

OSTEOLOGIA

ESQUELETO

El término *esqueleto* se aplica a la armazón de consistencia dura que soporta y protege los tejidos blandos de los animales. En la anatomía descriptiva de los animales superiores se aplica de una manera restrictiva a los huesos y cartílagos, aunque pudieran muy bien incluirse también los ligamentos que los unen entre sí.

En zoología el término se usa en una acepción mucho más extensa, incluyendo todas las organizaciones duras que soportan o protegen otros tejidos. Cuando estas organizaciones están situadas en la parte externa forman un *exosqueleto* derivado del ectodermo. Constituyen un ejemplo de ellas los caparzones y cubiertas quitinosas de muchos invertebrados, las escamas de los peces, las conchas de las tortugas, y las plumas, pelos y pezuñas de los vertebrados superiores. El *endosqueleto* (del que hemos de tratar en este lugar) está rodeado de tejidos blandos. Deriva del mesodermo, con excepción del esqueleto primitivo axil o notocordio, que es de origen entodérmico.

El esqueleto puede dividirse ante todo en tres partes: axil, apendicular y esplácnico.

El *esqueleto axil* comprende la columna vertebral, costillas, esternón y cráneo.

El *esqueleto apendicular* está constituido por los huesos de los miembros.

El *esqueleto esplácnico* o *visceral* consta de varios huesos desarrollados en el parénquima de algunas vísceras u órganos blandos, por ejemplo el hueso del pene del perro y el hueso del corazón del buey.

El número de huesos del esqueleto de un animal varía según la edad, debido a la fusión, durante el crecimiento, de elementos óseos que están separados en el feto

y en el animal joven. Incluso en adultos de la misma especie se producen variaciones numéricas; por ejemplo, el tarso del caballo puede constar de seis o siete huesos, y el carpo, de siete u ocho; en todos los mamíferos domésticos varía considerablemente el número de vértebras cocáceas. Los huesos se dividen generalmente en cuatro *clases* según su forma y función: largos, planos, cortos e irregulares (1).

1.º Los *huesos largos* se caracterizan por su forma alargada, cilíndrica, con *extremidades* ensanchadas. Existen en los miembros, donde actúan de columnas de sostén y de palanca. La parte cilíndrica, llamada *caña*, *cuerpo* o *diáfisis*, es tubular y comprende la *cavidad medular*, que, como su nombre indica, contiene la médula ósea.

2.º Los *huesos planos* son aquellos en que predominan dos dimensiones. Presentan áreas suficientes para la inserción de músculos y protegen los órganos que cubren.

3.º En cuanto a los *huesos cortos*, como los del carpo y del tarso, no predomina en ellos de una manera ostensible ninguna dimensión, ni la longitud, ni la anchura, ni el grosor. Su principal función parece consistir en amortiguar los choques. Los huesos sesamoideos que se desarrollan en las cápsulas de algunas articulaciones o en los tendones pueden ser incluidos en este grupo. Disminuyen los roces o cambian la dirección de los tendones.

(1) Esta clasificación no es enteramente satisfactoria; algunos huesos, por ejemplo las costillas, no están provistos de caracteres diferenciales típicos, y otros pueden colocarse en varios grupos.

4.º *Huesos irregulares.* En este grupo se incluyen huesos de forma irregular, tales como las vértebras y los huesos de la base del cráneo; son huesos impares y situados en la línea media. Sus funciones son varias y no están claramente especializados como los de las clases precedentes.

Estructura de los huesos ⁽¹⁾

Los huesos constan principalmente de *tejido óseo*, pero, considerados como órganos, presentan además una membrana envolvente, denominada *periostio*, la *medula ósea*, los *vasos* y los *nervios*.

