

# UDS

**LIBRO**

# ANATOMÍA COMPARATIVA Y NECROPSIAS

*MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA*

*I° CUATRIMESTRE*

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### ANTECEDENTES HISTORICOS

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor de Primaria Manuel Albores Salazar con la idea de traer Educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer Educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tarde.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en septiembre de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró como Profesora en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de finanzas en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de

cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el Corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y Educativos de los diferentes Campus, Sedes y Centros de Enlace Educativo, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca a nivel nacional e internacional.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

## **MISIÓN**

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad Académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **VISIÓN**

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra Plataforma Virtual tener una cobertura Global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

## **VALORES**

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

**ESCUDO**

El escudo de la UDS, está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

**ESLOGAN**

“Mi Universidad”

**ALBORES**

Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

---

# ANATOMÍA COMPARATIVA Y NECROPSIAS

---

**Objetivo de la materia:** Aprender lo general de anatomía básica enfocado a veterinaria, así como lograr comprender tanto la estructura y función de los sistemas y aparatos principales que conforman a mamíferos y aves.

## **UNIDAD I ANATOMÍA GENERAL VETERINARIA**

- 1.1 Concepto De Anatomía Y Generalidades
- 1.2 Lenguaje anatómico y planos topográficos.
- 1.3 Regiones del cuerpo
- 1.4 Anatomía Comparada
- 1.5 Anatomía Del Desarrollo Y/O Embriología
- 1.6 Sistema Tegumentario Generalidades
- 1.7 Sistema Musculo-Esquelético Generalidades
- 1.8 Clasificación Del Esqueleto
- 1.9 Fisiología De Los Huesos
- 1.10 Osteología De Las Aves
- 1.11 Articulaciones, Clasificación, Estructura Y Función
- 1.12 Miología

## **UNIDAD II ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE APARATOS Y SISTEMAS**

### **PARTE I**

- 2.1 Cavidades
- 2.2 Sistema Digestivo Generalidades
- 2.3 Órganos Que Conforman el TGI
- 2.4 Fisiología Del Sistema Digestivo
- 2.5 Digestión en carnívoros
- 2.6 Sistema Digestivo En Las Aves
- 2.7 Sistema Digestivo en Rumiantes
- 2.8 Sistema Respiratorio
- 2.9 Órganos que componen el sistema respiratorio
- 2.10 Desarrollo Del Sistema Respiratorio
- 2.11 Fisiología De La Respiración

**UNIDAD III ANATOMIA Y FISIOLÓGÍA DE APARATOS Y SISTEMAS  
PARTE 2**

- 3.1 Aparato Reproductor De La Hembra
- 3.2 Glándulas Mamarias
- 3.4 Aparato Reproductor Del Macho
- 3.5 Sistema Urinario Generalidades
- 3.6 Desarrollo Del Aparato Urinario
- 3.7 Desarrollo de los órganos reproductores del macho
- 3.8 Proceso de descenso testicular
- 3.9 Desarrollo de los órganos reproductores de la hembra
- 3.10 Órganos Que Conforman El Sistema Urinario
- 3.11 Uretra femenina
- 3.12 Fisiología renal
- 3.13 Sistema Urinario En Aves
- 3.14 Edad Y Cambios Funcionales En El Aparato Reproductor Femenino
- 3.15 Curso de la gestación o preñez

**UNIDAD IV ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE APARATOS Y SISTEMAS  
PARTE 3**

- 4.1 Sistema Circulatorio
- 4.2 Órganos Del Sistema Circulatorio
- 4.3 Fisiología cardiovascular
- 4.4 Actividad eléctrica del corazón
- 4.5 Sistema Nervioso Generalidades
- 4.6 Divisiones Del Sistema Nervioso
- 4.7 Neuronas
- 4.8 Células De Glía
- 4.9 Sistema Endocrino Generalidades
- 4.10 Clasificación De Las Glándulas
- 4.11 Clasificación Y Función De Las Hormonas

# UNIDAD I ANATOMÍA GENERAL VETERINARIA

## I.1 Concepto De Anatomía Y Generalidades

La anatomía es la rama del conocimiento relacionada con la forma, la disposición y la estructura de los tejidos y órganos que constituyen el cuerpo. La palabra, que es de origen griego, significa literalmente “corte, disección, separación”, y la disección del cadáver es el método tradicional empleado en la anatomía. El estudio de la anatomía y fisiología animal es de vital importancia para el conocimiento de la estructura y funcionamiento de los diferentes aparatos y sistemas del organismo animal. A través del estudio de la anatomía y fisiología de los órganos, podemos ser capaces de identificar posibles alteraciones o anomalías de los sistemas que están compuestos los animales y realizar un buen diagnóstico.

### Conceptos Generales

- Anatomía → Rama de la ciencia biológica que estudia la forma, estructura, tamaño, ubicación y relación de los órganos internos y externos que conforman un organismo.
- Fisiología → Parte de la biología que estudia el funcionamiento de los órganos.
- Tejido → Estructura constituida por un conjunto organizado de células diferenciadas y ordenadas regularmente, que realizan un trabajo fisiológico coordinado.
- Órgano → Unidad funcional de un organismo que constituye una unidad estructural y realiza una función determinada.
- Aparato → Conjunto de órganos que en un animal desempeñan funciones coordinadas para un fin determinado.
- Sistema → Conjunto de órganos y estructuras similares que trabajan en relación para cumplir alguna función fisiológica en un ser vivo. Los sistemas comparten cierta coherencia morfo-funcional, tanto en sus órganos y tejidos, como en sus estructuras y origen embriológico.

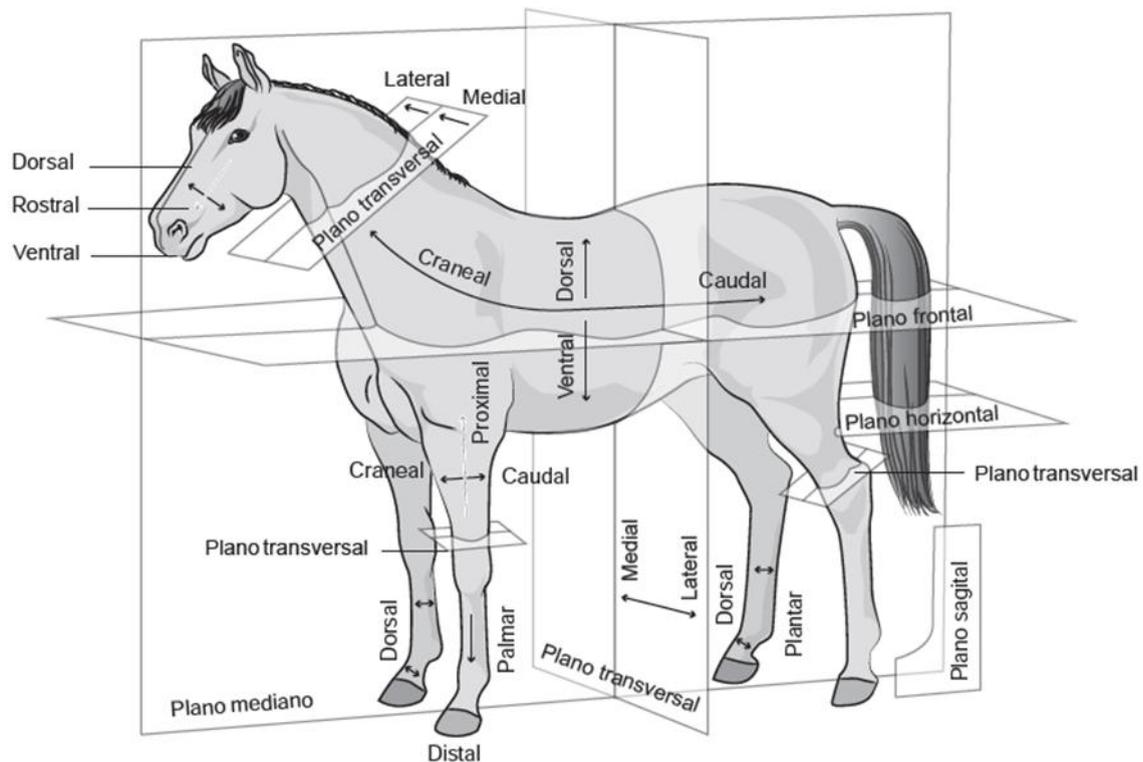
## 1.2 Lenguaje anatómico y planos topográficos.

El lenguaje anatómico debe ser preciso y libre de ambigüedades. En un mundo ideal cada término debería poseer un significado único, y cada estructura, un nombre único. Los nombres que se dan a determinadas estructuras se irán encontrando de modo gradual, pero los términos que indican posición y dirección deben dominarse desde un principio.

### Descripción y ubicación de los planos topográficos.

Planos	Descripción
Plano craneal	Es un plano de dirección, que significa en dirección a la cabeza.
Plano caudal	Es un plano de dirección, que significa en dirección a la cola.
Plano frontal	Es un plano vertical que divide el cuerpo en dos porciones anatómicas, en secciones dorsal y ventral.
Plano ventral	Significa alejado de la columna vertebral o próximo a la parte inferior de la pared abdominal.
Plano dorsal	Es un término de dirección que significa cerca de la columna vertebral.
Plano medio o sagital	Es un plano imaginario, que corta de la cabeza a la cola para dividirlo en dos mitades iguales, derecha e izquierda.
Plano plantar	Hace referencia a la superficie caudal de las extremidades posteriores por debajo de la corva.
Plano distal	Lo que está más lejos de la raíz del miembro
Plano proximal	Lo que está más cerca de la raíz del miembro.

En ocasiones es necesario referirse a un corte o sección a través del cuerpo o a una parte de él. El plano mediano divide el cuerpo desde la punta de la nariz hasta la punta de la cola en dos “mitades” simétricas, derecha e izquierda. Cualquier plano paralelo a ese plano es un plano o corte sagital. Los planos o cortes cercanos al plano mediano son llamados planos paramedianos. Un plano dorsal secciona el tronco u otra parte del cuerpo de forma paralela a la superficie dorsal. Un corte que en forma perpendicular a su eje longitudinal secciona el tronco, la cabeza, un miembro u otro apéndice es un plano transverso.



Posiciones Anatómicas: Para realizar la descripción de la posición de un animal desde el punto de vista Anatómico, se debe tener en cuenta que el animal en estudio se encuentra parados sobre sus cuatro miembros, paralelos entre sí, con el cuello extendido y con la mirada al frente como si fuera a caminar.

Las posiciones que deberán tener los cuerpos sobre la mesa del laboratorio anatómico, o el paciente en la mesa quirúrgica o del clínico, son:

- Decúbito: es aquella donde el cuerpo se encuentra en estado de reposo sobre un plano más o menos horizontal; esta posición de decúbito puede ser supino, prono o lateral.
- Decúbito supino: es cuando el cuerpo se apoya sobre su dorso de manera que el vientre quede mirando hacia arriba y se denomina también decúbito dorsal. Suele

ser común en algunas razas de perros que toman esta posición para descansar o cuando el hombre coloca a un animal en una posición para intervenir quirúrgicamente cuando se necesita incidir por la línea media o línea alba.

- Decúbito prono: es cuando el cuerpo se apoya sobre su vientre y su dorso queda mirando hacia arriba. Se denomina también decúbito ventral.
- Decúbito Lateral: es cuando el cuerpo se apoya sobre su costado derecho o izquierdo respectivamente.

### **1.3 Regiones del cuerpo**

El cuerpo de un animal se divide didácticamente en las siguientes regiones corporales: cabeza (cráneo y cara o región facial), cuello, tronco (tórax, abdomen y pelvis), cola y miembros (torácicos y pelvianos).

### **1.4 Anatomía Comparada**

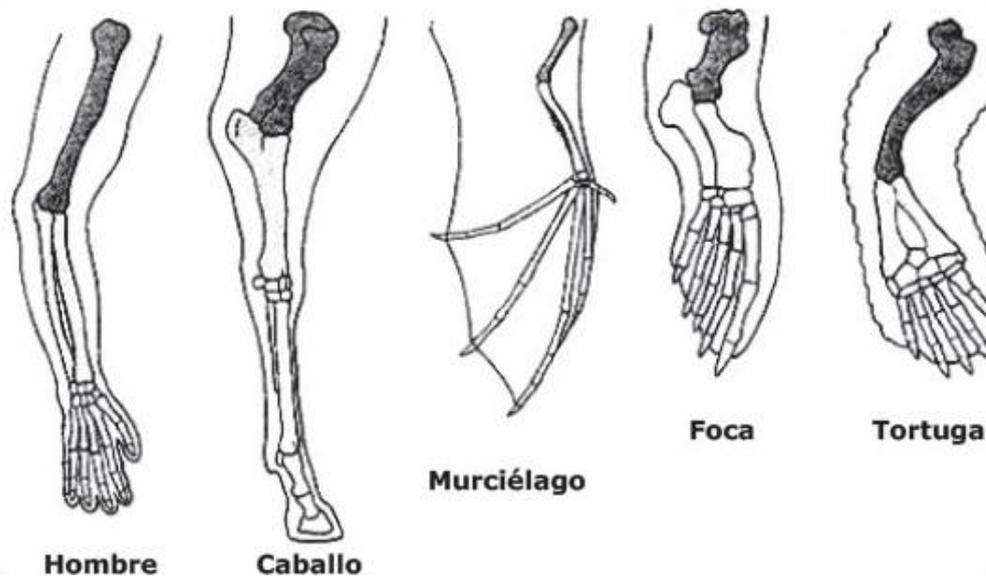
La anatomía comparada es un área de la biología que estudia las semejanzas y diferencias de las estructuras morfológicas entre los organismos. Esta disciplina permitió inferir el parentesco entre especies y también la relación entre el ambiente y las adaptaciones de los organismos. Así, especies adaptadas a diferentes ambientes y, en consecuencia, morfológicamente muy diferentes, muestran semejanzas que sugieren un ancestro común.

Por ejemplo, las extremidades superiores de anfibios, reptiles, aves y mamíferos presentan variaciones morfológicas que reflejan sus diferentes modos de vida. Sin embargo, sus estructuras internas revelan grandes semejanzas: los huesos húmero, radio y cúbito están presentes en las extremidades de dichos organismos y han sido identificados también en fósiles. Esta evidencia sugiere un ancestro común para estos grupos de animales.

A los órganos o estructuras morfológicas de origen evolutivo común, es decir, compartidos por diferentes especies y heredados desde un ancestro en común, se les

denominó órganos homólogos. La similitud de las homologías se explica, en consecuencia, por evolución divergente o divergencia desde un ancestro común.

Las evidencias de la anatomía comparada surgen por: homologías, analogías y estructuras vestigiales.



## 1.5 Anatomía Del Desarrollo Y/O Embriología

La anatomía veterinaria tiene por objetivo el estudio de la forma, situación y relaciones de las distintas partes del cuerpo de los animales domésticos, pero sin perder de vista la estrecha relación que existe entre la forma y la función. Hay que conocer las formas y comprender las funciones.

Niveles de organización → Todo inicia con una célula. Las **células** se agrupan para formar unidades superiores denominadas **tejidos**, que podemos definir como un conjunto de células y su material intercelular que presentan: un origen embrionario común, características morfológicas similares, realizan funciones concretas. Ejemplo de tejido son → epitelial, conjuntivo, óseo, muscular. Los tejidos a su vez forman grupos para formar **órganos**, o conjunto de tejidos destinados a realizar una determinada función. Los órganos se agrupan y forman los **aparatos/sistemas**. La diferencia entre si es un sistema o un aparato, es que el primero se conforma por órganos homólogos, es decir, que realizan

funciones similares y comparten origen embrionario; en cambio, un aparato se compone por órganos análogos, es decir, que realizan funciones similares pero su origen es distinto.

### Gametogénesis.

La reproducción sexual típica de los animales superiores consiste en la formación de un nuevo ser a partir de dos células, procedentes de dos organismos distintos de la misma especie, denominadas gametos. La gametogénesis se encarga de estudiar los mecanismos que conducen a la formación de dos células altamente especializadas, el óvulo y el espermatozoide, de cuya unión habrá de surgir un nuevo ser de la misma especie que sus progenitores.

El **espermatozoide** es de pequeño tamaño y su estructura presenta una notable uniformidad desde los vertebrados inferiores hasta los mamíferos. Está formado por una cabeza, una pieza intermedia y un largo flagelo, todo ello envuelto por una membrana plasmática continua. El **óvulo** es de tamaño variable en las distintas especies, aunque siempre mayor que las restantes células del organismo. Es inmóvil y su principal característica consiste en que contiene las sustancias de reserva necesarias para el desarrollo embrionario, hasta que el nuevo ser esté en condiciones de alimentarse por cualquier otro procedimiento.

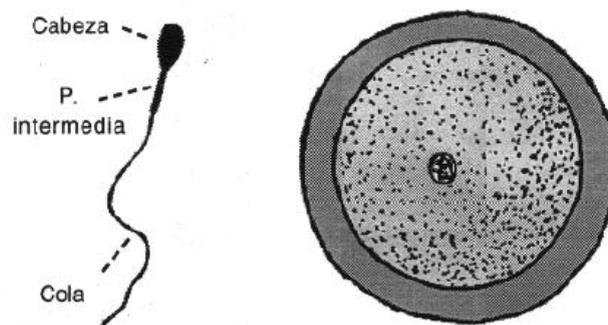


Fig. 2.1.- Gametos masculino y femenino, cuya forma y tamaño son muy similares en todos los mamíferos.

Cuando sucede la fecundación (unión de gameto masculino con femenino), ocurre una serie de acontecimientos, todo con la finalidad de iniciar el desarrollo de un nuevo ser.

Dentro de este tema surgen conceptos como: clivejae, morulación, blastulación y gratulación.

**La segmentación o clivaje** constituye una etapa del desarrollo en el que nuevo organismo va a pasar de ser **unicelular** a convertirse en **pluricelular**. En esta etapa la división de las blastómeras es lenta (12-24 hrs). Las primeras blastómeras son redondeadas y tienden a separarse unas de otras, formado una **mórula** laxa.

A partir de las 8 células en el embrión de ratón, se registra un notable aumento del área de contacto entre las células vecinas, se van compactando. La siguiente etapa es la **Blastulación**, donde las uniones estrechas que se forman entre las células superficiales de la morula, aíslan su interior del espacio exterior. Poco después pequeños espacio intercelulares coalescen entre sí y acaban formando un espacio mayor denominado **blastocoele**. En la blastulación la mórula se convierte en **blastocisto**. Todos estos procedimientos ocurren en el oviducto.

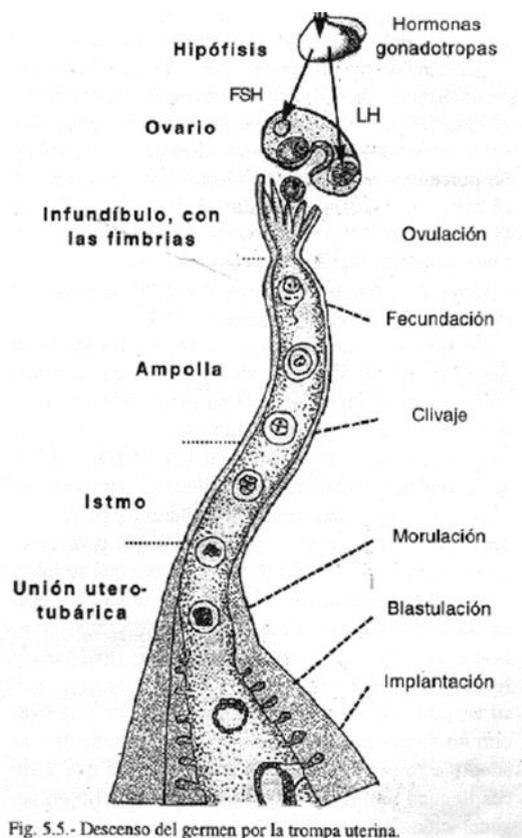


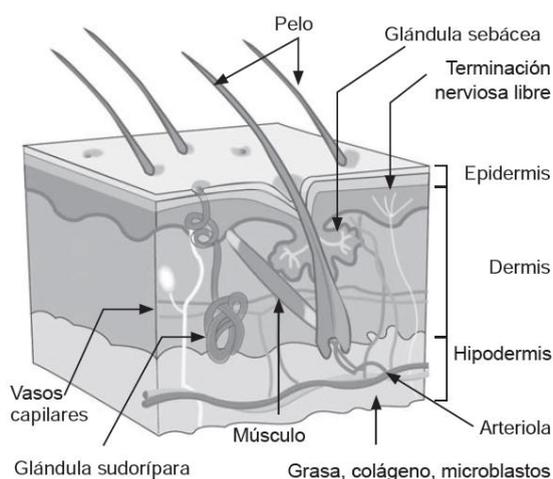
Fig. 5.5.- Descenso del germen por la trompa uterina.

En cuanto sale de la zona pelúcida, el blastocisto experimenta una fase de crecimiento rápido que en algunas especies va acompañado también de un notable cambio de forma. Además en este momento ocurre la diferenciación del **endodermo** a partir de las células más profundas del nudo embrionario, que proliferan y se alargan para tapizar toda la superficie interna del blastocele. Por último comienza la **gastrulación**, la cual es la etapa más importante de la ontogenia y conduce a la individualización de las tres hojas embrionarias, que son: ectoblasto, mesoblasto y entoblasto.

Resumen de los derivados de cada hoja embrionaria:

- Ectodermo extraembrionario: Cerebro (neurohipofisis, nervios craneales motores, vesículas ópticas, médula espinal)
- Ectodermo embrionario: Glándulas sudoríparas, glándulas mamarias, recubrimiento córneo de unas, pezuñas, casco y cuernos. Pelos y glándulas sebáceas, etc.
- Mesodermo: notocorda, esqueleto axial, dermis, tejido conjuntivo, etc.
- Endodermo: Intestino anterior, esófago, estómago, hígado, páncreas, asa intestinal, alantoides, vejiga, etc.

## 1.6 Sistema Tegumentario Generalidades



La piel es el mayor órgano del animal que permite mantener contacto con el mundo exterior. Actúa como barrera protectora, que aísla al organismo del medio que lo rodea, protegiéndolo y contribuyendo a mantener íntegra sus estructuras. La mayor parte de la piel, en el caso de los mamíferos está cubierta de pelos y el caso de las aves está cubierta de plumas, funciona como mantenimiento térmico que regula la temperatura y líquido.

La piel varía mucho en grosor y flexibilidad, tanto entre especies como localmente. De manera natural es más gruesa en animales grandes (aunque no en proporción constante con la talla) y en áreas más expuestas. La piel consta de dos capas, una epidermis, externa, y una dermis, interna; en la mayoría de las situaciones descansa sobre un tejido conectivo

más suelto conocido indistintamente como subcutis, fascia superficial, tejido subcutáneo, hipodermis, aponeurosis superficial o tela subcutánea.

