movimiento, apoyándose en el suelo o modificados para generar el movimiento en el medio que lo rodea; están formados por segmentos articulados, donde el proximal está unido a una cintura basilar. Hay dos pares de extremidades, torácicas y pélvicas.

Los miembros se organizan según un mismo patrón y se diferencian secundariamente según su función particular. En el hábitat terrestre, los miembros pélvicos siempre descansan sobre el suelo y están especializados en la propulsión del cuerpo. Los miembros torácicos sirven para recibir el peso del cuerpo y suspender el

tórax; pero pueden liberarse más o menos de esta función y presentar las más variadas adaptaciones (vuelo, natación, trepar, excavación, prensión fina, etc.). Cada extremidad está formada por tres segmentos:

El primero de ellos (proximal) es el *stylopedo* (*Stylopodium*); corresponde al brazo en el miembro torácico (húmero) y al muslo en el miembro pélvico (fémur).

El segundo segmento siempre incluye dos huesos y es el *zeugopodo* (*Zeugopodium*), que forma el antebrazo (radio y ulna) o la pierna (tibia y fibula o peroné).

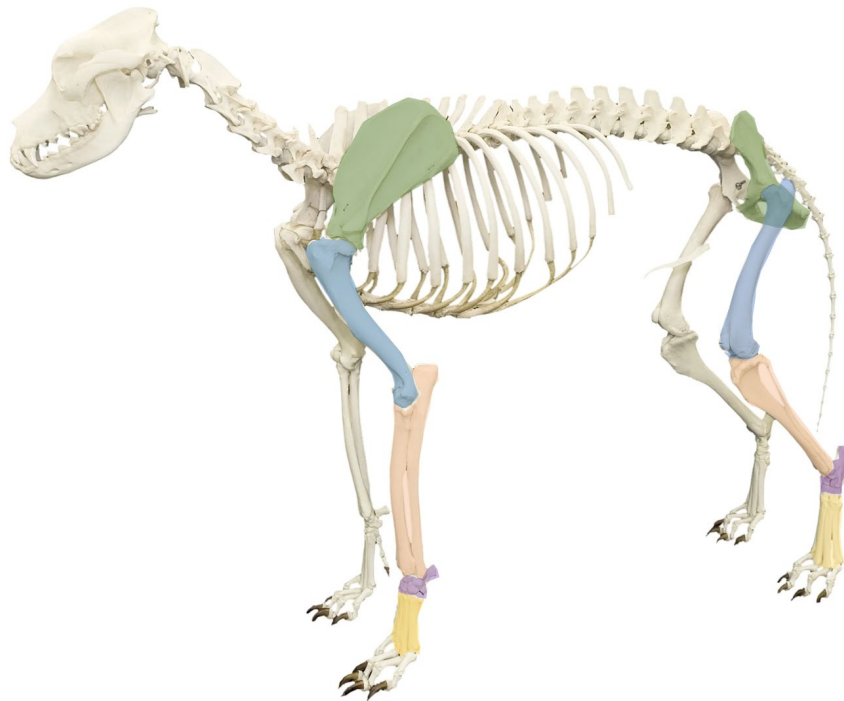
El segmento distal es mucho más complejo, denominado *autopodo* (*Autopodium*), que constituye la mano de la extremidad torácica y el pie de la extremidad pélvica. Se subdivide en tres: El *basípodo* (carpo o tarso), formado por múltiples huesos pequeños dispuestos en filas superpuestas. El *metápodo* (metacarpo y metatarso), que está formado por huesos alargados, paralelos entre sí, los cuales se continúan distalmente cada uno con un dedo. Finalmente, el *acrópodo*, que incluye los dedos, contando cada uno con tres falanges.

El *miembro torácico* (*Membrum thoracicum*) está formado por las regiones del brazo, antebrazo y mano. El único hueso del brazo es el húmero. Los dos huesos del antebrazo son el radio y la ulna que pueden girar uno sobre el otro o por el contrario estar soldados, siendo uno de los dos más desarrollado. La mano está formada por el carpo, el metacarpo y las falanges. El carpo consta, a grandes rasgos, de cuatro huesos pequeños en cada fila y un hueso articulado caudalmente entre las dos filas, pero aparecen grandes diferencias entre especies, por fusión de huesos adyacentes o desaparición de elementos de la fila distal. El metacarpo consta en principio de cinco huesos metacarpianos, cada uno de los cuales sostiene un dedo distalmente. La regresión o desaparición de ciertos dedos va acompañada de la de los metacarpianos. Por lo tanto, en equinos solo hay tres huesos metacarpianos y dos de ellos son rudimentarios, mientras que los rumiantes domésticos tienen solo dos bien desarrollados, que se fusionan en un solo hueso. En cuanto a los dedos, las falanges que los constituyen son tres: una proximal, una media y una distal.

El *miembro pélvico* (*Membrum pelvinum*) incluye el muslo, la pierna y el pie. El hueso del muslo es el fémur. Los dos huesos de la pierna son la tibia y la fibula (peroné), los cuales son poco móviles uno sobre el otro y casi paralelos. La fibula se ubica lateralmente a la tibia. La rótula, hueso sesamoideo corto ubicado cranealmente al extremo distal del fémur. El pie incluye el tarso, el metatarso y las falanges. El tarso,

generalmente, tiene sólo dos huesos en la fila proximal: el talus (o astrágalo), que articula con la tibia, y el calcáneo, que se articula al peroné. Los huesos de la fila distal muestran importantes variaciones entre especies. El metatarso está formado por huesos metatarsianos, comparables a los huesos metacarpianos. Los dedos son análogos a los de la mano.

Figura 9 Esqueleto apendicular.



Referencias: Verde: cinturas basilares, Celeste: stylopodo brazo en el miembro torácico (húmero) y muslo en el miembro pélvico (fémur), Naranja: zeugopodo antebrazo (radio y ulna) y la pierna (tibia y fíbula), Violeta: basípodo (carpo o tarso), Amarillo: metápodo (metacarpo y metatarso) y sin colorear: acrópodo (tres falanges). Los tres últimos segmentos representan el autópodo.

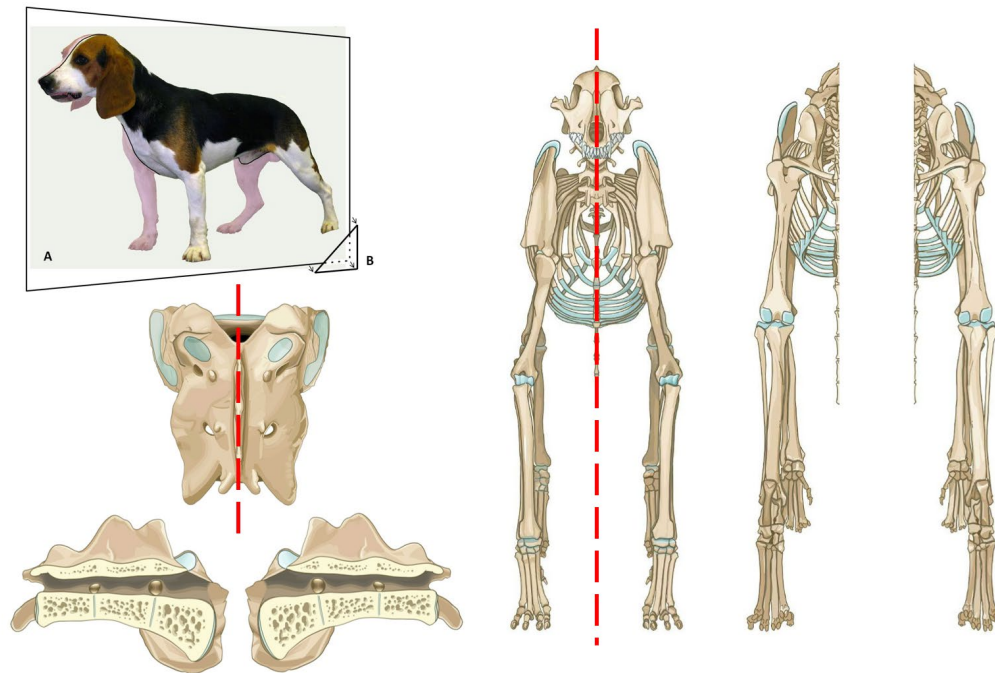
El número de huesos que constituyen el esqueleto de los animales domésticos es muy variable, difiere de una especie a otra, principalmente por las variaciones numéricas de la columna vertebral, las costillas, el número de dedos, la fusión de elementos esqueléticos entre sí y la desaparición de piezas óseas durante la evolución. En una misma especie también existen variaciones individuales. Además, en un mismo individuo ciertos huesos presentes en el feto o en el neonato pueden fusionarse a otros y desaparecer en la edad adulta (como pasa con el hueso acetabular que se fusiona al hueso coxal). Por lo tanto, no tiene sentido querer elaborar tablas numéricas precisas y solo basta decir que, en los mamíferos domésticos, el número de piezas esqueléticas en el adulto varía entre 180 y 210.

2.- PARÁMETROS PARA ESTUDIAR Y DESCRIBIR LOS HUESOS.

Situación ósea

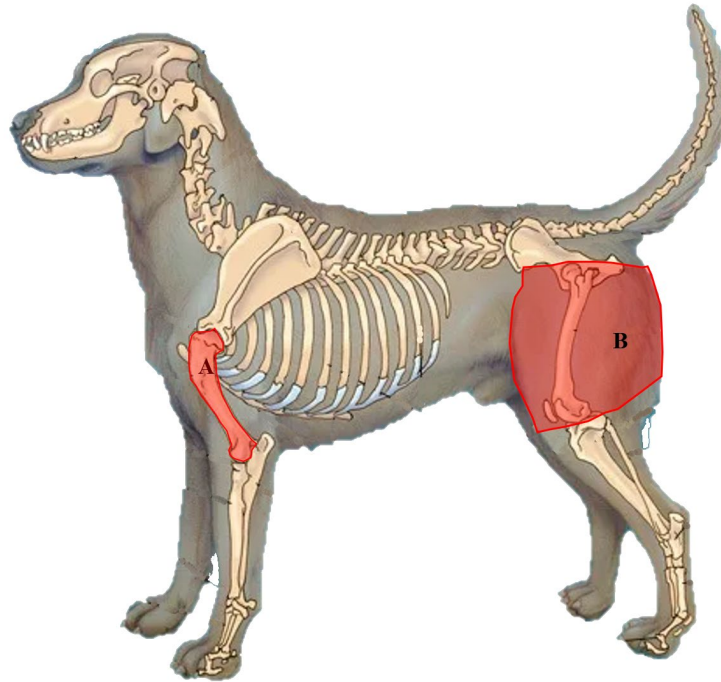
Se describe como huesos impares, a aquellos huesos que son atravesados por el plano sagital medio del cuerpo, quedando divididos por éste en dos mitades iguales, derecha e izquierda. Siendo la mayoría de los huesos del esqueleto raquis de este tipo. Sin embargo, la mayor parte de los huesos del esqueleto en su totalidad, especialmente los de las cinturas basilares y los miembros, así como los de la cara, ciertos huesos del cráneo y las costillas se repiten a la derecha y a la izquierda del cuerpo, apareciendo en total dos veces siendo huesos simétricos en el cuerpo y se los considera huesos pares. Esto es lo que estudiamos como *situación relativa al plano medio*. Cuando deseamos situar un hueso en el cuerpo, además debemos indicar su *situación relativa a los huesos vecinos*, que está dada por las piezas óseas con las que se articula (por ejemplo, el fémur se relaciona dorsalmente con el hueso coxal y ventralmente con la tibia). También podemos hacer referencia a la región anatómica del cuerpo que ocupa un hueso, siendo ésta la *situación absoluta* (por ejemplo, el fémur es la base ósea del muslo). De esta manera podemos situar o ubicar al hueso en el cuerpo.

Figura 10 Esquema de la situación relativa al plano medio.



Referencias: en el hueso sacro que pertenece al esqueleto axial el plano medio lo divide en dos mitades simétricas (derecha e izquierda) por lo tanto es un hueso impar. Cuando los huesos se encuentran laterales al plano medio se dice que son pares ejemplo: fémur derecho y fémur izquierdo.

Figura 11 Esquema de la situación relativa a los huesos vecinos y situación absoluta.



Referencias: A- el hueso humero se ubica ventralmente de la escapula y dorsalmente del radio y ulna y B- el hueso fémur es la base ósea de la región del muslo.

Tipos morfológicos de huesos o forma.

La forma de los huesos es de una variedad infinita, ya que se traduce en la adaptación exacta de cada uno de estos órganos al papel particular que asume en el esqueleto dependiendo del lugar que ocupa el hueso en el cuerpo.

Según las proporciones de sus dimensiones (largo, ancho y espesor), reconocemos tres tipos principales de huesos: largos, planos y cortos. Esta clasificación representa la *forma absoluta*.

I) Huesos largos (*Os longum*): Una de sus dimensiones, la longitud, es significativamente mayor que las otras dos. Estos huesos se encuentran en particular en las extremidades (húmero, fémur, tibia, etc.). Se hace una distinción entre los huesos largos propiamente dichos y los huesos alargados, que se parecen a ellos, pero tienen una diferencia importante en la estructura: los huesos alargados están desprovistos de la cavidad medular (*Cavum medullare*), la cual, en cambio, es característica de los huesos largos. Podemos poner como ejemplo de *huesos alargados* las costillas, la clavícula, el peroné de los carnívoros, etc. Para su descripción sistemática, reconocemos en los huesos largos y alargados tres regiones principales: una parte media o cuerpo (diáfisis) y dos extremidades (epífisis), a través de las cuales se articulan.

II) Huesos planos (*Os planum*): Dos de sus dimensiones, la longitud y el ancho, son aproximadamente iguales y superan al espesor. Se encuentran en las cinturas basilares, en la cara y en el cráneo. Existen variedades, según la curvatura o el grosor que presenten sus capas de tejido óseo compacto. Los que se encuentran en la cabeza son extremadamente delgados y se puede decir que son planos irregulares. Los huesos planos ofrecen para su descripción: superficies (caras), siendo generalmente dos; y aristas (bordes), que se unen formando ángulos (vértices). Algunos huesos de la cabeza están ahuecados por cavidades aeríferas (senos paranasales), anexas a la cavidad nasal, denominan *huesos neumáticos (Os neumaticum)*. Existen otros huesos neumáticos en las Aves (vértebras cervicales, húmero, incluso esternón), cumpliendo funciones distintas a las de los anteriores, asociadas a la fisiología de esta rama filogenética.

III) Huesos cortos (*Os breve*): No tienen una dimensión preponderante sobre los demás; la longitud, el ancho y espesor son aproximadamente iguales; generalmente son huesos pequeños. Se encuentran en el carpo, tarso, los dedos y la columna vertebral. Podemos considerar como variedades de huesos cortos: *huesos irregulares (Os irregularia)*, provistos de prolongaciones más o menos marcadas y generalmente simétricas (vértebras, hueso esfenoideos) y también los *huesos sesamoideos (Ossa sesamoidea)*. Los huesos cortos suelen tener varias superficies o caras, separadas por bordes o aristas que forman ángulos o vértices.

