

Prácticas de Zoología

Estudio y diversidad de los Vertebrados Aves y Mamíferos

Ana García Moreno. Raimundo Outerelo. Eduardo Ruiz.
José I. Aguirre. Ana Almodóvar. Javier A. Alonso. Jesús Benito. Antonio Arillo.
Jacinto Berzosa. Valentín Buencuerpo. Francisco J. Cabrero-Sañudo.
Eduardo de Juana. D. J. Díaz Cosín. José A. Díaz. Benigno Elvira.
Gregorio Fernández Leborans. Ignacio García Más. José F. Gómez.
M^a Dolores González Mora. Mónica Gutiérrez López. Juan B. Jesús.
M^a Dolores Martínez Ibáñez. M^a Eugenia Mínguez. Víctor Monserrat.
Benito Muñoz Araújo. Concepción Ornos. Cristina Parejo Piñón. Fernando Pardos.
Javier Pérez Tris. Juan Pérez Zaballos. Francisco Pulido Delgado. Álvaro Ramírez.
Pablo Refoyo Román. Carmen Roldán. Tomás Santos. Luis S. Subías.
José Luis Tellería. D. Trigo. M^a Ángeles Vázquez.
Carlos A. Martín. Elena Arriero. Jorge Cano.

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas.
Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.

agmoreno@bio.ucm.es, outere@bio.ucm.es, edruiz@bio.ucm.es, jaguirre@bio.ucm.es,
aalmodovar@bio.ucm.es, jaalonso@bio.ucm.es, jbenito@bio.ucm.es, aarillo@teleline.es,
jberzosa@bio.ucm.es, vbuenca@bio.ucm.es, fjcabrero@bio.ucm.es, edejuana@bio.ucm.es,
dadico@bio.ucm.es, jadiaz@bio.ucm.es, belvira@bio.ucm.es, greg@bio.ucm.es, igarmas@bio.ucm.es,
jf.gomez@bio.ucm.es, dgmora@bio.ucm.es, mogutier@bio.ucm.es, jubajeli@bio.ucm.es,
lolahorm@bio.ucm.es, meky@bio.ucm.es, artmad@bio.ucm.es, titomu@bio.ucm.es,
paddy@bio.ucm.es, cparejo@bio.ucm.es, fpardos@bio.ucm.es, jperez@bio.ucm.es,
zaballos@bio.ucm.es, f.pulido@bio.ucm.es, aramirez@bio.ucm.es, pa.refoyo@bio.ucm.es,
croldan@bio.ucm.es, tsantos@bio.ucm.es, subias@bio.ucm.es, telleria@bio.ucm.es,
trigoaza@bio.ucm.es, chingel@bio.ucm.es, ca.martin@bio.ucm.es,
elena.arriero@bio.ucm.es, jcano@isciii.es

Diseño gráfico
Ana García Moreno

AVES. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las aves son un grupo de **saurópsidos endotermos** cubiertos de **plumas**, cuya diversidad y morfología son el resultado de la adaptación al vuelo. Las **plumas** son formaciones córneas, inertes y sujetas a mudas periódicas. Son estructuras muy ligeras, formadas por un eje longitudinal tubular (el **cañón**) sobre el que se disponen filamentos imbricados de queratina formando una lámina (**bandera**), (Fig. 1). La parte proximal del cañón, desprovista de bandera, se llama **cálamo**, y se separa de la parte distal (**raquis**) por el **ombigo superior**, un vestigio de la formación de la bandera durante el crecimiento de la pluma. A su vez, el cálamo termina en un **ombigo inferior**, que resulta del cierre de la conexión de la pluma con el tegumento y los vasos

sanguíneos de su fólculo formador. La **bandera** está formada por filamentos de queratina dispuestos perpendicularmente al raquis (**barbas**), a su vez ramificados en **bárbulas**. Las **bárbulas** se imbrican entre sí gracias a la existencia de pequeños ganchos (**barbicelos**) en las que salen hacia el extremo distal de la pluma, que encajan en huecos presentes en las dirigidas hacia el extremo proximal. Esta estructura básica se modifica como consecuencia de la especialización de las plumas en las diferentes funciones del plumaje (Fig. 2).

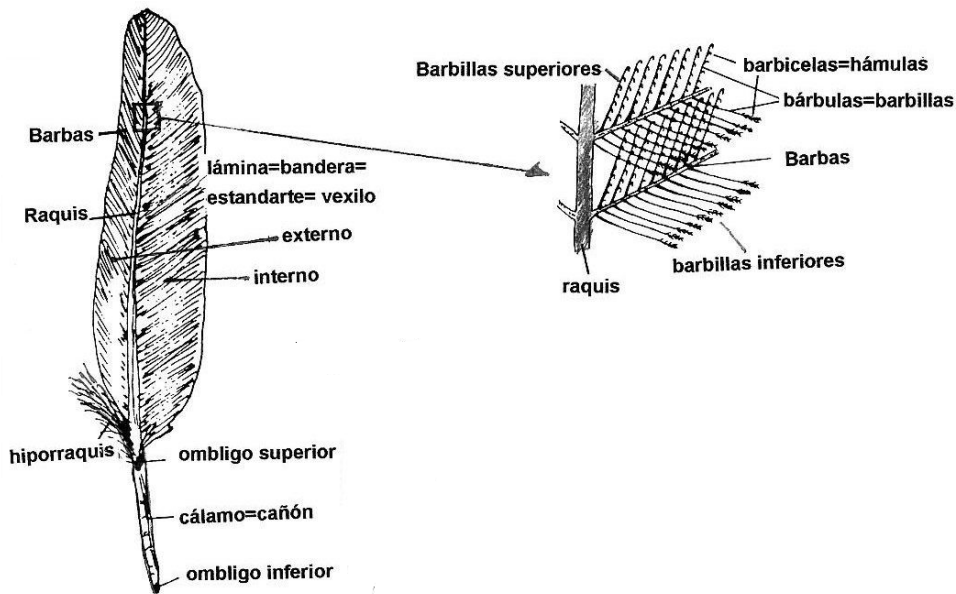


Figura 1. Estructura de las plumas.

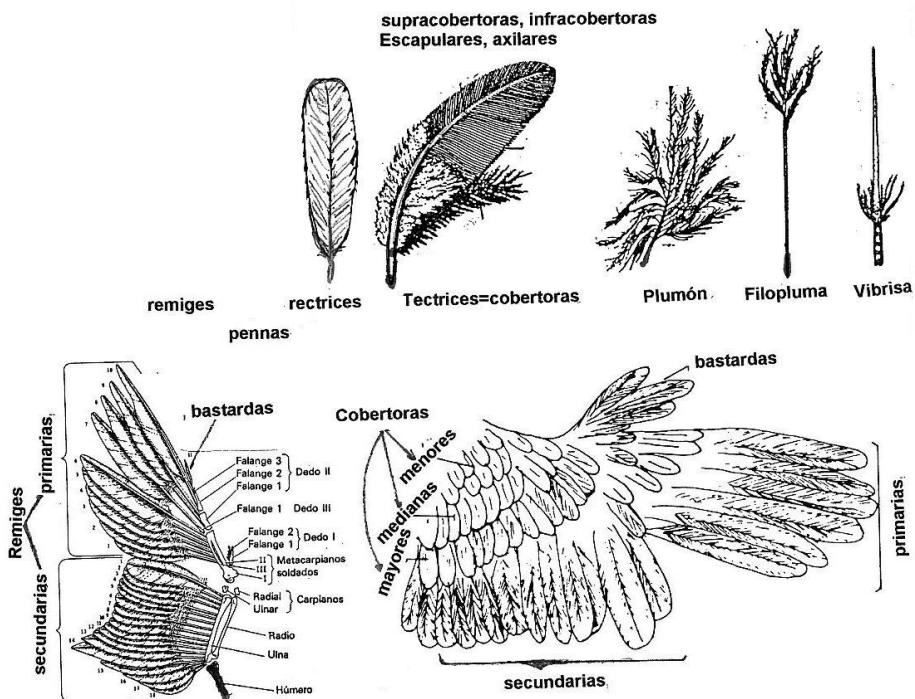


Figura 2. Tipos de plumas y de plumajes.

Se pueden distinguir los siguientes tipos de plumas:

- **Cobertoras** o **tectrices**, que recubren el cuerpo y dan la apariencia externa del ave.
- **Plumas de vuelo**: las grandes plumas implicadas en la sustentación del ave (a su vez divididas en **remiges**, en las alas, y **rectrices**, en la cola).
- **Plumón**, el primer plumaje en el individuo juvenil y el plumaje de aislamiento en el adulto.
- **Vibrisas** y **filoplumas**: unas plumas muy modificadas por su especialización a la función sensorial (Fig. 2).

Aunque recubren el cuerpo completamente, las plumas no se insertan en toda su superficie, sino que se distribuyen entre diferentes zonas emplumadas de la piel (**ptérrilas**) separadas unas de otras por zonas desnudas (**aptérrilas**), Fig. 3.

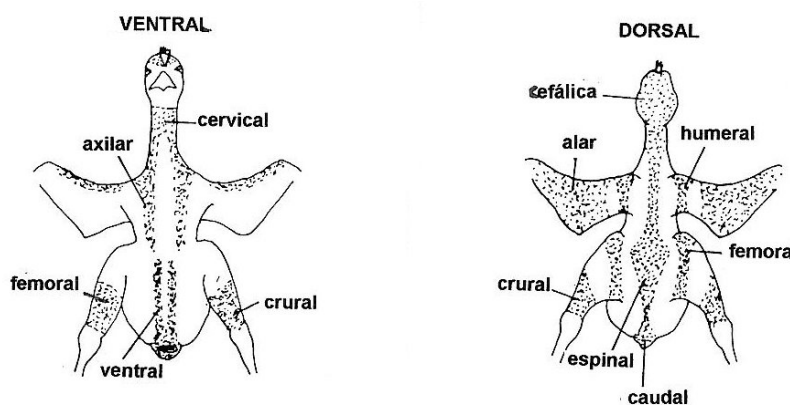


Figura 3. Zonas emplumadas (ptérrilas) y zonas desnudas (aptérrilas).

CLASIFICACIÓN DE LAS AVES

Los componentes actuales de la Clase Aves se reparten entre dos grupos, diferenciables por la forma de sus mandíbulas:

- **Paleognatas**. Incluye todas las llamadas **ratites** (el orden Struthioniformes, aves que carecen de quilla en el esternón y tienen alas reducidas como consecuencia de su adaptación a un estilo de vida cursor: avestruces, kiwis, emús, casuarios, etc.) y los **Tinamiformes** (los tinamús, que conservan la capacidad de volar). Todas comparten un **paladar primitivo**, cuyo vómer se articula con los palatinos y los pterigoideos.