La arquitectura de los huesos puede estudiarse por medio de secciones longitudinales o transversales de ejemplares que hayan sido macerados a fin de quitarles la mayor parte de la sustancia orgánica. Estas secciones muestran que el hueso consta de una vaina externa de *sustancia compacta*, densa, dentro de la cual se halla dispuesta la *sustancia esponjosa*, menos densa. En los huesos largos típicos el tallo está ahuecado para formar la *cavidad medular*.

El espesor de la *sustancia compacta* difiere en las distintas partes del hueso según la diversidad de esfuerzos y violencias a que están sometidas dichas partes. En los huesos largos la porción más gruesa corresponde al punto medio de la diáfisis o a la proximidad del mismo y la más delgada corresponde a las extremidades. En esta última la capa de sustancia compacta es muy delgada, siendo especialmente densa y lisa en las superficies articulares. Se encuentran engrosamientos circunscritos a los lugares sujetos a mayor presión o tracción.

La *sustancia esponjosa* está formada por finas laminillas óseas y espículas que surcan y se entrecruzan en distintas direcciones. Su disposición depende en último término de exigencias mecánicas, de modo que pueden reconocerse sistemas de compresión y de tracción dependientes respectivamente de las líneas de compresión y de las tracciones ejercidas por tendones y ligamentos. Los espacios existentes entre las

laminillas están ocupados por la medula y se denominan *espacios medulares*. La sustancia esponjosa forma la masa principal de los huesos cortos y de las extremidades de los huesos largos; en estos últimos no está confinada a las extremidades.

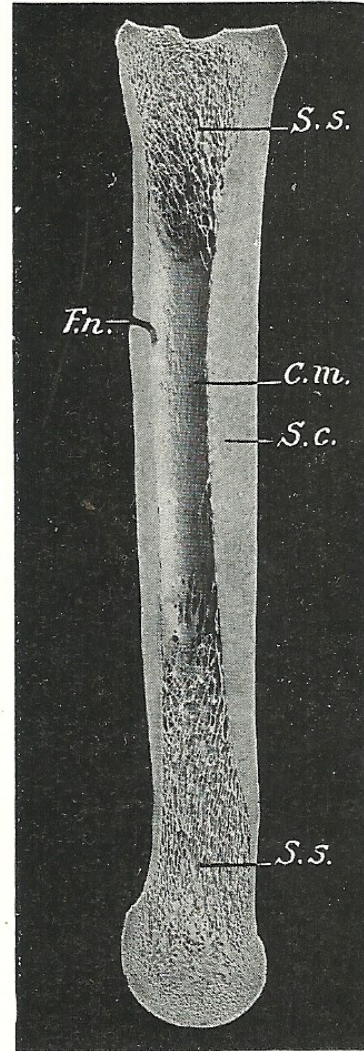


Fig. 1. Corte sagital del gran metatarsiano del caballo (derecho).

S.c., sustancia compacta; *S.s.*, sustancia esponjosa; *C.m.*, cavidad medular; *F.n.*, agujero nutricio. Nótese el gran espesor de la sustancia compacta de la parte anterior de la diáfisis.

sino que se extiende a distancia variable de las diáfisis. Algunos huesos contienen espacios llenos de aire en el interior de la sustancia compacta en lugar de sustancia ósea esponjosa y medula, dándoseles entonces el nombre de *huesos neumáticos*. Estas cavidades se designan con el nombre de *senos* y están revestidas de membra-

(1) Sólo tratamos de la estructura macroscópica. Para la microscópica hay que recurrir a las obras de Histología.

na mucosa; comunican indirectamente con el aire atmosférico. En ciertos casos las dos capas compactas de los huesos planos no están separadas por tejidos óseos esponjosos, sino fusionadas entre sí; en algunos de estos casos el hueso es tan delgado que llega a ser translúcido, o puede ser resorbido y dar lugar a una pérdida de sustancia.

Los huesos planos de la bóveda del cráneo y regiones laterales del mismo están compuestos de una capa externa de sustancia compacta ordinaria, llamada *lámina externa*, de una capa interna de hueso muy denso, llamada *lámina interna* o *tabla vítrea*, y entre ambas una acumulación variable de tejido óseo esponjoso, llamado aquí *diploe*.