A esta descripción de la forma debemos agregar la *forma relativa*, la cual nos permite delimitar bien las superficies, los bordes y ángulos. Esta forma se da por la semejanza del hueso a una figura geométrica. Ejemplos de esto son huesos: triangular (como la escápula, que posee dos superficies, 3 bordes y 3 ángulos), piramidal (falange distal, posee 3 superficies, 3 bordes y 3 ángulos), cuboide y paralelepípedo (huesos del carpo y cuerpo vertebral, que presentan 6 superficies, con sus correspondientes bordes y ángulos) y cilíndricos (cuyas superficies generalmente son continuas, se aplica el cuerpo o diáfisis de los huesos largos).

Regiones de los huesos

Para facilitar el estudio se divide el hueso en distintas regiones, que dependen de la forma de este. En los huesos largos, se reconoce el cuerpo o diáfisis y dos extremos llamados epífisis. Los huesos planos están divididos en superficies, bordes y ángulos. Los huesos cortos presentan superficies y bordes. De esta manera podremos ubicar las particularidades exteriores de cada hueso en una región determinada.

Figura 12 Esquema determinación de la forma absoluta de un hueso.

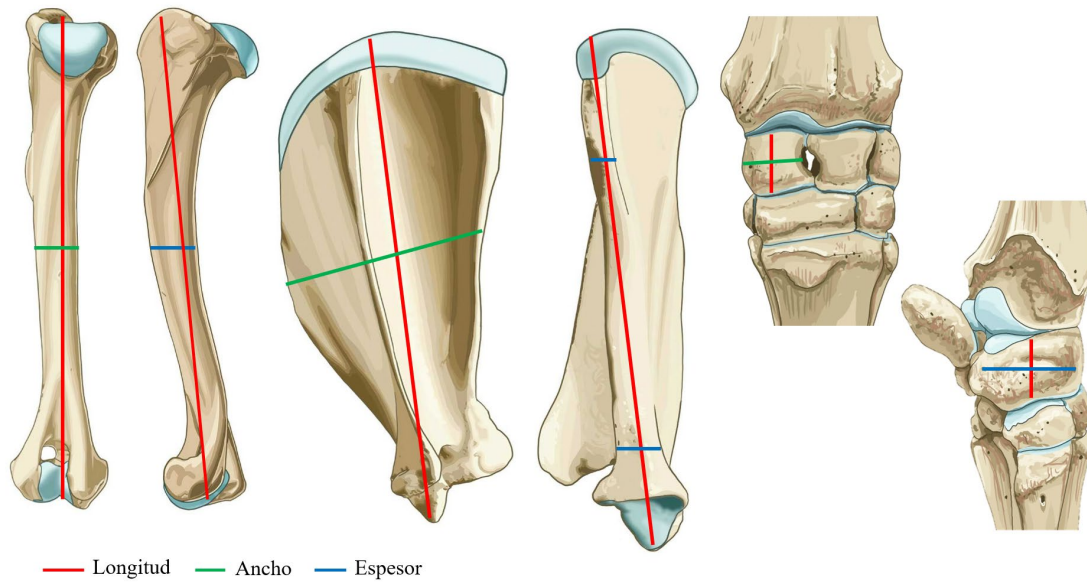
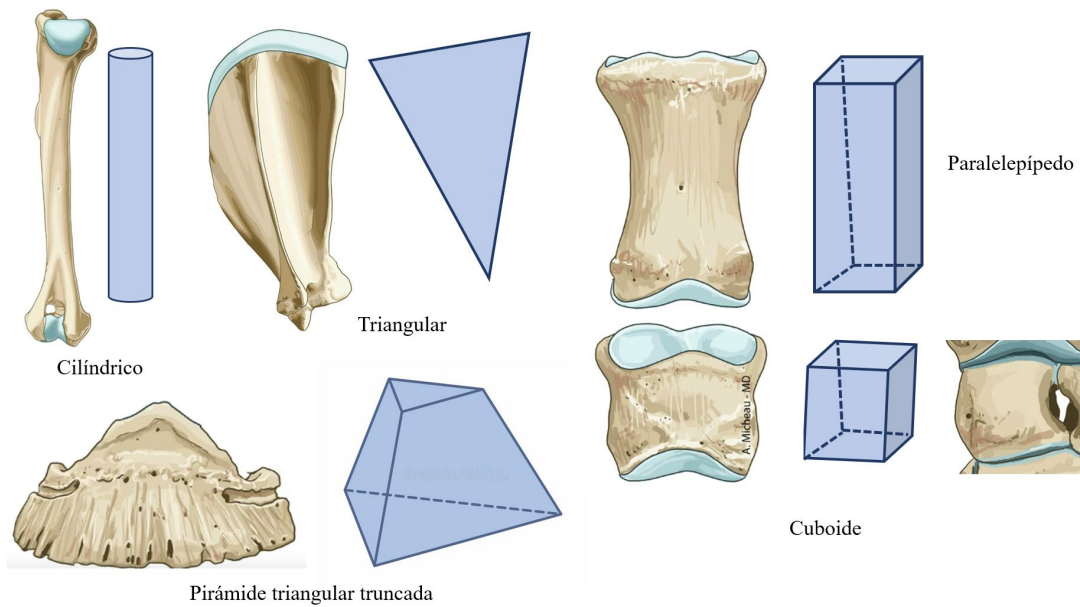


Figura 13 Esquema determinación de la forma relativa de un hueso.



Dirección de los huesos

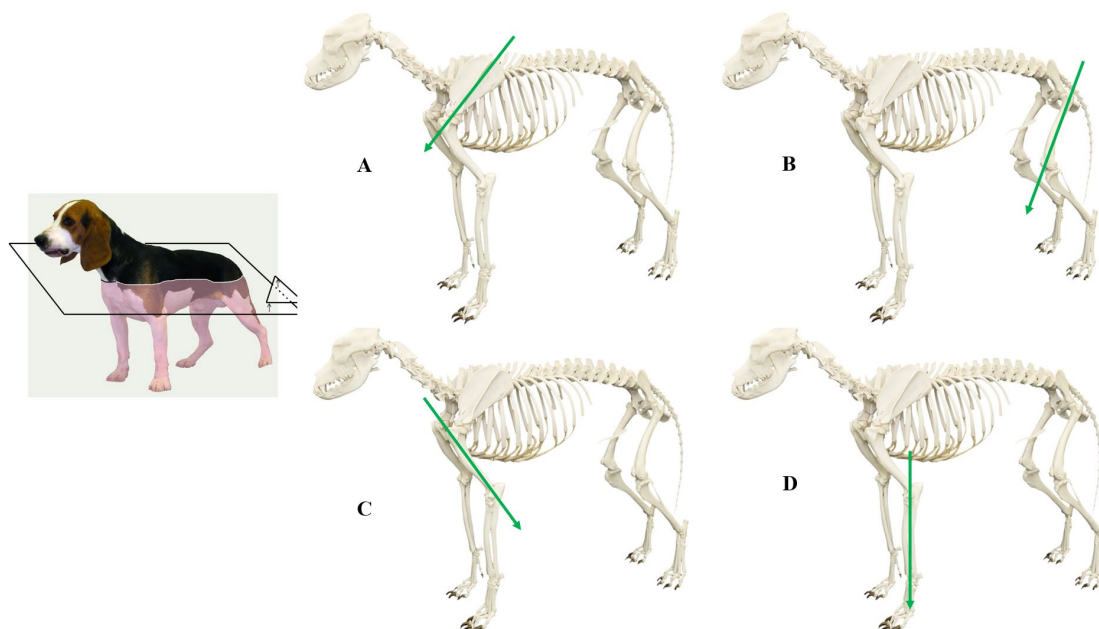
La dirección de los huesos se puede considerar desde dos puntos de vista: relativo o absoluto. Solo se puede especificar de manera útil para huesos largos o huesos alargados.

La *dirección relativa*, proviene de la dirección centrífuga del eje principal del órgano (el fémur, por ejemplo, tiene una dirección craneoventrolateral), es decir,

podemos determinar a esta dirección como una recta o “flecha” imaginaria que parte del eje principal del hueso, y que se va alejando de la masa principal para dirigirse hacia el plano de sustentación (suelo), asignándosele el término de dirección de acuerdo hacia donde “la flecha apunte”, pudiendo ser la misma (vertical, horizontal u oblicua). Estos términos se aplican al hueso considerando la posición anatómica normal, con los ángulos articulares normales. Su definición es sumamente importante, porque determina el valor de los ángulos articulares formados con los radios o ejes óseos vecinos y, por lo tanto, determina el papel mecánico que juega una pieza esquelética en el esqueleto.

La *dirección absoluta*, en cambio, está determinada por la disposición de los ejes propios del hueso. Los huesos rara vez son rectos; la mayoría de las veces son curvos. Estas curvaturas resultan de un modelado ejercido por las presiones y tracciones de elementos anatómicos vecinos (músculos). De esta forma, por la dirección del eje principal del hueso, podemos decir que puede ser recto, arqueado o encorvado en S.

Figura 14 Esquema determinación de la dirección relativa de un hueso.



Referencias: A- escápula dirección craneoventral, B- fémur dirección craneoventrolateral, C- húmero dirección ventrocaudal y D- radio y ulna dirección vertical.

Particularidades exteriores del hueso

El aspecto particular de cada hueso sea del tipo que sea, está determinado por la existencia en su superficie de eminencias o depresiones, cuyo tamaño y forma determinan su nomenclatura específica, siendo la mejor forma de identificarlas y

diferenciarlas con la pieza ósea, los esquemas e imágenes pueden llevar a confusiones y malas interpretaciones por carecer de las tres dimensiones.

1) **Eminencias óseas**

Estos relieves, según se inserte un tendón o ligamento, o se articule a otro hueso, pueden clasificarse en dos categorías: eminencias articulares y eminencias no articulares.

a) Eminencias articulares: Son aquellas por las que los huesos entran en contacto entre sí. Algunas están íntimamente unidas a las partes del esqueleto a las que se corresponden, o incluso se sueldan en un momento dado del desarrollo (como sucede en las articulaciones fibrosas). Las eminencias articulares más numerosas e importantes, son superficies libres de contacto y perfectamente lisas, formando las superficies articulares (*Facies articulares*) propiamente dichas, que participan en la constitución de las articulaciones móviles (articulaciones sinoviales). Están cubiertas por una capa delgada de cartílago hialino, llamado cartílago articular.

Según su forma, las eminencias articulares móviles pueden ser: **Cabeza Articular** (*Caput*), representa un segmento de una esfera, un **Cóndilo** (*Condylus*), que se compone de un cilindro o segmento ovoide y un **Pivote** (*Eje*) que tiene una forma más o menos cónica.

Las eminencias articulares inmóviles poseen una superficie rugosa y se presentan en forma de **dientes, láminas óseas, escamas**, etc.

b) Eminencias no articulares: Estos relieves están desprovistos de cubierta cartilaginosa. Frecuentemente, se insertan tendones de músculos y/o ligamentos en ellos. Se pueden presentar de muy diferentes formas:

Un **Proceso** (*Processus*) se describe como una eminencia relativamente grande, bien separada del resto del hueso. A los procesos, según su forma, se los denomina: estiloides (en forma de estilete), coronoides, coracoides (en forma de pico de ave), pterigoideo (en forma de ala), odontoides (en forma de diente), mastoides (en forma de pezón), etc.

El término **Apófisis** (*Apophysis*) es sinónimo de proceso, pero tendemos a reservar este término para procesos particularmente voluminosos y salientes (apófisis espinosas, por ejemplo), que reciben fuertes inserciones musculares. A un proceso muy grande se lo llama Protuberancia (*Protuberantia*).

Un **Tubérculo** (*Tuberculum*) también es voluminoso, bien definido, grueso y macizo. Una **Tuberosidad** (*Tuberositas*) es menos prominente y claramente menos delimitada que un tubérculo.

Llamamos **Espina** (*Spina*) a una proyección puntiaguda más o menos afilada y **Cresta** (*Crista*) a un relieve estrecho y estirado de forma lineal. Muchas crestas se utilizan para inserciones musculares o aponeuróticas. Las crestas más pequeñas, se califican como **Líneas**, que generalmente son múltiples y débiles en relieve.

“Un mismo relieve óseo puede tener un tamaño o forma muy diferente de una especie a otra; al tener que permanecer uniforme la nomenclatura, esto puede dar lugar a dificultades o inexactitudes en relación con una determinada especie”.

2) Depresiones óseas

Al igual que las eminencias, las depresiones en la superficie de los huesos pueden ser articulares o no articulares; además se presentan unas clases particulares que son los forámenes y canales óseos.

a) Depresiones articulares: Algunas pueden participar en fusiones con huesos vecinos, pero la mayoría son lisas y están recubiertas de cartílago hialino para participar en la constitución de articulaciones sinoviales. Son regularmente cóncavas en todas las direcciones para coaptarse con las cabezas articulares (ej., **cavidad glenoidea** de la escápula, **acetábulo** del hueso coxal). Una **Tróclea** (*Trochlea*) tiene forma de polea, quedando conformada por un surco central delimitado por dos labios. Se pueden reconocer **fositas o fóveas**, depresiones apenas excavadas en la superficie.

b) Depresiones no articulares: Estas excavaciones generalmente están desprovistas de cartílago. La mayoría de las veces, marcan la huella de un músculo u otro órgano, o el paso de un tendón, vaso sanguíneo o un nervio. Hay cavidades en el interior de ciertos huesos, desarrolladas por la reabsorción progresiva de la sustancia ósea, como son los senos paranasales.

Otras son depresiones de inserción, que albergan tendones que se insertan en ellas, las más típicas son las **fosas de inserción** (*Fossae*) y **fositas o fóveas** (*Fossulae*), cuya conformación es muy variada.

Finalmente, las cavidades de recepción marcan la huella de varios órganos. Algunos parecen fosas. Otros forman **surcos** (*Sulci*) en forma de medio canal, son estrechos y profundos, y están destinados al deslizamiento de tendones o marcan el paso de vasos o nervios. Además, se encuentran las huellas o **impresiones** (*Impressiones*), las

muestras, escotaduras o **incisuras** (*Incisurae*) que representan una pérdida de sustancia en un borde.

c) Forámenes y Canales óseos: Estas cavidades suelen dar paso a vasos o nervios que atraviesan los huesos de lado a lado o se hunden en su profundidad. Un **Forámen** (*Foramen*) o “agujero”, generalmente pasa a través del espesor de la pared del hueso, mientras que un **Canal** (*Canalis*) tiene un trayecto mucho más largo a través de uno o más huesos para dar paso a nervios o vasos. Una **Fisura** (*Fissura*) es una hendidura estrecha y alargada. Deben mencionarse los forámenes nutricios de los huesos, a través de los cuales pasan los vasos y los nervios que nutren e inervan a estos órganos. En la mayoría de los huesos hay un **foramen nutricional** (*Foramen nutricius*) que da acceso a un **canal nutricional** (*Canalis nutricius*).