Neognatas. Incluye las aves con **paladar derivado**, cuyo vómer no se articula con los pterigoideos. Comprende la mayoría de los órdenes de aves carenadas (con esternón típicamente aquillado), que actualmente tienden a agruparse en dos grupos: **Galloanserae** (Galliformes -los pavos, gallos, perdices, etc.- y Anseriformes - patos, gansos, cisnes, etc.-) y **Neoaves** (el resto de órdenes y, por tanto, el linaje de aves más diverso).

ANATOMÍA EXTERNA

En el cuerpo de un ave se distinguen las siguientes regiones: **cabeza** (con el cuello), **tronco** con extremidades y **cola** (Fig. 4).

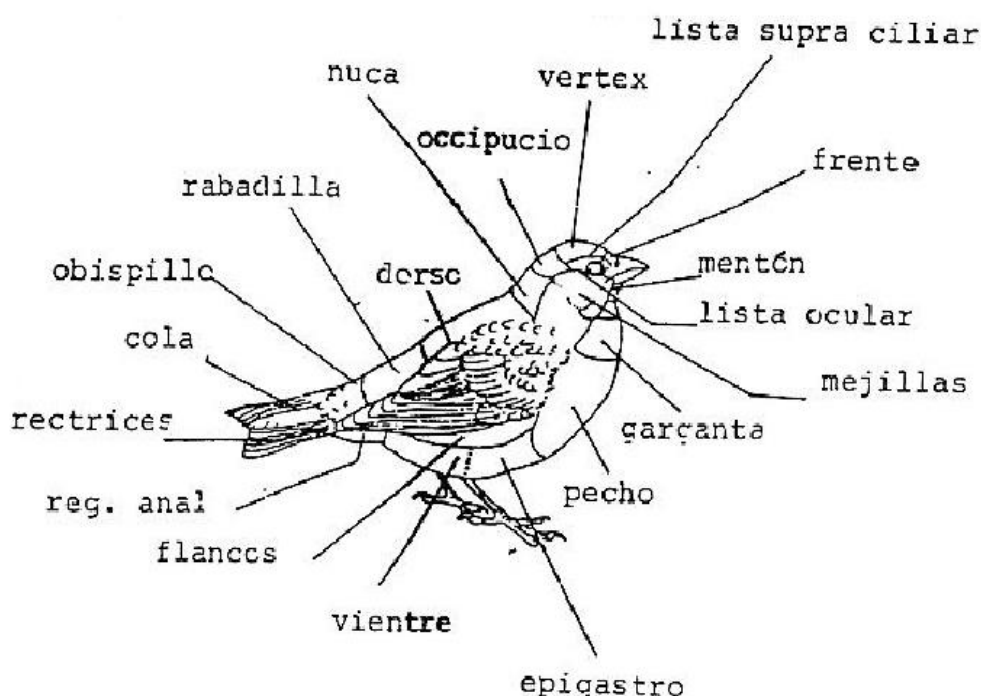


Figura 4. Regiones corporales de un ave.

La **cabeza** (Fig. 5) está totalmente cubierta de plumas a excepción de los ojos, el pico y, en ocasiones, algunas estructuras ornamentales (crestas, carúnculas, etc.). Los **ojos**, grandes, presentan tres **párpados** (**superior**, **inferior** y **membrana nictitante**). El **pico** presenta dos **mandíbulas** (**superior** e **inferior**) de consistencia ósea, recubiertas por una capa córnea (**ranfoteca**). En la base de la mandíbula superior se encuentran los **orificios nasales** recubiertos, en ocasiones, por una membrana denominada **cera**. La zona de contacto entre ambas mandíbulas es el **rictus** o **comisura bucal**, y los bordes cortantes de las mandíbulas, los **tomios maxilar** y **mandibular**, respectivamente. La línea dorsal que une la punta de la mandíbula superior y el comienzo de la zona emplumada de la cabeza se denomina **culmen**. Su equivalente en la mandíbula inferior se denomina **gonio**.

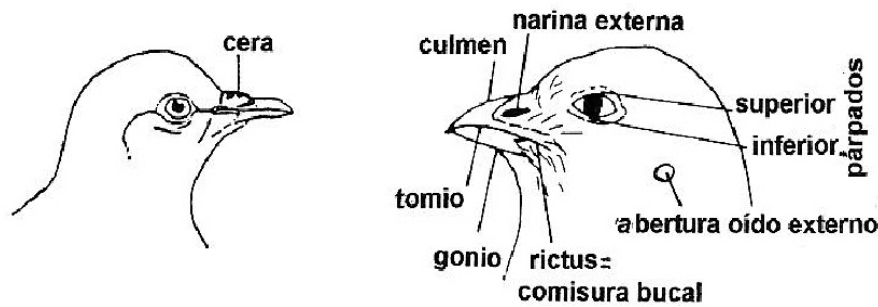


Figura 5. Partes de la cabeza de un ave.

Los picos de las aves están adaptados para diferentes hábitos alimentarios, pero también son utilizados para la construcción del nido, aseo y cuidado de las plumas. Unos son cortos y otros muy largos, finos o fuertes, y en algunos casos están altamente especializados (Fig. 6).

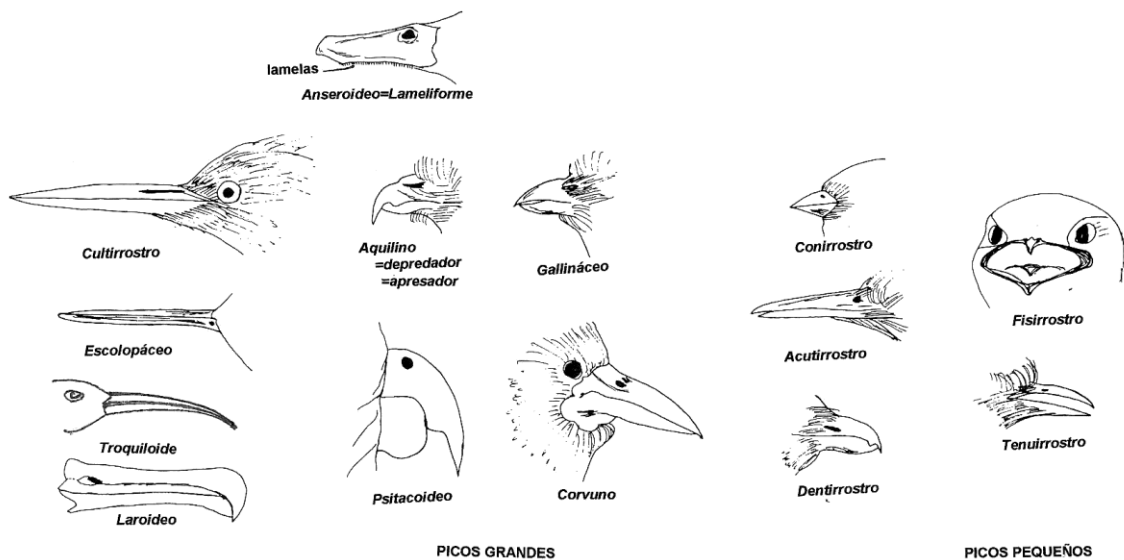


Figura 6. Tipos de picos.

La cabeza del ave presenta distintas regiones (**frente**, **píleo**, **nuca**, **auriculares**, **mentón** y **garganta**), que con frecuencia tienen coloraciones diferentes o elementos distintivos, como **listas** (**superciliar**, **ocular**, **malar**, **bigotera** y **bridas**), **anillos** (**ocular** y **orbital**) y ornamentos como crestas plumosas o carnosas, carúnculas, etc., (Fig. 5). El patrón de coloración de las plumas y zonas desnudas de la cabeza es un elemento importante para identificar a las aves.

El **tronco** está cubierto por las plumas cobertoras y en él se distinguen varias zonas. Por la parte dorsal y en sentido anteroposterior: **dorso**, **rabadilla** y **obispillo**; por la parte ventral: **pecho**, **epigastro**, **vientre** y **región anal**. A ambos lados, los **flancos** (Fig. 4).

La **cola** actúa como timón y está formada por las **plumas rectrices** o **timoneras**. Según la longitud de las plumas se diferencian varios **tipos de colas** (Fig. 7): **recta**, si todas las plumas son iguales; **estratificada**, si las plumas centrales son más largas; o **ahorquillada**, si las centrales son más cortas que las laterales. Por debajo de las plumas timoneras se encuentran las **cobertoras caudales superiores** e **inferiores**.

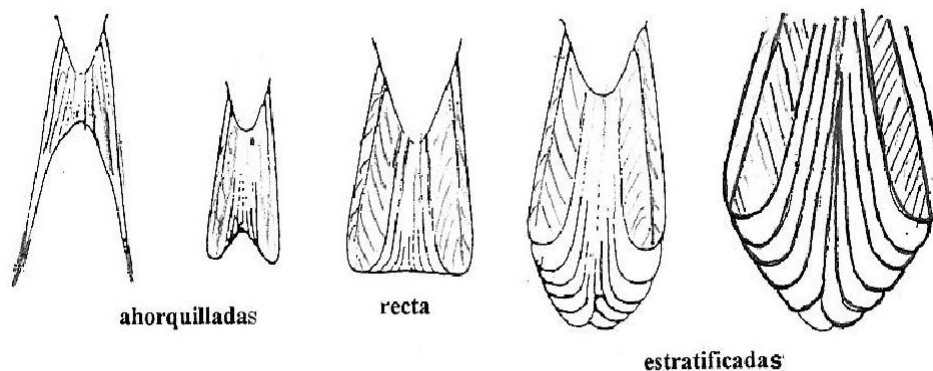


Figura 7. Tipos de cola.

Las aves presentan dos pares de **extremidades**, que mantienen la estructura del **quiridio**, pero presentan evidentes adaptaciones relacionadas con el vuelo. Las **anteriores** o **torácicas** están transformadas en **alas**, y las **posteriores** o **pelvianas** son **patas locomotoras**.

Las **alas** (Fig. 8) tienen una estructura ósea muy modificada como consecuencia de la adaptación al vuelo, con fusión de huesos y reducción del número de dedos. Las plumas propulsoras (**remeras** o **remiges**) se insertan directamente sobre el hueso, diferenciándose las **remeras primarias**, sobre los dedos de la mano (carpo y falanges de los dedos II y III), las **remeras secundarias**, sobre la ulna, y las **plumas del álula** (más pequeñas y situadas sobre el dedo I, el pulgar). Por encima y por debajo de las remiges se disponen las **cobertoras superiores** e **inferiores**, que rellenan los huecos y forman una superficie continua. Además hay una tercera capa de pequeñas **plumas escapulares** que aseguran la transición entre las alas y el plumaje del tronco (Fig. 8).

El ala de un ave es aerodinámica, con una superficie inferior ligeramente cóncava y con las plumas sujetas de tal forma que el aire fluye eficazmente sobre su superficie. El flujo de aire provoca una mayor presión sobre la parte inferior del ala, que resulta en un empuje ascensional capaz de mantener al ave suspendida en el aire. Las alas varían de tamaño y forma, como resultado de sus requerimientos aerodinámicos (relacionados con la explotación de diferentes hábitats, la migración o los comportamientos de alimentación y cortejo).