El *periostio* es la membrana que reviste la superficie externa de los huesos, excepción hecha de la cubierta con cartílago. Consta de una capa externa de tejido fibroso de protección y otra interna de células osteogénicas. Durante el crecimiento activo la capa osteogénica está bien desarro-

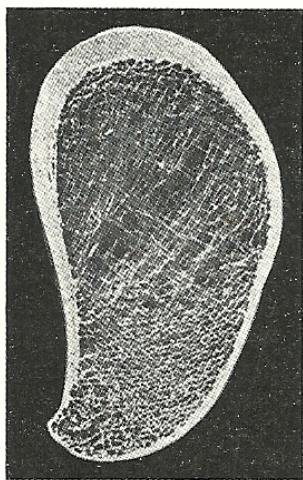


Fig. 2. Corte transversal del tercio superior de la diáfisis del húmero derecho del caballo.

llada, pero después se reduce de modo extraordinario. La capa fibrosa varía considerablemente de grosor, siendo en general más gruesa en los sitios más expuestos. La adherencia del periostio al hueso difiere también en grado extraordinario en las distintas regiones; en general es muy tenue y muy fácilmente desplegable en los sitios cubiertos con abundante tejido muscular

poco o nada adherido. El grado de vascularización está en relación con la actividad del periostio.

El *endostio* es una fina membrana fibrosa que limita la cavidad medular y los canales de Havers más anchos.

La *medula* ocupa los intersticios de los huesos esponjosos y la cavidad medular de

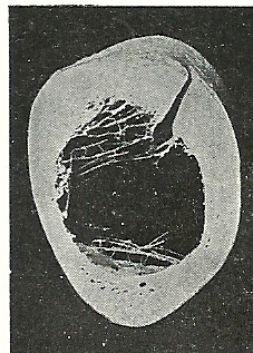


Fig. 3. Corte transversal del tercio inferior de la diáfisis del húmero izquierdo del caballo.

La sección pasa por el orificio y canal nutricios.

los huesos largos. Hay dos variedades de medula en los adultos: la roja y la amarilla. En los animales jóvenes sólo hay la *medula roja*, pero después es remplazada en la cavidad medular por la *medula amarilla*. La medula roja contiene varios tipos de células características y es una sustancia formadora de sangre, mientras la amarilla está constituida casi totalmente por tejido adiposo (1).

Vasos y nervios. Se distinguen habitualmente dos clases de *arterias*, las *periósticas* y las *medulares*. Las primeras se ramifican en el periostio, emitiendo innumerables ramas muy finas que penetran en pequeñísimos orificios (canales de Volkmann) situados en la superficie y alcanzan los canales de Havers de la sustancia compacta. Otros ramos penetran en las extremidades de los huesos largos irrigando el tejido esponjoso y la medula en él contenida. En los huesos planos, y especial-

(1) Como la medula amarilla se forma de la medula roja por cambios regresivos consistentes en infiltración grasosa y degeneración de las células características, encontramos formas de transición o fases del proceso. En los animales añosos o mal nutridos puede experimentar la medula una degeneración gelatinosa, dando por resultado la formación de medula gelatinosa.

mente en los huesos largos, la voluminosa *arteria nutricia* o *medular* penetra en el llamado *orificio nutricio*, pasa por un canal a través de la sustancia compacta y se ramifica por la medula; sus ramas se anastomizan con los ramos centrales de las arterias periósticas. Las *grandes venas* del tejido óseo esponjoso no acompañan como regla general a las arterias, sino que salen del hueso principalmente en las proximidad de la superficie articular. Estas venas carecen de válvulas. Los *vasos linfáticos* forman canales perivascuales en el periostio y en los canales de Havers de la sustancia compacta. Constituyen, por lo tanto, una fina malla reticular, de la que derivan vasos más importantes que en general acompañan a las venas. En la periferia de la medula existen espacios linfáticos.