Figura 15 Cuadro sinóptico de las particularidades Exteriores de los huesos.

Eminencias	Articulares	Móviles	Caput Cóndilo Pívor
		Inmóviles	Diente Escama
	No Articulares	Proceso Apófisis Tubérculo Tuberosidad Espina Cresta Línea	
Depresiones	Articulares		Cavidad glenoidea Acetábulo Tróclea Fosa y Fosita
	No Articulares	De inserción	Fosa Fosita o Fóvea
		De asiento de estructuras	Surco Impresione Incisura
		De paso de estructuras	Foramen Canal Fisura

3- ESTRUCTURA ÓSEA

Como todos los demás órganos, los huesos están formados por varios tejidos. Todos estos son especializaciones del tejido conectivo, derivados del mesénquima embrionario: tejido óseo, periostio, cartílago, médula ósea, vasos y nervios.

TEJIDO ÓSEO

Es el tejido más característico del hueso, del que se forma la mayor parte. Determina su valor mecánico. La característica esencial de este tejido es que su sustancia fundamental está mineralizada, es decir que está cargada de sales minerales, esencialmente de calcio, que toma de la sangre. La sangre también puede absorber algunas de estas sales. Así, la función del hueso es doble:

- Función mecánica: los huesos son rígidos y dan sujeción a los músculos para permitir el movimiento. Esta rigidez resulta de la mineralización.

- Función homeostática: el hueso constituye una reserva mineral de la que la sangre puede extraer o depositar sales de calcio para mantener constante su concentración en sangre. La homeostasis es el fenómeno por el cual el medio interno del organismo (sangre, humores linfáticos) se mantienen en una composición física y química constante.

El tejido óseo está en perpetua reorganización, tanto para asegurar esta última función, como para adaptarse a las limitaciones mecánicas relacionadas con el desarrollo del organismo.

Está formado por una matriz orgánica, cargada de sustancias minerales, en la que se incluyen células específicas, los osteocitos. La matriz ósea es inicialmente orgánica, pero fija muy rápidamente las sales minerales.

La parte orgánica es producida por los osteoblastos, que secretan procolágeno y glicoproteínas, que se combinan para formar una sustancia fundamental dentro de la cual se diferencian las fibras de colágeno. Esta parte orgánica representa aproximadamente un tercio del peso total del tejido óseo, variando ligeramente la proporción en función de la carga mineral. Puede revelarse dejando que un hueso permanezca durante un tiempo suficiente en una solución de ácido clorhídrico o nítrico. Las sales minerales se disuelven poco a poco y queda una sustancia que conserva exactamente la forma y el volumen de la pieza inicial pero que es blanda, flexible y pesa tres veces menos.

La sustancia fundamental es el soporte de todos los demás constituyentes, a los que baña en cierto modo. Contiene alrededor de un 20% de agua, la que en particular asegura la difusión de electrolitos. Está formada por mucopolisacáridos combinados con varias proteínas.

Las fibras de colágeno son difíciles de distinguir de la sustancia fundamental. En el hueso adulto se disponen en series paralelas, cuya orientación determina la estructura laminar, que es la principal característica de este tejido. Todas las fibras son paralelas y la carga mineral se organiza en microcristales orientados en la misma dirección y esta organización le confiere al tejido óseo sus cualidades mecánicas.

a) La parte mineral del hueso se puede obtener por calcinación, que destruye la materia orgánica. El trozo de hueso así tratado se vuelve grisáceo y muy friable. Pesa sólo alrededor de dos tercios del peso original. La ceniza que se obtiene está formada principalmente por fosfato tricálcico (alrededor del 85%) y, en cantidades mucho menores, carbonato de calcio (alrededor del 10%) y fosfato de magnesio (alrededor del 5%). También hay una pequeña cantidad de fluoruro de calcio, especialmente presente en los huesos más duros, y trazas de cloruros.

En el hueso fresco, los iones minerales tienen un ensamblaje mucho más complejo. Están dispuestos dentro de la sustancia orgánica en forma de microcristales de hidroxiapatita - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ - estrechamente asociadas con las fibras de colágeno, donde también los iones de calcio pueden ser reemplazados por magnesio o hierro.

b) Los osteocitos que han quedado aprisionados en la matriz ósea, a pesar de su aspecto relativamente inactivo, tienen un papel muy activo en la homeostasis: bajo la influencia de múltiples hormonas, vitaminas y en particular de las secreciones antagónicas de las glándulas tiroideas (fijación de calcio) y paratiroides (retirada de calcio), presiden el intercambio de iones de calcio entre la matriz ósea que los encierra y el plasma sanguíneo.

Variedades de tejido óseo

Los constituyentes de este tejido no tienen una disposición uniforme; existen varios tipos, adecuados para diferentes funciones. Se debe distinguir el tejido óseo primario y transitorio del tejido óseo secundario, mucho más característico, y reconocer diversas variedades dentro de cada uno de estos dos tipos principales.

A) Tejido óseo primario: Es el que se forma en la primera etapa de la osificación. Es transitorio y desprovisto de función mecánica, sirve sobre todo como reserva mineral

para la construcción de hueso secundario, que lo reemplaza rápidamente. Por lo tanto, solo existe en cantidades muy pequeñas. Según la naturaleza del tejido en el que se forma, podemos reconocer: 1) El tejido óseo retículo fibroso con continua actividad osteogénica, 2) El tejido óseo perióstico, que se construye sobre la superficie profunda del periostio, y 3) el tejido óseo endocondral, el cual es reconocible en los centros de osificación y en las zonas de crecimiento en longitud de los huesos largos, característico de la zona de osificación del cartílago epifisario.

B) Tejido óseo secundario: es el que caracteriza al hueso adulto, está en perpetua reorganización y formado por un conjunto de laminillas óseas, el Tejido Óseo Laminar. Es el más abundante y característico, pudiendo ser denso (compacto) o de disposición mucho más irregular (esponjoso).

I) El **hueso compacto** (*Os compactum*) tiene el mayor valor mecánico. Parece homogéneo cuando se examina a simple vista, pero microscópicamente muestra que está atravesado por una importante red de canales muy estrechos. En realidad, combina varios tipos de láminas óseas. Su periferia tiene grandes laminillas paralelas a la superficie. Esta capa envuelve (huesos largos) o recubre (huesos planos) es la más característica.

II) El **hueso esponjoso** (*Os spongiosum*) o trabecular, ocupa las extremidades de los huesos largos y la parte profunda de los huesos de los otros tipos. Debe su nombre a su aspecto de celdas (poroso), según la localización. Las láminas se pegan y se unen entre sistemas adyacentes para formar trabéculas óseas (*Trabeculae osseae*), donde están dispuestas en grupos irregulares. Las cavidades intertrabeculares están ocupadas por médula ósea ricamente vascularizada, que asegura la nutrición de las trabéculas y los intercambios particularmente activos entre la sangre y ésta. Las trabéculas están de hecho desprovistas de sus propios vasos. Su orientación no es arbitraria: está determinada por las presiones y tracciones ejercidas sobre cada pieza ósea, para responder con la máxima eficacia a los esfuerzos mecánicos.

ARQUITECTURA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE HUESO

a) En los huesos largos, el tejido esponjoso se limita a las extremidades, donde está envuelto por una fina capa de hueso compacto. La diafisis del hueso presenta una gran cavidad llena de médula ósea, la **Cavidad Medular** (*Cavum medullare*), la cual es alargada en el eje longitudinal del hueso y está rodeada por una gruesa capa de hueso compacto, que forma la sustancia compacta (*Substantia compacta*) del hueso.

En las extremidades de los huesos largos, el tejido compacto se extiende en una delgada capa superficial, que prolonga la sustancia compacta de la diáfisis. Es el equivalente de la sustancia cortical de los huesos planos o huesos cortos y envuelve una masa de hueso esponjoso. Este último es bastante comparable al de los huesos cortos, pero sus celdas se ensanchan al acercarse al extremo correspondiente de la cavidad medular, con la que se comunican.

b) En los huesos alargados, planos y cortos, hay una fina capa superficial de hueso compacto que asume una función mecánica: Esta es la sustancia cortical (*Substantia corticalis*), debajo de la cual se encuentra el tejido esponjoso que forma la sustancia esponjosa (*Sustancia esponjosa*). Los tramos de esta sustancia están dispuestos de tal manera que reciben y transmiten con precisión al tejido compacto o de un hueso a otro las fuerzas de tracción o presión que se ejercen sobre los huesos. No presentan cavidad medular.

Función mecánica y estructura de los huesos

La correlación entre estructura y función mecánica es particularmente evidente en los huesos. La distribución de las fuerzas a las que están sometidos estos órganos se materializa en la orientación de las trabéculas del tejido esponjoso y la disposición del tejido compacto. Estas disposiciones aseguran la máxima eficacia de la respuesta a los esfuerzos mecánicos con un notable ahorro de peso y volumen.

Cada hueso está sujeto a dos órdenes de fuerzas: *presiones y tracciones*, las cuales están equilibradas en la estación, pero presentan desequilibrios temporales durante la locomoción. Por regla general, las fuerzas de presión se ejercen sobre las superficies articulares luego de que la energía muscular y la gravedad (durante la estación) incidan sobre estas superficies contra sus opuestas. Las fuerzas de tracción más obvias son proporcionadas por los músculos, ya sea directamente o a través de los tendones. Otras son transmitidas por los ligamentos articulares. El hueso se fractura cuando es vencido por estas fuerzas.

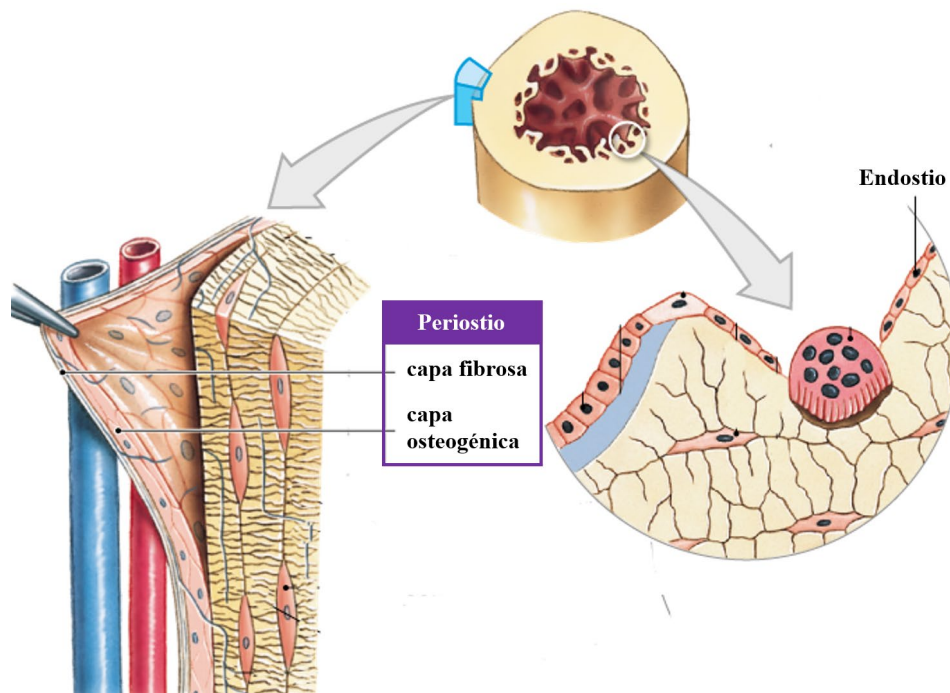
PERIOSTIO

El periostio (*Periosteum*) es una membrana fibrosa que recubre todo el hueso, excepto a nivel de los cartílagos articulares y las inserciones de los músculos o los tendones, donde se inserta a la superficie de estos últimos. Se forma superficialmente por tejido conectivo denso, cuyas fibras se entrecruzan, pero mantienen una orientación

longitudinal dominante en los huesos largos: esta es la *capa fibrosa*. Su parte profunda se adhiere contra el hueso, formando la *capa osteogénica*.

Mientras dura el crecimiento óseo, la capa osteogénica está activa y claramente discernible. Luego se vuelve vestigial, pero puede recuperar la actividad en circunstancias patológicas (osteogénesis reactiva luego de una fractura). Por otro lado, durante el crecimiento, el periostio no siempre es osteogénico, se vuelve transitoriamente osteoclástico en ciertas áreas, para mantener una conformación del hueso adecuada a su función.

Figura 16 Esquema del Periostio y Endostio.



TEJIDO CARTILAGINOSO

Para muchos huesos, el tejido cartilaginoso (*Textus cartilagineus*) constituye un verdadero medio de desarrollo: el hueso está precedido por cartílago del cual se desarrolla el tejido óseo, reemplazándolo gradualmente. Sin embargo, ciertas zonas de este cartílago se conservan ya sea temporal o definitivamente y se forman así los *cartílagos epifisarios* y los *cartílagos articulares*, que por tanto son partes constitutivas del hueso. Por otro lado, el cartílago suele persistir, sin ser invadido por la osificación en determinadas partes del esqueleto (cartílagos costales), o en órganos como el oído externo, nariz, laringe, tráquea y bronquios.

El tejido cartilaginoso está formado por una matriz en la que se alojan células características. La matriz cartilaginosa comprende una sustancia fundamental y fibras dispuestas en una red. La sustancia fundamental es abundante en el cartílago maduro. Es un gel espeso y resistente, rico en glicoproteínas azufradas. Su composición varía un poco durante la vida. La disposición de sus cadenas proteicas es muy favorable a la difusión de sustancias que aseguran la nutrición del tejido, que carece de vasos propios. Las fibras están formadas por un colágeno cuya estructura es un poco diferente a la de los huesos. Están dispuestas en los tres planos espaciales y su red, estrechamente asociada a las cadenas proteicas de la sustancia fundamental, confiere al cartílago una gran resistencia a la elongación.

En los huesos adultos, el pericondrio se vuelve casi completamente fibroso y se reduce a un borde estrecho alrededor de los cartílagos articulares. Es muy delgado y prácticamente indistinto a la superficie de estos últimos, y está conectado por sus bordes con el periostio. De hecho, sólo los cartílagos del oído externo, la nariz y el árbol respiratorio conservan un verdadero pericondrio, que es fibroso.