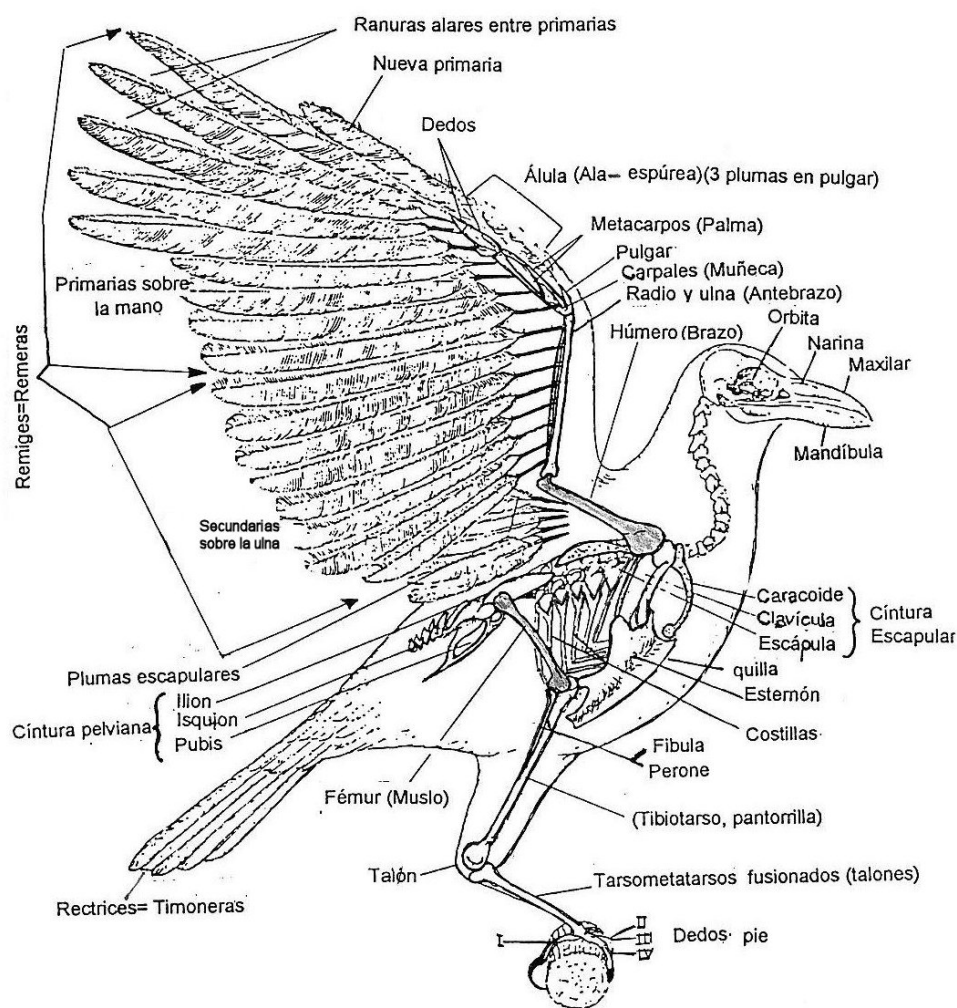


Figura 8. Esqueleto de ave con los tipos principales de plumas según sus posiciones.

En la Figura 9 se representan cuatro tipos de alas:

Las **alas elípticas** son anchas y cortas, con amplias ranuras en sus extremos. Son características de las aves con alta capacidad de maniobra, como la mayoría de las aves forestales (mirlos, gaviñanes, palomas, etc.) o las rapaces nocturnas (búhos, lechuzas, etc.).

Las **alas afiladas**, largas y en forma de guadaña, son típicas de aves que pasan mucho tiempo volando, como las que se alimentan al vuelo (halcones, golondrinas, colibríes, vencejos, etc.) o las que hacen grandes migraciones (chorlitos, charranes, etc.).

Las **alas de planeo** son largas y estrechas, sin ranuras, adaptadas a un planeo dinámico a altas velocidades. Las presentan muchas aves marinas, como los albatros, gaviotas, alcatraces y fragatas.

Las **alas de remonte** son anchas y tienen ranuras, lo cual favorece la sustentación a favor de corrientes de aire ascendente (térmicas, de ladera, etc.). Son características de las rapaces planeadoras (buitres y águilas).

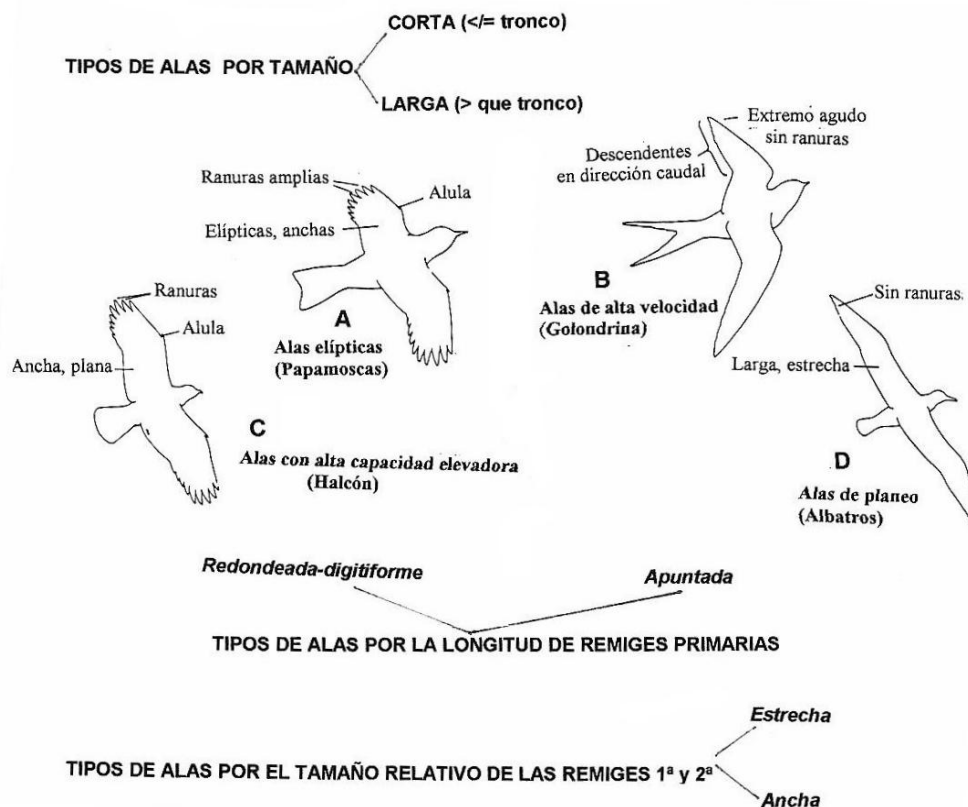


Figura 9. Tipos de alas.

Las **patas** o extremidades posteriores tienen como función sostener el peso del ave y permitir la marcha cuando está posada. Al igual que las alas, se caracterizan por tener una anatomía muy condicionada por las necesidades del vuelo, con fusión de huesos y reducción del número de dedos (Fig. 8). Los **huesos tarsianos** se fusionan entre sí y parcialmente con la tibia, formando un hueso largo llamado **tibiotarso**, junto al que queda una **fíbula** muy reducida. El **tibiotarso** se articula con el **tarso-metatarso**, resultado de la fusión de **tarsianos** y **metatarsianos**. Esta nueva articulación, exclusiva del grupo, dificulta la distinción entre el zeugopodio y el autopodio en la extremidad posterior de las aves.

Las adaptaciones morfológicas de las patas de las aves se relacionan con el sustrato donde éstas se desenvuelven y con su modo de locomoción terrestre (marcha, natación, salto, trepa, etc.). El **pie** posee cuatro **dedos** (a veces reducidos a tres o dos) provistos de dos a cinco falanges. En la mayoría de las aves el pulgar está dirigido hacia atrás (**pie anisodáctilo**), pero no es raro encontrar otras morfologías asociadas con diferentes modelos de locomoción (Fig. 10). Un rasgo con valor sistemático es el **revestimiento** de las **escamas epidérmicas** del tarso-metatarso (Fig. 11).

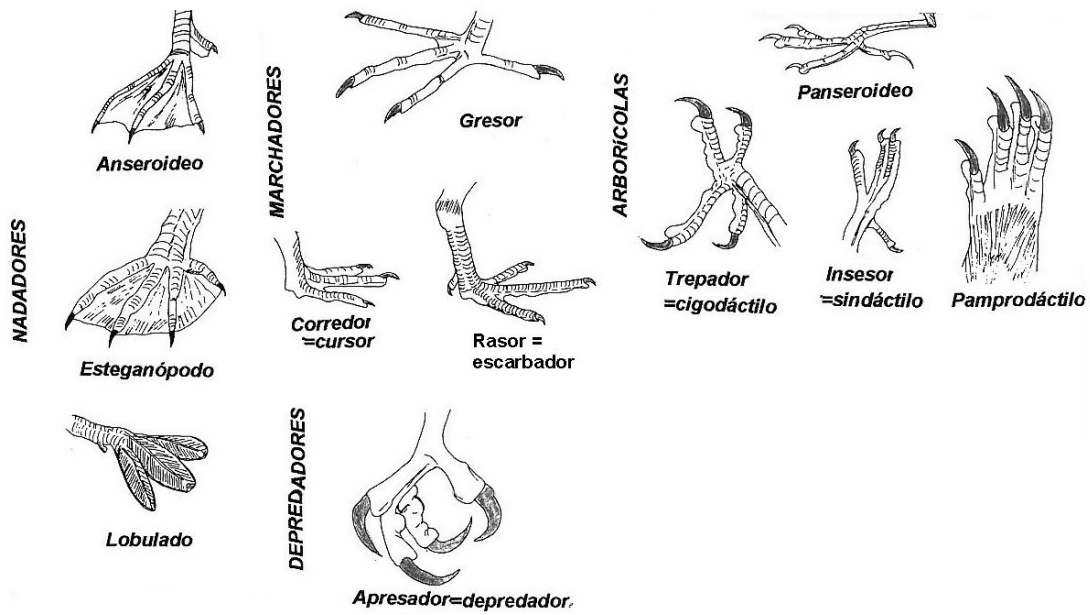


Figura 10. Tipos de patas.