La epidermis es un epitelio escamoso estratificado cuyo grosor se adapta al tratamiento que recibe; reacciona a un uso rudo, como lo ejemplifican los cojinetes palmares y plantares de perros y gatos. Existen numerosas modificaciones de esta capa, de las cuales la más común es la presencia de glándulas sudoríparas y sebáceas y de pelo. Ambos tipos de glándulas suelen estar ampliamente diseminados, aunque no se encuentran en todas partes. El pelaje, que es una característica única de los mamíferos, es una protección mecánica y un aislador térmico. El pelo crece desde el interior de la piel en los folículos. La base del pelo, que está enterrada en la piel, se llama raíz y la parte que emerge al exterior es el tallo. Las aves tienen otro tipo de estructura llamada pluma. Son estructuras compuestas principalmente por queratina. Su función es la termorregulación, son fundamentales en el vuelo, como el camuflaje, reconocimiento y comunicación entre ellos, diferenciación de sexos y elemento de atracción sexual durante el cortejo.

La dermis, que consiste esencialmente en fibras de tejido conectivo. Está unida a la epidermis mediante papilas interconectadas, que son más salientes donde el desgaste normal ocasiona el riesgo de separación. Está más ajustada en algunos lugares, en los cuales se convierte de manera gradual en una fascia subyacente más firme de lo normal. A diferencia de la epidermis, la dermis está ricamente irrigada por vasos sanguíneos e inervados por nervios cutáneos.

La última capa de la piel es la hipodermis o fascia. Ayuda a conservar la temperatura corporal, proporciona forma al contorno corporal y le da movilidad a toda la piel. La hipodermis se utiliza principalmente para almacenar la grasa.

La fascia superficial (subcutis, aponeurosis superficial, tejido subcutáneo, tela subcutánea o hipodermis) es un tejido laxo (areolar) extensamente diseminado por debajo de la piel de los animales que tienen pelaje. En las especies desnudas (sin pelo), la grasa forma una capa continua, el panículo adiposo. Existe una fascia denominada como profunda, suele organizarse en láminas fibrosas mucho más fuertes, se extiende por casi todo el cuerpo y se fusiona con las prominencias óseas. En muchos sitios emite tabiques que penetran

entre los músculos, encerrándolos individualmente o en grupos. Esta división en compartimentos fasciales u osteofasciales es muy prominente en el antebrazo y la pierna y participa en la circulación, lo cual ayuda al retorno de la sangre y la linfa al corazón.

La grasa de la piel cumple con importantes funciones estructurales. La mayoría de los depósitos de grasa (tejido adiposo) pueden considerarse principalmente reservas alimentarias. Los depósitos subcutáneos de grasa ayudan a moldear la anatomía de superficie y los contornos corporales, y a menudo presentan diferencias específicas y sexuales en su localización y desarrollo. Los animales que están adaptados a hábitat tórridos con frecuencia desarrollan depósitos localizados. Todos estos señalamientos se refieren a la clase común de grasa. Una segunda variedad, la grasa parda, es de distribución mucho más reducida en tiempo y lugar. La grasa parda difiere en estructura y función, así como en color.

## **1.7 Sistema Musculo-Esquelético Generalidades**

Las funciones principales del esqueleto son sostener el cuerpo, proporcionar el sistema de palancas utilizadas en la locomoción y proteger las partes blandas. El principal tejido esquelético, el hueso, tiene un cometido secundario en la homeostasis mineral, proporcionando una reserva de calcio, fosfato y otros iones. El hueso está constituido por 25% de agua, 45% de minerales como fosfato y carbonato de calcio y 30% de materia orgánica. La estructura de los huesos está formada por:

- Tejido óseo
- Tejido conectivo
- Tejido cartilaginoso
- Médula ósea
- Vasos y nervios

Clasificación de los huesos: a) Huesos largos, típicos de las extremidades, b) Huesos cortos las dimensiones de largo, ancho y espesor se equilibran, c) Huesos planos están expandidos en dos dimensiones y d) Huesos irregulares.

Tipos de huesos	Dimensión	Ejemplo	Observaciones
<b>Largos</b> 	Predominante el largo sobre el ancho y grosor	Fémur, húmero, tibia y peroné, cúbito y radio	
<b>Cortos</b> 	Similares entre largo, ancho y grosor	Huesos del tarso y carpo	Carecen de cavidad medular y presentan caras, bordes y ángulos
<b>Planos</b> 	Predominante el largo y ancho sobre el grosor	Escápula, huesos del cráneo y costillas	
<b>Irregulares</b> 	Forma irregular	Vértebras y huesos de la base del cráneo	

La forma del hueso es determinada por una vaina o corteza de hueso sólido (compacto), que está compuesta de delgadas laminillas dispuestas principalmente en series de tubos concéntricos alrededor de pequeños canales centrales. Cada uno de esos sistemas se conoce como osteona. La corteza es gruesa en la parte media de la diáfisis, pero se adelgaza a medida que se hace más amplia hacia cada extremo del hueso. Su superficie externa es lisa excepto en donde las irregularidades sirven como sitios de fijación de músculos o ligamentos. Los extremos de los huesos largos están ocupados por hueso esponjoso, que forma una red tridimensional de espículas entrelazadas, placas y tubos de densidad variable.

La cavidad medular y los espacios intersticiales del hueso esponjoso están ocupados por médula ósea, la cual existe en dos formas unidas gradualmente. La médula ósea roja es un tejido gelatinoso muy vascularizado con propiedades hematopoyéticas. Aunque toda la médula ósea es de este tipo en el animal joven, la mayor parte de ella es después infiltrada por grasa y convertida en médula amarilla cérea cuyo potencial hemopoyético está inactivo.

Los huesos poseen una irrigación sanguínea abundante, que representa quizá 5 a 10% del gasto cardiaco. Existen varios conjuntos de vasos; la llamada arteria nutricia, la cual

penetra hacia la mitad de la diáfisis en una posición que es muy constante para cada hueso. Suele dirigirse hacia un extremo del hueso, y el agujero a través del cual pasa puede simular una fractura oblicua en las radiografías.

## 1.8 Clasificación Del Esqueleto

Se subdivide en:

- Esqueleto axial: comprende huesos de la cabeza, columna vertebral, costillas y esternón.
- Esqueleto apendicular: comprende huesos de los miembros anteriores y posteriores.
- Esqueleto esplácnico o visceral: comprende huesos localizados dentro de las vísceras en algunas especies. Hueso peneano en el perro y gato, y hueso del corazón en el bovino.

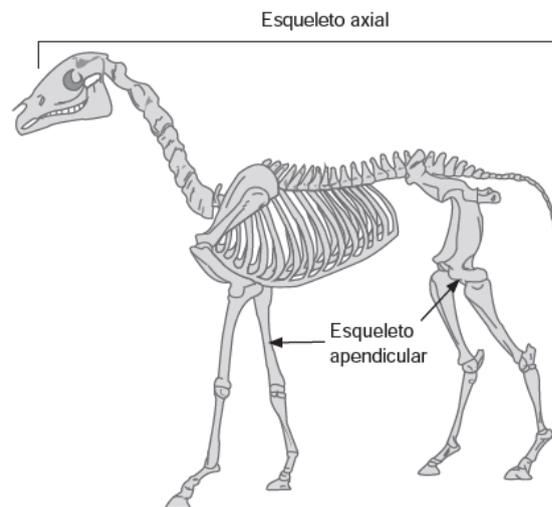
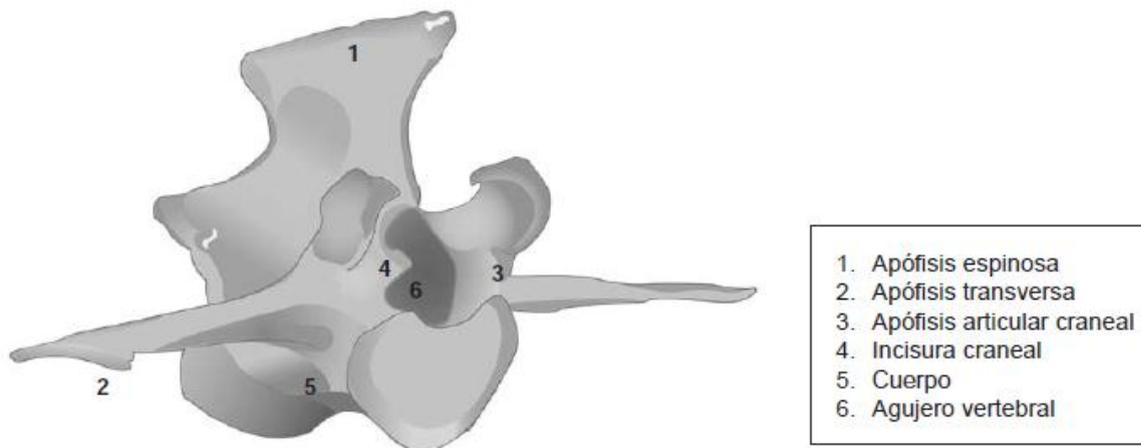


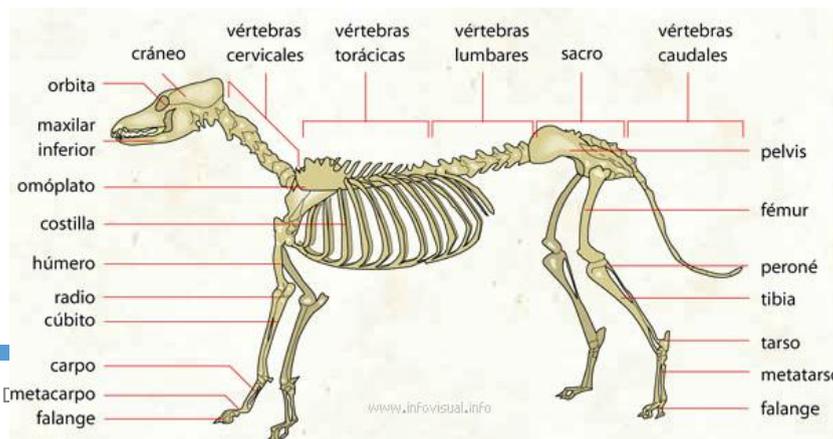
Figura 3. Tipos de esqueletos

Es importante conocer cómo se conforma el esqueleto así como las articulaciones (que veremos más ampliamente en el punto 1.11). La columna vertebral (o “espiná dorsal”) se extiende desde el cráneo hasta la punta de la cola. La columna sirve para enderezar el eje del cuerpo y contribuir de ese modo a mantener la posición. La columna vertebral encierra y protege la médula espinal y las estructuras anexas dentro de un conducto central llamado canal vertebral. La mayoría de las vértebras se ajustan a un patrón común en el que existen características superpuestas que diferencian las distintas regiones: cervical (cuello), torácica (tronco), lumbar (tronco), sacra y caudal (cola). En los mamíferos domésticos y en casi todos los demás mamíferos hay siete vértebras cervicales. Las dos primeras (las más craneales), el atlas y el axis, están muy modificadas con el fin de permitir el movimiento libre de la cabeza, y requieren una descripción por separado. Las cinco restantes son más típicas. Las vértebras de cada región poseen caracteres que permiten diferenciarlas de las otras regiones.

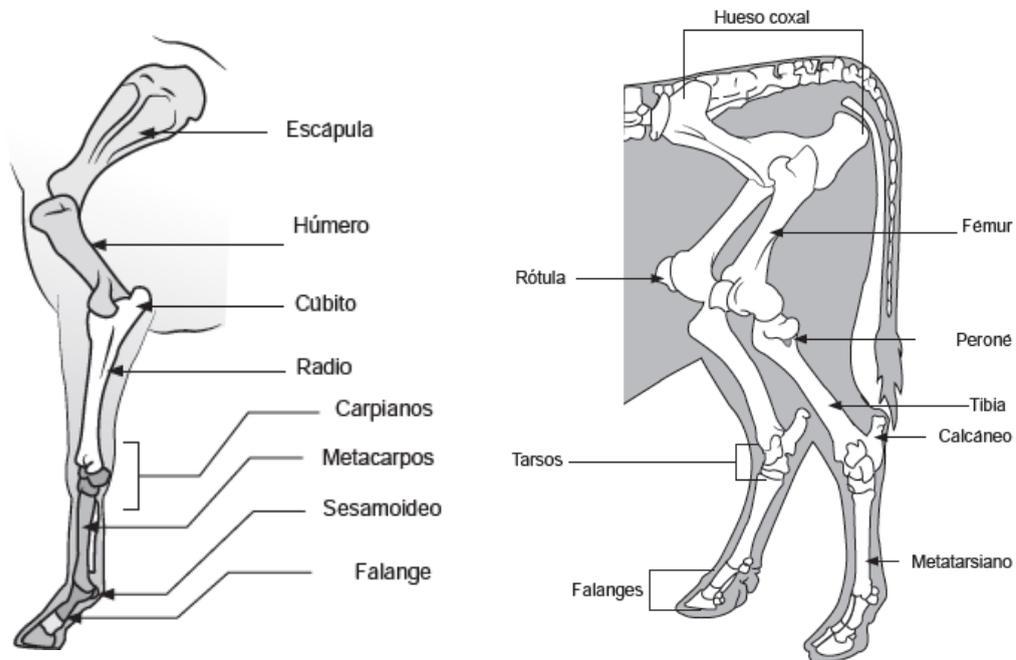


Todas las vértebras típicas poseen un plan común de estructuras; una vértebra está formada de cuerpo, arco y apófisis.

- Cervicales → En todos los mamíferos las vértebras que componen esta región son siete. Son vértebras muy móviles.
- Vértebras torácicas → Base de la región dorsal. El número de vértebras es variable de acuerdo a la especie y siempre coincide con el número de costillas.
- Vértebras lumbares → Tienen apófisis transversas grandes y planas, proyectadas en sentido lateral
- Vértebras sacras → Se fusionan para formar un solo hueso en forma de cuña conocido como sacro, se articula con las vértebras lumbares en dirección craneal y con las coccígeas en la dirección caudal.
- Vértebras coccígeas → El cóccix se localiza al final de la columna vertebral y se corresponde con la cola de los animales vertebrados.



Es en el esqueleto axial, donde se unen las extremidades anteriores, a través de los músculos y ligamentos que le confieren cierto grado de movilidad. Las estructuras que lo componen son: escápula, húmero, cúbito, radio, carpianos, metacarpos, falanges. A diferencia de las extremidades posteriores, que ayudan al desplazamiento, se conforman por: Cinturón pélvico, fémur, rótula, tibia, peroné, tarso, metatarso, falanges.



## 1.9 Fisiología De Los Huesos

Las funciones de los huesos son:

- Proporcionan sostén al cuerpo.
- Permiten el movimiento.
- Protegen los órganos internos.
- Reservan minerales (calcio, fósforo).
- Producen células sanguíneas (hematopoyesis, Médula óseas).

## 1.10 Osteología De Las Aves.

En las aves, las vértebras móviles son las cervicales y las caudales y las vértebras fijas son las torácicas, lumbares y sacras. Los huesos del cráneo están fusionados, por lo que forma un cráneo abovedado, cóndilo y la cavidad timpánica es muy amplia. Los huesos de la cara

se prolongan hacia delante en forma. La columna vertebral de las aves está formada por vértebras cervicales, torácicas, lumbosacras y coccígeas. El atlas tiene forma de anillo y carece de alas. Las vértebras torácicas están fusionadas formando el Notarium. La unión de las dos últimas torácicas, lumbares, sacras y dos primeras coccígeas, forman el hueso sinsacro, el cual terminará también fusionado al Ílion. Notarium y sinsacro otorgan una gran rigidez a esta zona de la columna vertebral, rigidez que es necesaria para el vuelo.

El Esqueleto apendicular se forma por: a) Cinturón pectoral: fúrcula (clavícula), coracoides, y escápula; b) Huesos del ala: húmero, radio, cúbito, carpales, y falanges; c) Cinturón pélvico: sinsacro, ílion, isquion y pubis; d) Huesos de la pata: fémur, tibiotarso, peroné, tibiotarso, tarsometatarso, y falanges.

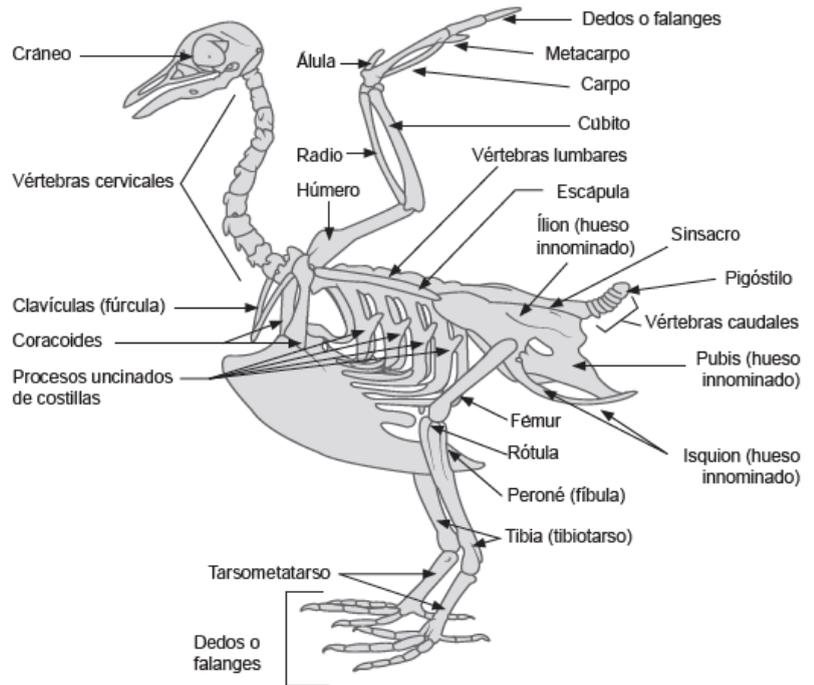


Figura 11. Esqueleto aviar

El hueso innominado o hueso coxal permite al ave poner los huevos. Está conformado por Ílion, isquion y pubis. (fibula), tarsometatarso, rótula y dígitos. Huesos del ala están formados por húmero, radio, cúbito, carpales, y falanges.

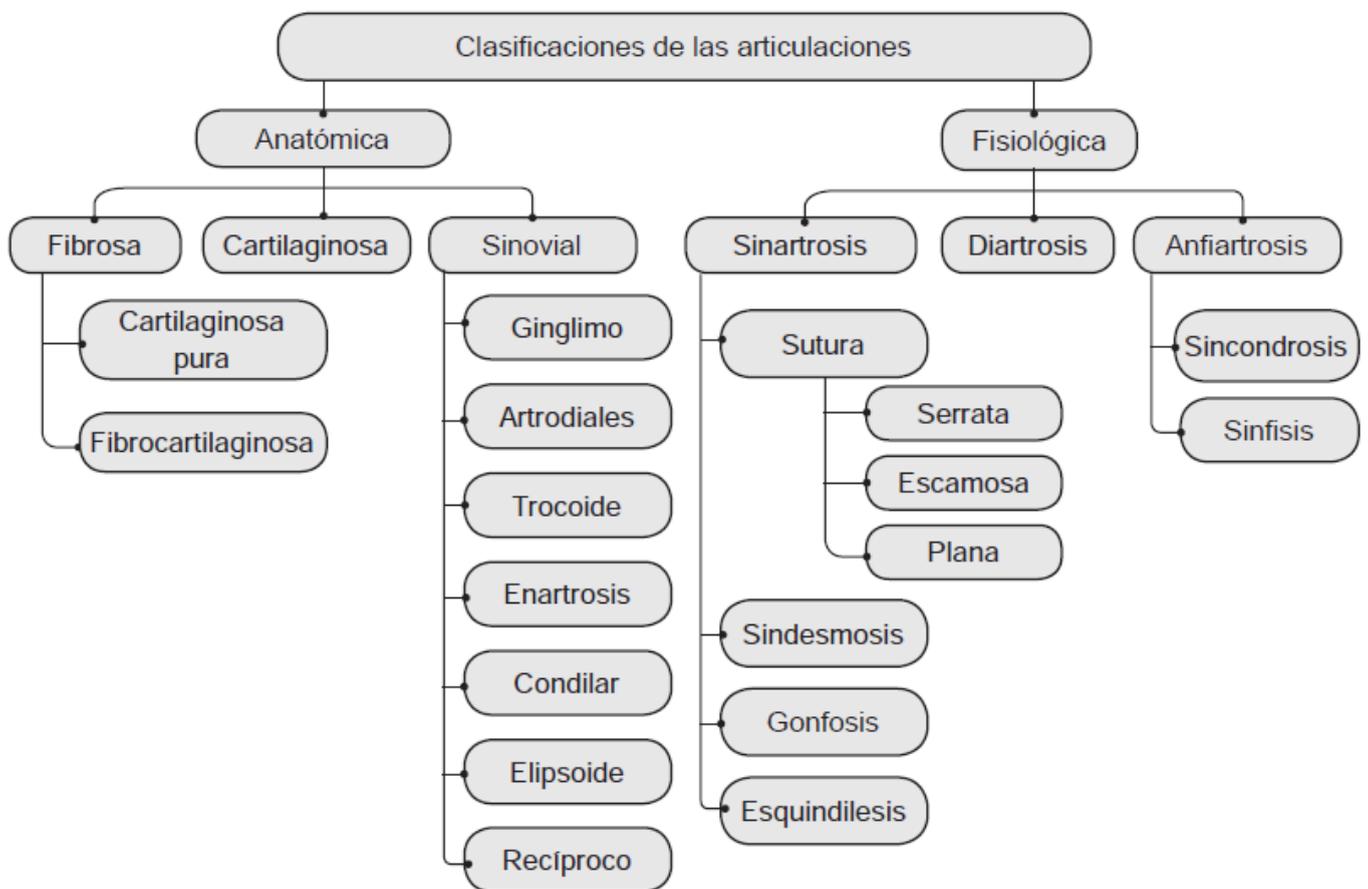
### 1.11 Articulaciones, Clasificación, Estructura Y Función

La artrología o sindesmología es la parte de la anatomía que estudia las articulaciones. Una articulación está formada por la unión de dos o más huesos y ligamentos. El medio de unión está formado por tejido fibroso o cartílago, o por una mezcla de ambos.

Los huesos se topan unos con otros en las articulaciones, algunas de las cuales están diseñadas para unir huesos firmemente y otras para permitir el movimiento libre. El sistema oficial vigente reconoce tres categorías principales, a saber: a) articulaciones fibrosas, en las cuales los huesos están unidos por tejidos conectivos densos; b) articulaciones cartilaginosas, en las cuales los huesos están unidos por cartílago; y c) articulaciones sinoviales, en las cuales existe una cavidad llena de líquido entre los huesos.