Hay distintas variedades de tejido cartilaginoso:

1) El más común es el **cartílago hialino** (*Cartilago hyalina*). Es translúcido, de color gris, grisáceo o rosado, muy resistente y ligeramente elástico. El cartílago hialino se encuentra en la nariz y en los diversos segmentos del árbol respiratorio. En los huesos, también es quien forma los cartílagos articulares y los cartílagos epifisarios.

a) Los **cartílagos articulares** (*Cartilagine articulares*) cubren las superficies que se oponen a los huesos vecinos en las articulaciones sinoviales. Su cara superficial es lisa, brillante y el pericondrio se reduce a una fina capa pobre en células y rica en fibras tangenciales. Su superficie profunda está extremadamente unida al hueso. Es importante indicar que su espesor es directamente proporcional a la intensidad de las presiones que deben soportar: generalmente son más gruesos en el centro de las eminencias y en la periferia de las depresiones articulares. También es necesario notar que existen cartílagos de apariencia similar, pero más o menos fibrosos, que recubren ciertos surcos de deslizamiento tendinoso.

b) Los **cartílagos epifisarios** (*Cartilagine ephysiales*) o "*cartílagos de crecimiento*", constituyen láminas delgadas de superficie irregular, que persisten entre los centros de osificación y permiten el crecimiento de los huesos. Desaparecen por osificación cuando este crecimiento es completo.

2) El **fibrocartilago o cartilago fibroso** (*Cartilago fibrosa*), forma la mayor parte de los cartílagos costales, así como la periferia de los discos intervertebrales y ciertas partes complementarias de algunas articulaciones sinoviales. También se encuentran en la laringe, de forma variable según la especie. En realidad, es una mezcla de tejido fibroso, con fuertes haces de fibras colágenas y cartilago hialino, existiendo transiciones entre ambos tejidos.

3) **Cartilago elástico** (*Cartilago elastica*), que se encuentra en el oído externo y en la mayoría de los cartílagos laríngeos. Está provisto de numerosas fibras elásticas amarillas que aseguran flexibilidad y elasticidad con una particular capacidad de transmisión de vibraciones.

“El tejido cartilaginoso es avascular y su nutrición se da por imbibición a partir de los vasos de los tejidos vecinos”.

MÉDULA ÓSEA

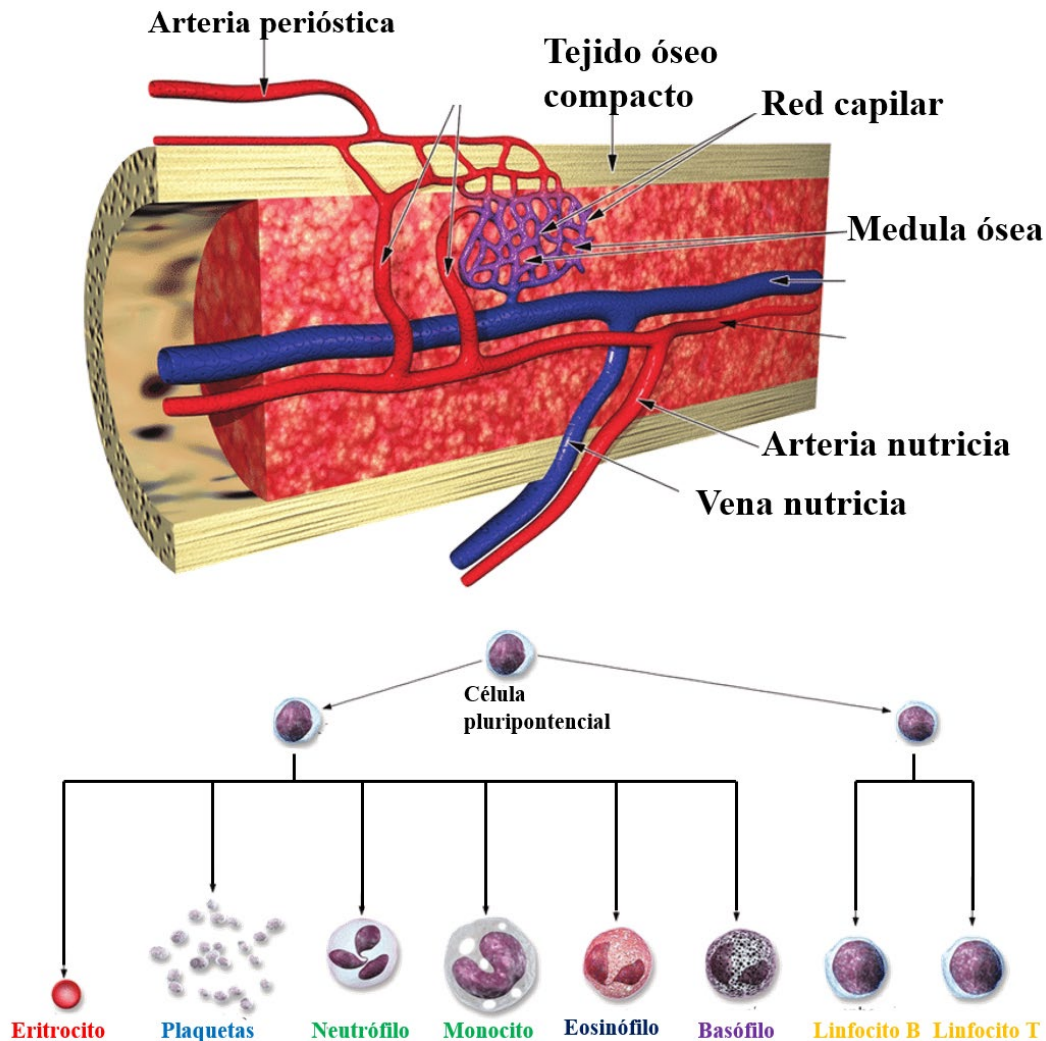
La médula ósea (*Medulla ossium*), es un tejido conectivo especializado, delicado, muy rico en vasos sanguíneos, provisto de células fijas y células móviles, dentro de una matriz reticular. Ocupa la cavidad medular central y celdas intertrabeculares del tejido esponjoso.

Hay tres variedades de médula ósea: *roja, amarilla y gris*. Se diferencian en la abundancia o ausencia de algunos de sus constituyentes celulares, así como en sus funciones.

a) La **médula ósea roja** (*Medulla ossium rubra*) que también se denomina "*médula fetal o activa*", porque se encuentra en los huesos en desarrollo. En los recién nacidos se encuentra en todo el esqueleto. Persiste por algún tiempo en los huesos largos, pero luego es reemplazada gradualmente por la médula amarilla y finalmente, en el adulto, permanece solo en las extremidades de los huesos largos (húmero y fémur) y permanece durante toda la vida en los cuerpos vertebrales, los huesos de la base del cráneo, el esternón, las costillas e ilion. Es un tejido que tiene una importante función hematogénica (sanguínea) y contribuye posteriormente a la construcción del tejido óseo (función osteogénica). Los vasos sanguíneos que la atraviesan pertenecen a la red vascular del hueso. Células móviles, son numerosas y de varios tipos, precursoras de los elementos formes de la sangre, que presiden la formación de ésta, este proceso se llama hematopoyesis. Una línea celular particular proporciona los linfocitos y otra produce granulocitos, monocitos, plaquetas y eritrocitos, que luego son liberadas al torrente

sanguíneo. Es la abundancia de glóbulos rojos en la población celular formada lo que le da a la médula roja su color característico.

Figura 17 Esquema de ubicación de la médula ósea y las células derivada de la hematopoyesis.



Referencias: la población celular formada por la médula ósea.

b) La **médula ósea amarilla** (*Medulla ossium flava*) se encuentra, en los adultos, en la cavidad medular de todos los huesos largos y en el tejido esponjoso de muchos huesos. Se han inactivado sus capacidades hematopoyéticas, aunque permanecen latentes en ella. Es rica en células grasas (adipocitos) y la abundancia de estas células le da a la médula ósea su color y consistencia, que es la del tejido graso de otras partes del cuerpo, propias de cada especie.

c) La **médula ósea gris** (*Medulla ossium gelatinosa*) o “gelatinosa” es sólo una variedad de la anterior, pero desprovista de grasa. Es suave, fluctuante, casi líquida. Normalmente existe en los huesos de la cara y la bóveda craneana. En los demás huesos, aparece sólo en sujetos muy viejos, muy delgados o con patologías.

VASOS Y NERVIOS

Los vasos son extremadamente numerosos en el hueso y la circulación allí es intensa. Los nervios también son numerosos, pero no uniformemente distribuidos.

I) Las arterias son de varios tipos:

a) A excepción de los huesos cortos, cada hueso del esqueleto recibe una arteria principal, llamada **arteria nutricia**, que ingresa en él a través de un orificio particular, siempre llamado **foramen nutricional** (*Foramen nutricium*). Esta arteria podría llamarse diafisaria, ya que originalmente pertenece al centro primario de osificación. Recorre el *canal nutricional* (*Canalis nutricius*) siguiendo un trayecto generalmente oblicuo, característico de cada hueso, para llegar a la cavidad medular, si se trata de un hueso largo, o al núcleo del tejido esponjoso en los otros tipos de huesos. Se divide allí en dos o más ramas divergentes, que a su vez se capilarizan. Estas ramas se distribuyen en la médula y en el tejido esponjoso, sus ramificaciones más finas llegan hasta los canales de las osteonas de la sustancia compacta. Se anastomosan con las subdivisiones de las otras arterias del hueso, formando una red vascular continua. La arteria nutricia no emite ninguna rama antes de dividirse dentro de la cavidad medular.

b) **Arterias epifisarias**, generalmente múltiples, también penetran varios puntos de las extremidades de los huesos largos, o de la periferia de otros tipos de huesos a través de forámenes vasculares. Se ramifican en la sustancia esponjosa y sus divisiones entran en la constitución de la red antes mencionada.

c) Las **arterias periósticas**, muy pequeñas y numerosas, abordan varios puntos del periostio, bajo el cual forman una red. Sus divisiones penetran en el hueso por innumerables y diminutos forámenes para conectarse con la red profunda.

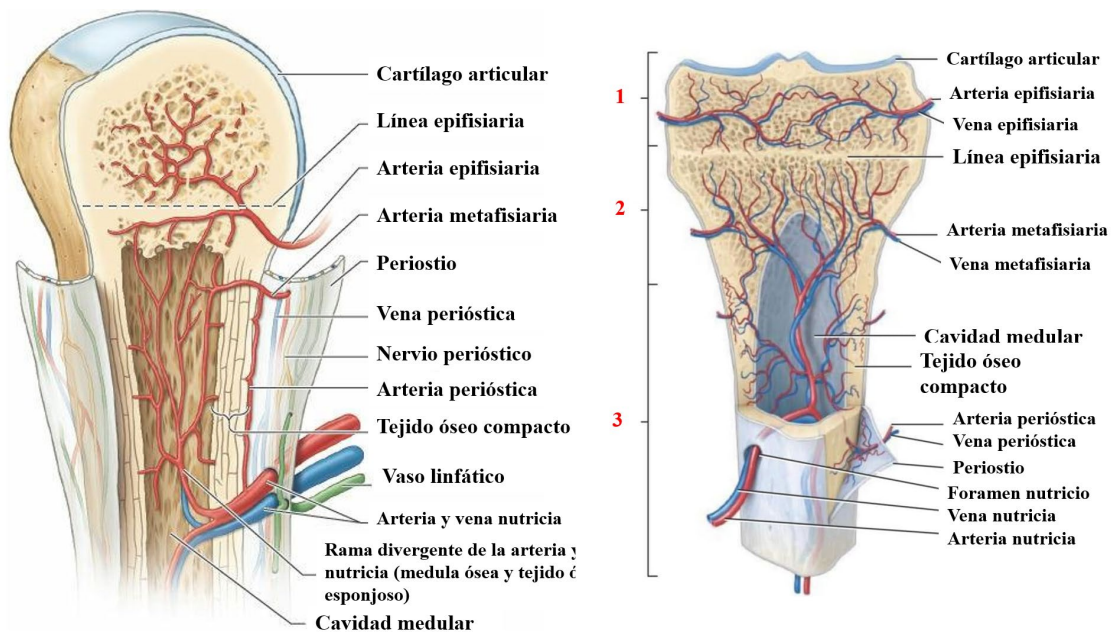
II) Las venas de los huesos generalmente tienen un curso independiente al de las arterias. Drenan el hueso en una red interior aún más rica que la de las arterias, formando incluso una especie de pequeñas lagunas en el tejido esponjoso de ciertos huesos cortos, como en los cuerpos vertebrales. En los huesos largos, esta red es drenada por una o dos venas satélites de la arteria nutricia, y especialmente por venas múltiples que salen a través de forámenes cerca de los extremos, donde drenan

principalmente el tejido esponjoso. Las venas de los huesos planos y de los huesos cortos se comportan como las de las extremidades de los huesos largos.

III) Los vasos linfáticos están ausentes en el espesor del tejido óseo. El periostio posee verdaderos capilares linfáticos.

IV) Los nervios generalmente acompañan a las arterias. Son pocos en el tejido compacto, más abundantes en el tejido esponjoso, distribuidos con particular abundancia en la región subperióstica. De esta manera, el periostio tiene una sensibilidad mucho mayor que la del resto del hueso.

Figura 18 Irrigación de un hueso largo.



Referencias: 1- epifisis o extremo proximal, 2- metafisis, 3- diafisis o cuerpo.

DESARROLLO DE LOS HUESOS

El desarrollo de los huesos implica fenómenos muy complejos, el conjunto de los cuales constituye la osificación u osteogénesis. Estos fenómenos preceden la aparición de piezas óseas y luego están presentes en su crecimiento. Siguen apareciendo, aunque de forma más discreta, mucho tiempo después del final del crecimiento. Remodelan los huesos a lo largo de la vida y les permiten adaptarse constante a las más variadas condiciones funcionales.

La osificación se caracteriza por la transformación del tejido conectivo en tejido óseo y su evolución siempre pasa por las mismas fases e involucra los mismos procesos. *Este apartado será estudiado en Histología y Embriología Básica, y completado conceptualmente en Fisiología, a modo de poder comprender los procesos del*

crecimiento normal del hueso y su reparación en caso de fracturas que se estudiarán en las Anatomías: Patológica y Quirúrgica.

EVOLUCIÓN DEL ESQUELETO EN SU CONJUNTO

No todas las partes del esqueleto crecen en las mismas proporciones ni con la misma velocidad y el crecimiento no termina en todos los huesos al mismo tiempo. Cada especie presenta a este respecto su propia cronología.

El estado del esqueleto al nacer, como el grado de maduración del propio recién nacido, varían mucho de una especie a otra. En equinos y rumiantes, cuyas crías se paran y caminan desde el nacimiento, la mayoría de los centros epifisarios están presentes en dicho momento, al igual que los núcleos óseos del carpo y el tarso. Por el contrario, en los carnívoros, el conejo, y la mayoría de los roedores, cuyas crías nacen, débiles y con los ojos cerrados, apenas tienen más que los centros diafisarios, no habiendo comenzado todavía en la mayor parte de las epífisis la osificación. El estado del esqueleto es intermedio a estos dos extremos en el cerdo recién nacido.