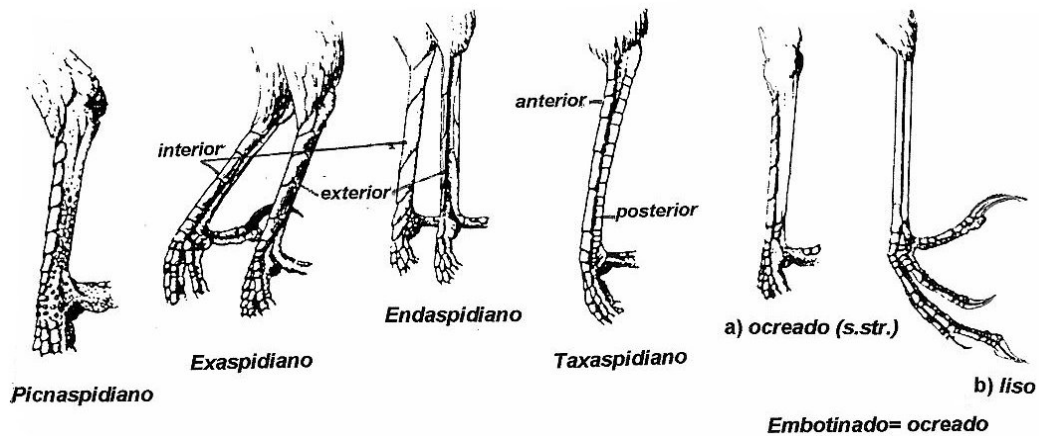


Figura 11. Tipos de tarsos-metatarsos.

ANATOMÍA INTERNA

Una de las principales adaptaciones que permite al ave volar es el reducido peso de su esqueleto (Fig. 8). Los **huesos** son muy ligeros debido a que están ocupados por **cavidades neumáticas**, pero eso no se traduce en una pérdida de resistencia mecánica, ya que sus paredes están apuntaladas por trabéculas óseas. Además, las aves poseen otras modificaciones notables del esqueleto, también relacionadas con la capacidad de volar. La **cabeza** es ligera y robusta gracias a la fusión de huesos del cráneo y la pérdida de dientes. La **columna vertebral** es rígida, debido a la fusión de las vértebras (excepto las del cuello, que es muy móvil). La fusión de la cintura pelviana con las vértebras sacras da lugar al **hueso sinsacro**. La caja torácica se ve reforzada por

prolongaciones de las costillas (**procesos uncinados**). El **esternón** adquiere gran tamaño para alojar la inserción de los músculos pectorales, desarrollando una quilla de potencia tanto mayor cuanto más importancia tenga la propulsión muscular para el vuelo.

Otras características anatómicas de las aves incluyen un **sistema respiratorio** muy eficiente (debido a un complejo sistema de **sacos aéreos**), la presencia de **especializaciones digestivas** que hacen las veces de aparato masticador (**mollejas**), y un **aparato reproductor** especializado en la puesta secuencial de huevos, que se forman de uno en uno, con reducción de estructuras (las hembras poseen un único ovario). Una vez más, todas estas modificaciones se interpretan como consecuencia de la adaptación de las aves a una actividad tan costosa como el vuelo.

MAMÍFEROS. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los Mamíferos son **terápsidos endotermos** con el cuerpo cubierto de **pelo**, aunque éste puede estar secundariamente reducido o transformado en otras estructuras. Tienen el **tegumento** provisto de **glándulas** (**sudoríparas**, **odoríferas**, **sebáceas** y **mamarias**).

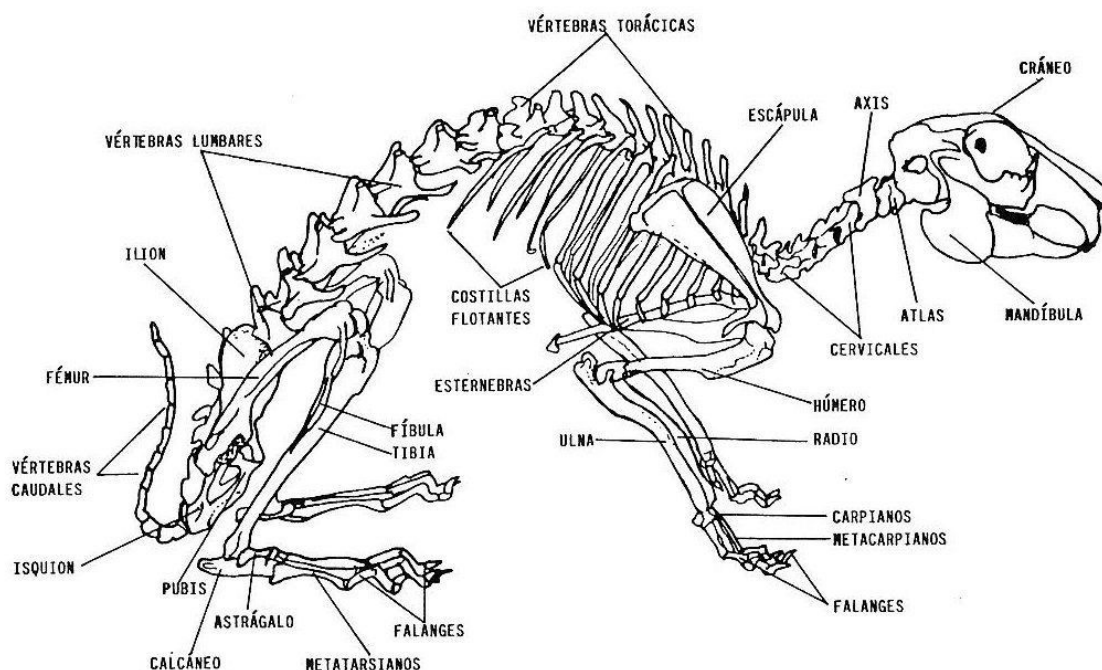


Figura 12. Esqueleto de un Mamífero

El **esqueleto** de los Mamíferos (Fig. 12) se caracteriza por poseer algunas características distintivas. Su **cráneo** tiene dos **cóndilos occipitales**, y la **mandíbula inferior** está constituida por un único hueso ensanchado, el **dentario**, con **dientes**

heterodontos en ambas mandíbulas, que pueden modificarse o reducirse. Por regla general tienen siete **vértebras cervicales**, y a menudo poseen una **cola** larga y vertebrada. Sus **costillas** están unidas solamente a las **vértebras torácicas**. Normalmente muestran las cuatro **extremidades**, aunque pueden reducirse o desaparecer en algunos, y varían mucho como consecuencia de la adaptación a distintos tipos de locomoción.

CLASIFICACIÓN DE LOS MAMÍFEROS

1. **Subclase Prototerios:** mamíferos ovíparos, con un único orden (**Monotremas:** ornitorrinco y equidnas).

2. **Subclase Terios**

2.1. **Infraclase Metaterios:** Incluye todos los órdenes de **mamíferos marsupiales**, provistos de una **bolsa marsupial** y de **placenta coriovitelina**, caracterizada por un contacto superficial entre el corion y el útero materno (zarigüeyas, canguros, koalas, lobos marsupiales, diablo de Tasmania, etc.)

2.2. **Infraclase Euterios:** Incluye todos los órdenes de **mamíferos placentarios**, provistos de **placenta corioalantoidea**, cuyo contacto materno-fetal se multiplica gracias a un corion con numerosas protuberancias vascularizadas que se implantan profundamente en la mucosa uterina. Es el grupo más diverso actualmente: armadillos, roedores, insectívoros, carnívoros, ungulados, cetáceos, murciélagos, etc.

ADAPTACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES

Tegumento y sus derivados

Lo que principalmente diferencia a los Mamíferos es su **piel** y las modificaciones que ésta presenta.

El **pelo** es un carácter exclusivo de los Mamíferos. Un pelo crece continuamente a partir de su **folículo**, una estructura epidérmica que se hunde en la dermis. Exteriormente se encuentra recubierto por una cutícula formada por células aplanadas (**escamas**), cuya forma y disposición puede variar: pueden ser imbricadas, dispuestas como las tejas de un tejado, o coronales, cilíndricas y que encajan unas en otras (Fig. 13). Según su sección, se distinguen los pelos de **sección circular** (que dan lugar al pelo lacio) y los de **sección aplanada** (que dan lugar al pelo rizado).

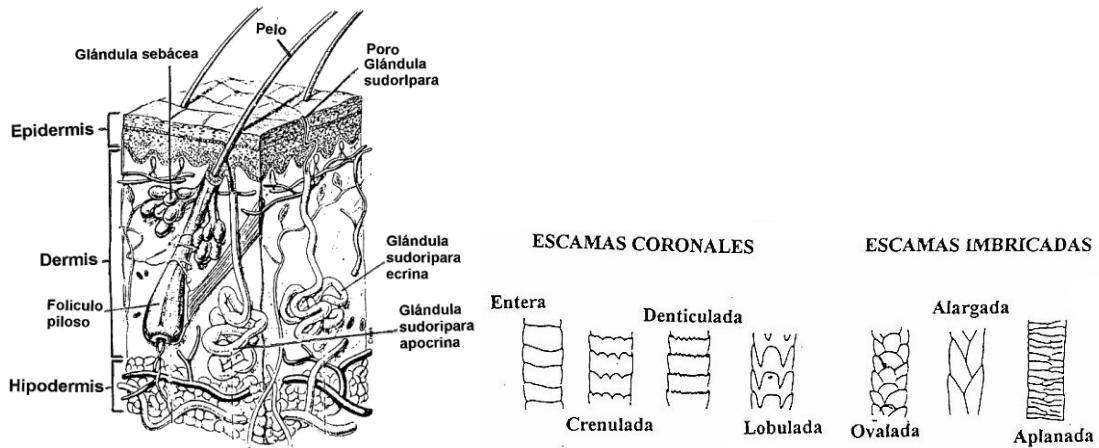


Figura 13. Estructura del pelo (izquierda). Tipos de escamas externas del pelo (derecha).

Típicamente se distinguen dos tipos de pelos en el pelaje:

- **Borra:** pelos densos y suaves con función aislante.
- **Jarra:** pelos más rígidos y largos, que protegen contra el desgaste y dan su coloración externa al animal.

Algunos pelos se han modificado además para especializarse en determinadas funciones: **vibrisas** (sensoriales), **espinas** (defensivas), **pestañas** (protectoras), etc.

Las **garras** (Fig. 14) son estructuras protectoras u ofensivas que se desarrollan alrededor de la última falange de los dedos. Estructuras tan diferentes como las **uñas** planas de los primates antropomorfos y las **pezuñas** de los ungulados probablemente derivan de una garra ancestral. Las **pezuñas** de los artiodáctilos y perisodáctilos son grandes estuches de queratina, que soportan el cuerpo del animal.