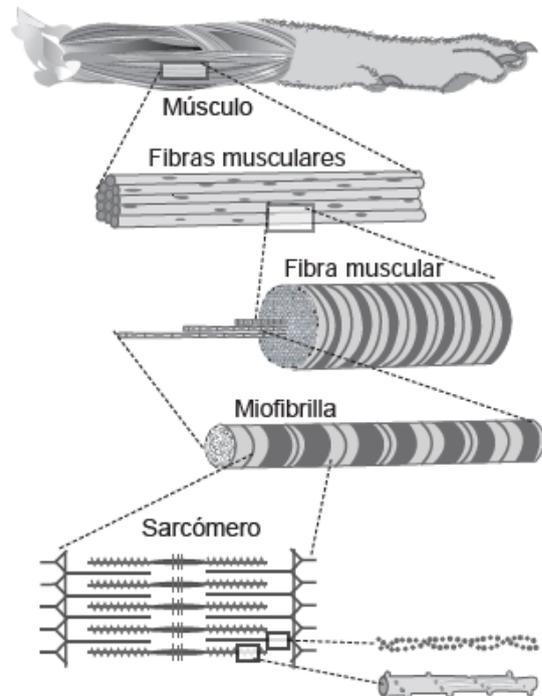
También se clasifican en base a su función, en las siguientes categorías: a) Sinartrosis: estas articulaciones no poseen una cavidad, los huesos se encuentran unidos por tejido fibroso y por tanto no presentan movimiento; Anfiartrosis: un poco o mediano movimiento y c) Diartrosis: mucho movimiento respectivamente.

Aunque muchos movimientos articulares parecen ser complicados, siempre pueden resolverse en componentes simples.



## I.12 Miología

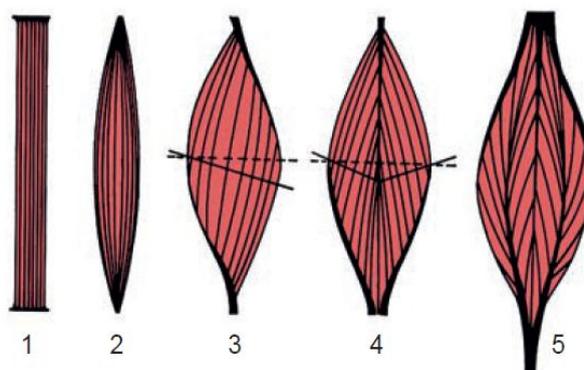
La miología es la ciencia que estudia la estructura, conformación y funcionamiento de los músculos de un organismo. La mayoría de los movimientos del cuerpo animal y sus partes son originados por contracción muscular. El músculo se utiliza también para impedir el movimiento, estabilizando articulaciones para evitar su colapso bajo una carga y mantener la continencia de la vejiga y el intestino.



La estructura muscular consta de 4 partes:

- Fascículos: pequeños conjuntos de haces envueltos por una vaina de tejido conectivo.
- Fibra muscular o miocito: son las células individuales de los músculos esqueléticos.
- Miofibrilla: largos filamentos que contiene y compone cada fibra muscular, es el elemento contráctil del músculo, posee 84% de filamentos proteicos de actina y miosina, esta se divide en los sarcómeros.
- Sarcómero: un conjunto de ellos forman una miofibrilla, tiene estriaciones y una apariencia rayada.

Existen tres variantes de tejido muscular, que son: músculo especializado (cardíaco) que forma el grueso del corazón y el músculo liso (visceral) de los vasos sanguíneos y las vísceras (órganos internos) y músculo esquelético se conoce también como músculo estriado, somático o voluntario.



Arquitectura de los músculos esquelético. Las líneas discontinuas representan los cortes transversales "anatómicos; las líneas continuas, las fisiológicas. 1, Músculo acintado; 2, músculo ahusado; 3, músculo peniforme; 4, músculo bipeniforme; 5, músculo multipeniforme.

## Propiedades del músculo

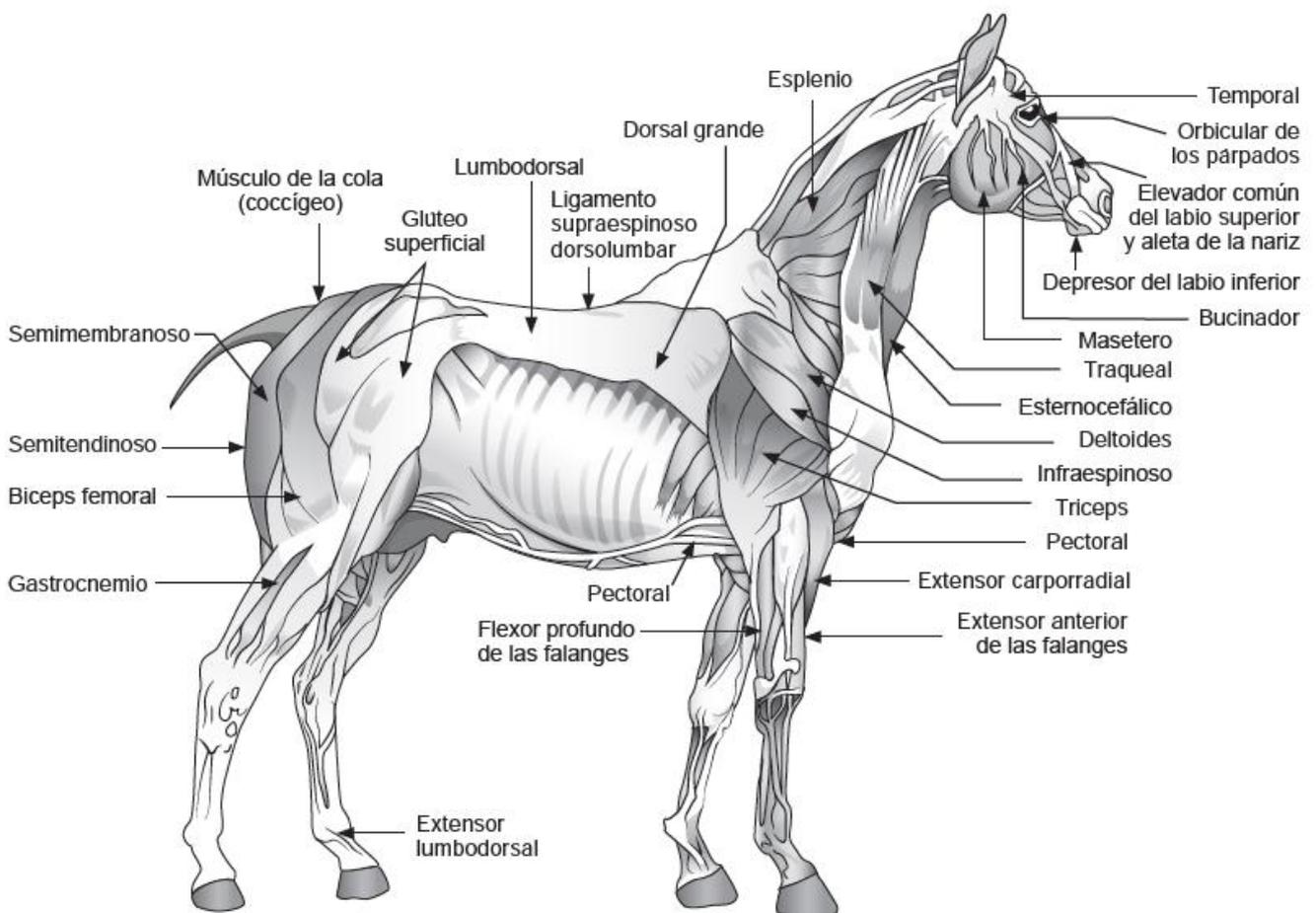
- **Excitación:** capacidad para recibir estímulos (cambios externos o internos de intensidad suficiente para originar un impulso nervioso) y responder a ellos.
- **Contractilidad:** el músculo puede acortarse y engrosarse cuando recibe un estímulo de intensidad adecuada. La fibra muscular promedio puede acortarse hasta aproximadamente la mitad de su longitud en reposo.
- **Extensibilidad:** el músculo esquelético tiene la capacidad para distenderse, se puede estirar como una banda elástica. El músculo puede ser estirado hasta que adquiera una longitud que represente la mitad de su largo normal en reposo.
- **Elasticidad:** es la capacidad que posee el músculo para regresar a su longitud o forma original (normal) en reposo después de experimentar contracción o extensión.

Cada músculo individual se compone de muchas células mantenidas juntas por tejido conectivo. Cuando se comparan con las células comunes, estas células musculares son gigantes, con 10 a 100  $\mu\text{m}$  de diámetro y 5 a 10 cm de largo (es probable que algunas sean mucho más largas). La actividad normal de la mayoría de los músculos implica cambios en el ángulo de la o las articulaciones conectadas por ese músculo. Los músculos siempre se insertan por medio de tendones de tejido conectivo. Los tendones están compuestos casi por completo de fibras de colágeno en disposición regular, y poseen gran fuerza de tensión (tensil). Aunque son fuertes, los tendones pueden lesionarse por presión o fricción excesivas, en particular cuando cambian de dirección sobre las prominencias óseas o se mueven sobre tejidos duros. Los músculos reciben un suministro sanguíneo relativamente abundante de las arterias vecinas. A veces, una sola arteria penetra en el vientre del músculo, y entonces el buen funcionamiento del músculo depende claramente de la integridad de esa arteria.

Para la contracción muscular participan los siguientes elementos proteicos:

- **Actina:** es la columna vertebral del filamento y forman hilos que se enrollan con un diseño helicoidal.

- Miosina: filamento grueso, que ocupa 2/3 de las proteínas del músculo esquelético
- Tropomiosina: proteína en forma de tubo, se enrolla alrededor de los hilos de actina. Troponina: proteína compleja, que se une a intervalos regulares a los dos hilos de actina y a la Tropomiosina. Retículo sarcoplasmático: almacena calcio (Ca) y regula su flujo (Contracción muscular).
- Túbulos transversales o túbulos T: son responsables de la contracción uniforme de cada fibra muscular esquelética. El tendón: son fascículos de tejido conectivo dispuestos en cordones o bandas, que asegura la unión de los músculos a las piezas esqueléticas.



## UNIDAD II ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE APARATOS Y SISTEMAS PARTE I

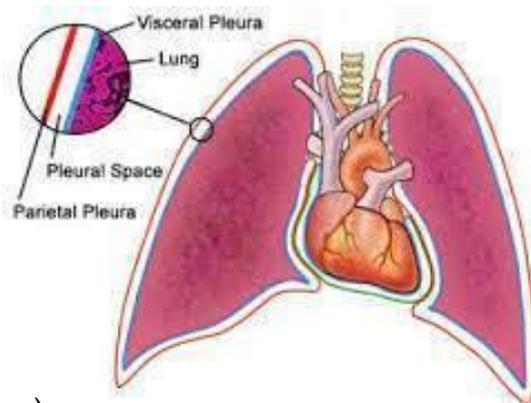
### 2.1 Cavidades

Las cavidades son espacios limitados que contienen grupos de órganos, con el fin de dar estructura y organización.

Se resumen en tres cavidades principales:

#### Cavidad torácica.

- Límites:
  - Dorsal: columna vertebral
  - Lateral: costillas
  - Craneal: cuello
  - Caudal: diafragma
- Contiene:
  - Tráquea, bronquios y pulmones
  - Corazón
  - Esófago
  - Grandes vasos (aorta y venas cavas)



La cavidad torácica está revestida interiormente por una fina membrana transparente llamada: pleura. La pleura tiene dos hojas que están en íntimo contacto: a) la externa que está adherida a la cara interna de la pared costal y diafragma; b) la interna reviste los pulmones.

Entre las dos pleuras normalmente no existe separación. La función principal es mantener contacto entre pulmón y caja torácica para facilitar el acompañamiento en los movimientos respiratorios.

#### Cavidad abdominal.

- Límites:
  - Dorsal: columna vertebral
  - Lateral e inferior: músculos abdominales
  - Craneal: músculo diafragma
  - Caudal: se continúa con la cavidad pelviana
- Contiene:
  - Aparato digestivo (estómago, intestino, hígado, páncreas)
  - Bazo

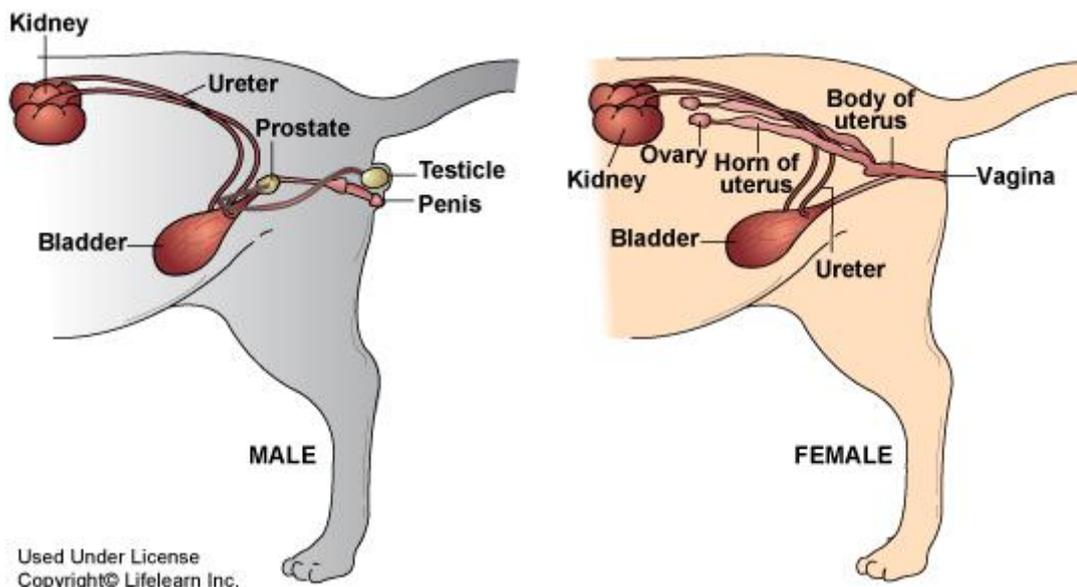


- Riñones

El peritoneo es la membrana que envuelve la mayor parte de los órganos del abdomen. Está formada por dos capas: a) peritoneo parietal, adhiere a la pared abdominal y pelviana; b) peritoneo visceral, envuelve los órganos situados en la cavidad abdominal y pelviana. El espacio virtual entre ambas capas se llama cavidad peritoneal y contiene pequeñas cantidades de fluido lubricante. Las funciones del peritoneo son: a) Depósito de grasa, b) Fijación de vísceras a la pared abdominal, c) Facilita el desplazamiento de órganos, d) Nutrición a través de su vasos sanguíneos, e) Membrana de intercambio entre la sangre y tratamientos i/p.

### Cavidad pelviana

- Límites:
  - Dorsal: columna vertebral
  - Lateral y Ventral: hueso de la cadera
- Contiene:
  - Aparato reproductor de la hembra
  - Glándulas anexas del aparato reproductor del macho
  - Vejiga
  - Recto



## 2.2 Sistema Digestivo Generalidades

El tracto GI, también llamado tubo digestivo, es una estructura en forma de tubo que se extiende desde la boca hasta el ano. Desde el punto de vista histológico este tubo está formado por cuatro capas principales: (1) la mucosa, que comprende células epiteliales (enterocitos, células endocrinas y otras), la lámina propia y la muscularis mucosae; (2) la submucosa; (3) dos capas musculares, una interna gruesa y circular y otra externa fina y longitudinal, y (4) una capa serosa. Está conformado por un conjunto de órganos que a través de procesos mecánicos y químicos descomponen los alimentos que consume el animal para convertirlos en sustancias más simples y asimilables por el organismo.

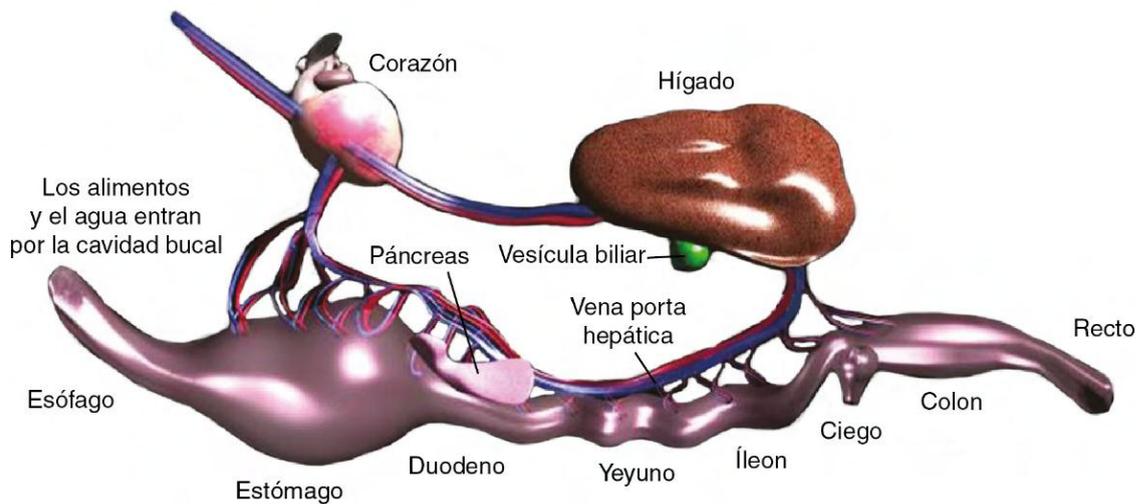
En general, el sistema digestivo está formado por los siguientes órganos y glándulas: Boca, Faringe, Esófago, Estómago, Intestino delgado e Intestino grueso. Órganos y glándulas anexas: Glándulas salivales: parótidas, submaxilares y sublinguales, Páncreas (conducto pancreático), Hígado (vesícula biliar y conducto biliar).

Las diferentes especies animales, a través del mecanismo evolutivo se han ido adaptando a diversas fuentes de alimento. De esta manera, se han conformado grandes diferencias anatómicas y fisiológicas de los órganos digestivos, estas diferencias revisten gran importancia porque afectan los procesos digestivos. El sistema digestivo en los animales anatómicamente y fisiológicamente se clasifican en:

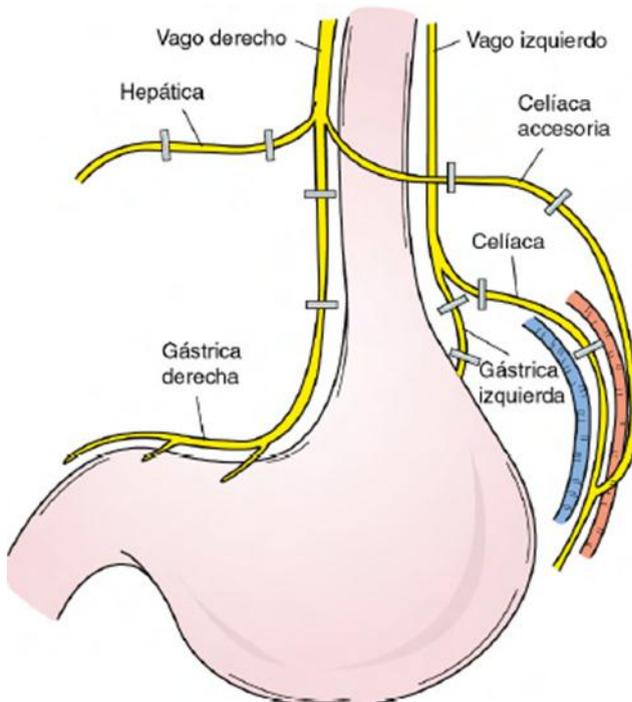
- a. Monogástricos (porcino, equino, canino, felino, cunícula)
- b. Poligástricos (bovino, ovino, caprino)
- c. Aviar

Sus sistemas de control intrínseco y extrínseco regulan las diferentes funciones del tubo digestivo. El sistema de control intrínseco tiene dos componentes: el sistema nervioso enteral (SNE) y las hormonas digestivas gastrina, péptido inhibidor gástrico (PIG), colecistocinina (CCC), secretina y motilina. Los elementos del sistema de control

intrínseco que regulan las funciones del tubo digestivo son los nervios vagos y esplácnico y la hormona aldosterona.



El sistema nervioso enteral (SNE) es, junto con los sistemas simpático y parasimpático, un componente del sistema nervioso autónomo (SNA). El SNE controla la mayor parte de las funciones GI independientemente del sistema nervioso central (SNC). Anatómicamente, el SNE consta de dos plexos ganglionares principales, llamados plexo submucoso (o de Meissner) y plexo mientérico (o de Auerbach). Los plexos entéricos se comunican entre sí a través de interneuronas y con el SNC mediante los nervios vago, pélvico y esplácnico.



El nervio vago inerva el tracto GI por medio de dos ramas principales: los vagos izquierdo y derecho. El vago izquierdo se ramifica en los nervios celíaco y gástrico izquierdo, en tanto que el vago derecho se ramifica en los nervios: hepático, gástrico derecho y celíaco accesorio.

## 2.3 Órganos Que Conforman el TGI

### Boca o Cavidad oral

Es la parte inicial del aparato digestivo, es una cavidad alargada en el sentido de la cabeza que presenta dos aberturas, una anterior por donde penetran los alimentos y una posterior por medio de la cual se comunica con la faringe.

Regiones de la boca:

- Labios
- Carrillos o mejillas
- Paladar duro

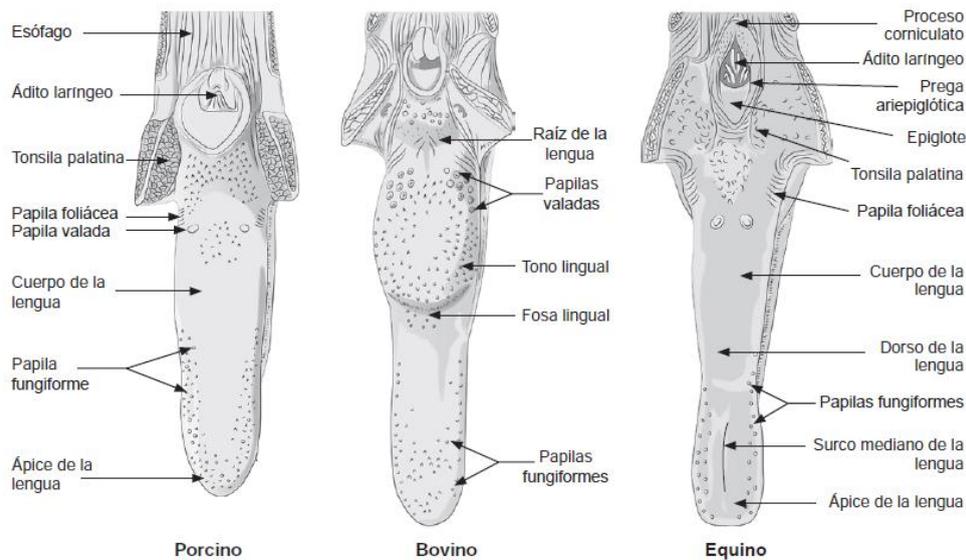
- Paladar blando
- Piso de la boca y lengua
- Dientes

Labios

Son dos pliegues músculos membranosos que circundan en el orificio de la boca, cubierto externamente por la piel y tapizado por dentro por la membrana mucosa.