La edad de fusión de las epífisis también es variable según la especie y generalmente más tardía en las de mayor longevidad. Sin embargo, el orden cronológico en que las diversas epífisis efectúan su fusión es casi invariable en cada especie y permanece bastante uniforme en todos los mamíferos. Por ejemplo, el extremo articular distal del húmero se desarrolla por dos centros de osificación, uno para la tróclea y otro para el capítulo, en humanos y perros, mientras que los ungulados tienen un único centro epifisario distal, en general las epífisis articulares se desarrollan antes que las áreas de inserción muscular o ligamentosa y que los centros de osificación secundarios son, en la mayoría de los casos, los últimos en fusionarse.

En cuanto al orden en que se producen las fusiones de las epífisis, se puede resumir de la siguiente manera para la gran generalidad de los mamíferos.

Las extremidades completan su crecimiento antes que el tronco. Como resultado, los animales jóvenes parecen cortos en el tronco y delgados en sus extremidades. En los propios miembros, las epífisis se unen en un orden casi constante. Los huesos distales de las extremidades (manos y pies) generalmente completan su crecimiento antes que los de las partes proximales de las extremidades. Sin embargo, son precedidos en evolución por los de los cinturones. En general, el centro coracoideo de la escápula y las diversas partes del hueso coxal son las primeras en efectuar su fusión. Luego, viene el turno de las epífisis adyacentes de la articulación del codo y el de las falanges, los



huesos metacarpianos y los metatarsianos. Un poco más adelante se da en la tuberosidad del calcáneo y el extremo distal de cada uno de los huesos de la pierna, el del extremo distal del radio, los dos extremos de la ulna y el extremo proximal del húmero. Finalmente, se unen las epífisis adyacentes de la articulación de la rodilla, así como las del extremo proximal del fémur.

En el esqueleto axial, el cráneo generalmente termina su crecimiento antes que la cara. Las vértebras tienen la evolución más lenta y su finalización es muy tardía. Siendo las vértebras lumbares las últimas en completar su osificación completa.

En la mayoría de los mamíferos, la finalización completa del crecimiento no tiene lugar hasta mucho después de la pubertad. En los bovinos y caballos se da alrededor del año de edad, mientras que sus últimas fusiones epifisarias no tienen lugar hasta alrededor de los cinco años de edad.

II- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ARTICULACIONES

La **Artrología** (*Arthrologia*) griego = **ἄρθρολογία**, de **ἄρθρον** árthron 'articulación' y **λογία** logía 'estudio', es la división de la Anatomía Sistemática que estudia las articulaciones. El término **Sindesmología** significa, en particular, el estudio de los ligamentos.

Las **articulaciones** (*Articulationes*) o junturas, están constituidas por todas las formaciones anatómicas blandas y duras que mantienen unidos directamente los huesos. Cuando esta unión se establece únicamente entre dos huesos vecinos, hablamos de una articulación simple (*Articulatio simplex*), pero varias piezas óseas pueden confrontarse y complementarse para formar una articulación compuesta (*Articulatio composita*).

En todas las articulaciones, los huesos se relacionan entre sí por sus superficies articulares y su coaptación está asegurada por los medios de unión. Entre las superficies articulares se interponen estas formaciones intermedias, cuya estructura y disposición varían según el tipo de articulación. Estas formaciones intermedias constituyen los propios medios de unión que en las articulaciones más complejas, presentan importantes diferenciaciones que aseguran la coaptación de superficies articulares y la movilidad de las piezas óseas intervinientes.

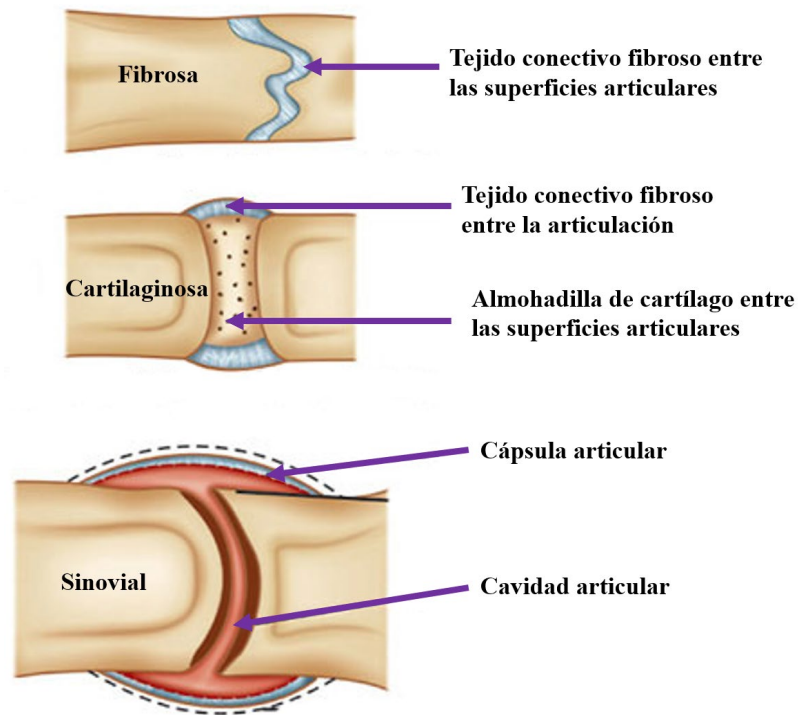
Las articulaciones se clasifican según su *grado de movilidad*. Algunas sólo permiten movimientos muy limitados o casi nulos e incluso “desaparecen” con la edad, por osificación de los tejidos intermedios (medios de unión). Este fenómeno sucede en las articulaciones donde no hay una cavidad hueca y el tejido fibroso o cartilaginoso de unión, interpuesto entre las superficies articulares, da el aspecto de continuidad directa, lo que representa a las **articulaciones inmóviles** que se encuentran principalmente en la cabeza, pero también en el tronco y en pocas ocasiones en las extremidades. Otras articulaciones, las más numerosas e importantes, permiten movimientos amplios y variados, estando especialmente desarrolladas en los miembros y denominándose **articulaciones móviles**. Su característica esencial es poseer una cavidad llena de líquido sinovial (que actúa como lubricante) separando las superficies articulares, las cuales son lisas y están recubiertas de cartílago hialino. Por lo tanto, son articulaciones que presentan discontinuidad de las superficies articulares.

Entre estas dos clases principales, se reconoce un tipo intermedio de **articulaciones semimóviles**, que son *las sínfisis*, donde el tejido fibrocartilaginoso interpuesto entre las superficies articulares permite leves desplazamientos debido al

gran espesor y naturaleza elástica del medio de unión encargado de sujetar las piezas óseas entre sí.

La NAV adopta una clasificación con base histológica para diferenciar los tipos de articulaciones, basadas en la naturaleza de las *formaciones intermedias o medios de unión*. Reconociendo así: **articulaciones fibrosas** (*Articulationes fibrosae*), cuya sustancia interósea es tejido fibroso; **articulaciones cartilagosas** (*Articulationes cartilagineae*), cuyo tejido intermedio puede ser cartílago hialino o fibrocartílago y las **articulaciones sinoviales** (*Articulationes synoviales*), provistas de cavidad articular. Por lo tanto, en los dos primeros grupos, las superficies articulares son continuas e inmóviles y además éstas pueden osificarse con el tiempo, pudiéndose clasificar como *temporarias* y las que no lo hacen como *permanentes*. El último grupo es el tipo de articulación más importante, ya que se caracteriza por la discontinuidad de las superficies articulares y la capacidad de realizar movimientos más o menos pronunciados.

Figura 19 Esquema de la clasificación histológica para diferenciar los tipos de articulaciones, basadas en la naturaleza de los medios de unión.



ARTICULACIONES NO SINOVIALES

Agrupamos bajo este título todas las **articulaciones fibrosas y las articulaciones cartilagosas**, es decir a las articulaciones *inmóviles o muy poco móviles*. Su superficie articular, generalmente es rugosa e irregular y está estrechamente unida o adherida a una sustancia *intermedia fibrosa o cartilaginosa*. Estas son en su mayoría articulaciones temporarias, que existen sólo en individuos jóvenes: su medio de unión se osifica con la edad. Se excluyen en principio a las sínfisis.

Las articulaciones fibrosas se localizan mayoritariamente en la cabeza. Las articulaciones cartilagosas, son menos numerosas en la cabeza, estando representadas principalmente en el tronco (discos intervertebrales, sínfisis pélvica, esternón y sacro). Ambos tipos son raros en las extremidades, y se presentan generalmente en ciertas especies como un carácter vestigial de la evolución (por ejemplo, las articulaciones intermetacarpiana de ungulados).

Superficies articulares

En la cabeza, los huesos se corresponden entre sí por sus bordes o sus ángulos y presentan para ello superficies articulares de conformación muy variable, en general irregulares: *biselados, rugosos, planas o en denticulaciones profundas*. Las conformaciones irregulares aseguran la solidez de la articulación y obviamente se oponen a cualquier movimiento. Por otra parte, las superficies articulares de las sínfisis (mandibular, pélvica) son en general planas o curvas, mucho más regulares, revestidas de una capa más o menos gruesa de cartílago en continuidad, por un lado, con el tejido óseo subyacente y, por otro lado, con el fibrocartílago intermedio. Esta disposición permite una movilidad muy leve.

Figura 20 Esquema de la conformación de las superficies articulares.



Medios de unión

En todas estas articulaciones, la unión de las piezas óseas está asegurada por dos estructuras:

a) en la *periferia*, una lámina de tejido fibroso que orientada de un hueso al otro, se continúa con el periostio de cada pieza ósea y en lugares específicos se engrosa formando bandas que son análogas a los ligamentos;

b) entre las superficies articulares un medio de unión siendo este la mayoría de las veces no muy gruesa, en cuya naturaleza se basa la clasificación. Esta sustancia intermedia, fibrosa o cartilaginosa, está siempre en continuidad directa con las superficies que une.

Clasificación

En la clasificación histológica existen dos tipos de articulaciones, las articulaciones fibrosas y las cartilaginosas.

Una **articulación fibrosa** que no es sutura tiene una sustancia intermedia fibrosa organizada en un ligamento real, que se interpone entre superficies óseas que están menos unidas respecto a las suturas del cráneo, lo que puede dar una muy leve movilidad. Esto es bastante excepcional y se da en el hueso hioides de los grandes ungulados o entre la tibia y el peroné, de forma muy variable según la especie. También sucede en la unión de los huesos metacarpianos o metatarsianos en equinos. En principio, estas articulaciones no se osifican como lo suelen hacer las suturas. Sin embargo, la osificación de los ligamentos intermetacarpianos o intermetatarsianos es común en los equinos.

Las **suturas** (*Suturae*) son mucho más numerosas y se encuentran prácticamente solo en la cabeza. Las superficies óseas de estas articulaciones están estrechamente unidas por un tejido fibroso (escaso) que suele osificarse con la edad. Según la conformación de sus superficies articulares, reconocemos diferentes variedades:

a) **Sutura dentada o aserrada** (*Sutura serrata*), la cual se caracteriza por el acoplamiento recíproco de dos superficies óseas dentadas. A este tipo pertenecen, en la mayoría de las especies, la articulación interparietal y la articulación occipito-parietal, por ejemplo.

b) **Sutura escamosa** (*Sutura squamosa*), cuyas superficies son muy oblicuas (biseladas) y superpuestas. La articulación parietotemporal es un buen ejemplo.

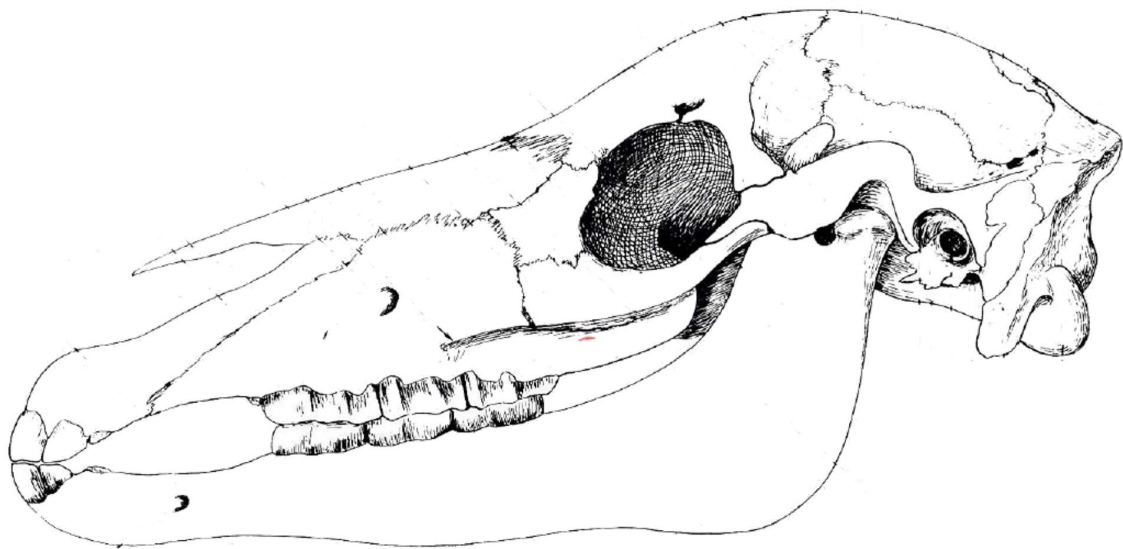
c) **Sutura foliada** (*Sutura foliata*), que presenta superficies articulares cortadas oblicuamente y en un gran número formando pequeñas laminillas paralelas, engranadas con sus opuestas. Es un tipo que combina las suturas dentadas y escamosas. La articulación frontonasal tiene esta conformación.

d) **Sutura armónica** o plana (*Sutura plana*), la cual presenta sus superficies lisas y no entrelazadas. Un ejemplo es la articulación occipito-temporal e internasal.

e) Un tipo unión en **mortaja** (con forma de "reja de arado") es cuando se encastra una lámina de hueso en un surco más o menos profundo. A este tipo pertenece, en general, la articulación de la lámina perpendicular del hueso etmoides y de la cresta esfenoidal con la base del vómer, así como la articulación maxilonasal de varias especies.

f) Otro tipo particular, es donde una de las superficies es cónica, se implanta en la cavidad correspondiente de la superficie opuesta. Corresponde a la forma en que se implantan los dientes en los alvéolos de los huesos maxilar y mandíbula. No es una articulación verdadera, ya que los dientes no forman parte del esqueleto. Este tipo se denomina **gonfosis**.

Figura 21 Esquema de las suturas en cráneo equino de 6 meses de edad.