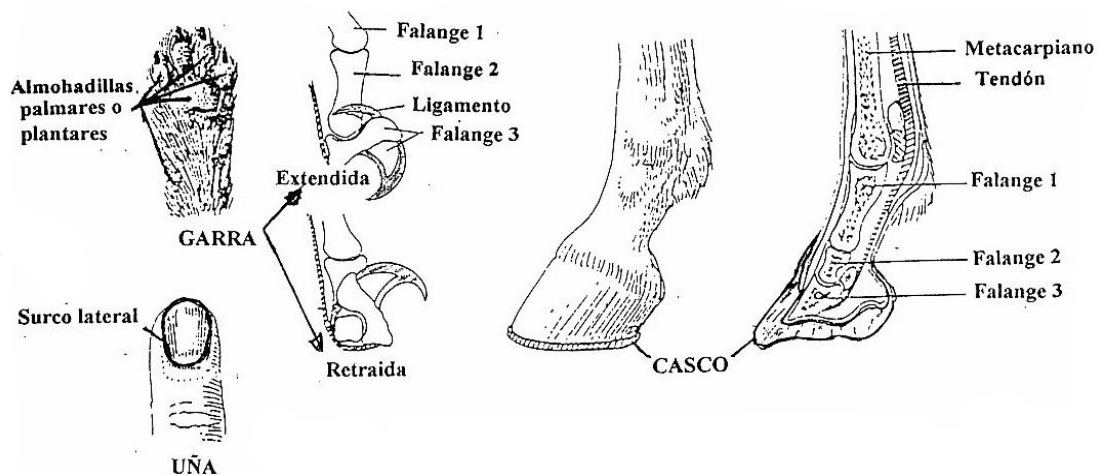


Figura 14. Tipos de garras.

Los **cuernos** y **astas** (Fig. 15) son excrecencias córneas presentes en la cabeza de ciertos Mamíferos. Los **cuernos** verdaderos son vainas de epidermis queratinizada dispuestas alrededor de una matriz de hueso que forma parte del cráneo. No se mudan y, por lo general, tampoco están ramificados. Los presentan muchos artiodáctilos rumiantes (bóvidos, antílopes y jirafas), portándolos tanto los machos como las hembras. Las **astas** son totalmente óseas y duras en su estado definitivo. Durante su crecimiento anual, se desarrollan por debajo de una cobertura de piel muy suave y vascularizada que se denomina terciopelo. Cuando el crecimiento de las astas se ha completado, los vasos sanguíneos se obliteran y el animal desgasta el terciopelo rascando las astas contra los árboles. Se pierden después de cada celo. Las astas son características de los cérvidos y normalmente sólo las presentan los machos. Algunos Mamíferos, como el rinoceronte, tienen **cuernos** formados por fibras córneas cementadas.

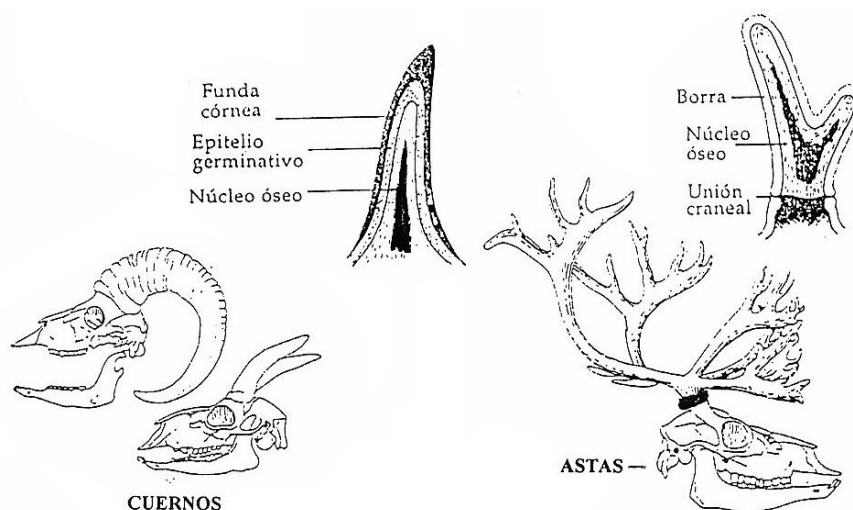


Figura 15. Tipos de cuernos y astas.

Alimento y nutrición

Los Mamíferos explotan una gran variedad de fuentes de alimento, lo que ha dado lugar a la diversificación de las estructuras asociadas a la alimentación (Fig. 16). Dicha radiación adaptativa se aprecia sobre todo en el número, desarrollo y forma de los **dientes**. Los primeros Mamíferos eran probablemente insectívoros, por lo que la **condición desdentada** es derivada en el grupo. La pérdida de dientes ha evolucionado independientemente en al menos cinco ocasiones: equidnas (Monotremas), numbats (Marsupiales), pangolines (Folidotos), cerdos hormigueros (Tubulidentados) y osos hormigueros (Xenartros), en todos los casos como adaptación a la **mirmecofagia**. En otros grupos los dientes han sido sustituidos por **faneras**. Por ejemplo, las **barbas de ballena** (exclusivas de los Cetáceos Mysticetos) han evolucionado como adaptación a la filtración de grandes cantidades de agua para la captura de pequeños organismos (krill, pequeños peces gregarios, invertebrados planctónicos, etc.).

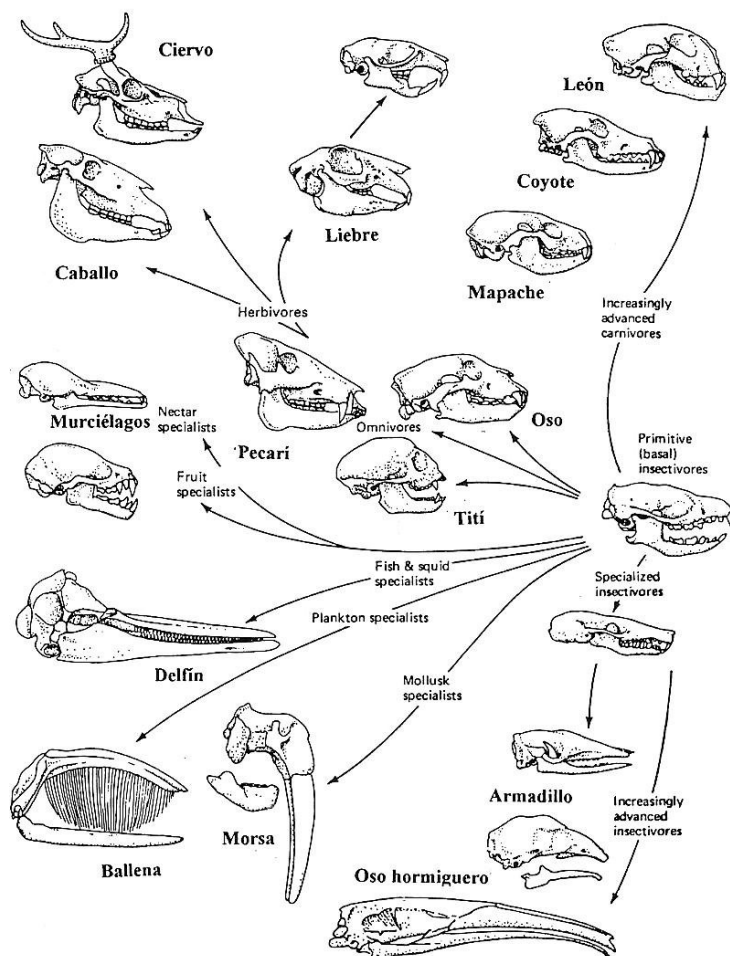


Figura 16. Evolución de los diferentes tipos de dientes.

Típicamente, los Mamíferos presentan una **dentición difiodonta**, esto es, con dos series de dientes: una serie de **dientes caducos**, o **de leche**, que es reemplazada por otra definitiva. Algunos Mamíferos tienen todos los dientes iguales, sin especializaciones (**dentición homodonta**). Por ejemplo, los Cetáceos Odontocetos y muchos Pinnípedos tienen una dentición homodonta (o con marcada tendencia a la homodoncia en los Pinnípedos, que descienden de Carnívoros), como resultado de su adaptación a la captura de peces. Sin embargo, en la mayoría de los grupos los dientes se diferencian especializándose en funciones específicas, como cortar, masticar, agarrar, desgarrar, triturar, etc. (**dentición heterodonta**).

Cada **diente** está formado por una parte visible (**corona**) y una parte oculta (**raíz**) que está hundida en una cavidad del hueso maxilar (**alvéolo dentario**), Fig. 17.

Según la forma de sus coronas, se distinguen cuatro tipos de dientes:

- **Incisivos**, con coronas simples y con extremos ligeramente afilados, especializados para cortar.
- **Caninos**, con coronas largas y cónicas, utilizados para asfixiar y desgarrar.

Premolares, con coronas comprimidas y una o dos cúspides, empleados para cortar.

Molares, con coronas complejas y una disposición variable de cúspides y con varias raíces, especializados en triturar. A su vez pueden ser de varios tipos:

- ✓ **Bunodontos**, con cuatro cúspides en la corona, típicos de omnívoros.
- ✓ **Secodontos**, con tres cúspides cortantes en la corona (muela carnícora).
- ✓ **Lofodontos**, corona con cuatro cúspides soldadas dos a dos en crestas, típicos de rumiantes como el caballo.
- ✓ **Selenodontos**, con crestas en forma de media luna, típicos de rumiantes como el carnero.

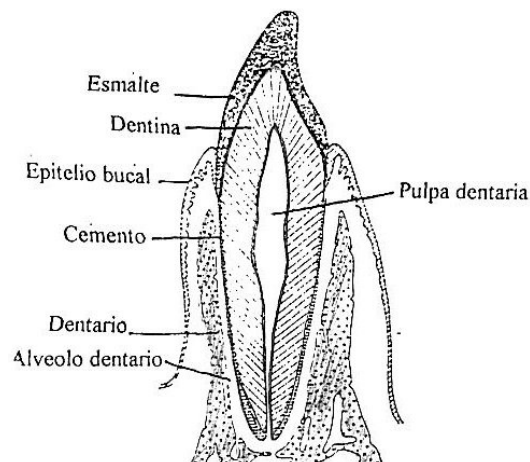


Figura 17. Estructura de un diente.

Según su crecimiento se diferencian:

Dientes braquidontos, aquellos que dejan de crecer después de salir, tienen poco desgaste (aunque llegan a perder su función al final de la vida del animal) y su corona es baja (por ejemplo, los de los primates).

Dientes hipsodontos, de crecimiento continuo, están sometidos a un desgaste continuo y su corona es alta (por ejemplo, los incisivos de los roedores).