Lengua

Situada en el piso de la boca entre las ramas de la mandíbula, presenta numerosas papilas entre las cuales están: a) Papilas filiformes: eminencias finas parecidos a hilos; b) Papilas fungiformes: parte lateral de la lengua; c) Papilas circunvaladas. Se encuentran en la parte caudal del dorso; d) Papilas foliadas: situadas rostralmente a los arcos del paladar blando



Dientes

Difieren en la cantidad y tamaño y se dividen, por su durabilidad en: Deciduos: son los primeros en salir; y Permanentes: es la renovación de los dientes deciduos, los dientes permanentes duran para toda la vida en el animal.

Faringe

Es una estructura que controla el pasaje de los alimentos a los demás órganos de sistemas como el estómago e intestinos. En ella se encuentran los cartílagos aritenoides, que hacen que durante la deglución se cierre la abertura laríngea. También existe la epiglotis que se cierra impidiendo que los alimentos entren al tracto respiratorio.

### Esófago

Es un tubo musculoso, largo de forma cilíndrica que va desde la faringe hasta el cardias o entrada del estómago. Su función es impulsar el bolo alimenticio hacia el estómago, a través de movimientos de contracción (peristaltismo).

### Estómago

El estómago de los animales puede ser de dos tipos: simple en el caso de los monogástricos o compuesto en caso de los rumiantes.

- Estómago simple: en el caso de animales monogástricos como el caballo, el cerdo, el perro, el gato y las aves. Cada uno de ellos presenta las variaciones correspondientes.
- Estómago compuesto: en el caso de los rumiantes como los bovinos, ovinos y caprinos. Este tipo de estómago se encuentra dividido en cuatro compartimentos. (Rumen, Retículo, Omaso, Abomaso).

### Intestino delgado

El intestino delgado se encuentra formado por el duodeno, el yeyuno y el íleon. Inicia en el píloro y termina en la válvula ileocecal.

### Duodeno

Se inicia en el píloro y tiene tres porciones. La primera porción se inicia en el píloro, la segunda porción se dirige hacia atrás hasta la tuberosidad coxal donde forma la flexura iliaca y la tercera porción se continúa con el yeyuno e íleon. Aquí se reciben las secreciones pancreáticas y biliares mediante los conductos.

### Yeyuno

Es la continuación del duodeno dispuesto de numerosas asas. Su función es la absorción de nutrientes.

### Íleon

Es la última porción del intestino delgado. Se comunica con el intestino grueso, formando la válvula ileocecal. Su función es la absorción de nutrientes.

### Intestino grueso

Es la continuación del íleon, es corto y de aspecto cerrado al final. Posee tres partes: ciego, colon y recto.

### Anexos del TGL →

- **Páncreas:** Las hormonas que secreta es la insulina para bajar el valor de glucemia, mientras el glucagón sube el valor de glucemia. El papel que desarrolla en la digestión, es segregando enzimas pancreáticas cuando el alimento se traslada por los intestinos. Ayudando a degradar proteínas, carbohidratos y grasas.
- **Hígado:** Glándula mayor del cuerpo, encargada de múltiples funciones para el organismo. Principal zona de metabolismo y transporte de todas las sustancias que entran al cuerpo.
- **Vesícula biliar:** Es un saco piriforme de 10 - 20 cm de largo, relacionada con la cara visceral del hígado. Su función es almacenamiento de la bilis, sustancia funcional para la emulsión de las grasas.

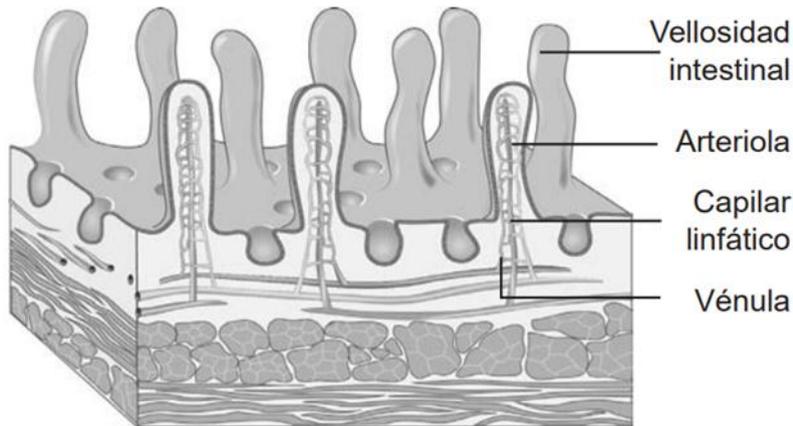
## 2.4 Fisiología Del Sistema Digestivo

En resumen se puede enlistar de manera práctica las funciones que dan inicio a la digestión, y el papel de importancia del TGI. Primero tenemos el concepto de prehensión, el cual se define como conjunto de movimientos de la cabeza, mandíbulas, lengua y labios que permiten introducir el alimento a la boca y seccionarlo. Los bovinos difieren de los caballos en el modo de tomar el pasto. Los caballos arrancan el pasto con los incisivos. El bovino sin embargo, al no tener incisivos superiores utilizan la lengua como órgano prensil. Los ovinos muerden la vegetación o la rompen agarrándola con sus dientes y mandíbula, tirando con movimientos de la cabeza hacia adelante y hacia atrás.

Posterior a la prehensión pasamos al proceso de masticación, mediante el cual se tritura la comida previamente ingerida al comienzo de la digestión. En la masticación, la trituración del alimento queda reservada a los molares. Con la ayuda de la saliva se forma el bolo alimenticio y se procede a la deglución del mismo. La saliva desempeña las siguientes funciones: a) Lubricación: para formación del bolo y deglución; b) Actividad enzimática: Producción amilasa salival (ptialina); c) Sabor: solubiliza sustancias químicas de los alimentos; d) Protección: Humectación de las membranas de la boca y el bolo alimenticio y e) pH gástrico: Equilibra el balance ácido base. Una vez formado el bolo alimenticio sucede la deglución, donde éste último pasa de la cavidad bucal al esófago a través de la faringe.

Todos esos pasos para lograr que el alimento llegue al estómago, donde se llevará a cabo la digestión. Es el proceso que consiste en transformar los alimentos altamente complejos a componentes químicos más sencillos que pueden ser absorbidos a través de la pared del intestino delgado y transportado hacia la sangre, para así estar disponibles a los tejidos del cuerpo, y este cumplir con las funciones de crecimiento y producción.

La absorción de los productos de la digestión se realiza a través de la pared del intestino delgado. Algunos compuestos pasan directamente debido a su minúsculo tamaño y otros lo hacen a través de las vellosidades intestinales. El sodio, la glucosa y muchos aminoácidos son transportados por las vellosidades intestinales. Por lo tanto, los productos de la digestión son asimilados por el organismo a través de la pared intestinal, que es capaz de absorber sustancias nutritivas de forma selectiva, rechazando otras sustancias similares. Los carbohidratos sólo se pueden absorber como monosacáridos y las proteínas se absorben como aminoácidos. El estómago y el colon tienen también la capacidad de absorber agua, ciertas sales, alcohol y algunos fármacos. La absorción intestinal tiene otra propiedad única: muchos nutrientes se absorben con más eficacia cuando la necesidad del organismo es mayor. Las sustancias hidrosolubles, tales como minerales, aminoácidos y algunos hidratos de carbono, pasan al sistema de capilares del intestino y a través de los vasos del sistema portal, directamente al hígado. Sin embargo, muchas de las grasas se vuelven a sintetizar en la pared del intestino y son recogidas por el sistema linfático que las conduce a la circulación sistémica a través del sistema de la vena cava.



El sistema intrínseco de control hormonal del tubo digestivo consta de cinco hormonas: secretina, gastrina, colecistocinina, polipéptido inhibidor gástrico y motilina.

#### Secretina.

Bayliss y Starling descubrieron la secretina en 1902; fue la primera hormona peptídica digestiva que se identificó. Segregan la secretina las células S del duodeno y de la parte superior del yeyuno en respuesta a la grasa, las proteínas, el ácido del estómago, los ácidos biliares y los extractos de hierbas. En cuanto a su función, la secretina estimula las secreciones pancreáticas endocrinas y biliares de agua y bicarbonato, así como las de moco gástrico y pepsinógeno, además, estimula las secreciones de insulina, glucagón y somatostatina.

#### Gastrina.

La gastrina (G), una hormona secretada por las células G del píloro, el antro y el duodeno, en respuesta a la presencia de proteínas y a la distensión del estómago, fue descubierta en 1905 por John Sidney Atkins. Su acción más importante es la de aumentar la secreción ácida del estómago.

#### Colecistocinina

Ivy y Oldberg descubrieron la colecistocinina (CCC) en 1928; se trata de una hormona secretada por las células endocrinas I y las neuronas entéricas del duodeno y el yeyuno

como respuesta a las grasas y las proteínas. Su acción principal es estimular el vaciado de la vesícula biliar y la secreción de enzimas pancreáticas.

Polipéptido inhibidor gástrico (PIG).

Este polipéptido fue descubierto en 1969 por Brown y colegas. El PIG se incluye como una enterogastrona debido a su capacidad de disminuir la velocidad de vaciado del estómago. Enterogastrona es un término colectivo referido a cualquier hormona o sustancia reguladora que enlentece el movimiento de la ingesta, especialmente entre el estómago y el intestino.

Motilina

La motilina fue descubierta por Brown y colegas en 1973. Las células M (o Mo) del duodeno y, en menor medida el yeyuno, secretan este péptido. La motilina actúa sobre los músculos y también sobre los nervios para regular el complejo motor migratorio (CMM), que es el patrón básico de la motilidad intestinal durante los períodos entre comidas y que se interrumpe como consecuencia de la ingestión.

## 2.5 Digestión en carnívoros

La principal función del tubo digestivo es degradar los componentes de los alimentos y asimilar sus nutrientes. Este proceso se inicia en la boca, la cual segrega saliva durante la masticación de los alimentos. Tanto el gato como el perro cuentan con cuatro pares de glándulas salivares: las parótidas, situadas delante de cada oreja, las sublinguales, ubicadas bajo la lengua, las submaxilares (o mandibulares), que se encuentran debajo de la mandíbula inferior y las zigomáticas, situadas sobre la mandíbula superior, debajo del ojo. La saliva lubrica los alimentos para facilitar su paso y, en el perro, también sirve de refrigerante por evaporación durante el jadeo. A diferencia de los humanos, los perros y los gatos carecen del enzima  $\alpha$ -amilasa, que inicia el proceso de descomposición del almidón.

El movimiento peristáltico que se inicia en la faringe sigue en el esófago a través del esfínter gastroesofágico, principal movimiento peristáltico de deglución. En el perro, la velocidad de deglución de los líquidos oscila entre los 80 y los 100 cm<sup>3</sup> por segundo,

mientras que en el gato es de sólo 1 a 2 cm por segundo. Tal vez ello explique la tendencia de los gatos a desarrollar esofagitis si se administran pastillas por vía oral sin agua, ya que se ha demostrado que las pastillas tienden a quedarse en el esófago.

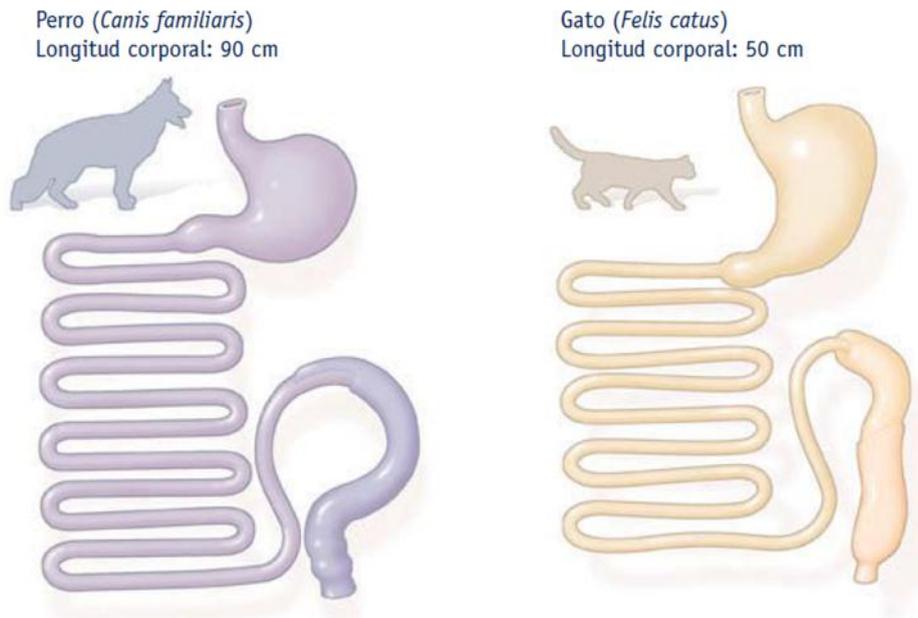
El esófago del perro contiene dos músculos oblicuos estriados que lo recorren en toda su longitud. En el caso del gato, la túnica muscular consiste en un músculo estriado, pero la sección abdominal y torácica caudal contiene una cantidad cada vez más elevada de músculo liso, hasta los últimos 2 o 3 cm del esófago, que es sólo músculo liso. Tal vez este hecho explique las diferencias que presentan sus respectivas degluciones.

El esfínter gastroesofágico (EGE) es importante para mantener una zona de alta presión entre el esófago y el estómago para evitar que se produzca un reflujo del contenido gástrico hacia el esófago. Las comidas proteicas hacen aumentar la presión, seguramente debido al aumento de la gastrina. Las grasas hacen disminuir la presión del EGE debido al aumento de la estimulación de la colecistoquinina y a la inhibición del aumento producida por la gastrina.

El estómago está situado a la izquierda del plano medio del cuerpo. Cuando está vacío se encuentra dentro del arco costal y un estómago vacío normal no puede palparse con un examen físico. Incluso cuando está lleno. Anatómicamente, el estómago se divide en cinco regiones: cardias, fundus, cuerpo, antro y píloro. Fisiológicamente, el estómago tiene una parte proximal que almacena los alimentos de manera temporal y una parte distal, que regula la liberación de ácido clorhídrico, tritura las partículas de comida y controla el vaciado del estómago. El fundus se dilata en respuesta a la entrada de alimentos en una relajación receptora que desemboca en un descenso de la actividad motora y de la presión fúndica.

Los principales enzimas digestivos del estómago del perro son la pepsina y la lipasa. La pepsina inicia la digestión de las proteínas y las convierte en péptidos, y desarrolla su función en condiciones óptimas cuando el pH es de 2,0, de modo que su función disminuye cuando los alimentos llegan al intestino delgado. Su actividad es más importante en la digestión de las proteínas cárnicas que en las vegetales. De ahí que, según la dieta del perro, la pepsina sea más importante para el gato que para el perro. La lipasa gástrica

contribuye a descomponer los ácidos grasos de cadena larga, pero, comparada con la lipasa pancreática, su contribución resulta muy pequeña.



El píloro y el antro funcionan como una sola unidad que regula el vaciado de los alimentos sólidos. En el caso del perro, las partículas alimentarias suelen medir menos de 2 mm antes de pasar por el píloro

La mayor parte de la digestión enzimática de los alimentos se produce en el intestino delgado, que se divide en duodeno, yeyuno e íleon, a pesar que esta división no responde a ninguna distinción anatómica entre las partes. El intestino delgado del perro presenta una longitud que oscila entre los 1,8 y los 4,8 m, y el del gato mide aproximadamente 1,3 m.

Al igual que el esófago y el estómago, el intestino contiene capas mucosas, submucosas y musculares. Las mucosas consisten en una única capa de células epiteliales que tienen debajo la lámina propia. Por todas las células epiteliales se encuentran repartidas las células caliciformes, productoras de mucosidad. La superficie luminal consta de un ribete en cepillo compuesto por microvellosidades que aumentan la superficie de digestión y

absorción. Las microvellosidades intestinales contienen asimismo proteínas que transportan otras sustancias como el calcio, el hierro y la cobalamina. Entre las vellosidades están las criptas de Lieberkühn, que contienen células inmaduras o células madre que al madurar transforman las vellosidades en células epiteliales vellosas completamente diferenciadas.

Una cantidad elevada de bacterias, un trauma físico o un trauma químico pueden acortar la supervivencia celular epitelial y provocar atrofia vellosa. Los medicamentos que interfieren con la multiplicación celular (p. ej. muchos medicamentos de quimioterapia) impiden la renovación celular normal, igual que lo hace el ayuno. Un déficit de vitamina B12 (cobalamina) o de folatos también provoca la atrofia de las mucosas. La conservación de la capa mucosa es vital para la función protectora del intestino, que evita la aparición sistémica de bacterias u otros agentes perjudiciales dentro del intestino.

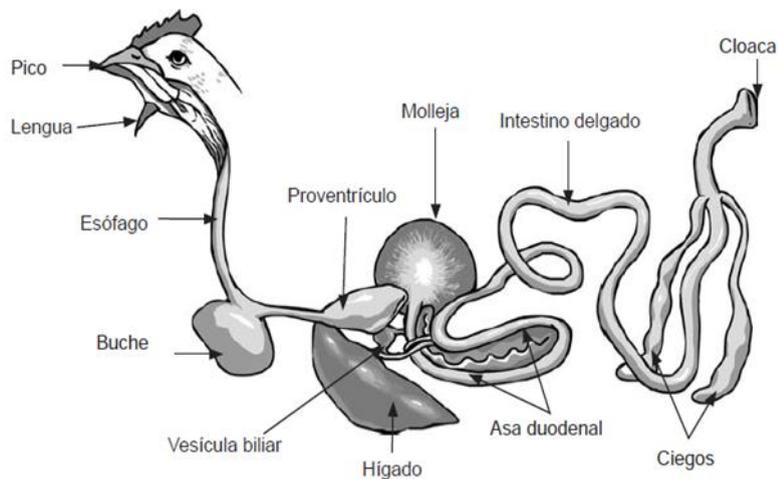
La duración de la transmisión de los alimentos al intestino delgado en el perro parece oscilar entre una y dos horas y en el gato, entre dos y tres horas. El páncreas secreta enzimas fundamentales para la digestión de los hidratos de carbono, las proteínas y los lípidos. Muchos de ellos son secretados como precursores inactivos como la tripsina, la quimotripsina y la carboxilpeptidasa, que se activan dentro del intestino delgado.

El intestino grueso está compuesto por el colon, el ciego y el recto. El de un perro de tamaño medio tiene una longitud de 0,6 metros y el del gato adulto de unos 0,4 m. La principal función del colon es la absorción de electrolitos y agua, y la fermentación bacteriana de los nutrientes que no han sido absorbidos. Aunque el colon no tiene vellosidades, contiene criptas de Lieberkühn, que secretan una mucosidad alcalina. En los gatos, el colon ascendente se vacía con bastante rapidez y el colon transversal es la zona más importante a la hora de mezclar, almacenar y secar los alimentos ingeridos. El colon transversal del gato presenta una cantidad considerable de peristaltismo inverso, lo cual responde a su función mezcladora.

## **2.6 Sistema Digestivo En Las Aves**

Los órganos digestivos de las aves son diferentes a los de mamíferos. El sistema digestivo está conformado por:

- Lengua
- Esófago
- Bucho o divertículo
- Proventrículo o estómago glandular
- Molleja o estómago muscular
- Intestino delgado
- Intestino grueso
- Cloaca
- Glándulas anexas



Las aves carecen de paladar blando, por lo tanto su faringe no está dividida y el orificio que conecta la faringe y la cavidad nasal no es vertical al paladar duro. El tamaño y forma del pico están adaptados al tipo de alimento que consumen las aves y a como lo

manipulan. El pico está formado por keratina y a medida que se desgasta va creciendo y se va reemplazando.

A través del esófago que está ubicado a lo largo del lado inferior del cuello, sobre la tráquea. Sirve para conducir los alimentos desde el pico hasta el buche y de éste hasta el proventrículo. Es donde nace o se forma una cavidad muy dilatada llamada buche que sirve para guardar alimentos temporalmente. El estómago de las aves domésticas consta de 2 compartimientos o cavidades, que son:

- Proventrículo o estómago glandular. Conducto de tránsito para los alimentos que proceden del buche y que se dirigen hacia la molleja. Produce jugo gástrico que presenta pepsina y ácido clorhídrico.
- Molleja o estómago muscular Le sigue al proventrículo. Es muy grande, tiene forma redondeada y lados planos. Realiza la digestión mecánica y el transporte de los alimentos al intestino.

Función: Comprimir, triturar, moler y pulverizar los alimentos.

#### Intestino delgado

Se extiende desde la molleja al origen de los ciegos, su forma es tubular, es de tamaño largo según la especie.

#### Cloaca

Es la cavidad final donde salen las heces fecales. Se divide en dos compartimientos: Urodeum (tracto final del urinario y genital) y Coprodeum (tracto final del digestivo). La cloaca expulsa al exterior una materia fecal verdosa, frecuentemente mezclada con ácido úrico de color blanco.

#### Órganos Accesorios

- Hígado. Está suspendido por el peritoneo en las cavidades dorsal derecha e izquierda. Es un órgano para el mantenimiento de la salud de las aves.
- Páncreas. Produce enzimas que vierte al duodeno a través de uno, dos o tres conductos. Entre las enzimas del jugo pancreático se encuentran: Amilasas, Lipasa, Tripsina.

- Vesícula Biliar. Órgano localizado por debajo del hígado. La función es almacenar y concentrar la bilis segregada por el hígado.

## 2.7 Sistema Digestivo en Rumiantes

Su digestión está determinada por la presencia de un sinnúmero de microorganismos que conforman la flora ruminal. La primera porción del conducto alimenticio está formado por la boca, que contiene la lengua y los dientes. La lengua de los rumiantes es especialmente larga en su porción libre y cubierta por diferentes tipos de papilas, ésta sale de la boca, rodea al pasto y lo atrae hacia adentro.

La dentadura de los rumiantes carece de caninos e incisivos en el maxilar superior y éstos están reemplazados por una almohadilla carnosa. Los incisivos inferiores están implantados en forma no rígida de modo de no lastimar la almohadilla. Los incisivos sujetan entonces el pasto contra el rodete superior y el animal corta el bocado mediante una movimiento de cabeza. El rumiante posee distintos tipos de glándulas (parótidas, molares, bucales, palatinas, sublingual, submaxilar, labial, faríngea) pero se pueden clasificar según el tipo de secreción en mucígenas y alcalígenas. La secreción mucilaginosas tiene por objeto humedecer el bolo y facilitar la masticación y la deglución mientras que la saliva alcalina, formada especialmente por carbonatos, bicarbonatos y fosfatos mantiene el pH del rumen en un rango estrecho, cercano a la neutralidad, y actúa del mismo modo que el bicarbonato que se toma habitualmente para evitar la acidez estomacal. Además la saliva contiene urea lo que permite mantener un nivel de nitrógeno más o menos constante en el rumen.

### Esófago

El bolo deglutido pasa junto con la saliva a la faringe que es un pasaje común a las vías respiratorias y digestivas y baja al estómago por el esófago. Su longitud aproximada es de 0,90 a 1,05 metros y su diámetro potencial en la misma especie de 5 a 7 cms. Está formado por 3 capas de las cuales la intermedia muscular, produce ondas que facilitan el traslado del bolo.