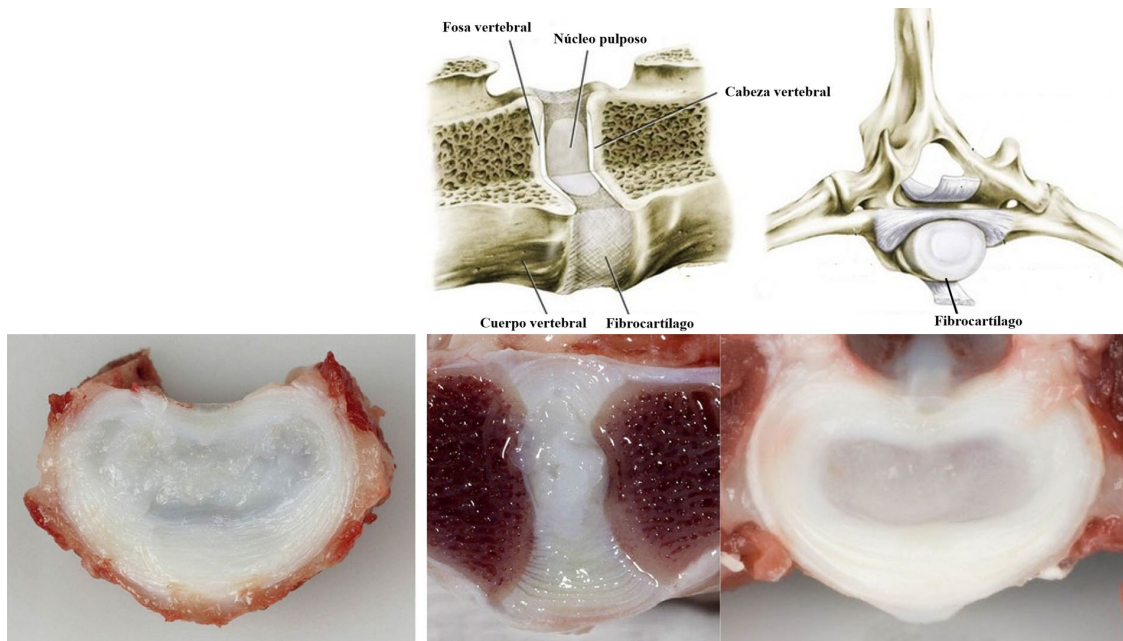


Las **articulaciones cartilagosas** se caracterizan por su sustancia intermedia cartilaginosa, similar al cartílago hialino. Esta capa interpuesta no es muy gruesa y se comporta como un cartílago epifisario que evoluciona a la osificación. Ejemplo de esto último es la articulación esfeno-occipital.

Cabe señalar, además, que el tejido hialino de ciertas articulaciones cartilagosas puede estar más o menos mezclado con tejido fibroso, suprimiendo así la transición a tejido óseo. Ejemplo de esto son los discos intervertebrales, que se encuentran provistos

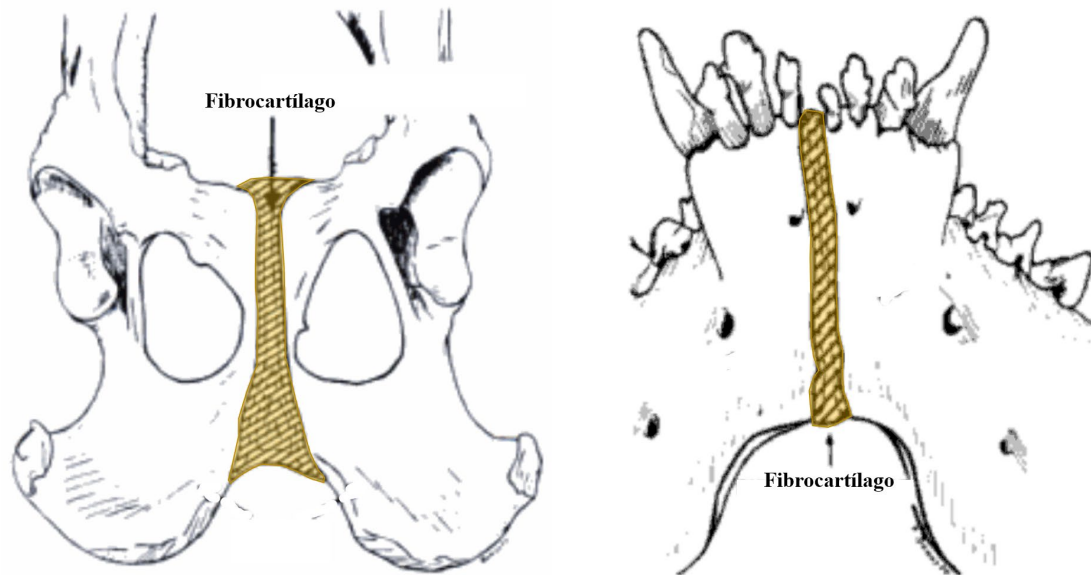
de un disco fibrocartilagenoso más o menos grueso, continuo con las superficies articulares que une. El disco interóseo tiene un desarrollo variable con la articulación y la especie. Sus haces de fibras se orientan de una superficie articular a otra. La parte central es generalmente menos rica en fibras, pudiendo tomar una textura hialina o incluso sufrir una evolución mucoide más o menos marcada. Este tipo de articulación siempre resiste la osificación (si apareciera, se trataría de un proceso degenerativo patológico). La periferia del disco interóseo está revestida por ligamentos verdaderos, histológicamente similares a los de una articulación sinovial pero generalmente anchos, delgados y mucho menos resistentes.

Figura 22 Esquema de los discos intervertebrales del canino.



Dentro de este tipo de articulaciones, cartilaginosas permanentes, también debemos de incluir a las sínfisis; pudiendo mencionar en los animales domésticos a la sínfisis mandibular, siendo esta una verdadera articulación cartilaginosa permanente solo en los carnívoros, debido a que en el resto de las especies se osifica con la edad. Y a la sínfisis pelviana, que merece una mención aparte, ya que se mantiene como una articulación cartilaginosa permanente solo en las hembras, a través de un efecto hormonal que impide la completa osificación de esta, pero como dicho efecto hormonal no está presente en el macho, la articulación intercoxal termina osificandose por completo en este sexo.

Figura 23 Esquema de las sínfisis pelviana y mandibular del canino.



Movimientos

La conformación de las superficies articulares, así como la naturaleza y disposición del medio de unión, sólo permiten movimientos muy limitados para la mayoría de las articulaciones aquí estudiadas. Los movimientos casi siempre son nulos, pero existen diferencias funcionales que responden a diferentes necesidades mecánicas. Las suturas foliosas, proporcionan uniones muy sólidas y prácticamente inmóviles, mientras que las suturas dentadas combinan una flexibilidad elemental con una gran resistencia a la compresión sobre los huesos que forman la cavidad craneana, y las suturas escamosas dan mayor flexibilidad y resistencia a los golpes, a los cuales amortiguan sobre todo en la unión cráneo-facial (articulación del hueso parietal con la escama temporal por los movimientos masticatorios).

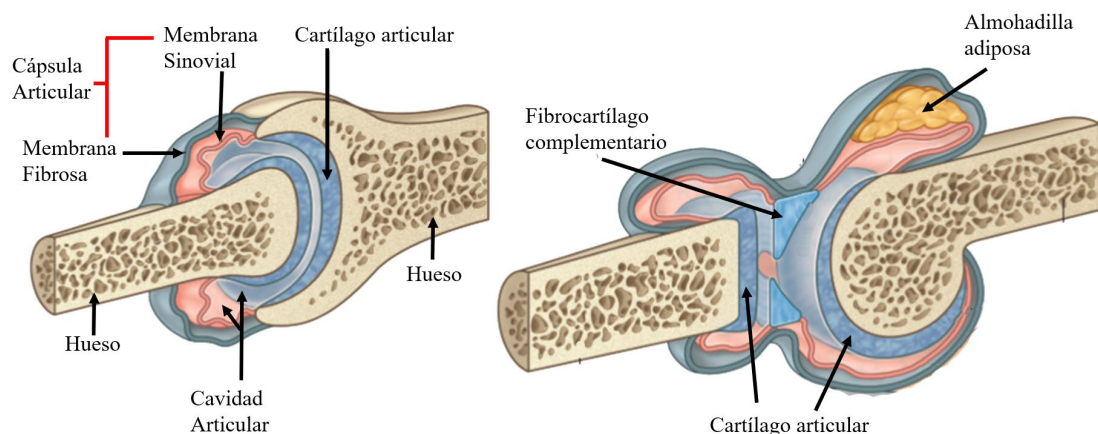
Las suturas armónicas y las articulaciones cartilagosas proporcionan aún más flexibilidad. En el caso de la columna vertebral al sumarse las sucesivas articulaciones cartilagosas de los cuerpos vertebrales, brindan a la una gran movilidad y solidez al conjunto al raquis.

En cuanto a las sínfisis, son en la mayoría de los casos articulaciones semimóviles, que permiten movimientos de baja amplitud, con posibilidad de flexiones muy leves entre los huesos intervinientes. Estos movimientos combinan solidez y flexibilidad, sobre todo en las hembras al momento del parto donde se relaja y permite una distensión del piso de la pelvis para facilitar el paso del feto.

ARTICULACIONES SINOVIALES

Las *articulaciones sinoviales* (*Articulationes synoviales*) son móviles y se caracterizan por la discontinuidad y el revestimiento cartilaginoso de sus superficies articulares, entre las cuales se forma una cavidad articular (*Cavum articulare*) llena de un líquido lubricante particular, la sinovia (*Synovia*). Su constitución es generalmente compleja permitiendo movimientos amplios y variados, en los miembros están presente las articulaciones más complejas e importantes.

Figura 24 Esquema básico de los componentes de una articulación sinovial.



Superficies articulares y cartilago articular

Se encuentran en las extremidades de los huesos largos, los ángulos de los huesos planos o alguna de las superficies de los huesos cortos. Estas superficies son muy diversas en forma y extensión. Se han descrito en relación con las eminencias y depresiones de los huesos. Las cabezas y los cóndilos son eminencias y se corresponden a cavidades glenoideas y acetábulo. También existen facetas, pivotes, trócleas o poleas, etc.

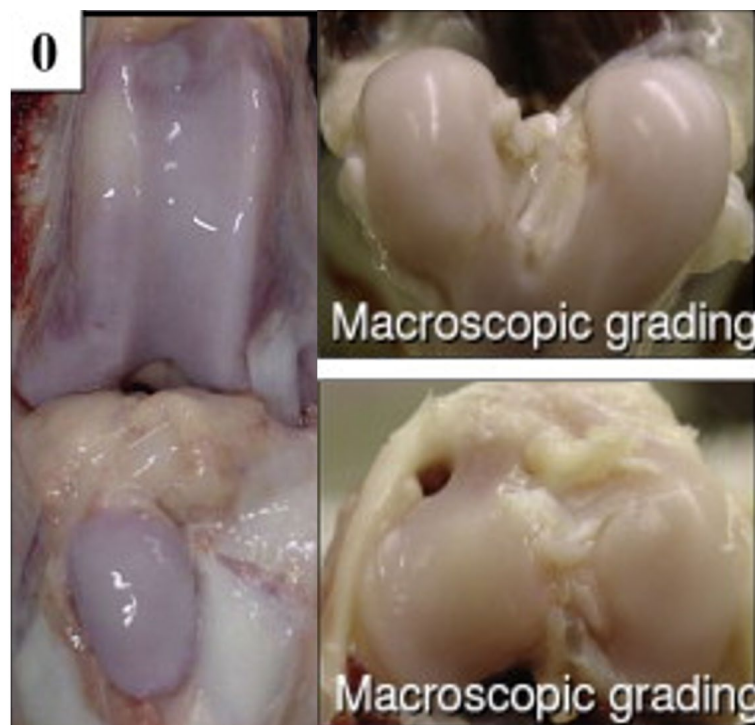
Todas estas superficies son *perfectamente lisas* para poder relacionarse libremente unas con otras. Están recubiertas de una capa cartilaginosa muy notable que constituye el **cartilago articular** (*Cartilago articularis*), que no constituye una parte añadida al hueso, por el contrario, es una estructura persistente del modelo de osificación cartilaginosa primitivo en el que se desarrolló la pieza ósea y escapa al proceso de osificación por su funcionamiento incesante y constante renovación.

En estado fresco, el cartilago articular presenta una superficie pulida y brillante. Su color es blanco nacarado o azulado, pero se vuelve rosa cuando el cartilago es muy fino y deja traslucir el color del hueso subyacente. Esto es lo que ocurre en la periferia

de las superficies articulares en los animales grandes y en toda la superficie articular en las especies más pequeñas.

Su grosor es muy variable según la articulación y el punto considerado, según la especie y la edad del sujeto. Puede variar desde 0,1 mm hasta 4 o 5 mm según donde se lo aprecie ya que es directamente proporcional a la intensidad de las presiones ejercidas sobre el cartílago. Estas variaciones están ligadas a su papel *amortiguador*, por lo que es más grueso en las articulaciones del miembro pélvico que en las del miembro torácico. En un mismo miembro el grosor de los cartílagos es mayor en las articulaciones proximales que en las distales. Otra diferencia importante en el grosor es que se presenta mayor en el centro del cartílago que en su periferia sobre las eminencias articulares, mientras que en las cavidades se observa una disposición inversa.

Figura 25 Fotografía del cartílago articular de una articulación sinovial.



El cartílago articular posee dos capas a menudo indistinguibles a simple vista. La capa superficial es translúcida y blanca. La parte profunda es más gruesa, grisácea y opaca. Se apoya sobre una estrecha línea blanquecina, una fina capa de cartílago calcificado por la que se une muy firmemente al tejido óseo subyacente.

El cartílago articular es de tipo hialino, atravesado por un sistema de fibras colágenas que brindan su capacidad funcional. La superficie bañada por la sinovia está ocupada por una fina capa de fibras tangenciales y carece de cualquier revestimiento

epitelial o endotelial. La capa más profunda tiene una disposición radial en la extensión del cartílago.

Los condrocitos están dispersos en la capa superficial, pero en las otras regiones del cartílago están agrupadas en pequeños grupos en la misma dirección que las fibras colágenas y forman una especie de pilas de células acercándose a la zona calcificada. Estas disposiciones le otorgan al cartílago articular su notable elasticidad y su gran resistencia. La presencia de estas pilas de células evidencia fenómenos de regeneración lentos, que compensan el desgaste de la capa superficial.

En su periferia, el cartílago articular se relaciona con la cápsula sinovial y el periostio. Una red vascular particular ocupa esta zona que bordea el periostio y constituye un límite desde el cual una extensión avascular marca el comienzo de la superficie articular y hace transición hacia el cartílago. Por esto *el cartílago no tiene vasos sanguíneos y se nutre por imbibición*, esencialmente de la sinovia. Lo que le da el nombre de hialino es su transparencia al carecer de células de la sangre circulando en su interior.