Los *nervios* están principalmente distribuidos a lo largo de los vasos sanguíneos. Unas terminaciones nerviosas especiales (corpúsculos de Vater-Pacini) existentes en el periostio han de ser consideradas como sensoriales y probablemente su función está relacionada con el sentido muscular (cinestesia).

Desarrollo y crecimiento de los huesos

El primitivo esqueleto embrionario consta de cartílago y tejido fibroso, en el que se desarrolla el hueso. El proceso se designa con el nombre de *osificación* u *osteogénesis* y es realizado esencialmente por células productoras de hueso llamadas *osteoblastos*. Por esto se acostumbra designar como *huesos membranosos* a los que se desarrollan en el tejido fibroso, y como *huesos cartilaginosos* a los que se forman en el cartílago.

Los principales huesos membranosos son los de la bóveda y regiones laterales del cráneo y la mayor parte de los huesos del esqueleto. Distinguiremos, en vista de lo dicho, la *osificación intramembranosa* y la *endocondral*.

En la *osificación intramembranosa* el proceso empieza en un *núcleo* o *centro de osificación* definido, que los osteoblastos circundan con un depósito de hueso. El proceso se extiende de este punto a la periferia del futuro hueso formando una

malla reticular de trabéculas óseas. Las trabéculas se engruesan rápidamente y se unen unas a otras formando una superficie ósea separada del hueso adyacente por el tejido fibroso persistente. La parte superficial del tejido original se convierte en periostio y en la cara profunda de éste forman los osteoblastos capas sucesivas de hueso perióstico hasta que el hueso alcanza su grosor definitivo. En la osificación del tejido fibroso circundante se producen aumentos concéntricos hasta que el hueso alcanza su tamaño definitivo.

En la *osificación endocondral* el proceso es esencialmente el mismo, pero no tan sencillo. De la capa profunda del pericondrio o del periostio primitivo emigran osteoblastos al cartílago y ocasionan la calcificación de la sustancia de este último. En el área de calcificación penetran vasos, las células cartilaginosas se encogen y desaparecen formando las cavidades medulares primitivas que se hallan ocupadas por tejido osteogénico. Este forma una especie de andamiaje de trabéculas calcáreas en el que el hueso es construido por los osteoblastos. Al mismo tiempo los osteoblastos del periostio primitivo forman hueso pericondral. El cartílago calcificado es destruido y absorbido por la acción de unas células anchas llamadas *osteoclastos* y remplazado por hueso depositado por los osteoblastos. Los osteoclastos dan lugar, por consiguiente, a la absorción del hueso primitivo, produciendo las cavidades medulares; por lo tanto, en el caso de los huesos largos el tejido óseo esponjoso central primitivo es absorbido en gran parte para formar la cavidad medular de la diáfisis, persistiendo, en cambio, en gran parte el de las extremidades. La destrucción de la parte central y la formación del hueso periostal continúan hasta que la diáfisis del hueso ha completado su desarrollo.

Los huesos largos típicos se desarrollan a partir de tres puntos primarios de osificación: uno, que aparece primero, para la *diáfisis*, y otro para cada *epífisis* o extremidad. Muchos huesos tienen centros secundarios de osificación que dan lugar al desarrollo de eminencias llamadas *apófisis*.

Los líneas que preceden hacen referencia al crecimiento del hueso en anchura y espesor, pero no en longitud. El crecimen-

to longitudinal puede explicarse sucintamente en la forma siguiente: una capa de cartílago en actividad de crecimiento, el *cartílago epifisario*, que se halla interpuesto entre la diáfisis y la epífisis, provee a la incesante osificación en cada extremidad de la diáfisis. Es evidente que en tanto dicho cartílago persista y crezca puede continuarse formando a sus expensas hueso nuevo y el incremento en longitud es posible. Cuando el cartílago epifisario cesa de crecer se osifica, el hueso se consolida y ya no es posible un ulterior crecimiento en longitud. Esta fusión se produce cabalmente en períodos definidos para cada hueso, y es importante conocer la época habitual en que esto ocurre, al menos en los huesos largos de las extremidades. En los huesos membranosos provee a su crecimiento concéntrico la osificación y neoformación del tejido fibroso circundante.