Especializaciones alimentarias

Las especializaciones alimentarias de los Mamíferos aparecen reflejadas en la dentición de la boca, en el tipo de dientes, su forma y su número (Fig. 16). Todos estos rasgos se pueden codificar de manera sistemática mediante las denominadas **fórmulas dentarias**, que típicamente se representan con un quebrado. El numerador indica el

número de piezas de cada tipo en la mandíbula superior (en orden: incisivos: caninos: premolares: molares), y el denominador la misma secuencia en la mandíbula inferior. Normalmente, suele representarse el número de piezas en cada hemimandíbula (izquierda o derecha), en cuyo caso debe indicarse "2 x" ("dos veces") delante del quebrado. Así pues, la fórmula dentaria de *Homo sapiens* sería la siguiente:

$$2 \times (2:1:3:2) / (2:1:3:2)$$

mientras que la del perro sería:

$$2 \times (3:1:4:2) / (3:1:4:3)$$

Otras formas de representar la fórmula del perro serían:

$$2 \ 3142 / 3143$$

o bien:

$$I \ (3-3) / (3-3) \ C \ (1-1) / (1-1) \ P \ (4-4) / (4-4) \ M \ (2-2) / (3-3)$$

El examen de las fórmulas dentarias permite interpretar las adaptaciones alimentarias de los mamíferos. Pueden destacarse los siguientes ejemplos:

Adaptación al régimen insectívoro

Un buen ejemplo es la dentadura del erizo (Orden Insectívoros), Fig. 18. Se nutre principalmente de insectos, gusanos y moluscos, aunque no desdeña otras presas, como pequeños reptiles. Su número de dientes es elevado (36). El cóndilo mandibular está alargado transversalmente, permitiendo sobre todo los movimientos verticales de la mandíbula inferior. La hemimandíbula superior tiene tres incisivos pequeños, desiguales y puntiagudos, un canino pequeño y recurvado, tres premolares y tres molares con puntas agudas. La hemimandíbula inferior tiene dos incisivos, un canino, dos premolares y tres molares.

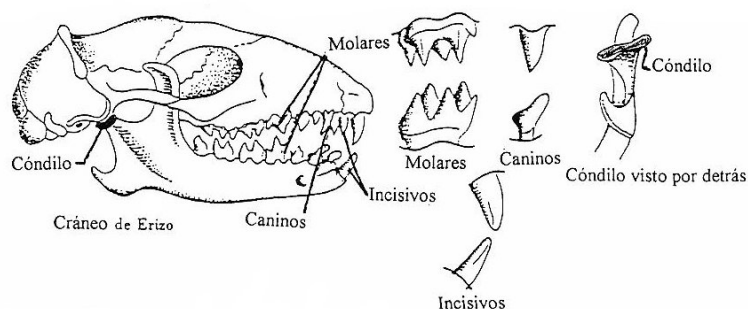


Figura 18. Cráneo y dentura de erizo.

Adaptación al régimen omnívoro

Un ejemplo es la dentadura del jabalí (Orden Artiodáctilos), Fig. 19. Ingiere casi cualquier tipo de alimento, tanto de origen vegetal como animal. El número total de dientes es muy elevado (44) y representa el máximo que puede encontrarse en un Mamífero con dentadura heterodonta. El cóndilo, bien visible, se dispone transversalmente, permitiendo los movimientos verticales de la mandíbula inferior y también los movimientos laterales (aunque de menor amplitud). La hemimandíbula superior tiene tres voluminosos incisivos, diferentes entre sí y alargados hacia delante, un canino afilado y recurvado hacia arriba (**amoladera**) que sirve para morder y para desgarrar, cuatro premolares cortantes y tres molares muy fuertes con tubérculos. La hemimandíbula inferior posee tres incisivos alargados hacia delante, un canino largo, recurvado y puntiagudo (**colmillo**), dirigido lateralmente y de crecimiento continuo, cuatro premolares y tres molares semejantes a los de la hemimandíbula superior. La dentición del cerdo doméstico (Fig. 19) se diferencia de la del jabalí sobre todo por la reducción de las piezas defensivas como resultado de la selección artificial.

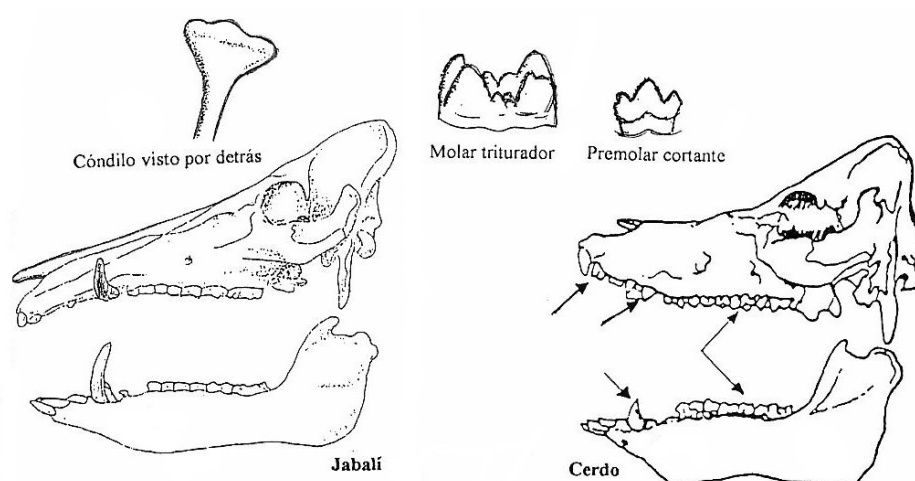


Figura 19. Cráneo y dentadura de jabalí y de cerdo.

Adaptación al régimen carnívoro

Un buen ejemplo es la dentadura de los felinos, como el gato (Orden Carnívoros), Fig. 20. Se caracteriza por la reducción del número de molares y por la ausencia total de dientes trituradores (todas las piezas posteriores son cortantes). El cóndilo es una barra alargada transversalmente, por lo cual la mandíbula inferior no puede describir más que movimientos verticales. La hemimandíbula superior tiene tres incisivos pequeños, un canino o colmillo muy desarrollado, puntiagudo y ligeramente arqueado, y tres premolares puntiagudos y cortantes, de los cuales el primero está reducido, el segundo es de tamaño medio, y el tercero está muy desarrollado (**muela carnívorica superior**). Tiene también un único molar, pequeño o atrofiado. La hemimandíbula inferior posee tres pequeños incisivos, un canino, dos

premolares de tamaño mediano y un molar muy desarrollado (**muela carnífera inferior**). Ambas muelas carníferas actúan en conjunto para desgarrar la carne.

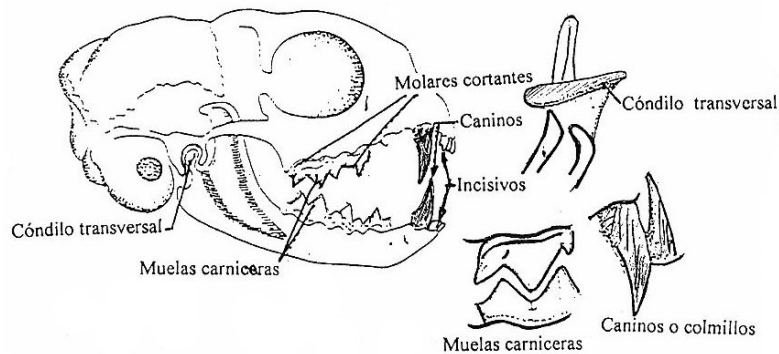


Figura 20. Cráneo y dentadura de gato.

Adaptación al régimen herbívoro

Los Mamíferos herbívoros tienen adaptaciones muy diversas relacionadas con la manera en que consiguen su alimento y el procesado previo a la deglución. Para ilustrar esa diversidad, podemos mencionar varios ejemplos:

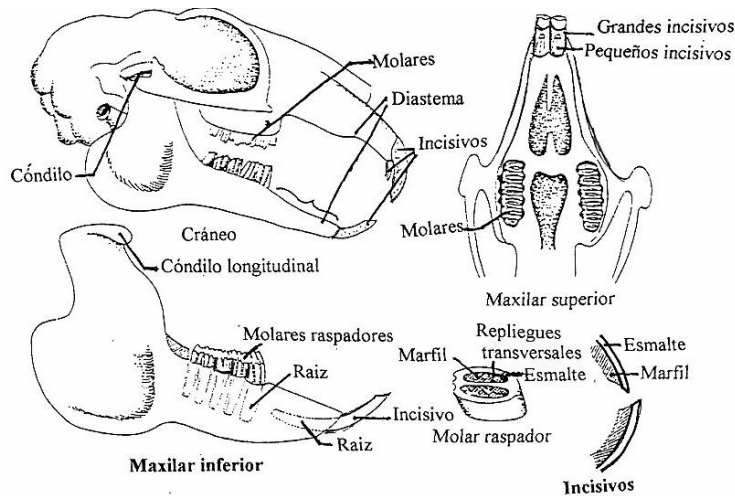


Figura 21. Cráneo y dentadura de conejo.

- ✓ El conejo (Orden Lagomorfos) se alimenta de hojas, hierba, frutas, raíces, etc. Su dentadura (Fig. 21) se caracteriza por poseer incisivos de crecimiento continuo. Tiene en total 28 dientes. El condilo mandibular está alargado en sentido anteroposterior, lo que permite un fácil desplazamiento de la mandíbula inferior. La hemimandíbula superior tiene dos incisivos, uno largo, arqueado y recubierto por delante de marfil y por detrás de esmalte más duro, cuya superficie de desgaste está cortada en bisel, de forma que el borde anterior es cortante gracias al reborde de

esmalte. El otro incisivo se sitúa por detrás del anterior y es mucho más pequeño. No hay canino, y en su lugar existe un espacio sin dientes denominado **diastema**, que separa los incisivos de los dientes posteriores. Estos últimos son tres premolares y tres molares, indistinguibles entre sí, **hipsodontos** y con una superficie de desgaste de esmalte con crestas transversales. La hemimandíbula inferior tiene un incisivo seguido de un diastema, dos premolares y tres molares.

- ✓ El caballo (Orden Perisodáctilos) es un animal eminentemente pastador. Su dentadura (Fig. 22) tiene un cóndilo relativamente alargado y dispuesto transversalmente, permitiendo que la mandíbula inferior pueda describir movimientos laterales y verticales. La hemimandíbula superior tiene tres largos incisivos dirigidos hacia delante, de crecimiento continuo, cuya corona presenta una superficie de desgaste que proviene del frotamiento contra los incisivos de la mandíbula inferior. Tiene un canino atrofiado, corto y redondeado (a veces ausente), seguido de un diastema ancho, tres premolares y tres molares, semejantes entre sí, muy altos y con una ancha superficie de desgaste que presenta un conjunto de repliegues sinuosos de esmalte, muy característicos y de crecimiento continuo. La mandíbula inferior tiene los mismos dientes que la superior.

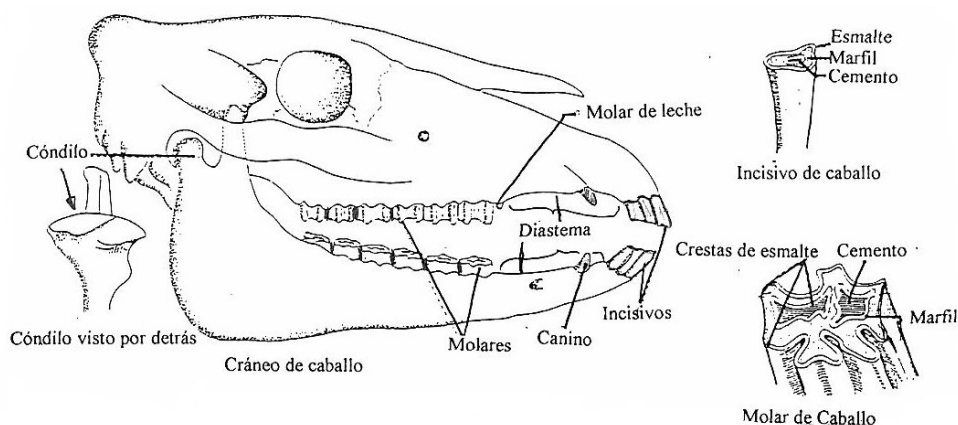


Figura 22. Cráneo y dentadura de caballo.