### Rumen y retículo

En los rumiantes este saco se halla dividido en cuatro compartimentos denominados rumen, retículo, omaso y abomaso. El rumen es un saco formado por una membrana mucosa recubierto por un epitelio escamoso, estratificado y cornificado que representa papilas y rodeado por una capa muscular que es la que produce las contracciones. En su interior presenta pliegues o pilares que los dividen en cinco sacos. El bolo llega entonces al cardias, este se abre y el alimento entra al retículo. Desde acá el bolo se moverá por contracciones de las capas musculares que rodean el rumen.

Los microorganismos del rumen son esencialmente bacterias y protozoarios. Las primeras son las más importantes y su concentración puede llegar a cien mil millones por centímetro cúbico. La concentración y el tipo de bacterias depende de la dieta pues si bien están presentes siempre muy variadas especies, el porcentaje en que se halla cada una de ellas es muy variable. Se puede considerar al rumen como una enorme cuba de fermentación, con condiciones de temperatura constante (39°C, 1°C más que la temperatura del animal debido al calor desprendido por la fermentación), y anaerobiosis.

La acidez es más variable pues los productos finales de la acción bacteriana son ácidos grasos volátiles (acéticos, propiónico y butírico) los cuales son neutralizados por la saliva. Si el alimento es muy digestible, la gran producción de ácidos grasos volátiles no alcanza a ser neutralizada. mientras que con dietas de mayor contenido en celulosa la producción de ácido es más lenta y la producción de saliva mayor de modo que el pH se mantiene aproximadamente en 6,8. También se sintetizan en el rumen todas las vitaminas del grupo B y la K, haciendo al animal independiente de su aporte por la dieta.

### Rumia

La rumia es la función característica del rumiante y consiste en la regurgitación de digesta del retículo a la boca. El estímulo para iniciar la rumia es el contacto de partículas gruesas en la pared ruminal. La remasticación dura de 25 a 60 segundos y consiste en 30 a 80 movimientos de mandíbula. El tiempo total dedicado a la rumia depende del tipo de dieta, siendo muy pequeño en dieta con gran contenido de grano y mayor tratándose de alimentos con mucha fibra. El tiempo normal oscila entre 7 y 11 horas por día.

En el rumen, contrariamente a lo que sucede en el estómago de los monogástricos, se produce absorción de los productos de la digestión, en este caso ácidos grasos volátiles.

#### Librillo u omaso

Se caracteriza por sus pliegues, las láminas del librillo ( $\pm 100$ ) cubiertas de papilas córneas. Acá se produce la absorción de líquidos a fin de que el material llegue más concentrado al cuajar y no se diluyan las enzimas.

#### Cuajar o abomaso

Es semejante al estómago de los monogástricos pero con más forma de tubo. Segrega ácido clorhídrico y pepsina que ataca las proteínas. Se digieren aquí las bacterias y los protozoarios formados en el rumen. El pH oscila entre 2 y 3, acidez óptima para la acción de la pepsina.

#### Intestino

No presenta mayores diferencias con el de los herbívoros no rumiantes salvo el intestino grueso que tiene menor desarrollo ya que la mayor parte de la fermentación bacteriana se produjo en el rumen, En el intestino se terminan de digerir las proteínas, se digieren las grasas y se absorben todos los productos finales de la digestión. Esto se ve facilitado por la gran longitud del intestino.

## 2.8 Sistema Respiratorio

Los órganos esenciales de la respiración son los pulmones, en los que se lleva a cabo el intercambio gaseoso entre el aire inspirado y el torrente sanguíneo. Los órganos accesorios comprenden los órganos, tubulares o no, a través de los cuales el aire es conducido hacia los pulmones y expelido desde ellos hacia el exterior. Entre tales órganos se incluye la nariz, aunque ésta puede considerarse alternativamente en los órganos de los sentidos especiales, ya que ha evolucionado como el órgano de la olfacción. La faringe, en la cual se cruzan la vía respiratoria y la vía digestiva, se considera más adecuadamente dentro de los órganos digestivos, aunque su porción dorsal (nasofaringe) es

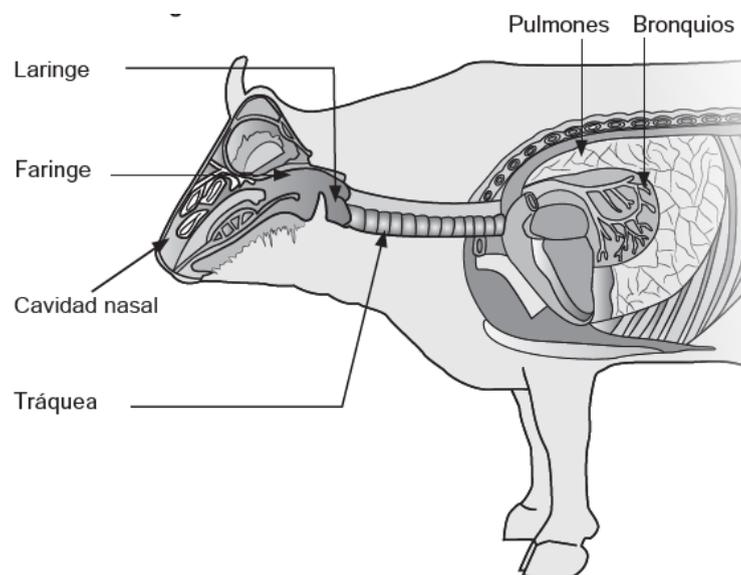
exclusivamente una vía respiratoria. A la descripción de la anatomía del animal adulto sigue un breve comentario sobre el desarrollo.

La principal función del aparato respiratorio es el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el entorno y los tejidos. El aparato respiratorio aporta oxígeno (O<sub>2</sub>) para mantener el metabolismo tisular y elimina el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

## 2.9 Órganos que componen el sistema respiratorio

### Nariz

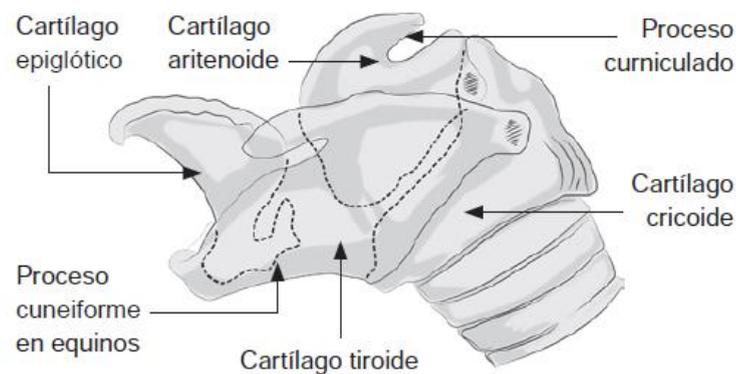
En el sentido amplio del término, comprende la nariz externa, el par de cavidades nasales y los senos paranasales. Sus límites son: huesos paranasales (dorsal), huesos maxilares (lateral) y huesos palatinos (ventral). La función es purificar, calentar y humedecer el oxígeno antes de ponerse contacto con el tejido del pulmón. Las cavidades derecha e izquierda están divididas por el septo (tabique) nasal, que es en gran parte cartilaginoso, pero que está osificado en su parte más caudal (la lámina perpendicular del hueso etmoides).



### Laringe

La laringe forma la conexión entre la faringe y el árbol traqueobronquial. Se encuentra por debajo de la faringe y por detrás de la boca, suspendida de la base del cráneo por el aparato hioideo. Los cartílagos principales cuya presencia es constante comprenden los cartílagos epiglótico, tiroideo y cricoide, que son de posición mediana (y por lo tanto impares), y los cartílagos aritenoides, pares.

La laringe se desarrolló originalmente como un dispositivo para proteger los pasajes respiratorios inferiores contra la “inundación” (por saliva, agua o alimento). La protección sigue siendo su función primaria, aunque la fonación, es decir, la producción de voz, es la función que con mayor frecuencia viene a la mente.



### Faringe

Es un órgano tubular de aspecto cónico que comunica la cavidad nasal y la boca con la laringe. Es una zona de paso mixta para el alimento y el aire respirado.

### Tráquea

La tráquea y los bronquios forman un sistema continuo de tubos que conducen aire entre la laringe y los pasajes más pequeños (bronquiolos) en los pulmones. Una y otros tienen una constitución muy similar y en su conjunto se conocen como árbol traqueobronquial. Los bronquios principales entran con rapidez en los pulmones, en los cuales se ramifican conforme a un patrón. La pared de la tráquea se compone de una mucosa interna, una capa media fibrocartilaginosa y una adventicia (en el cuello) o serosa (en el tórax). Contiene glándulas tanto unicelulares como multicelulares que producen una cubierta protectora de moco que está en movimiento continuo hacia la laringe por la acción ciliar del epitelio. La cubierta fibrocartilaginosa se compone de numerosas bandas de cartilago que se doblan para formar “anillos” incompletos dorsalmente, en donde los extremos pueden no llegar a unirse o pueden superponerse.

## **Pleura**

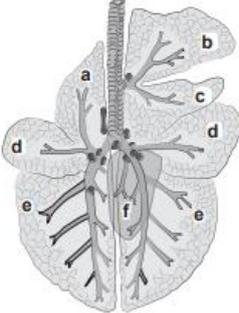
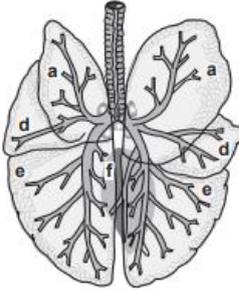
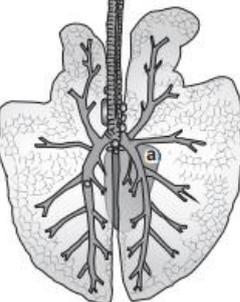
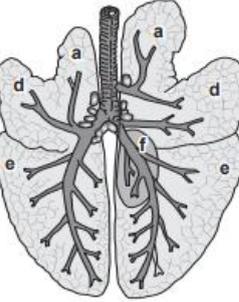
Cada pulmón está recubierto por una membrana serosa, la pleura, la cual también reviste la “mitad” correspondiente de la cavidad torácica. Por ello, existen dos membranas pleurales, cada una dispuesta como un saco invaginado cerrado. El espacio entre los sacos derecho e izquierdo forma el mediastino, una división más o menos mediana en el tórax, dentro de la cual se sitúan el corazón y los demás órganos torácicos. El saco pleural es siempre más grande que el pulmón, y en algunas regiones las superficies craneales de la pleura parietal están aplicadas de forma directa una sobre otra. Un pliegue especial de la pleura (pliegue de la vena cava) del saco derecho se extiende entre el diafragma y el pericardio y lleva la vena cava caudal en su borde dorsal libre. Esta división triangular ayuda a definir una fosa dentro de la cual se dispone el lóbulo accesorio del pulmón derecho.

## **Pulmones**

Los pulmones derecho e izquierdo están invaginados cada uno dentro del saco pleural correspondiente y están libres, excepto en las raíces, en donde se fijan al mediastino. No tienen tamaño fijo o forma, ya que se adaptan a los cambios respiratorios en las dimensiones del tórax. Los pulmones se mantienen expandidos por la presión del aire dentro del árbol respiratorio y, al ser elásticos, se retraen y se colapsan en cuanto el aire entra en las cavidades pleurales debido a traumatismo, cirugía o disección.

Los dos pulmones son parecidos desde el punto de vista macroscópico y se reflejan entre sí en la forma, aunque el derecho es siempre más grande; esta asimetría, debida parcialmente a la posición sesgada del corazón, es más evidente en los pulmones del bovino. La raíz del pulmón, situada dorsalmente a la impresión cardiaca, está formada por la agrupación del bronquio principal y la arteria pulmonar, las venas y los linfáticos pulmonares y los nervios dentro de una cubierta de pleura proporcionada por el repliegue de la pleura mediastínica sobre el pulmón. Todos los mamíferos domésticos tienen dos lóbulos en el pulmón izquierdo; y todos tienen cuatro lóbulos en el pulmón derecho, excepto el caballo, que tiene tres lóbulos. Las fisuras son mucho más profundas en los pulmones del perro y el gato que en los de otras especies, pero es difícil encontrar una importancia funcional convincente en tales diferencias.

El grueso de la porción sólida pulmonar la proporcionan los bronquios, los vasos pulmonares y el tejido conectivo peribronquial y perivascular. La estructura de los bronquios principales recuerda a la de la tráquea, pero con cada división sucesiva los cartílagos de sostén se vuelven más pequeños y más irregulares, mientras que el músculo se expande hasta encerrar la luz por todos lados. Las arterias pulmonares siguen en general a los bronquios, mientras que las venas pulmonares a veces corren por separado.

Diferencias anatómicas de los pulmones en los animales domésticos			
Bovino	Canino	Equino	Porcino
			
Lóbulos			
(a) Lóbulo craneal (b) Parte craneal (c) Parte caudal (d) Lóbulo medio (e) Lóbulo caudal (f) Lóbulo accesorio	a. Lóbulo craneal d. Lóbulo medio e. Lóbulo caudal f. Lóbulo accesorio	a. Lóbulo intermedio	a. Lóbulo craneal d. Lóbulo medio e. Lóbulo caudal f. Lóbulo accesorio
Peso			
3.5 Kg	Variable según la raza	6.0 Kg	1.0 Kg

De la aorta nace una serie de arterias bronquiales para irrigar los bronquios y el tejido conectivo asociado completamente independiente de las arterias pulmonares. Una serie correspondiente de venas bronquiales puede devolver esa sangre a la aurícula derecha a través de la vena ácigos, pero a menudo el flujo bronquial regresa por completo al atrio izquierdo. Los nervios que llegan a los pulmones se distribuyen a través de un plexo nervioso pulmonar dentro del mediastino, al que contribuyen tanto fibras simpáticas como parasimpáticas (vagales). Las fibras eferentes pasan a las glándulas y la musculatura de los bronquios y a los vasos sanguíneos. Las fibras aferentes llegan desde la mucosa bronquial (el reflejo tusígeno), desde los vasos y desde los receptores de estiramiento.

### Alvéolos

Los alvéolos Los alvéolos pulmonares son los divertículos (bolsa) terminales del árbol bronquial. En ellos se produce el intercambio gaseoso entre el oxígeno inspirado y el dióxido de carbono exhalado.

## 2.10 Desarrollo Del Sistema Respiratorio

Laringe, tráquea y pulmones tienen un origen común en una evaginación ventral del intestino anterior, directamente caudal al segundo de los dos engrosamientos que forman la lengua. El primordio se extiende caudalmente como un surco (traqueobronquial) en el piso faringoesofágico; el surco se convierte luego en un tubo por la invaginación y fusión de sus labios; la fusión se inicia caudalmente y se extiende hacia craneal hasta que el esófago y la faringe se separan del aparato respiratorio, excepto por una pequeña abertura craneal que permanece como la entrada a la laringe.

Es importante el hecho de que el desarrollo inicial tenga la forma de un surco, y no de un tubo, ya que explica la amplia variedad de comunicaciones entre el esófago y la tráquea que pueden presentarse como anomalías congénitas cuando el proceso de división no ha tenido éxito de manera local. La diferenciación posterior de la laringe incluye la aparición de los distintos cartílagos y músculos por medio de la condensación y la diferenciación del mesodermo de los arcos faríngeos vecinos. La epiglotis tiene origen un poco distinto, ya que se desarrolla como una división caudal del segundo de los dos engrosamientos medios que dan nacimiento a la lengua. Después de la separación del esófago, el extremo caudal del tracto respiratorio crece hacia ventral del cuello y pasa a ubicarse en el mesodermo medio que se interpone entre las dos prolongaciones del celoma que se extienden hacia craneal y que más tarde se convertirán en las cavidades pleurales. El vértice del tracto respiratorio se divide en los dos primordios pulmonares, cuya división posterior primero reproducirá el patrón del árbol bronquial y luego creará los pasajes respiratorios más pequeños que continúan a los bronquios. En los bebés humanos el tallo bronquial ha experimentado unas 18 divisiones en el momento del nacimiento; sin

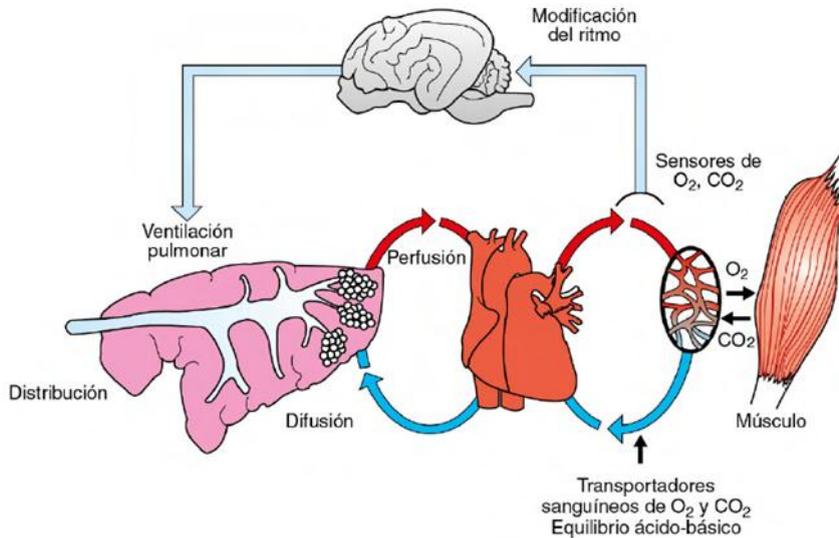
embargo, el proceso todavía no está terminado, y durante la infancia se añadirán nuevas divisiones. Las ramas de las yemas pulmonares se van revistiendo de mesodermo esplácnico, dentro del cual se abren paso, y es este mesodermo el que forma los tejidos de los órganos respiratorios distintos del epitelio de revestimiento (el cual es, desde luego, proporcionado por el endodermo del intestino anterior).

El desarrollo histológico de los pulmones comprende tres fases que se denominan según las características microscópicas dominantes: la primera fase (glandular) establece el patrón bronquial; la segunda fase (canalicular) establece la porción respiratoria del pulmón; y la tercera y última fase (alveolar) está implicada en el desarrollo de los alvéolos. La producción de surfactante, una sustancia secretada por ciertas células alveolares y que es necesaria para reducir la tensión superficial, a fin de permitir la expansión alveolar cuando comienza la respiración, ocurre más tarde. El síndrome de insuficiencia respiratoria del recién nacido está asociado con la falta de madurez de esta característica del desarrollo.

## **2.11 Fisiología De La Respiración**

La respiración es un proceso indispensable para los animales, el sistema respiratorio capta el oxígeno del medio y lo transporta hacia los pulmones; a través de la hematosis el oxígeno pasa a la sangre y unido a la hemoglobina viaja hacia los tejidos del organismo donde se realizan múltiples procesos metabólicos. Posteriormente a este proceso el dióxido de carbono deberá ser eliminado del organismo, es transportado por la circulación sanguínea y luego eliminado por los pulmones y así este proceso se repite constantemente en los organismos. El consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono varían en función del índice metabólico, que, a su vez, depende del nivel de

actividad del animal. La consecuencia de esta relación es que las especies más pequeñas consumen más oxígeno por kilogramo de masa corporal que las de mayor tamaño. Esta diferencia se debe en gran medida a la necesidad metabólica de mantener una temperatura corporal constante.



El proceso de la respiración se divide en las siguientes etapas:

- I. Ventilación pulmonar. La ventilación es el movimiento de entrada y salida de gas al pulmón. El animal cubre la demanda metabólica de oxígeno inspirando un cierto volumen de aire cada minuto. El aire fluye hasta los alvéolos atravesando las fosas nasales, cavidad nasal, faringe, laringe, tráquea, bronquios y bronquiolos. Estas estructuras forman las vías respiratorias.

Dado que el intercambio de gases no se produce en ellas, también se denominan espacio muerto anatómico. También puede existir espacio muerto en los propios alvéolos, conocido como espacio muerto alveolar, y en el que una irrigación alveolar deficiente impide un intercambio gaseoso adecuado. La suma del espacio muerto anatómico y alveolar se denomina espacio muerto fisiológico. La ventilación alveolar se regula mediante mecanismos de control que ajustan la captación de O<sub>2</sub> y la eliminación de CO<sub>2</sub> a las necesidades metabólicas. Por tanto, cuando un animal realiza ejercicio, su ventilación alveolar aumenta para captar más O<sub>2</sub> y eliminar más CO<sub>2</sub>.

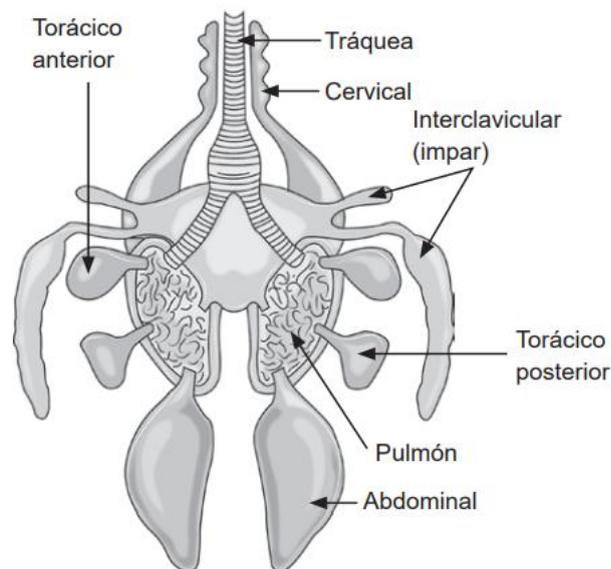
La ventilación requiere energía muscular. La inspiración se produce cuando los músculos respiratorios se contraen para expandir el tórax, arrastrando al pulmón y creando una presión alveolar subatmosférica que hace que el aire entre en las vías respiratorias. Durante la espiración, la energía elástica almacenada en los pulmones y tórax expandidos hace que disminuya su volumen, lo que provoca un aumento de la presión alveolar que impulsa el aire fuera del aparato respiratorio. Por tanto, en la mayoría de los animales en reposo, la espiración no exige un esfuerzo muscular. La excepción son los caballos ya que presentan una fase activa durante la espiración, incluso en reposo.

El diafragma, el más importante de los músculos inspiratorios, es un músculo laminar, en forma de cúpula musculotendinosa que separa el abdomen del tórax, inervado por el nervio frénico. Los músculos intercostales externos también están activos durante la inspiración. Sus fibras musculares se dirigen caudoventralmente desde el borde caudal de una costilla al extremo craneal de la siguiente, por lo que su contracción desplaza las costillas cranealmente y hacia el exterior. La presión subatmosférica generada en el tracto respiratorio durante la inspiración tiende a colapsar las fosas nasales, la faringe y la laringe. La contracción de los músculos abductores unidos a esas estructuras es esencial para impedir el colapso, y se puede observar durante la inhalación por la dilatación de los ollares. Los principales músculos espiratorios son los abdominales y los intercostales internos.