En cuanto los huesos han alcanzado su tamaño definitivo, el periostio se reduce y se vuelve inactivo, al menos en lo concerniente a su capa osteogénica; la función osteogénica puede ser estimulada por varias causas, como se ve en la curación de las fracturas y cuando se origina la formación de engrosamientos óseos.

En el esqueleto se producen cambios profundos después del nacimiento, y durante el período del crecimiento los huesos son mucho más plásticos de lo que suele suponerse. En el potro recién nacido, por ejemplo, los huesos del metacarpo y del metatarso son relativamente largos y la escápula y el húmero cortos; de modo que en general las diáfisis de los huesos largos son pequeñas en comparación con los huesos de las

extremidades terminales de los miembros. Las distintas eminencias son mucho menos pronunciadas que en el adulto y faltan muchas de las pequeñas asperezas existentes en las superficies, de modo que los huesos son mucho más lisos. El período de crecimiento puede considerarse como terminado con la unión de las extremidades y las diáfisis de los huesos largos y con la fusión de las distintas partes de los otros huesos. Durante la edad adulta los cambios en el esqueleto se operan muchas veces lentamente; consistentes en la acentuación de las eminencias y depresiones y en la aparición de otras más tenues. Estas impresiones secundarias están relacionadas principalmente con la inserción de músculos, tendones y ligamentos o son producidas por la presión ejercida por distintos órganos en los huesos. Más tarde la osificación invade más o menos intensamente los cartílagos y las inserciones de los tendones y ligamentos. Las modificaciones seniles en los huesos, consistentes en disminución de la materia orgánica y rarefacción del tejido óseo, vuelven los huesos más frágiles y más expuestos a las fracturas.

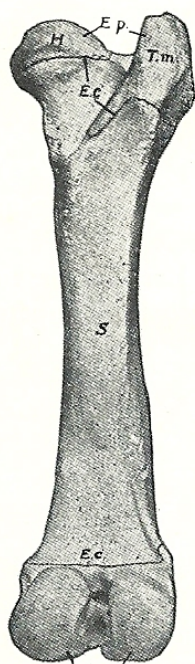


Fig. 4. Fémur derecho del cerdo joven; visto por detrás.

En esta edad el hueso está dividido por los cartílagos epifisarios (*E.c.*) en diáfisis (*S.*), extremidad proximal (*E.p.*) y extremidad distal (*E.d.*). La extremidad proximal consta de dos partes, cabeza (*H.*) y trocánter mayor (*T.m.*), que tienen centros separados de osificación.

Composición química de los huesos

Los huesos secos constan de materia orgánica e inorgánica en la proporción de 1:2 aproximadamente. La materia animal proporciona al tejido óseo solidez y elasticidad y la mineral dureza. Si por medio del calor se quita la materia orgánica de un hueso, su forma general no experimenta variación, pero se reduce su peso en un tercio y se vuelve muy frágil; inversamente la descalcificación, aunque no afecta ni a la forma ni a las dimensiones del hueso, lo vuelve blando y maleable. La materia orgánica (oséina) produce, cuando se hierve, gelatina. La siguiente tabla representa la composición del hueso de buey de calidad media:

Gelatina	33.3
Fosfato de cal	57.35
Carbonato de cal	3.85
Fosfato de magnesia	2.05
Carbonato y cloruro sódicos	3.45
	100.00

Propiedades físicas de los huesos

El hueso fresco tiene un color blanco-amarillento; después de macerado o hervido y descolorado es blanco. El peso específico del hueso compacto fresco es apro-