- ✓ Los rumiantes artiodáctilos (Orden Artiodáctilos) tienen hábitos pastadores o ramoneadores. La dentadura de la vaca (Fig. 23) tiene en total 32 dientes. El cóndilo mandibular tiene la superficie redondeada, permitiendo que la mandíbula inferior pueda describir movimientos tanto laterales como verticales. La hemimandíbula superior carece de incisivos y de caninos. Tiene tres premolares y tres molares semejantes entre sí, muy altos y con una superficie de desgaste surcada por una serie de repliegues de esmalte longitudinales en forma de media luna (selenodontos), de crecimiento continuo. La hemimandíbula inferior tiene cuatro incisivos de

crecimiento limitado (en realidad uno de ellos es un canino incisiforme) seguidos por un diastema, tras el que hay tres premolares y tres molares.

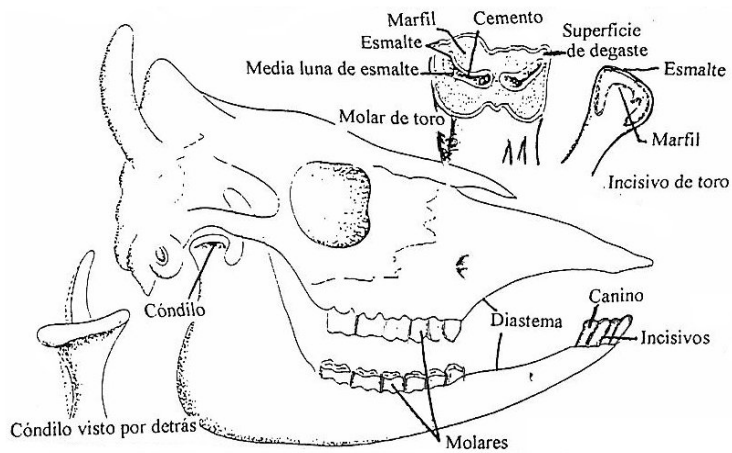


Figura 23. Cráneo y dentadura de toro.

Adaptación a la locomoción

Las extremidades de los Mamíferos han experimentado una notable diversificación como consecuencia de la adaptación a diferentes modos de locomoción. Dicha diversificación ha afectado, según los grupos, a diferentes segmentos del **quiridio**, potenciando unos y reduciendo otros con importantes efectos sobre su forma y disposición (Fig. 24). Podemos mencionar algunos ejemplos destacables:

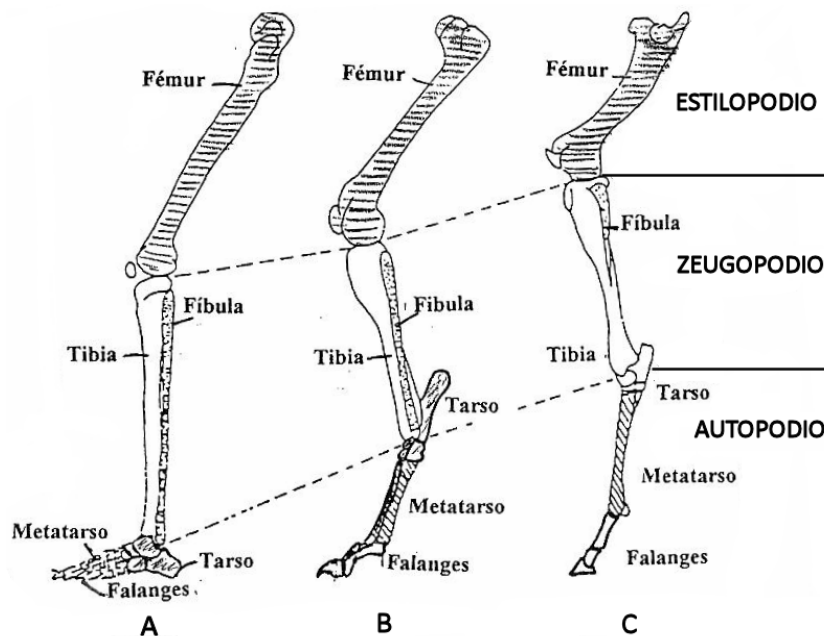


Figura 24. Esqueleto apendicular posterior. A. Humano. B. Artiodáctilo de dos dedos. C. Perisodáctilo de un dedo.

Adaptación a la marcha

La diversidad morfológica de las extremidades de los Mamíferos puede interpretarse como el resultado de un compromiso entre el sostén del peso corporal (tanto mayor cuanto más sólido sea el apoyo y más robustos los segmentos del quiridio) y la velocidad de carrera (mayor con extremidades ligeras con pequeñas superficies de contacto con el suelo). Así pues, los distintos grupos de mamíferos han adquirido de forma independiente -por adaptación a distintos modos de locomoción- diferentes morfologías (a veces incluso representadas dentro de un mismo Orden), que se pueden clasificar del modo siguiente:

- ✓ **Extremidad plantígrada** (Fig. 24 A). Es propia de Mamíferos que apoyan la planta del pie (o la palma de la mano, en cualquier caso todo el autopodio, desde los tarsianos a las falanges en el caso del pie). Son plantígrados los primates, los coatíes o los osos. Los Mamíferos plantígrados son comparativamente lentos, pero consiguen un mayor soporte del peso corporal y pueden alzarse sobre sus extremidades posteriores.
- ✓ **Extremidad digitígrada** (Fig. 24 B). La adaptación a la locomoción rápida se consigue en muchos Mamíferos, de forma independiente, con el levantamiento de la planta del pie (o la palma de la mano) por encima del suelo. En las extremidades digitígradas únicamente se apoyan los dedos sobre el suelo. Los animales digitígrados pueden ser grandes corredores (como algunos félidos), pero generalmente son mejores marchadores (hienas, cánidos, etc.). Son ejemplos los roedores, la mayoría de los carnívoros, los lagomorfos o muchos marsupiales.
- ✓ **Extremidad ungulígrada** (Fig. 24 C). La adaptación a la carrera se traduce en la reducción de la superficie de apoyo de la extremidad, que en los ungulígrados (o **ungulados**) se limita a la punta de los dedos. Estos Mamíferos tienen **pezuñas**, un revestimiento córneo que protege los dedos. Son ejemplos los Artiodáctilos (como la gacela), los Perisodáctilos (como la cebra), o los elefantes (cuya superficie plantar, similar a la plantígrada en apariencia externa y función, es en realidad una almohada muscular posterior a los dedos, sobre la que se apoya el peso del animal).

Los Mamíferos plantígrados y digitígrados conservan, en general, muchos de sus dedos (4 ó 5). Los ungulados, en cambio, han sufrido una reducción en el número de dedos y un alargamiento de los dedos funcionales. La desaparición de los dedos se acompaña de la reducción del número o la fusión de metacarpianos y de metatarsianos. Además, los huesos de los segmentos proximales de sus quiridios también se han alargado, sobre todo los del zeugopodio, que experimentan reducción (la ulna y la fibula suelen ser pequeñas, potenciándose el radio y la tibia), restringiendo mucho el movimiento giratorio del zeugopodio.

Se pueden distinguir dos tipos de ungulados, que representan trayectorias independientes de divergencia temprana en la evolución de la extremidad unguilgrada (Fig. 25):

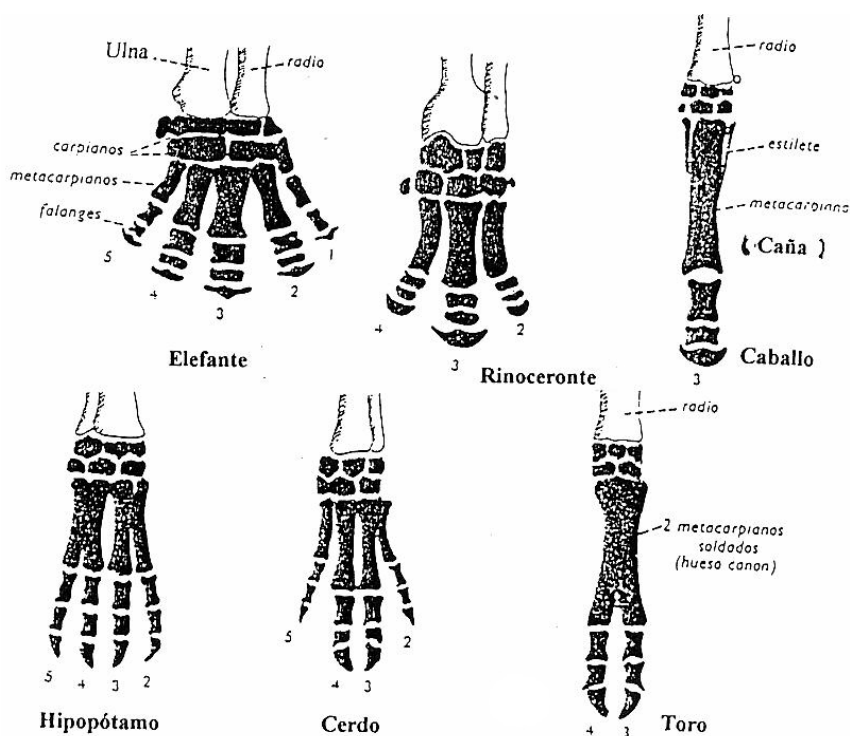


Figura 25. Extremo del miembro anterior de los Ungulados.

Perisodáctilos. Normalmente tienen un número impar de dedos, ya que tienden a apoyar la mayor parte del peso en un único dedo (el tercero), que forma un eje columnar con el resto de la extremidad. Son ejemplos el elefante (con cinco dedos, siendo el tercero más largo y ancho que los demás y el que soporta la mayor parte del peso del animal), el rinoceronte (con tres dedos, el tercero el más desarrollado), o el caballo (que sólo conserva el dedo tercero). Destacan por su singularidad los tapires, con cuatro dedos en la extremidad anterior y tres en la posterior, pero en ambos casos con el tercer dedo como principal punto de apoyo.

Artiodáctilos. Con un número par de dedos, el eje de su extremidad pasa entre los dedos tercero y cuarto, que son el principal (normalmente el único) punto de apoyo. Los metacarpianos o metatarsianos se fusionan con frecuencia formando un hueso de caña. Las especies actuales tienen un número par de dedos (cuatro o dos), con excepción de los pecaríes, que sólo tienen tres dedos en las patas posteriores. Son ejemplos los hipopótamos (que apoyan sus cuatro dedos), los cerdos (con cuatro dedos, de los que apoyan sólo dos), o los camellos (que apoyan sus dos únicos dedos).