2. Intercambio gaseoso. El intercambio gaseoso óptimo requiere poner en contacto el aire y la sangre en el alvéolo, es decir, el ajuste adecuado entre ventilación y aporte sanguíneo. Es obvio que dicho intercambio no se puede producir si un alvéolo recibe aporte sanguíneo pero no tiene la ventilación adecuada, y viceversa. La distribución de la ventilación es siempre desigual, diferencias que se ven aumentadas en estados patológicos.
3. Transporte de gases. El oxígeno y el dióxido de carbono se transporta a través de la sangre.
4. Respiración celular. Esto ocurre entre la sangre y los tejidos.

En mamíferos, los pulmones muestran gran desarrollo de su superficie interna. Una serie de tubos ramificados transporta el aire a los alveolos, que son los lugares donde se produce el intercambio gaseoso con la sangre.

El sistema respiratorio de las aves es bastante diferente al de los mamíferos, debido a que poseen sacos aéreos y pueden volar. El vuelo exige al animal un mayor aprovechamiento del oxígeno respirado. Los sacos aéreos son órganos únicos de las aves, que se ubican en la caja torácica. Se llenan y vacían de aire con cada inspiración y espiración. En ellos, no hay intercambio gaseoso.



Sus funciones son aumentar la ligereza del ave, ayudar en la respiración y evitar un aumento excesivo de la temperatura ocasionado por el vuelo. El número varía según el tipo de ave: de 7 a 14 sacos aéreos. El promedio es 9: uno interclavicular, dos cervicales, dos en la zona anterior del tórax, dos en la posterior y dos abdominales.

## UNIDAD III ANATOMIA Y FISIOLÓGÍA DE APARATOS Y SISTEMAS PARTE 2

### 3.1 Aparato Reproductor De La Hembra

Es de estructura tubular, con algunas modificaciones anatómicas. Fisiológicamente, tiene un propósito durante el ciclo estral, la gestación y el parto. El aparato reproductor está constituido por órganos internos y externos. Los órganos internos son los ovarios (glándula sexual femenina) y una serie de conductos (oviducto, útero, cérvix y vagina). Los órganos externos son vestíbulo y la vulva.

**Ovarios** Es el órgano genital femenino más importante, produce células germinales (óvulos), hormonas sexuales (estrógeno y progesterona). Su ubicación es simétrica detrás del riñón y con una forma típica según las especies.

Presenta una estructura fuertemente unida al resto del aparato, mediante el llamado mesovario, que es un ligamento derivado del ligamento ancho del utero, a través del cual llega al ovario una abundante irrigación sanguínea. En los ovarios es posible evidenciar dos tipos de estructuras: i) Los folículos: son estructuras llenos de fluidos, que contienen los óvulos en desarrollo. El folículo maduro produce estrógeno. ii) Cuerpo lúteo: es una cavidad llena de fluidos, con pared más gruesa, por lo tanto tendrá una textura más tosca al tacto, se forma a partir del folículo liberador de óvulo y produce progesterona para mantener la preñez.

**Tabla 6: Características externas de los ovarios por especie**

Especie	Yegua	Vaca	Oveja	Cerda	Perra
Forma	 Arriñonada alargada	 Oval	 Almendrada u oval	 Redonda	 Alargada, aplanada y oval
Peso (gr)	70 - 90	11 - 18	2 - 3	8 - 1.6	3 -12
Tamaño (cm)	Largo	7.5	3.53	2.5	2.5
	Alto	2.5	2.5	0.5	1.25
	Ancho	3.75	1.25		
Posición	Ventral 4° - 5° V.L. El izquierdo es más caudal al derecho  A 50 - 55 cm de la vulva	Pared lateral entrada de la pelvis  A 40 - 45 cm de la vulva	17.5 cm vulva	17.5 cm vulva	Ventral V.L. 3° - 4°

### Oviductos

Son estructuras tubulares pares que unen los ovarios y los cuernos uterinos. Están divididos en tres partes: i) Infundíbulo: es una estructura en forma de embudo, la cual a través de las fimbrias abraza el ovario y atrapa el óvulo después de la ovulación.

ii) Ámpula: es la porción media del oviducto y constituye el lugar donde se da la fecundación. iii) Istmo: parte del oviducto por donde el embrión viaja después de la fecundación para llegar al cuerno uterino. También funciona como reservorio de semen (unión uterotubal). El ligamento que sostiene al oviducto dentro de la cavidad pelviana se llama mesosalpinx.

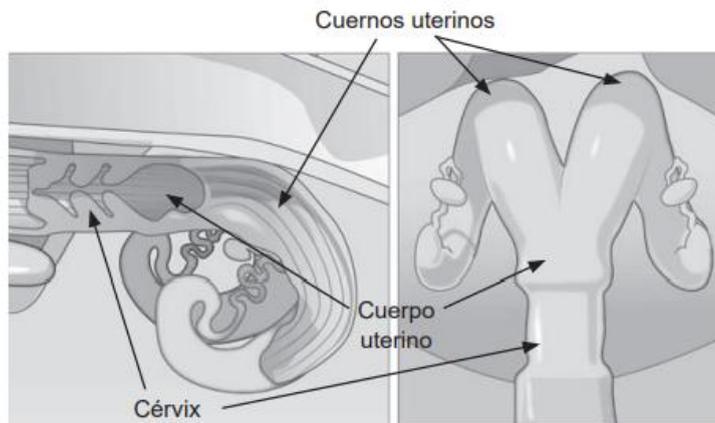
### Útero

Está dividido en tres partes:

- Cuernos uterinos
- Cuerpo uterino
- Cuello uterino o cérvix

#### Cuernos uterinos

Estructuras del órgano reproductor femenino más desarrolladas en las especies domésticas, normalmente son convexas en la parte superior y cóncavas en la parte inferior. Se presentan enrollados y en el borde de la cavidad pelviana, colgantes hacia la cavidad abdominal. Están sujetos por una estructura ligamentosa llamada mesometrio.



Tienen una estructura característica de tejido conectivo y de tejido muscular muy desarrollado. Internamente, el cuerno tiene una estructura vascular importante pues debe alimentar una capa interna de mucosa con mucha actividad, que está formada por células de tipo glandular y ciliado las cuales favorecen la anidación del embrión y ascenso del espermatozoide.

#### Cuerpo uterino

Comienza con la unión de ambos cuernos y termina en el cérvix, dorsalmente al útero encontramos el recto y ventralmente la vejiga urinaria, presenta una sección elíptica y una estructura similar a los cuernos. Internamente, su mucosa favorece la anidación embrionaria, dando lugar a la secreción de una sustancia blanca y viscosa llamada leche uterina que servirá para alimentar al embrión en la primera fase, antes de la formación de la placenta.

#### Cuello uterino o cérvix.

Se presenta como una estructura alargada y estrecha que tiene dos funciones: por un lado permite la entrada de los espermatozoides para buscar al óvulo y por otro lado permitir la salida del feto en el parto. La abertura final del cuello está formada por tres pliegues o labios carnosos, uno transversal y dos oblicuos que dan lugar a una estructura característica llamada flor radiada.

Funciones del útero:

- Sirve como sitio de transporte para los espermatozoides hacia el sitio de fecundación.
- Regula la vida del cuerpo lúteo a través de la producción de prostaglandina.
- Tiene un tejido secretor que produce la “leche uterina” que sirve de nutriente para el embrión durante las primeras etapas de la gestación.
- En los rumiantes, se encuentran alrededor de 100 a 120 carúnculas en el útero, estas carúnculas sirven de punto de conexión para la placenta durante la preñez (Carúncula + Cotiledón = Placentoma).
- Proveer el ambiente óptimo para el desarrollo fetal.
- Ayuda a la expulsión del feto y las membranas fetales

Vagina.

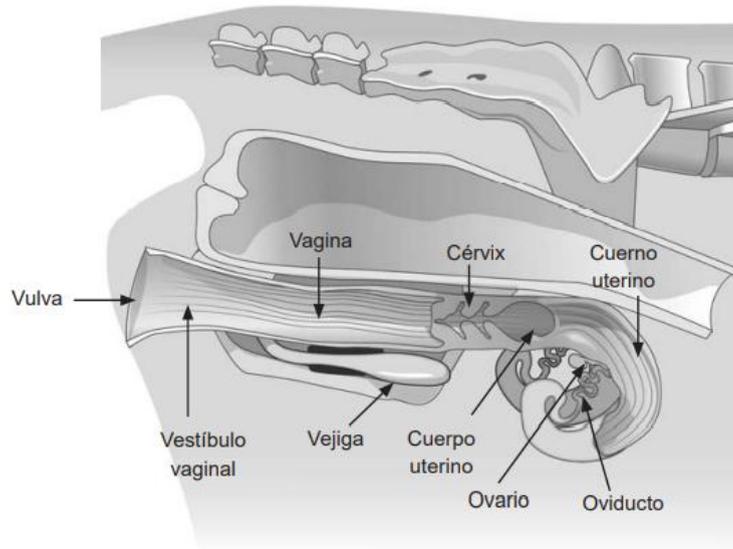
Normalmente está en el suelo de la cavidad pelviana, muy relacionada con el recto, la vejiga urinaria y el hueso de la pelvis; por lo que debe estar rodeada de una gran cantidad de tejido conectivo graso que evite el rozamiento con los huesos. Presenta una capa muscular muy importante que favorecerá la expulsión fetal en el parto. La salida de la vagina al exterior se produce a través de una estructura llamada vestíbulo y termina en la vulva, que es el órgano genital externo de la hembra.

Vestíbulo.

Estructura que se encuentra craneal a la vulva y es la unión de los órganos externos y los órganos internos, la vulva y el vestíbulo son las únicas estructuras compartidas por el sistema reproductor y el sistema urinario. En la parte ventral del vestíbulo se encuentra el orificio de salida de la vejiga urinaria o meato urinario.

Vulva.

Estructura formada por los labios y el clítoris. Es la apertura externa del aparato reproductor de la hembra, tiene tres funciones principales: dejar pasar la orina, permitir la cópula y sirve como parte del canal de parto. En la medida que el animal se acerque al celo al parto, la vulva se agranda y tomará una apariencia rojiza y húmeda.



### 3.2 Glándulas Mamarias

Son glándulas cutáneas modificadas, fisiológicamente funcionan acorde con los órganos del sistema reproductor. Se encuentran situadas en la parte ventral del tronco y según su localización pueden ser: pectorales, abdominales e inguinales.

En los caninos, porcinos y felinos, estas glándulas están situadas en dos filas, desde la región torácica hasta la inguinal, estas especies presentan glándulas mamarias pectorales, abdominales e inguinales. En los bovinos, equinos, ovinos y caprinos están situadas solo en la región inguinal. En los pequeños rumiantes (oveja y cabra) y en la yegua, aparece un complejo glandular par, simétricamente colocado a ambos lados del cuerpo; en la vaca se observa externamente la glándula dividida en dos partes, pero cada parte, a su vez, también está dividida en dos (pares) y en la cerda 6-7 pares de pezones. En la coneja aparecen entre 4 y 5 pares de glándulas mamarias.

Los tejidos básicos que forman la ubre son:

- Tejido secretor

- Tejido conectivo
- Tejido adiposo

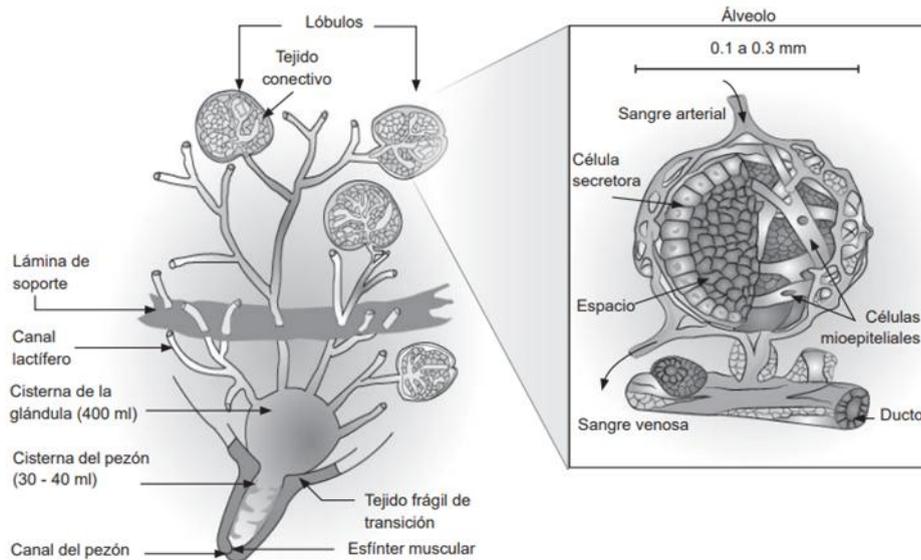
La ubre es conocida como una glándula exocrina, debido a que la leche es sintetizada en células especializadas agrupadas en alvéolos, y luego excretada fuera del cuerpo por medio de un sistema de conductos. El alvéolo es la unidad funcional de producción láctea. Los capilares sanguíneos y células mioepiteliales (células similares a las musculares) rodean el alvéolo, y la leche secretada se encuentra en la cavidad interna (lumen).

Las funciones del alvéolo son:

- Remover los nutrientes de la sangre.
- Transformar estos nutrientes en leche.
- Descargar la leche dentro del lumen.

Un grupo de 10 a 100 alvéolos forman un lóbulo y se encuentran organizados en unidades de mayor tamaño, que descargan la leche dentro de un conducto colector de mayor tamaño que conduce a la cisterna de la glándula, que descansa directamente encima del pezón. Entonces la ubre se encuentra compuesta de millones de alvéolos donde se secreta la leche. El pezón forma un pasadizo por medio del cual la leche puede ser extraída de la glándula. Posee una piel suave que lo recubre y un sistema muy rico de inervación e irrigación sanguínea.

La punta del pezón se cierra con un anillo de músculo liso o esfínter llamado canal del pezón. La glándula mamaria esta inervada por nervios inguinales y nervios del plexo mesentérico caudal del sistema simpático e irrigada por ramificaciones de la arteria pudenda externa. La producción de leche demanda de gran cantidad de nutrientes, traídos a la ubre por la sangre. Para producir 1 kg de leche, deben pasar por la ubre 400 a 500 kg de sangre.



### 3.4 Aparato Reproductor Del Macho

Anatomía y fisiología del aparato reproductor del macho Los machos de las distintas especies domésticas presentan aparatos reproductivos diferentes, adaptados a su morfología corporal, medio en que evolucionó y sus necesidades.

Dentro de esta diversidad, hay órganos que aunque poseen forma diferente, cumplen las mismas funciones en todas las especies. El aparato genital masculino consta de las siguientes partes:

- Testículos
- Conductos espermáticos
- Glándulas accesorias
- Órgano copulador

Testículos.

Son los principales órganos de la reproducción en los machos y se localizan en la región inguinal, son de forma oval. Los testículos del toro miden entre 10-16 cm de longitud, 4-9 cm de ancho y 5-8 cm de grosor; sin embargo, el tamaño depende de la edad, raza, especie y desarrollo corporal del animal. Son dos glándulas de secreción mixta, formadas por túbulos seminíferos donde ocurre la espermatogénesis (producción de espermatozoides), entre los que se encuentra células intersticiales que producen la

hormona sexual masculina (testosterona). La posición de los testículos en el escroto y la dirección de su eje longitudinal en relación con el cuerpo, varía con las especies.

Escroto.

Tejido que cubre y protege a los testículos en aquellas especies donde se encuentran expuestos. El escroto es una estructura termorreguladora que mantiene una temperatura 4 a 7 °C menor que la corporal, permitiendo una temperatura adecuada para la espermatogénesis. Cuando el animal es expuesto a bajas temperaturas el escroto se recoge, acercando los testículos al cuerpo y viceversa.

Conductos espermáticos

- Epidídimo: se localiza sobre el margen dorsal del testículo. Anatómicamente, consta de tres partes: cabeza, cuerpo y cola; ésta última parte se continúa con el conducto deferente. El epidídimo tiene como función transportar, concentrar, madurar y almacenar los espermatozoides para en el momento de la eyaculación pasar a los conductos deferentes y ser expulsados. Si no hay eyaculación los espermios son absorbidos por las células de la cola del epidídimo.
- Conducto deferente: es un tubo que emerge del extremo de la cola del epidídimo, pasa por la región pélvica donde se une a la uretra en su origen. Su función es transportar los espermatozoides desde el epidídimo a la uretra al momento de la eyaculación. Junto con los vasos y nervios que se dirigen al testículo constituyen el cordón espermático.
- Uretra: canal que conduce la orina fuera de la vejiga, también conduce los espermatozoides. Comienza en el orificio uretral interno y termina en el orificio uretral externo, situado en el vértice del pene. La porción preprostática sólo transporta orina; el resto llevará orina durante la micción o semen durante la eyaculación.

Glándulas accesorias

Se agrupan alrededor de la uretra pélvica. Estas glándulas secretan buena parte del líquido seminal, indispensable para transportar a los espermatozoides, medio de su nutrición y amortiguador contra el exceso de acidez del aparato genital femenino. En el bovino, ovino, porcino, equino y caprino las glándulas sexuales accesorias son:

- Ámpula
- Vesícula seminal
- Próstata
- Bulbouretrales

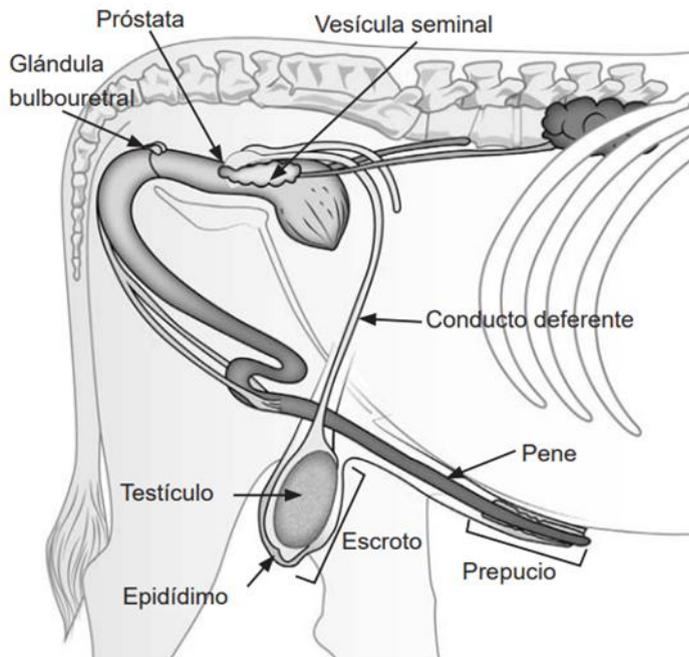
El gato carece de las vesículas seminales y el perro de las glándulas bulbouretrales y vesículas seminales.

Pene: es un órgano que tiene doble función: la expulsión de la orina y la del depósito de semen en el aparato genital de la hembra. En el pene de los mamíferos se encuentran tres cuerpos cavernosos, los cuales rodean a la uretra., y son:

- Cuerpo esponjoso del pene
- Cuerpo cavernoso del pene
- Cuerpo esponjoso del glande

Estos cuerpos cavernosos tienen la propiedad de llenarse de sangre y producir la erección, en el caso del pene de los carnívoros, equinos y del humano (pene vascular) se observan grandes espacios, mientras que en pene fibro-elástico (rumiante y porcino) los cuerpos cavernosos son menos desarrollados. En estas últimas especies (rumiantes y porcinos) se encuentra una flexura característica (Flexura sigmoidea o “S” peneana), la cual se destiende por la relajación de los músculos retractores del pene durante la erección y vuelve a su posición de descanso por la concentración de estos músculos. La parte anterior del pene (glande del pene) tiene diferente forma de acuerdo con la especie. En el equino se presenta un glande característico ya que tiene un cuerpo y la corona que diferencia la cabeza del glande, También presenta una prolongación uretral de 1cm aproximadamente. El bovino tiene un glande en forma de punta de lanza, el de ovino y caprino se asemeja al del bovino pero presenta una prolongación uretral de 4 a 5 cm; el

cerdo no tiene una estructura que se diferencie del cuerpo del pene; el glande en sí es una continuación que termina en forma del tirabuzón.



#### Músculo isquiouretral.

Se origina en la arcada isquiática, se coloca sobre la cara ventral de la uretra. Se entremezcla con las fibras del músculo uretral. Tensa la pared de la uretra y durante la erección del pene comprime las venas que conducen la sangre hacia la vena pudenda interna.

#### Músculo bulboesponjoso.

Se origina en un rafe mediano que se inicia en el centro tendinoso del perineo. Sus fibras transversales, forma una semiluna abierta en la parte dorsal. Interviene en la micción o en la eyaculación. También contribuye a la erección, enviando la sangre hacia la extremidad libre del pene y comprimiendo las venas que retornan del cuerpo esponjoso.

#### Prepucio.

Es una estructura desarrollada a partir de la piel. Su función es proteger el pene. En los rumiantes y porcinos se le considera constituido por dos porciones: porción peneana y porción prepeneana.

En el cerdo tiene un amplio divertículo dorsal en el cual se acumulan orina y desechos epiteliales.

### **3.5 Sistema Urinario Generalidades**

Las principales funciones del sistema urinario son la formación, almacenamiento, filtración y eliminación de la orina. El sistema urinario está formado por una serie de órganos, tubos, músculos y nervios que trabajan en conjunto para producir, almacenar y transportar orina, la cual es expulsada a través de las vías urinarias.

#### Definición de orina

Es un líquido acuoso transparente y amarillento, compuesto de agua y desechos de la sangre, de olor característico, secretado por los riñones y eliminado al exterior por el sistema urinario. La expulsión de la orina tiene dos funciones:

- Evacuación de metabolitos: son compuestos orgánicos producidos por el metabolismo celular.
- Regulación de la presión osmótica: es encargada de la regulación en la cantidad de agua en el organismo.

### **3.6 Desarrollo Del Aparato Urinario**

El mesodermo intermedio refleja de una manera velada y no muy clara la segmentación que es tan evidente en los somitas adyacentes. Pronto forma, en su dominio caudal, un engrosamiento longitudinal (nefrógeno), sólido y continuo, del que surgen en una secuencia craneocaudal y temporal tres intentos de formación de un órgano excretor. El primer intento constituye el pronefros, que se forma en la región presuntiva del cuello; esta estructura tiene existencia transitoria y no es funcional en los mamíferos. El segundo intento, el mesonefros, se forma en las regiones torácica y lumbar y es más exitoso; es

funcional durante una gran parte de la vida embrionaria. El tercer intento, el metanefros, se forma en la región lumbar y es el que se convierte en el riñón adulto.

Esas tres estructuras poseen como característica histológica esencial una serie de túbulos excretores. En el pronefros, un extremo de cada túbulo gira caudalmente para encontrarse con su vecino y de esta manera se forma un conducto pronefrico continuo, que en su extremo caudal crece hacia delante y se abre dentro de la cloaca. El conducto sobrevive a la regresión de los túbulos pronefricos y es adoptado como vía de drenaje de los túbulos mesonefricos que empiezan a aparecer. Puesto que los túbulos pronefricos no son funcionales, no es necesario señalar sus peculiaridades de constitución.