Fibrocartílagos complementarias

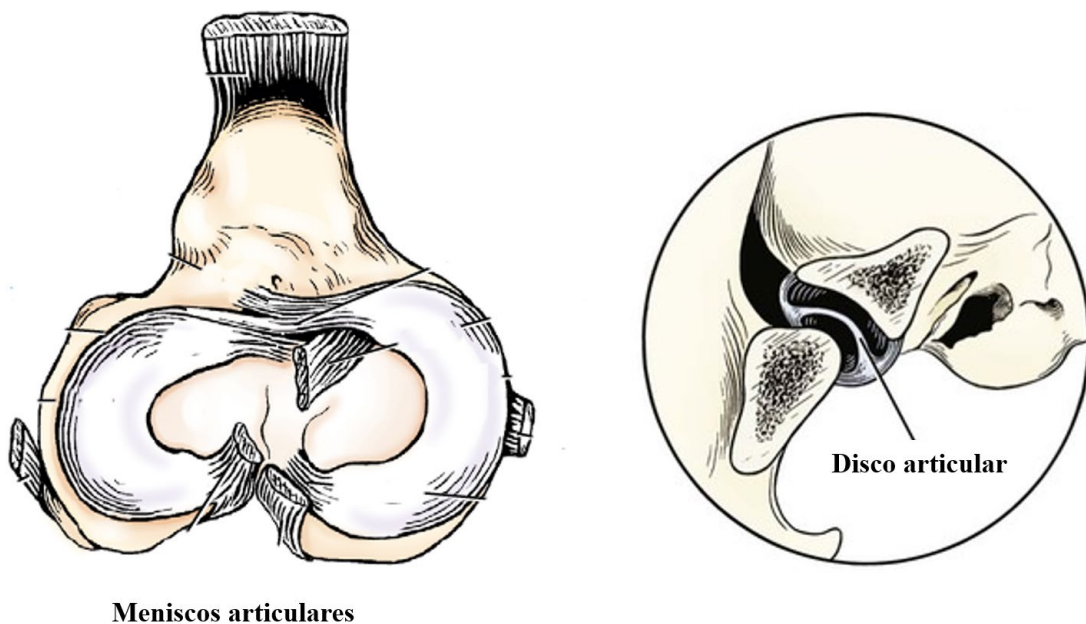
Son formaciones ***fibrocartilaginosas o fibrosas*** adheridas a las superficies articulares y destinadas a ayudar en su coaptación, garantizando condiciones funcionales óptimas. Hay dos tipos: *marginales (labios o cordones) e intraarticulares (meniscos y discos)*.

Un **labio o cordón marginal** (*Labrum articulare*) constituye una especie de borde que agranda y completa una cavidad articular en su periferia. Generalmente está bien delimitado del cartílago articular por una zona estrecha. La textura es mayoritariamente fibrosa y muy similar a la de los ligamentos. Los haces de fibras están en su mayor parte dispuestos concéntricamente, es decir en una orientación paralela al borde articular y unos pocos oblicuos o radiales que dan al conjunto su cohesión y gran solidez. La periferia generalmente está bien vascularizada por un plexo arteriovenoso circular. Los más típicos son los que completan la *cavidad glenoidea de la escápula y el acetábulo del coxal*. Algunos cordones marginales ocupan solo parte del borde articular, pero son muy gruesos, ya que soportan fuertes presiones, como sucede en la superficie palmar o plantar de las articulaciones interfalángicas (en grandes ungulados, especialmente en la articulación proximal). Estas formaciones en muchos casos sufren metaplasia cartilaginosa e incluso pueden desarrollarse pequeños huesos sesamoideos.

Un **menisco articular** (*Meniscus articularis*) se interpone entre dos superficies articulares que no coaptan recíprocamente y llena su intervalo sin adherirse a ellas, presentando forma de *medialuna*. Asegura la coaptación e interviene por otro lado en la mecánica de la articulación adaptándose a todos los cambios de posición. Cuando ocupa toda la extensión de la articulación de forma circular y subdivide la cavidad articular en dos sacos distintos, se denomina **disco articular** (*Discus articularis*).

Están formados por haces de fibras de colágeno similares a las de los ligamentos y ensamblados por un estroma conectivo intersticial lo que le da las características del cartílago articular y está mezclado con fibras elásticas en proporciones variables según las articulaciones. En su periferia, el menisco se une a la cápsula articular, cerca de la cual se vuelve simplemente fibroso y compacto. Es en esta región donde la vascularización es más abundante y la inervación sigue siendo importante. Cuando las superficies articulares se mueven, las condiciones de su coaptación obviamente varían; los meniscos se adaptan a ella por su elasticidad (mayor que la del cartílago) pero pueden perder parcialmente el contacto con una de las dos superficies y la sinovia constituye entonces un amortiguador adicional. Los meniscos se encuentran en la articulación femorotibial y el disco se encuentra en la articulación temporomandibular, en ambos casos coaptan a dos cóndilos.

Figura 26 Esquema de fibrocartílagos complementarios intraarticulares.



Medios de unión

Las articulaciones sinoviales se mantienen sujetas especialmente por formaciones fibrosas o fibroelásticas que son la ***cápsula articular y los ligamentos*** principalmente, y de forma accesoria colaboran en la estabilidad articular los músculos, los tendones y las fascias contribuyen en su contención.

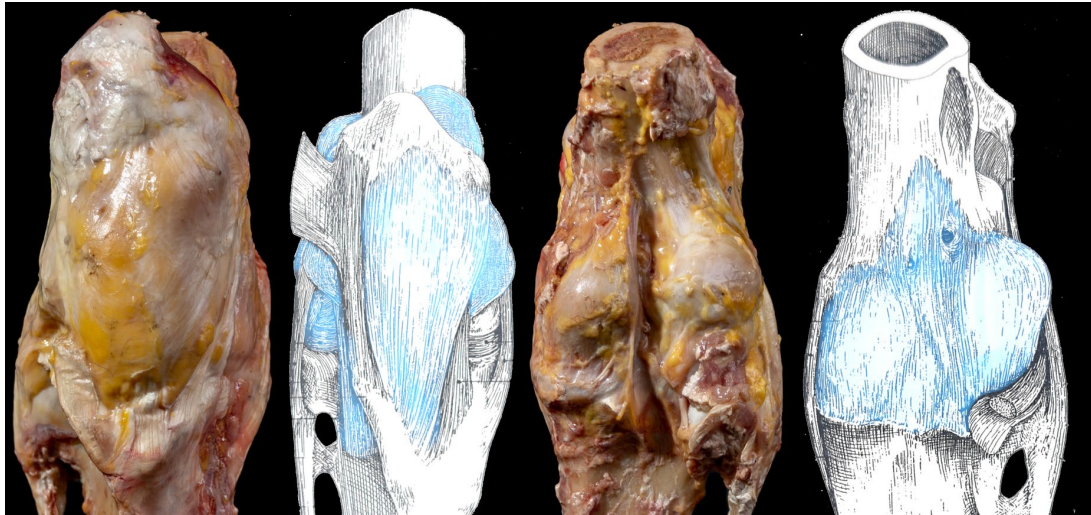
I- Cápsula articular

La cápsula articular (*Capsula articularis*) es un manguito *fibroso-seroso* que posee dos capas una **fibrosa externa** (*Membrana fibrosa*) y otra que la reviste internamente que es la **membrana sinovial** (*Membrana synovialis*), en conjunto envuelven completamente la articulación. Se adhiere al borde de las superficies articulares a cierta distancia de ellas; incluso puede insertarse más allá del borde lo suficiente como para que un cartílago epifisario se incluya en el territorio articular con su epífitis.

La membrana sinovial se describirá más adelante, aquí sólo se describe la membrana fibrosa.

El espesor es muy variable a menudo es fina y puede incluso desaparecer localmente, para proporcionar un orificio más o menos grande a través del cual la membrana sinovial puede evaginarse en el tejido conectivo vecino. En otros puntos, el grosor es por el contrario mayor y la cápsula constituye entonces un verdadero *ligamento membranoso*, en el que pueden incluso desarrollarse haces de refuerzo más o menos potentes. En todos los casos, la membrana fibrosa está formada por densos haces de fibras de colágeno, orientadas en varias direcciones, siendo la más superficial longitudinal y la más profunda oblicua o transversal. La cara externa de esta membrana puede recibir la unión de unas pocas fibras tendinosas, o incluso fusionarse con una aponeurosis y/o fascia. Sólo se relaciona mediante tejido conectivo con los tendones que se insertan en su vecindad, para acompañar a estos en ciertos movimientos y así evitar pinzamientos. La superficie profunda de la cápsula fibrosa está revestida por la membrana sinovial, que está unida a ella por una fina capa conectiva. En determinados puntos, donde sufren una fuerte presión sobre los márgenes articulares, las cápsulas se engrosan considerablemente.

Figura 27 Capsula articular.



II- Ligamentos

Un ligamento (*Ligamentum*) es una estructura flexible y muy sólida que une dos o más huesos permitiendo movimientos. La disposición de los ligamentos está directamente relacionada con la mecánica articular. Su aspecto y su función difieren según la estructura, a este respecto, se hace una distinción entre ligamentos blancos y ligamentos amarillos.

Los *ligamentos blancos*, son los más numerosos, están formados únicamente por tejido fibroso. Son casi inextensibles, de aspecto fasciculado y color blanco nacarado. Sus dimensiones y formas son extremadamente variables. Los haces de fibras colágenas que los constituyen son similares a los de las cápsulas articulares, paralelos, prolongados en la dirección del eje longitudinal o a veces en espiral. Hay escasas fibras elásticas. Las fibras están unidas por tejido conectivo menos denso, en el que se distribuyen redes capilares discretas y un gran número de arborizaciones nerviosas e incluso corpúsculos sensitivos especializados. Su función es esencialmente de contención, teniendo baja elasticidad, pero permiten los movimientos de las articulaciones, o incluso asistirlos recuperando su ángulo inicial más allá de un cierto grado de flexión o extensión. Las fibras de colágeno que conforman a la mayoría de los ligamentos blancos están ligeramente onduladas en reposo y se vuelven rectas al tensarlos. Las escasas fibras elásticas contribuyen a devolverlas pasivamente a su disposición inicial cuando cesa la tensión.

Los *ligamentos blancos* se clasifican en periféricos o extraarticulares e interóseos o intraarticulares. Los primeros, son funiculares o acintados, y suelen estar

adheridos a la cápsula articular, de la que parecen ser una parte modificada y engrosada. *En realidad, son siempre exteriores a ella ya que se diferencian antes, durante el desarrollo embrionario.* En ciertas articulaciones, los ligamentos de este tipo pueden representar vestigios fibrosos de músculos (ejemplo: remanente fibroso del músculo pronador redondo en el ligamento colateral medial del codo en equinos). En cuanto a los ligamentos intraarticulares o interóseos, se alojan en el interior de las articulaciones sinoviales y atraviesan la cavidad articular. Los haces de fibras que los constituyen a menudo están torcidos en espiral o entrecruzados. Sus extremidades se insertan en depresiones particulares de las superficies articulares. Generalmente tienen la función de limitar ciertos movimientos de la articulación, constituyendo una especie de tope.

Los **ligamentos amarillos** deben su color al tejido elástico que los constituye dándole el nombre de ligamentos elásticos. Su estructura es similar a la de las anteriores, pero las fibras de colágeno se encuentran en menor proporción (menos del 10%) mientras que las fibras elásticas son abundantes. Estos últimos están constituidos por una proteína llamada elastina. Los ligamentos amarillos son escasos y siempre extraarticulares. Se encuentran en particular en ciertas regiones de la columna vertebral, como el ligamento nual que adquiere gran importancia en los ungulados, donde ayuda a los músculos a sostener la cabeza. Por su misma naturaleza, estos ligamentos son en efecto auxiliares de las fuerzas musculares. Pueden alargarse mucho (a veces más del 50%) por efecto de la tracción y luego volver pasivamente a su longitud inicial.

<i>Clasificación de los Ligamentos</i>	
Según su estructura	Blancos o Amarillos
Según su forma	funiculares, acintados o membranosos
Según su posición	extraarticulares o intraarticulares

III- Medios de unión complementarios

Los ligamentos por sí solos no siempre son suficientes para mantener un contacto exacto y constante entre las superficies articulares. Otras estructuras distintas de los componentes articulares colaboran con su función, como los músculos y especialmente sus tendones y aponeurosis, que discurren o se adhieren en las proximidades articulares. Incluso ciertos tendones, contribuyen directamente a la contención articular al tomar el

lugar de los ligamentos (articulaciones interfalángicas de los grandes ungulados, articulación femoro-tibial) y sobre todo la contracción y el tono de los músculos.

La presión atmosférica, juega un papel muy importante, el cual puede demostrarse mediante un simple experimento. Cuando una articulación sinovial se ha despojado por completo de los tejidos y órganos que la rodeaban, las piezas óseas no se pueden separar hasta que se hayan perforado la membrana fibrosa y la membrana sinovial de la capsula articular. Esta enérgica acción de ventosa sólo se verifica plenamente en la medida en que la membrana sinovial no tenga grandes fondos de saco extraarticulares, desde los cuales la sinovia podría ser succionada por la depresión así creada.

Membrana sinovial y sinovia

La **membrana sinovial** (*Membrana synovialis*) es característica ya que reviste completamente a la capa fibrosa delimitando la cavidad de las articulaciones sinoviales. Cubre también las partes intraarticulares de los huesos, pero siempre se detiene en los márgenes de las superficies articulares (borde del cartílago articular), por esto es que deja descubiertos a los meniscos cuando éstos existen.

En lugares donde la cápsula articular fibrosa es muy delgada y está mal contenida por las formaciones vecinas, la membrana sinovial puede desarrollar divertículos o evaginaciones extraarticulares denominados recesos o ***fondos de saco sinoviales*** (*Recessus synoviales*), a veces son amplios y pueden acompañar el paso de los tendones y así favorecer el deslizamiento contra la articulación o en los surcos óseos. Su localización siempre está bien definida. La membrana sinovial puede distenderse de forma característica en determinadas enfermedades articulares crónicas y estas deformidades patológicas son especialmente perceptibles en especies grandes y principalmente en équidos.

Los fondos de saco sinoviales son estructuras normales e importantes que los médicos y cirujanos deben tener en cuenta. No deben confundirse con afecciones de los tejidos blandos, que derivan de ellos y son de carácter patológico. Esto último también puede desarrollarse con la misma facilidad a partir de las membranas sinoviales tendinosas (ver Miología).

La superficie libre de la membrana sinovial es irregular ya que en ciertos puntos se modifica protruyendo hacia el interior por masas grasas subyacentes, que son succionadas con la membrana sinovial hacia la cavidad articular, a este fenómeno se lo denomina ***pliegue sinovial*** (*Plica synovialis*). Por otra parte, se presentan las

vellosidades sinoviales (Villi synoviales) que son elevaciones filiformes, de tamaño muy variable en general finas, formadas en la cara intraarticular de la membrana por tejido conectivo muy vascularizado, revestido con una capa más o menos gruesa de células sinoviales.

La estructura de la membrana sinovial varía según las condiciones mecánicas locales y podemos reconocer dos capas bien diferenciadas: una delimita directamente la cavidad articular es siempre avascular y la otra le sirve de soporte conectandola con la cara profunda de la membrana fibrosa. Los pliegues, las vellosidades en los fondo de saco sinoviales están ricamente vascularizados. En los pliegues y vellosidades, los adipocitos son generalmente abundantes; a menudo incluso se agrupan en pequeños lóbulos grasos. En cuanto a las redes capilares, son abundantes y estrechas. Se mezclan con numerosos capilares linfáticos, a los que la membrana sinovial le debe su capacidad para absorber y reabsorber líquidos inyectados en la cavidad articular.