Adaptación al salto

Muchos Mamíferos se desplazan principalmente saltando (por ejemplo los canguros o los lagomorfos). En estos grupos, el miembro posterior está más desarrollado que el anterior y funciona como un resorte en forma de Z (Fig. 26). También se observa un alargamiento del pie, debido al alargamiento de las falanges, de los metatarsianos y del tarso.

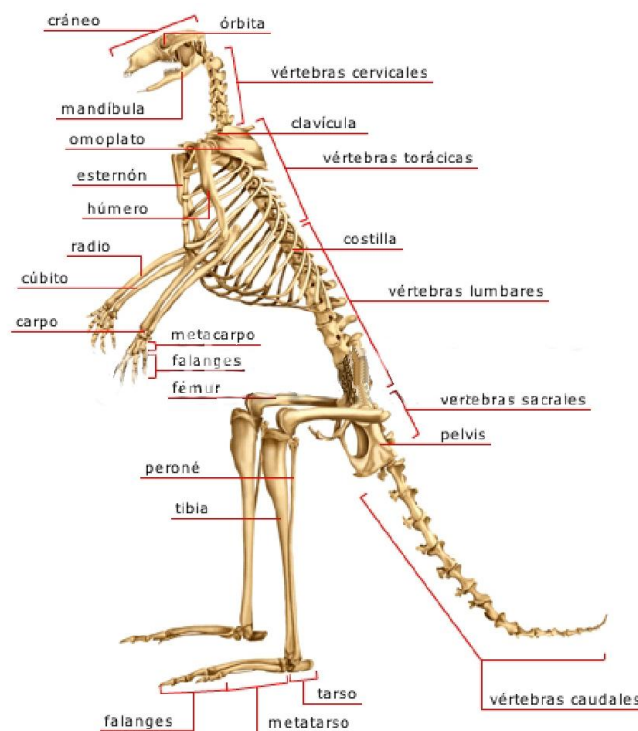


Figura 26. Esqueleto de un canguro.

Adaptación a la natación

Los Mamíferos adaptados a la natación tienen extremidades modificadas para aumentar su superficie. En los que tienen una interacción menos estrecha con el medio acuático, las adaptaciones pueden afectar poco al esqueleto (existen Mamíferos con extremidades palmeadas por el desarrollo de **membranas interdigitales**, como los ornitorrincos, las nutrias o los hipopótamos). Sin embargo, en los Mamíferos eminentemente acuáticos, como los Pinnípedos, los Sirénidos o los Cetáceos, se observan adaptaciones esqueléticas extremas, con extremidades en forma de remo y cuerpo fusiforme.

En los Pinnípedos (Fig. 27A), los segmentos proximales del quiridio se acortan mucho, y los huesos se aplanan. Por contra, el autopodio se alarga mucho gracias al aumento del número de falanges (**hiperfalangia**). Los dedos están unidos por sólidas membranas interdigitales, y pueden tener uñas en las extremidades anteriores (las focas) o en las posteriores (los otáridos, como los

leones y lobos marinos). Tanto los huesos como las articulaciones se mueven en un solo plano. Las extremidades posteriores están reducidas, ya que apenas intervienen en la propulsión.

En los Cetáceos (Fig. 27 B), las extremidades posteriores son vestigiales o se han perdido completamente, y las anteriores son auténticas **aletas**, con un húmero, un radio y una ulna cortos, aplanados y sólidos y una mano considerablemente alargada por hiperfalangia. La cola está muy muscularizada, siendo difícil de distinguir del tronco del animal, y presenta en su extremo una expansión horizontal del cuerpo que forma una aleta caudal, que propulsa al animal mediante un movimiento vertical heredado del modo de flexión de la columna vertebral en los ancestros terrestres del grupo.

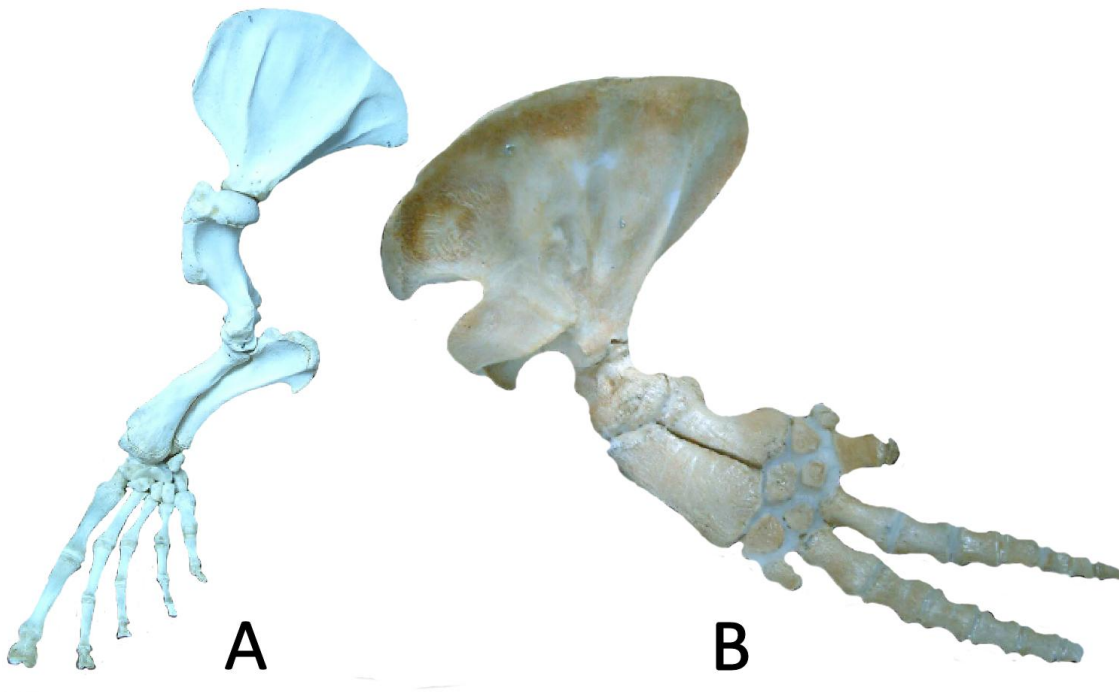


Figura 27. Extremidad anterior de un Pinnípedo (león marino)(A) y de un Cetáceo (delfín) (B).

Adaptación al vuelo

Varios grupos de Mamíferos (marsupiales, lémures voladores y ardillas voladoras) han adquirido de forma independiente la capacidad de planear, en todos los casos gracias a unas expansiones laterales del tegumento que unen el tronco con las extremidades (el **patagio**). Sin embargo, el auténtico vuelo propulsado sólo ha evolucionado en una ocasión entre los Mamíferos, aunque probablemente ha favorecido la diversificación del linaje en que apareció: los Quirópteros (murciélagos; Fig. 28). La extremidad anterior de los murciélagos es un ala, con un brazo y un antebrazo muy largos y una mano especialmente desarrollada, como consecuencia del alargamiento de los metacarpianos y de

los dedos (excepto el pulgar que permanece corto). Entre los dedos del miembro anterior, de los miembros posteriores (bastante cortos) y de la cola se extiende una fina membrana (**patagio**).

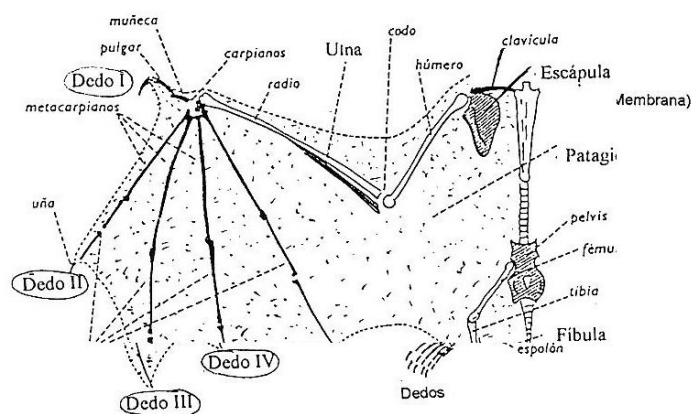


Figura 28. Adaptación al vuelo de los miembros de un Quiróptero.

Adaptación a la locomoción arborícola

Los Mamíferos **arborícolas** muestran diferentes grados de especialización morfológica en relación con la locomoción. Moverse entre las ramas, con frecuencia estrechas y a menudo muy inclinadas, demanda especializaciones asociadas con el agarre y el equilibrio. Los que corren sobre las ramas (por ejemplo muchos roedores, como las ardillas o los lirones) tienen extremidades cortas (con lo que su centro de masas se acerca al sustrato), cola larga (que ayuda a mantener el equilibrio), y uñas desarrolladas (para aumentar la tracción). A menudo tienen tobillos muy capaces de girar, de manera que pueden disponer los dedos posteriores a modo de ganchos de sujeción para descender de las ramas. Los que se desplazan colgando de las ramas (**braquiadores**), como muchos primates o los perezosos, tienen especializaciones más evidentes. Por ejemplo, tienen extremidades largas, con gran capacidad de giro en la muñeca (para aumentar la capacidad de desplazamiento o alcanzar el alimento desde su punto de anclaje) y dedos largos (los perezosos tienen garras largas que cumplen la misma función). Los primates tienen uñas planas y palmas de manos y pies desprovistas de pelo, que evitan obstáculos al agarre y mejoran la tracción. Además, sus manos y pies son prensiles, una función que se ve potenciada por un pulgar oponible. Con frecuencia tienen también cola prensil.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Hickman, C.; Roberts, L.; Keen, S.; L'Anson, H. y Larson, A. 2009. *Principios integrales en Zoología*. Decimocuarta edición. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.

Moreno, A. G. (Directora del Proyecto). 2007. *Zoología. Interpretación de modelos arquitectónicos*. Vicerrectorado de Desarrollo y Calidad de la Docencia de la Universidad Complutense de Madrid. CD-ROM. 2040 pp. ISBN: 978-84-7491-877-9.

Ruppert, E. y Barnes, D. 1996. *Zoología de los invertebrados*. Mcgraw-Hill Interamericana. Madrid.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

Museos virtuales de la Facultad de Ciencias Biológicas. Disponible en: <http://www.ucm.es/centros/webs/fbio/index.php?tp=Servicios&a=servicios&d=2071.php>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

Revista Reduca. Disponible en: www.reduca.org y www.revistareduca.es Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

Serviflash. Disponible en: <http://inedu.bio.ucm.es/serviflash/index.php>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

UCM abierta. Zoología. Disponible en: <https://www.ucm.es/campusvirtual/ucmabierta/index.php?ac=verAsigUCMAbierta&ac2=9&ac3=inicio&ac4=areaSalud>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

Recibido: 16 junio 2011.

Aceptado: 10 septiembre 2011.