Los túbulos mesonefricos son mucho más numerosos. Cada uno se asemeja en su estructura y su función a una versión bastante simple de la nefrona del riñón adulto. El extremo ciego se encuentra invaginado por un penacho capilar para formar un mecanismo de filtración, mientras que la conexión del otro extremo con el conducto pronefrico, ahora llamado más apropiadamente conducto mesonefrico, proporciona una salida a la orina que se forma. El mesonefros puede ser un órgano muy prominente en su apogeo, cuando se proyecta desde el techo del abdomen.

Su tamaño varía entre las distintas especies y guarda proporción inversa con la permeabilidad (y por ello la eficiencia excretoria) de la placenta. El mesonefros es sustituido por el metanefros cuando empieza a involucionar, un proceso que ocurre en sentido craneocaudal. Sin embargo, sobreviven algunas partes a las que el aparato reproductor del macho dará un nuevo uso. El metanefros tiene dos primordios. Uno lo proporciona una evaginación, la yema ureterica, que se origina en el extremo inferior del conducto mesonefrico cerca de su abertura en la cloaca. Esta yema crece cranealmente dentro del blastema metanefrico constituido por la parte caudal del cordón nefrogeno. El extremo de la yema sufre más o menos una docena de divisiones dicotomicas. Las ramas de los últimos órdenes se convierten en los túbulos colectores del riñón, mientras que las de los pocos primeros órdenes se reabsorben después dentro de la expansión terminal del conducto de una manera variable que explica las formas específicas de la pelvis y los cálices renales.

La parte externa de la masa metanéfrica forma la cápsula y el intersticio del riñón, mientras que la condensación celular en la parte interna crea los cordones celulares que se transforman en nefronas. Un extremo de cada cordón celular hace contacto con un conducto conector y, una vez que ocurre la canalización, se establece una vía continua. El otro extremo de la nefrona es invaginado por un ovillo vascular derivado de una rama local de la aorta; este ovillo da origen al glomérulo renal.

Las vías urinarias inferiores se forman por la división horizontal de la región cloacal del intestino posterior. La división se efectúa por el crecimiento caudal de una cuña de mesodermo presente dentro del ángulo entre el intestino posterior y la yema alantoica. Esta cuña, el septo (tabique) urorectal, alcanza finalmente la membrana cloacal, que se divide entonces en sus partes dorsal (anal) y ventral (urogenital). El sitio de fusión se corresponde con el cuerpo perineal. Cuando la membrana anal se rompe, la vía dorsal se convierte en un canal rectoanal continuo.

Una ruptura similar de la membrana urogenital proporciona la vía ventral con una abertura separada hacia la superficie del cuerpo. Esta vía urogenital se diferencia en una parte craneal, la vejiga y la alantoides futuras, y una parte caudal, de la que se formará la uretra. La vejiga aparece entonces como un ensanchamiento que se continúa cranealmente con el conducto alantoideo y caudalmente con una uretra no dilatada. El conducto alantoideo o uraco puede seguirse a través de la abertura umbilical hasta una expansión extraembrionaria (la alantoides) en la cual se acumula la orina y que se expulsa al nacimiento.

La parte del conducto en el interior del feto se atrofia entonces, y al final queda representada sólo por la cicatriz o señal sobre el vértice de la vejiga. La parte caudal del primordio se transforma en la uretra: la uretra completa en la hembra, pero sólo la corta uretra pélvica en el macho (en el que la uretra peniana se desarrolla con el sistema genital). Las posiciones definitivas de las aberturas de los conductos mesonéfrico y metanéfrico son resultado de la incorporación de sus extremos inferiores dentro del conducto más grande. El reordenamiento lleva a la abertura del conducto metanéfrico

(uréter) dentro de la vejiga, mientras que la del conducto mesonéfrico (conducto deferente) se sitúa más caudalmente dentro del seno urogenital. En este proceso, el mesodermo del conducto mesonéfrico proporciona el epitelio del trigono dorsal de la vejiga, mientras que el epitelio de la porción restante es proporcionado por el endodermo del intestino posterior. Las capas externas de la pared de la vejiga se diferencian a partir de mesodermo local.

### **3.7 Desarrollo de los órganos reproductores del macho**

Aunque el sexo genético del embrión queda decidido cuando se combinan los gametos masculino y femenino, los estadios tempranos de la diferenciación morfológica de los órganos reproductores siguen un patrón indiferenciado que es común para los dos sexos.

En ambos, el primordio gonadal aparece como un engrosamiento del epitelio celómico sobre la cara medial del mesonefros. Se proyecta como una protuberancia cuando prolifera el mesénquima subyacente. Unos cordones de células que se desarrollan a partir del epitelio que la cubren penetran en el interior de la protuberancia. Estos cordones incorporan rápidamente las células germinales primordiales, las cuales, de manera más bien sorprendente, tienen un origen distante en el endodermo de una porción restringida del saco vitelino, en donde se hacen identificables debido a su gran tamaño. Alcanzan la gónada mediante migración sobre el intestino y su mesenterio, pero es posible también que su transporte se lleve a cabo a través del torrente sanguíneo. Una indicación temprana de que la gónada se convertirá en testículo la proporciona una notoria condensación mesenquimatosa (túnica albugínea) por debajo del epitelio celómico. En este momento, aislados del epitelio superficial, los cordones aumentan en tamaño y en la complejidad de su disposición. Se conectan con un plexo o red dentro del testículo.

Por otro lado, el plexo hace contacto con los extremos ciegos de unos cuantos túbulos, los pocos que han sobrevivido a la involución general del mesonefros. La diferenciación en el interior de los cordones celulares permite reconocer dos linajes de células. Uno de éstos proporciona las células sustentaculares (de Sertoli) de los túbulos seminíferos; el segundo, con la contribución de las células germinales del primordio, proporciona el epitelio germinal.

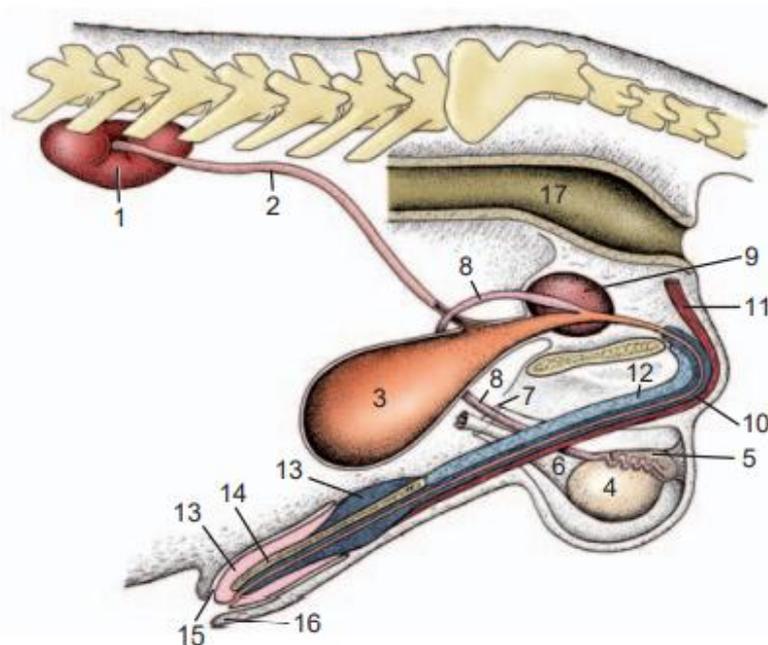
Durante el desarrollo fetal, las células germinales primordiales se diferencian en gonocitos, los cuales, después del nacimiento dan origen a los espermatogonios. En la pubertad, los espermatogonios proliferan y se diferencian en células que sufren meiosis y espermiogénesis para formar los gametos masculinos. Si se realizan secciones a través del testículo adulto se observan los túbulos seminíferos cortados en varios planos. Las paredes de los túbulos, muy contorneados, están revestidas de epitelio germinal estratificado que consta de células en varios estadios de diferenciación. Las células sustentaculares de Sertoli nutren las células germinales. Puede identificarse un tipo adicional de células. Éstas, las células de Leydig, producen la hormona esteroidea testosterona, que es fundamental para que continúe la espermatogénesis. Sus progenitoras, como las propias de las células de Sertoli y las germinales primordiales, presumiblemente migran a partir del mesonefros durante el desarrollo fetal para incrustarse en un intersticio mesenquimatoso, mientras que, alrededor de la pubertad, cuando se inicia el proceso de la espermatogénesis, se desarrolla una segunda generación de células de Sertoli.

La formación inicial de los cordones seminíferos es seguida en la vida fetal posterior por la canalización de los cordones, lo que crea una serie de vías que llevan al conducto mesonéfrico, el cual entonces se convierte en la salida de los gametos producidos por el testículo. Las porciones periféricas de los cordones se convierten en los túbulos seminíferos, las porciones centrales en la red testicular, y los túbulos mesonéfricos en los conductillos eferentes. La primera parte del conducto mesonéfrico se enrolla y forma el conducto del epidídimo dentro del denso tejido conectivo de ese órgano; la porción restante mantiene un curso más recto y, como el conducto deferente, se abre dentro de la parte de la cloaca que se convierte en el seno urogenital. La proliferación glandular del revestimiento del conducto hacia su terminación produce un engrosamiento ampoloso, mientras que en la mayoría de las especies, pero no en los carnívoros, una gemación subterminal se agranda para convertirse en la glándula vesicular.

En algunas especies persiste una vía corta final, el conducto eyaculador, mientras que en otras ciertos ajustes tardíos hacen que los conductos deferente y vesicular se abran por

separado. El crecimiento gonadal hace que el testículo penda dentro de un pliegue (mesorquio) que se origina del mesonefros en involución. El conducto es llevado dentro de ese pliegue de sostén, el cual en su tramo caudal se inclina medialmente para formar con su vecino el pliegue genital del peritoneo que ayuda a subdividir la cavidad peritoneal de la pelvis.

El testículo migra después fuera del abdomen antes del comienzo de la espermatogénesis. La división de la cloaca ya se describió. La parte caudal del seno constituye la porción pélvica de la uretra. Evaginaciones de su revestimiento se diferencian en la próstata y las glándulas bulbouretrales, de una manera característica para cada especie. La parte mayor de la uretra del macho se encuentra dentro del pene y tiene un origen distinto. En el estadio indiferenciado, se producen engrosamientos alrededor del borde de la membrana urogenital. Un engrosamiento, ventral y mediano, constituye la protuberancia genital o tubérculo genital (fálico), que da origen a la mayor parte del pene; otros engrosamientos, que se encuentran en una posición más lateral, constituyen el escroto.



**Figura 5-1.** Órganos urinarios y reproductores masculinos (perro). 1, Riñón derecho; 2, uréter; 3, vejiga; 4, testículo; 5, epidídimo; 6, funículo (cordón) espermático; 7, anillo vaginal; 8, conducto deferente; 9, próstata; 10, cuerpo esponjoso; 11, m. retractor del pene; 12, cuerpo cavernoso; 13, glande; 13', bulbo del glande; 14, hueso peniano; 15, cavidad prepucial; 16, prepucio; 17, recto.

Otro pliegue urogenital, que aparece medial a cada protuberancia escrotal, realiza una contribución adicional al pene. Un surco se extiende a lo largo de la superficie dorsal (al principio) del tubérculo genital y se cierra en forma gradual por la aproximación y fusión de estos pliegues urogenitales. Este proceso es bastante complejo, ya que el revestimiento de la uretra peniana lo proporciona una prolongación del endodermo del seno urogenital, aunque las protuberancias iniciales tienen cubiertas ectodérmicas. El cuerpo esponjoso de la uretra peniana continúa directamente en el tejido bulbar de la uretra pélvica, mientras que el cuerpo esponjoso (cavernoso) del pene se forma dentro de la protuberancia genital. Las protuberancias laterales crecen y se juntan para formar el escroto, que conserva evidencia de su origen bilateral en un rafe y un tabique medianos.

La diferenciación del sistema del conducto eferente del macho, las glándulas accesorias y los genitales externos depende de la presencia de testosterona, la hormona sexual masculina producida por los testículos en desarrollo. Los testículos producen también varias otras hormonas, entre ellas la hormona antimülleriana (AMH, por sus siglas en inglés) y el factor 3 tipo insulina (descendina), responsables, respectivamente, de la desaparición del conducto de Müller y de la evaginación del gubernáculo. Sin la exposición a estas tres hormonas, el tracto genital evolucionaría en la dirección del de la hembra. La eliminación de la hipófisis por decapitación en el periodo fetal no altera la producción de estas hormonas por los testículos.

### **3.8 Proceso de descenso testicular**

El descenso del testículo a una posición intraescrotal es necesario en la mayoría de los mamíferos para una fecundidad normal. El proceso depende de la existencia de una condensación mesenquimatosa, el gubernáculo testicular, dentro de un desprendimiento del pliegue genital que lleva desde el testículo hasta el canal inguinal y a través de él. En un periodo crítico del desarrollo (el cual varía en su inicio entre las distintas especies), la porción distal del gubernáculo, que se extiende a través del canal inguinal hasta la región inguinal, crece mucho y muy rápido. El gubernáculo es invadido por una prolongación del revestimiento peritoneal del abdomen. De esta manera se forma el proceso vaginal, que proporciona el espacio al que será arrastrado el testículo.

La invasión por el proceso vaginal divide al gubernáculo en tres partes: la parte proximal (propia), que está rodeada por el revestimiento peritoneal interno (el futuro peritoneo visceral) del proceso; la segunda parte (vaginal), que rodea al revestimiento peritoneal externo (el futuro peritoneo parietal) del proceso; y la tercera parte (infravaginal), que se ubica distal a la invaginación y por ello se continúa con las demás porciones. La protuberancia del gubernáculo comienza distalmente, obligándolo a ejercer presión en la pared del cuerpo hacia el anillo superficial del canal inguinal. Esto desplaza el testículo distalmente, hacia la entrada abdominal del canal inguinal. La protuberancia entonces se alarga proximalmente de manera gradual y, cuando alcanza su máximo, la porción adyacente al testículo (y dentro del canal inguinal) es tan gruesa como el mismo testículo. En este estadio, cualquier ligero incremento en la presión intraabdominal puede ser suficiente para rechazar al testículo del abdomen y llevarlo dentro del canal inguinal, aunque durante un tiempo todavía es posible su regreso al abdomen.

El descenso es completo e irreversible una vez que el centro del gubernáculo ha involucionado. Una involución del gubernáculo a su debido tiempo es por tanto tan indispensable para el descenso normal como lo es la tumefacción previa. Puesto que el momento oportuno es crítico y el proceso está sujeto a varias perturbaciones, no es sorprendente que la retención abdominal y el descenso anormal sean circunstancias relativamente frecuentes. El hecho de que el testículo no aparezca en la región inguinal se conoce como criptorquidia (testículo oculto). Ésta puede ser unilateral o bilateral y presentar el testículo retenido dentro del abdomen o atrapado en el canal inguinal. Como resultado de la mayor temperatura a la que queda expuesto un testículo no descendido, no se inicia la espermatogénesis en la pubertad. Este estado es indeseable y, aunque los animales con criptorquidia unilateral pueden ser fértiles, deben ser excluidos de la cría ya que este estado es hereditario.

En el sexo femenino se forman estructuras similares, pero no se desarrollan de manera significativa, a excepción de la perra entre los mamíferos domésticos, en la que la existencia del proceso vaginal es en ocasiones problemática. En varias especies, en caso de preñez gemelar la circulación de los dos fetos puede estar interconectada, de lo que

resulta no sólo el intercambio de células sino también de hormonas. La influencia hormonal del feto macho puede interferir en el desarrollo de la gemela hembra. En bovinos el resultado puede ser freemartinismo, en el cual el ovario y el sistema de conductos femeninos presenta notable subdesarrollo o falta por completo. También puede ocasionar crecimiento de los gubernáculos en la gemela. Muy rara vez, esto también ocurre en un feto de cerdo del sexo femenino que está interconectado con uno masculino in útero.

### **3.9 Desarrollo de los órganos reproductores de la hembra**

Los estadios iniciales del desarrollo gonadal en el caso de la hembra son semejantes a los que se han descrito para el macho. Después, los cordones celulares se fragmentan en grupos de células, cada uno alrededor de una célula germinal inmigrante. Los cordones penetran menos profundamente en el interior de la gónada que en el macho. Los folículos primordiales se forman aquí. La formación de la red es menos notoria en el ovario y, puesto que no se establece ninguna conexión con los túbulos mesonéfricos, no se crea una salida tubular ininterrumpida para la descarga de gametos. En consecuencia, la ruptura folicular libera los gametos femeninos en la superficie del ovario mediante la rotura de tejido, un proceso que se facilita por la ausencia de una túnica albugínea gruesa.

La misma característica permite la formación de nuevos cordones sexuales, con el establecimiento de folículos adicionales, durante gran parte de la vida prenatal; de hecho, en ciertas especies este proceso puede continuar durante algún tiempo después del nacimiento. Aun así, finalmente termina y el número de gametos femeninos se encuentra entonces en su máximo; posteriormente se reduce por atresia y, en mucho menor grado, a través de la ovulación. El descenso del ovario está muy limitado en la mayoría de las especies, pero es máximo en los rumiantes, en los cuales los ovarios se desplazan caudalmente hasta los límites entre el abdomen y la pelvis.

El sistema de conductos de la hembra consiste en mayor medida en los conductos paramesonéfricos, los cuales sólo tienen importancia vestigial en el macho. Se desarrollan primero por invaginación del epitelio celómico lateral a los conductos mesonéfricos, y de

manera secundaria mediante crecimiento activo hacia el seno urogenital dentro de los pliegues genitales. Por el contrario, los conductos mesonéfricos sufren regresión en una secuencia craneocaudal, y sólo sobreviven restos dentro de los ligamentos anchos y en la pared vaginal (conductos de Gardner, conductos longitudinales del epooóforo), en donde en ocasiones son el sitio de procesos anómalos. La porción craneal de cada conducto paramesonéfrico corre lateral al conducto mesonéfrico, pero lo cruza más caudalmente en donde se inclina para encontrarse y fusionarse con su homólogo. El extremo craneal de cada conducto paramesonéfrico continúa abierto a la cavidad peritoneal (abertura abdominal de la tuba uterina), mientras que el extremo caudal del conducto unido al principio termina en un fondo de saco contra una protuberancia sólida de la pared dorsal del seno urogenital. Las tubas uterinas y los cuernos, el cuerpo y el cuello del útero se forman a partir de los conductos paramesonéfricos; sus porciones caudales se fusionan en un grado que varía entre las especies y explica la forma y proporciones muy diferentes del útero de los animales adultos. El pliegue genital de soporte se convierte en el ligamento ancho con sus distintas partes. La luz vaginal aparece dentro de la sólida protuberancia a partir del seno, aunque una partición de tejido, el himen, puede persistir cerca de la unión con los conductos paramesonéfricos fusionados.

El himen está presente sólo en las hembras vírgenes y rara vez se forma bien en las especies domésticas. Se discute acerca de la contribución de los epitelios urogenital y paramesonéfrico en el revestimiento de la vagina en la hembra adulta, y algunos sugieren que el límite puede dividir regiones con diferentes respuestas a las influencias hormonales que se observan en algunas especies. El seno urogenital se convierte en el vestíbulo con un cambio posterior relativamente pequeño. Unas protuberancias epiteliales forman las glándulas vestibulares de una manera que varía entre las especies. Las partes genitales externas se forman de las mismas estructuras que en el macho; aparecen primero el tubérculo genital y los pliegues laterales (engrosamientos). El primero de ellos forma el clítoris, mientras que los pliegues laterales, que dan origen a los labios mayores de la anatomía humana, involucionan con una posible salvedad para la perra. Los labios de la vulva de las especies domésticas se originan en los pliegues urogenitales que aparecen mediales a los engrosamientos laterales y que se corresponden con los labios menores de la mujer.

### 3.10 Órganos Que Conforman El Sistema Urinario

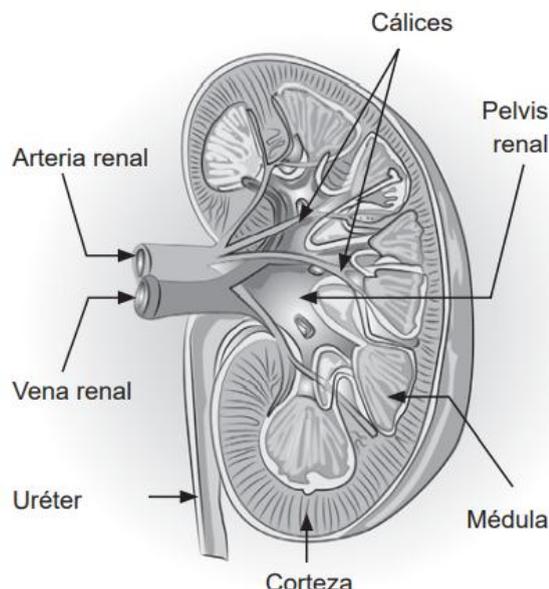
El aparato urinario comprende un par de riñones que forman la orina a partir de la sangre; los uréteres, que transportan la orina desde los riñones; la vejiga, en donde se almacena la orina hasta que puede ser evacuada convenientemente; y la uretra, a través de la cual la orina pasa al fin al exterior. Puesto que casi toda la uretra masculina lleva también las células y productos propios de la reproducción, es común describirla con los órganos reproductores.

El sistema urinario está formado por:

- Riñones: elaboran la orina
- Uréteres: conductores de la orina hacia la vejiga
- Vejiga: almacena la orina
- Uretra: conduce la orina hacia el exterior

#### Riñones

Los riñones tienen como función primaria el mantenimiento del medio interno. Lo hacen filma, extrayendo inicialmente un enorme volumen de líquido antes de someter este ultrafiltrado a un procesamiento posterior en el que las sustancias útiles se reabsorben de manera selectiva, las sustancias de desecho se concentran para su eliminación y el volumen se ajusta mediante la conservación del agua suficiente para mantener la composición del plasma dentro de los parámetros apropiados.



Algunas cifras pueden dar una idea de las dimensiones de esta función. En los perros grandes (y otros animales de tamaño similar), los riñones perfunden en forma diaria de 1 000 a 2 000 L de sangre; los 200 a 300 L de líquido que son filtrados de ese volumen son más tarde reducidos mediante la reabsorción hasta que sólo queden 1 o 2 L de orina que se eliminará.

Los riñones son glándulas firmes, de color marrónrojizo, cuyo aspecto varía considerablemente entre los mamíferos. La forma más familiar, y que ha introducido el término “en forma de riñón” en el vocabulario de uso común, se encuentra en el perro, el gato y los pequeños rumiantes. Los riñones del cerdo son una versión mucho más aplanada, mientras que los del caballo son más parecidos a un corazón. Por el contrario, los riñones de los bóvidos son muy distintos y tienen una superficie profundamente surcada que perfila muchos lóbulos. Algunas especies marinas muestran una subdivisión incluso mayor, que se asemeja a racimos de uvas con los lóbulos sólo ligeramente fusionados y mantenidos juntos principalmente por el “tallo” ramificado.