La **Sinovia** (*Synovia*) es un líquido viscoso, incoloro o apenas ámbar y ligeramente alcalino. Es muy escaso en el estado normal. Si bien la articulación femorotibial del equino o bovino puede contener aproximadamente 10 ml, la rodilla humana contiene sólo de 0,5 a 2 ml y la del perro aún menos. Solo en estados patológicos la cantidad de sinovia aumenta.

La composición química de este líquido es muy variable según la edad de los individuos, la articulación estudiada y sobre todo su estado fisiológico. En los animales activos, la proporción de materia seca es el doble que en los animales sedentarios. Se puede decir que la sinovia contiene en promedio 95 % de agua, 1 % sales minerales, de las cuales la mitad de cloruro de sodio, 3 % de proteína, 5 % de mucina y cantidades muy pequeñas de azúcares, grasas y urea. También pueden encontrarse leucocitos (300 a 500 por mililitro, con variaciones muy amplias) y bastantes restos celulares y fragmentos de fibras, que provienen principalmente del desgaste de las superficies cartilagosas y sinoviales. Todas estas sustancias proceden de la membrana sinovial por un ultrafiltrado del plasma por esto la sinovia no es solo un lubricante que facilita el deslizamiento de las superficies articulares entre sí o contra las formaciones fibrocartilaginosas, sino que tiene un papel muy importante en la nutrición de los cartílagos articulares y de los fibrocartílagos, a los que aporta elementos procedentes de la sangre y de los que absorbe los desechos antes de ser reabsorbidos por la membrana sinovial. La presencia de pliegues y vellosidades sinoviales aumentan la superficie de secreción.

Vasos y nervios

Las articulaciones sinoviales tienen un rico suministro vascular. Las arterias y las venas forman una serie de redes superpuestas y escalonadas desde el tejido conectivo periarticular hasta la membrana sinovial. En cada nivel, su disposición es similar, dos o tres venas de menor calibre acompañan a cada rama arterial. La disposición de las redes es tanto más ordenada y densa cuanto más móvil y funcional es la articulación. En los ligamentos de cualquier volumen, la organización vascular es análoga a la que se encuentra en los tendones. En las partes engrosadas o fibrocartilaginosas de las cápsulas articulares, la vascularización se debilita. Por otro lado, la red sinovial de la lámina propia es particularmente densa en las áreas no fibrosas. Finalmente, en la unión de la cápsula y el periostio, se establecen anastomosis entre las redes de los dos sectores anatómicos.

Los linfáticos forman dos redes, una situada en la sinovial y la otra en la capa fibrosa. Los eferentes forman alrededor de la articulación una última red con mallas muy sueltas, drenadas a su vez por vasos que acompañan a las venas y arterias de la región. No hay comunicación entre la cavidad sinovial y los capilares linfáticos.

En cuanto a la inervación es particularmente rica, especialmente para las articulaciones más móviles. Los nervios se acercan con mayor frecuencia a las articulaciones con los vasos y distribuyen sus fibras en dos capas plexiformes con numerosas terminaciones nerviosas libres, receptores encapsulados de varios tipos (corpúsculos de Pacini en el tejido conectivo periarticular, corpúsculos de Golgi en los ligamentos, donde su disposición recuerda la que encontramos en tendones, corpúsculos Ruffini en cápsulas fibrosas y ligamentos), estos receptores son multifacéticos y muestran una amplia variedad de aferencias y tienen un papel muy importante en la estática y la locomoción, ya que aseguran la propiocepción de las articulaciones y tejidos periarticulares.

Movimientos

Los movimientos de las articulaciones sinoviales resultan sobre todo de la acción de los diversos grupos musculares (movimientos activos) sin embargo, otros mecanismos están involucrados (movimientos pasivos) y en algunos casos juegan un papel importante. Una articulación puede así ser controlada a distancia por el movimiento de otra, a la que está solidarizada por cuerdas fibrosas casi inextensibles

(tarso del Caballo), en otros lugares interviene la reacción de los dispositivos fibroelásticos al alargamiento periódico que les impone el peso del cuerpo al caminar (articulaciones metacarpofalángicas de los ungulados). En todos los casos, la naturaleza y amplitud de los movimientos están subordinados a la conformación de las superficies articulares presentes.

Podemos reconocer cuatro tipos principales de movimientos:

1 **Deslizamiento o desliz**, que está presente en todas las articulaciones sinoviales y es el único posible cuando se oponen superficies planiformes.

2 **Rotación** o pivotaje, es el que una de las partes óseas gira alrededor de la otra a modo de pivote (movimiento del atlas sobre el eje el diente del axis y radio y ulna en carnívoros, *pronación y supinación*)

3 **Oposición**, movimiento por el cual los huesos se mueven alternativamente en el mismo plano y en dos direcciones opuestas. Si el desplazamiento se produce en un plano sagital, se denominan **flexión y extensión** según abre o cierra un ángulo articular, si tiene lugar en un plano transversal, es **abducción** cuando el eje móvil se aleja del plano medio del cuerpo y **aducción** cuando se acerca a él.

4 El movimiento de **circunducción** combina las cuatro posibilidades de oposición, pudiendo el hueso móvil describir una circunferencia en forma de cono.

Clasificación

La conformación de las superficies articulares y los movimientos permitidos llevan a distinguir seis tipos de articulaciones sinoviales.

1- Una **articulación planiforme** (*Articulatio plana*) consiste en facetas planas o apenas onduladas. Sólo permite un tipo de movimiento: el deslizamiento.

2 Una **articulación esferoidal** (*Articulatio spherioidea*) tiene superficies cuya forma deriva de la esfera: una cabeza articular se opone a una cavidad glenoidea o acetábulo. Los movimientos son particularmente variados y extensos, pueden combinarse en la circunducción (articulaciones escapulo-humerales y coxo-femorales).

3 Una **articulación condilar** (*Articulatio condylaris*) o bisagra imperfecta opone una cabeza alargada o un cóndilo a una cavidad glenoidea que permite movimientos principales de flexión y extensión, y movimientos accesorios de lateralidad. El tipo lo proporciona la articulación femoro-tibial o la articulación temporomandibular.

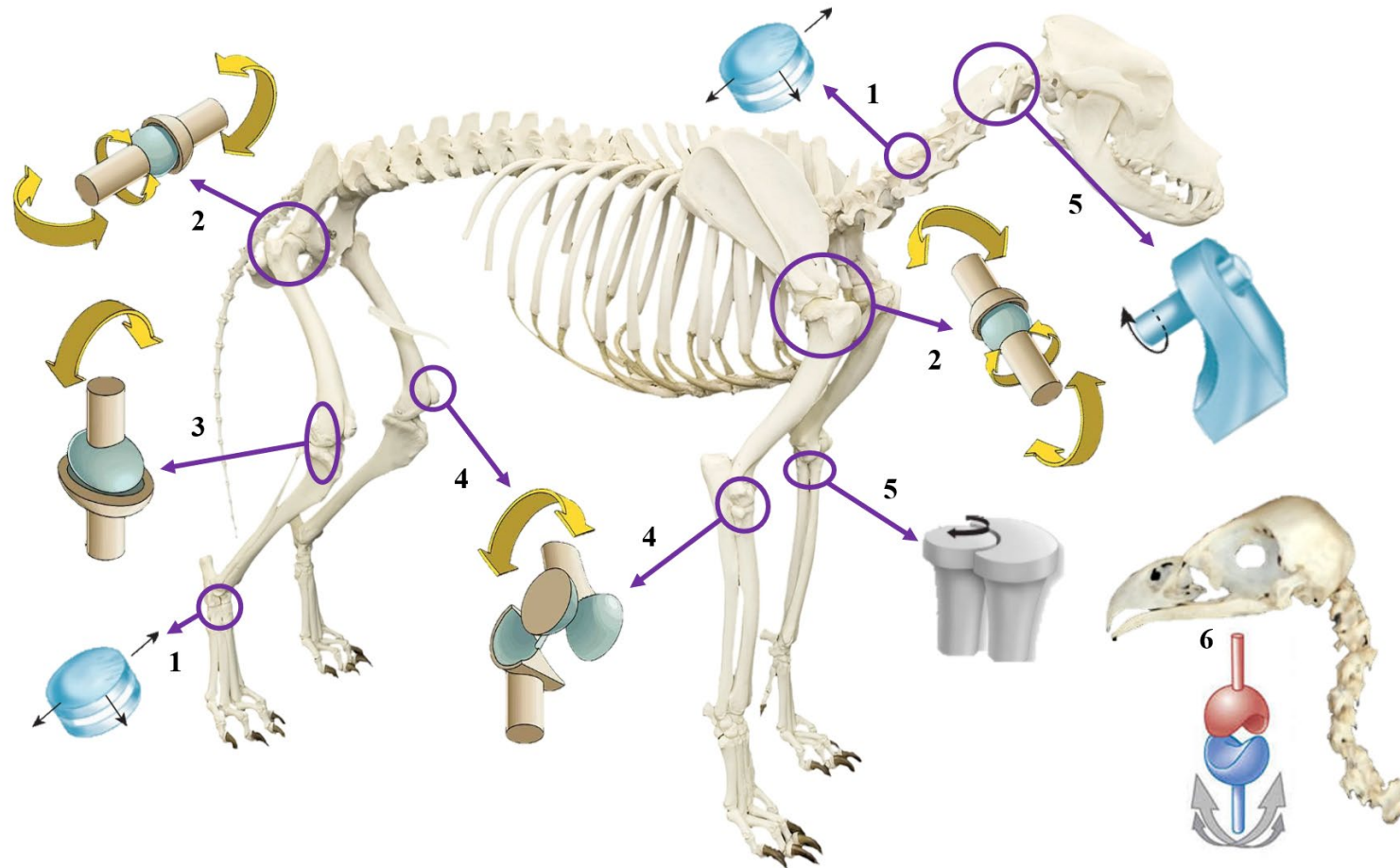
4 Una **articulación troclear**, un gínglimo (*Ginglymus*) o bisagra perfecta, tiene superficies derivadas del cilindro (poleas, espigas y ranuras), que encajan entre sí

firmemente. Los movimientos, precisos y exclusivos, son de flexión y extensión. El tipo más perfecto se produce en la articulación del codo y la articulación tibio-astragalina de los équidos.

5 La **articulación trocoide** (*Articulatio trocholdea*) o pivotante consiste en un pivote o cilindro, recibido en una pieza de revestimiento. Sólo permite un movimiento: la rotación. A este tipo pertenecen la articulación atlanto-axial y en humanos y carnívoros, la articulación radiocubital proximal.

6 Una articulación en **silla de montar** (*Articulatio sellaris*) o enclavamiento recíproco opone una superficie convexa en una dirección y cóncava en la otra a otra superficie de forma inversa. Este tipo permite movimientos opuestos en dos planos perpendiculares (planos sagital medio y frontal). Raramente presente en mamíferos (articulación trapecio-metacarpiana en humanos, articulación metatarso-cuneal en monos); en aves se da en las vértebras cervicales lo que explica su gran movilidad.

Figura 28 Esquema de la clasificación de articulaciones sinoviales en base a conformación de las superficies articulares y los movimientos permitidos.



Referencias: 1- articulación planiforme (desliz), 2- articulación esferoidal (todos los movimientos), 3- articulación condilar (flexión y extensión), 4- articulación troclear (flexión y extensión), 5- articulación trocoide (rotación), 6- articulación en silla de montar (flexión, extensión, aducción, abducción).

Nomenclatura

El nombre de las articulaciones depende, por regla general, del nombre de los huesos que la componen. Ej. art. escápulo humeral, atlantoaxoidea, sutura nasofrontal, etc. o bien derivan de la forma o del lugar que la articulación ocupa en el cuerpo. Ej. art. coxal, art. genu.

Como los huesos dividiremos las articulaciones en:

- 1- Articulaciones del tronco.
- 2- Articulaciones de la cabeza.
- 3- Articulaciones de los miembros torácicos.
- 4- Articulaciones de los miembros pélvicos

MÉTODOS DESCRIPTIVOS PARA APLICAR EN HUESOS Y ARTICULACIONES.

Para hacer la descripción de un hueso o articulación debemos regirnos por un método que nos facilitará mucho la tarea y cuando nos acostumbramos a seguir paso a paso, la descripción de la estructura será minuciosa. Para desarrollar el método se deben conocer todas las características antes estudiadas.

METODO PARA DESCRIBIR UN HUESO	
Nombre	Está establecido por NAV depende en numerosos casos de la forma (hioides), situación (frontal), función (axis) o de alguna particularidad característica.
Situación	Absoluta Relativa al plano medio Relativa a los huesos vecinos
Dirección	Absoluta Relativa
Forma	Absoluta Relativa
Regiones Para facilitar el estudio se divide el hueso en distintas regiones que dependen de la forma absoluta del mismo	Huesos largos: diáfisis (se divide en subregiones) y dos epífisis. Huesos planos: caras o superficies, márgenes y ángulos. Huesos cortos: caras o superficies y márgenes.
Particularidades exteriores Son los distintos accidentes que presenta el hueso en su superficie	Eminencias: articulares y no articulares Depresiones: articulares y no articulares

METODO PARA DESCRIBIR UNA ARTICULACION	
Nombre	Está establecido por NAV depende en general de los huesos intervinientes.
Superficies Articulares	Representadas por las eminencias y depresiones articulares
Medios de unión	tejidos interpuestos entre las superficies articulares
Movimientos	los que puede realizar la articulación
Clasificación	Género (según medios de unión) Tipo (según las superficies articulares)

BIBLIOGRAFÍA

- Barone, R. (1986). *Anatomie Comparee des mamiferes domestiques. Tome premier Ostiologie* (Quinta ed). Editions Vigot Frères.
- Barone, R. (2010). *Anatomie Comparee des mamiferes domestiques. Tome second Arthtologie et Myologie* (Quinta ed). Editions Vigot Frères.
- Budras, K.-D., McCarthy, P. H., Horowitz, A., & Berg, R. (2007). *Anatomy of the Dog* (Fifth, rev). Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Dyce, K., Sack, W., & Wensing, C. (2010). *Textbook of Veterinary Anatomy* (4 th ed.). Saunders ELSEVIER.
- Getty, R. (2005). *Anatomía de los Animales Domésticos - SISSON Y GROSSMAN*, Tomos 1 y 2. (C. Ellenport Rosenbaum, N. G. Ghoshal, & D. Hillmann (eds.); Quinta ed.). Masson.
- International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (I.C.V.G.A.N.). (2017). *Nomina Anatomica Veterinaria* (Sixth Edit). Editorial Committee Hanover (Germany), Ghent (Belgium), Columbia, MO (U.S.A.), Rio de Janeiro (Brazil). With permission of the World Association of Veterinary Anatomists (W.A.V.A.).