Los riñones suelen estar situados contra el techo abdominal, uno a cada lado de la columna vertebral y predominantemente en la parte ventral de la región lumbar, aunque a menudo se desplazan hacia craneal por debajo de las últimas costillas. Sus posiciones cambian con los movimientos del diafragma, y con cada respiración se mueven hasta quizá una distancia equivalente a la mitad de la longitud de una vértebra. Rara vez son simétricos; en los animales domésticos, excepto en los cerdos, el riñón derecho es más craneal que el izquierdo en cerca de la mitad de la longitud de un riñón, si se compara con su homólogo. Cada riñón se sitúa dentro de un repliegue de la fascia sublumbar, el cual también contiene una cantidad considerable de grasa, a veces suficiente para cubrir por completo el riñón.

Cada riñón está irrigado por una arteria renal, derivada de la aorta abdominal, que puede transportar la sorprendente cantidad de bastante más de una décima del gasto total del ventrículo izquierdo. La arteria renal se divide en varias arterias interlobulares (peripiramidales o lobulares) que siguen las divisiones, anteriores o existentes, entre las pirámides renales en la unión corticomedular.

### Pelvis renal y uréter

En bovinos, el uréter se forma por la unión de las cortas vías que transcurren desde los cálices que rodean a las papilas renales individuales. En la mayoría de las especies domésticas, el uréter se origina en una expansión común, la pelvis renal, en la que todos los conductos papilares se abren, aunque de diferentes maneras en distintas especies. Pocas diferencias en la anatomía pélvica son de importancia práctica. Sin embargo, en el perro y el gato la forma de la pelvis renal adquiere una importancia de la que carece en las demás especies debido a su fácil representación en las radiografías. La pelvis renal de estos animales está moldeada sobre la cresta renal y extiende unas aletas dorsal y ventral a ella.

Cada aleta muestra un número de expansiones locales o nichos que están divididos entre sí por proyecciones de tejido renal. Los nichos vecinos están también separados por los vasos interlobulares. La parte tubular restante de cada uréter tiene un calibre bastante regular.

El uréter penetra en la pared de la vejiga muy oblicuamente. La longitud del curso intramural lo protege de un reflujo de orina hacia el uréter cuando se incrementa la presión dentro de la vejiga. Esto no impide el llenado posterior de la vejiga, pues la resistencia es superada por las contracciones peristálticas de la pared ureteral. La pared de la pelvis renal y del uréter posee una adventicia, externa, una muscular, media, y una mucosa, interna. La cubierta muscular está bien desarrollada y, aunque su peristaltismo ayuda a movilizar la orina a la vejiga, se puede presentar un espasmo provocado por una irritación local como la que ocurre a causa de un cálculo urinario.

### Vejiga urinaria

La vejiga es un órgano distensible de almacenamiento y, por tanto, no puede tener tamaño, posición o relaciones constantes. La vejiga urinaria es pequeña y globular cuando está totalmente contraída y entonces es notable por el gran engrosamiento de sus paredes y la extensión insignificante de su luz.

La vejiga contraída descansa sobre los huesos púbicos; está confinada a la cavidad pélvica en las especies más grandes, pero se extiende hasta el estómago en los carnívoros. Cuando la vejiga se expande, adquiere la forma de una pera, con un vértice craneal (ápice), un cuerpo intermedio y un cuello caudal que se estrecha hacia el orificio uretral interno en la unión con la uretra. Aunque la distensión continua lleva una porción de la vejiga siempre en aumento hacia dentro del abdomen, el cuello permanece fijo dentro de la pelvis gracias a su continuidad con la uretra. El músculo de la vejiga se dispone en tres capas que intercambian fascículos. El músculo es quizá enteramente detrusor, es decir, útil para comprimir y vaciar la vejiga, y es incapaz de formar un esfínter interno, aunque frecuentemente se describe como tal.

Fibras nerviosas autónomas inervan la vejiga a través de los nervios hipogástricos simpáticos y los pélvicos parasimpáticos; estos últimos inervan el músculo detrusor vesical. Las fibras sensitivas derivan del nervio pudendo. La irrigación sanguínea principal procede de la arteria vaginal (o prostática), pero, como ya se ha mencionado, es complementada por las escasas arterias umbilicales.

### **3.11 Uretra femenina**

La uretra femenina corre caudalmente sobre el piso de la pelvis, ventral al tracto reproductor. Atraviesa en forma oblicua la pared vaginal para abrirse ventralmente en la unión de la vagina y el vestíbulo. Su longitud y anchura varían en grado considerable entre las especies; es notablemente corta y ancha en las yeguas. En algunos animales, como la vaca y la cerda, se abre junto con un divertículo suburetral; en otros, como la perra, sobre una elevación. Ambas disposiciones crean dificultades cuando se intenta el cateterismo de la vejiga. Cuando está presente un divertículo, está encerrado dentro del músculo uretral, que rodea la uretra en la mayor parte de su longitud. Los fascículos craneales de este músculo circundan la uretra, mientras que los caudales la sostienen dentro de asas en forma de U que se originan y terminan en la pared vaginal. La contracción de esta parte del músculo cierra la uretra presionando los dos órganos entre sí, y también estrecha la vagina. El músculo uretral recibe una inervación somática a través del nervio pudendo, pero también se ha descrito inervación simpática y parasimpática. La

submucosa uretral contiene muchas venas que constituyen una forma de tejido eréctil que puede contribuir a la continencia ayudando a la aposición de la mucosa. Dejando de lado estas características, la estructura de la uretra es semejante a la de la vejiga.

### 3.12 Fisiología renal

El riñón interviene de diversas maneras en el mantenimiento de la homeostasis. En los mamíferos, los dos riñones reciben en condiciones normales alrededor del 25% del gasto cardíaco. Filtran la sangre para eliminar los desechos metabólicos mientras que recuperan sustancias filtradas que son necesarias para el organismo, como agua, glucosa, electrolitos y proteínas de bajo peso molecular. Son capaces de responder a desequilibrios hídricos, electrolíticos y ácido-base alterando específicamente las velocidades de reabsorción o secreción de esas sustancias. Los riñones también producen hormonas que regulan la presión arterial sistémica y la producción de glóbulos rojos.

Esta miríada de funciones es desempeñada por una extensa variedad de tipos celulares, cada uno capaz de responder de manera específica a señales directas e indirectas, que se agrupan de forma particular para formar la unidad funcional del riñón, la nefrona. La nefrona está formada por el glomérulo, donde se filtra la sangre, y varios segmentos del túbulo renal, donde se produce la reabsorción de sustancias filtradas, de nuevo a la sangre y la secreción de componentes plasmáticos hacia el líquido tubular. En la corteza renal, las nefronas conectan con el sistema de conductos colectores, que recorre el riñón hasta desembocar en la pelvis renal.

El glomérulo filtra la sangre El primer paso en la función renal es la filtración de la sangre por el glomérulo. Éste es una red compacta de capilares que retiene los componentes celulares y las proteínas plasmáticas de peso medio y alto formando un líquido casi idéntico al plasma en lo que a composición de agua y electrolitos se refiere. Este líquido es el filtrado glomerular, y el proceso de su formación se denomina filtración glomerular.

El índice de filtración glomerular (IFG) es un parámetro clínicamente útil de la función renal. Se expresa en mililitros de filtrado glomerular producidos por minuto y por

kilogramo de peso corporal. Para entender mejor la magnitud de la VFG puede ayudar un ejemplo con valores numéricos concretos. Un perro de raza Beagle, con un peso de 10 kg y un IFG típica de 3,7 ml/min/kg, producirá alrededor de 37 ml de filtrado glomerular por minuto, o 53,3 l por día, lo que equivale a 27 veces el volumen de líquido extracelular de este perro.

La estructura del glomérulo permite una filtración eficaz y selectiva. El ovillo glomerular está compuesto por una red de capilares. En los mamíferos, la sangre de la arteria renal va a la arteriola aferente, que se divide en numerosos capilares glomerulares. Dichos capilares se anastomosan para formar la arteriola eferente, que conduce la sangre filtrada fuera del glomérulo. Los riñones de las aves poseen nefronas tanto de tipo mamífero como reptiliano; estas últimas poseen pocas ramificaciones en los capilares glomerulares. El ovillo glomerular se localiza junto a la cápsula de Bowman, que está revestida por una sola capa de células, el epitelio parietal. El área entre el ovillo glomerular y la cápsula de Bowman es el espacio de Bowman; es aquí donde se forma el filtrado glomerular, y a partir de aquí entra en la luz del primer segmento del túbulo proximal.

La pared capilar glomerular constituye una barrera para las fuerzas que favorecen o impiden la filtración de la sangre. Las fuerzas que favorecen la filtración esto es, el paso de agua y solutos a través de la pared capilar glomerular— son la presión hidrostática de la sangre dentro del capilar y la presión oncótica del líquido en el espacio de Bowman (el ultrafiltrado). Esta última suele ser insignificante, ya que las proteínas de alto y medio peso molecular no se filtran. Por tanto, la fuerza conductora principal de la filtración es la presión hidrostática del capilar glomerular. Las fuerzas que se oponen a la filtración son la presión oncótica plasmática dentro del capilar glomerular y la presión hidrostática en el espacio de Bowman.

La barrera de filtración posee permeabilidad selectiva. Las características estructurales y químicas de la pared capilar glomerular no solo determinan la permeabilidad al agua de la barrera de filtración sino también su permeabilidad selectiva. Esta es responsable de que los diferentes componentes sanguíneos sean filtrados en diferentes proporciones. Por lo general, las células y las proteínas plasmáticas del tamaño de la albúmina o mayores

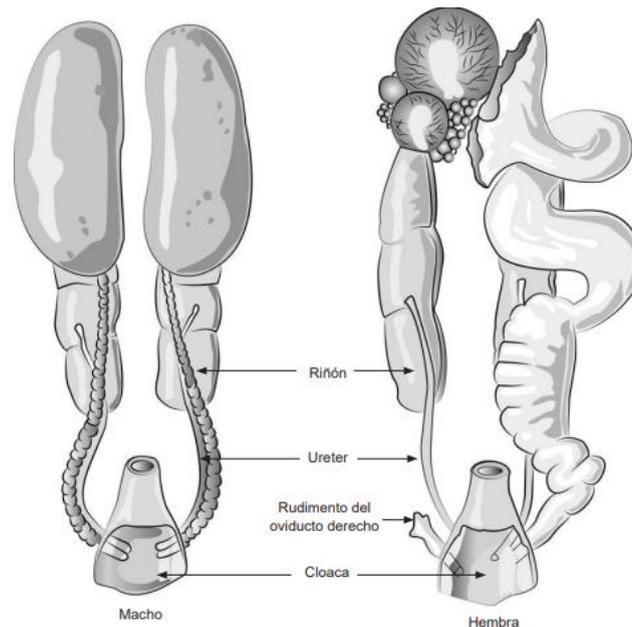
permanecen en el torrente sanguíneo, mientras que el agua y los solutos se filtran libremente.

El sistema renina-angiotensina-aldosterona es un importante regulador del IFG y del flujo sanguíneo renal. La renina es una hormona producida principalmente por células localizadas en la pared de la arteriola aferente, las células granulares extraglomerulares llamadas células mesangiales, que son células yuxtaglomerulares especializadas. La liberación de renina se estimula por la disminución de la presión de perfusión renal, por lo general a causa de hipotensión sistémica. Esta hormona cataliza la transformación del angiotensinógeno, producido por el hígado, en angiotensina I. La angiotensina I a su vez se convierte a una forma más activa, la angiotensina II, por la acción de la enzima convertidora de angiotensina (ECA), la cual se localiza fundamentalmente en el endotelio vascular del pulmón. Esta enzima también está presente en otros órganos, entre ellos el riñón, donde la mayor parte está en el endotelio capilar intersticial y el túbulo proximal.

La conversión local de angiotensina I en angiotensina II en el riñón es capaz de regular el flujo sanguíneo y los procesos de transporte renales independientemente de sus efectos sistémicos. La angiotensina II es un potente vasoconstrictor y así directamente aumenta la presión sistémica y la presión de perfusión renal. Asimismo, activa la reabsorción de sodio en varios segmentos tubulares renales, entre ellos el túbulo proximal, el túbulo contorneado distal y el túbulo colector y estimula la liberación de aldosterona por las glándulas adrenales y de vasopresina por la hipófisis, así como otras hormonas que ayudan a la reabsorción de sodio y agua por los riñones. Por tanto, la angiotensina II aumenta la retención de sal y de agua, el volumen intravascular y la resistencia vascular, todo lo cual contribuye a incrementar la presión arterial sistémica y la presión de perfusión renal. La liberación de renina queda inhibida tanto por la reducción en la perfusión renal como por niveles plasmáticos elevados de angiotensina II, creando un sistema de retroalimentación negativo que mantiene la perfusión renal y el IFG dentro de los límites fisiológicos.

### 3.13 Sistema Urinario En Aves

Las aves poseen un par del riñón y uréter; no poseen vejiga ni uretra. Por lo tanto, la orina que se filtra por el riñón pasa a la cloaca a través del uréter y se elimina como un producto semisólido.



### 3.14 Edad Y Cambios Funcionales En El Aparato Reproductor Femenino

Los órganos reproductores juveniles son desproporcionadamente pequeños. Al nacimiento, los ovarios no dan indicios de su futura función endocrina, la cual no se establece sino hasta un poco antes de la pubertad, cuando los folículos en maduración y los cuerpos amarillos que los reemplazan producen hormonas que estimulan el crecimiento, la diferenciación tisular y la actividad del tracto reproductor, así como la manifestación del comportamiento femenino.

En contraste, la función gametogénica o exocrina se estableció en el feto joven con la migración dentro del ovario de las células germinales primordiales. Estas células inmigrantes proliferan con rapidez para producir una población de quizá tres millones

como máximo, pero esta cifra empieza a verse progresivamente reducida en un proceso que continúa hasta la pubertad y más allá de ésta. Sólo unos pocos cientos de miles suelen sobrevivir al nacimiento y, ya que no ocurre ningún incremento posterior en su número, esto determina la posterior liberación mucho más escasa de gametos femeninos que masculinos. Cada oocito que sobrevive está al principio rodeado de una capa única de células epiteliales planas (granulosa) para formar la estructura conocida como folículo primordial. La mayoría de los folículos primordiales permanecen en un desarrollo detenido o experimentan atresia, pero algunos se transforman en folículos primarios que se distinguen por el crecimiento del oocito y su inclusión dentro de una cápsula de células granulosas que han adquirido una conformación cuboidea.

El crecimiento de los órganos reproductores es al principio isométrico, al ritmo del crecimiento somático general. Después de la pubertad, las acciones de las hormonas ováricas, que se acumulan en los primeros escasos ciclos, originan un rápido crecimiento y una mejor diferenciación de los tejidos que los componen. Los folículos en todos los estadios del desarrollo pueden encontrarse ahora dentro de los ovarios junto con los cuerpos amarillos y las cicatrices que los reemplazan.

Ocurre un crecimiento lento continuo de muchos folículos dentro de los ovarios adultos. En los ovarios de los animales en anestro, los folículos crecen hasta el estadio antral temprano, pero luego degeneran. El inicio de la época reproductora es anunciado por un desarrollo más rápido de unos cuantos de ellos, seleccionados de esta población más grande según ciertos criterios que no están claros. Estos folículos favorecidos crecen a una velocidad exponencial bajo la influencia de la FSH de la hipófisis. Su crecimiento se explica por la proliferación de células granulosas y tecaes y la acumulación de líquido folicular. Este líquido distiende de manera progresiva una vesícula central (antro) en cuyo interior sobresale el óvulo, elevado sobre un montón de células (cúmulo oofórico) y encerrado dentro de una cubierta (corona radiante). El folículo está limitado por una cápsula de doble capa (teca interna y externa) diferenciada del estroma circundante. A medida que crece cada folículo, se desplaza hacia la superficie del ovario, en donde forma una proyección cada vez más saliente. Las células granulosas del folículo en maduración producen estrógeno, y es el nivel pico de la producción de esta hormona lo que induce

tanto el patrón de comportamiento como los cambios estructurales que caracterizan a la hembra en celo.

El estrógeno tiene un efecto epiteliotrópico que se hace muy evidente al estimular la proliferación del epitelio vaginal y en el simple alargamiento de las glándulas uterinas. Produce también edema e hiperemia de los tejidos del tracto reproductor; el edema puede producir una hinchazón visible de la vulva, mientras que la congestión del endometrio puede conducir en algunas especies (en particular en la perra) a la aparición de sangre en la secreción externa. Estimula también la irritabilidad del miometrio, que es detectable a través del útero, incluido el cuello uterino, el cual se torna más sensible a la manipulación. La ovulación se presenta tarde en el estro o poco después de su terminación, y es estimulada por la LH, también de origen hipofisario.

La ovulación es espontánea en la mayoría de las especies, pero en algunas, incluida la gata, el estímulo mecánico de la cópula es necesario para desencadenar los procesos que culminan en la ruptura folicular. Una vez expulsado dentro de la cavidad peritoneal, el óvulo es pronto capturado en el extremo expandido de la tuba uterina. Cómo ocurre esto es incierto, aunque está claro que el óvulo, sin capacidad de movimiento, no puede tener una parte activa. Los mecanismos más posibles son la producción de una corriente en el líquido suspensorio por el movimiento ciliar del epitelio tubárico y los movimientos de sujeción de las fimbrias musculares, las cuales están aplicadas estrechamente a la superficie del ovario en ese momento. Ambos mecanismos serían ayudados por la irregularidad superficial aportada por las células adherentes de la corona. El espacio dentro del folículo vacío se llena de sangre cuando se ha logrado la ruptura a través de una hemorragia considerable, pero cualquier coágulo es reemplazado con rapidez por la proliferación de las células granulosas y las de la teca interna sobrevivientes para formar un cuerpo sólido, el cuerpo amarillo o lúteo. Esta estructura crece de prisa y es posible que pronto iguale al folículo al que reemplaza. Produce progesterona, la hormona que continúa la preparación del útero para recibir el embrión y para el mantenimiento de la preñez.

En las hembras que se preñan, esta hormona perdura hasta una parte o la totalidad de la preñez (dependiendo de la especie), pero involuciona muy rápidamente en los ciclos que son infértiles. La responsabilidad de su involución recae en una hormona luteolítica (prostaglandina) que es producida por el útero “vacío”. Los efectos de la progesterona refuerzan los producidos por la exposición anterior a los estrógenos y estimulan un mayor crecimiento de las glándulas uterinas, que ahora se ramifican y se vuelven tortuosas y más activas, y secretan la llamada “leche uterina” que nutre al embrión antes de la implantación.

La progesterona también disminuye la actividad del miometrio. El transporte de los óvulos dentro de la tuba se lleva a cabo por la combinación de actividad ciliar y muscular. Si ha ocurrido el apareamiento, los óvulos se encuentran con los espermatozoides dentro de la ampolla de la tuba uterina. Aunque los espermatozoides pueden llegar a este sitio en unos cuantos minutos después de la cópula, se requiere un tiempo más largo dentro del tracto femenino antes de que los espermatozoides sean capaces de fecundar. Según la especie, el semen se deposita al principio dentro de la vagina o del cuello uterino, en donde forma un coágulo del que salen inmediatamente algunos espermatozoides. Incluso cuando el semen se deposita en la vagina, los movimientos de agitación ponen rápidamente a algunos espermatozoides en contacto con el moco cervical, que proporciona un entorno más acogedor que la secreción ácida de la vagina.

Las propiedades fisicoquímicas del moco cervical en este momento ayudan a orientar los espermatozoides, dirigiéndolos en su camino ascendente. Incluso así, el movimiento de los espermatozoides sería lento si dependieran de sus débiles esfuerzos propios; el transporte lo efectúan principalmente las contracciones musculares, evocadas por la prostaglandina que se encuentra dentro del semen y por la oxitocina liberada de manera refleja en el torrente sanguíneo en el momento de la cópula. Aunque los espermatozoides se producen con gran prodigalidad, sólo una pequeña proporción (1 o 2%) de los muchos millones en cada eyaculado que se deposita dentro de la vagina logran pasar la barrera cervical. La unión uterotubárica, el impedimento principal que le sigue, es superada sucesivamente por cada vez menos espermatozoides (y obligatoriamente los que tienen motilidad normal). En las especies con depósito intrauterino del semen, la unión uterotubárica es la primera barrera. El movimiento dentro de la tuba es más errático, ya

que las contracciones musculares de las que depende están mal coordinadas. En la mayoría de las especies, los espermatozoides permanecen fértiles durante un día o dos después de la cópula, y al parecer muchos encuentran un refugio temporal en las glándulas cervicales y otros nichos. La fecundación (o fertilización) activa al óvulo, y se inicia la segmentación en poco tiempo. Su destino posterior se considera en la siguiente sección.

### **3.15 Curso de la gestación o preñez**

La evolución del útero grávido (gestante) afecta su tamaño, posición, forma y relaciones, cambios que naturalmente se hacen cada vez más evidentes a medida que avanza la preñez. Incluso así, será conveniente tomar breve nota de algunos de ellos ahora, antes de resumir la historia del óvulo fecundado. Los principios que efectúan el cambio de tamaño son más o menos los mismos en todos los animales, pero los demás aspectos varían entre las especies y se consideran más adecuadamente por separado para cada especie (véanse más adelante los capítulos correspondientes).

El aumento de tamaño puede ser al final de 100 veces (como en la vaca), pero la mayor parte de él es representada por el contenido del útero, que comprende las membranas fetales y líquidos además del producto o productos de la concepción. El crecimiento del órgano en sí, más modesto, implica todos sus componentes. El endometrio continúa hiperémico y edematoso, y el miometrio crece debido al gran incremento en el tamaño de las células musculares del individuo. A pesar de esta hipertrofia, la pared uterina es incapaz de seguir el paso del crecimiento del contenido y se estira mucho, a tal grado que en las ratas y otras especies de tamaño similar se vuelve transparente. Los ligamentos anchos participan en el aumento y llegan a contener grandes cantidades de músculo. Las arterias se expanden mucho a medida que se vuelven indispensables para satisfacer la demanda siempre creciente de sangre. La actividad de las glándulas cervicales renueva continuamente el tapón mucoso que sella el canal cervical. La implantación implica la reacción de las capas epiteliales adosadas del blastocisto y el endometrio, y en algunas especies ocurre una erosión considerable de tejido materno a medida que se desarrolla la fijación.

La implantación y el desarrollo inicial de las membranas fetales pueden verse como la conclusión del periodo preembrionario, el primero de los tres periodos en que se divide de manera convencional el desarrollo. Es posible resumir sus características principales: migración intrauterina y colocación final del blastocisto; su rápida transformación de una forma esférica a una filiforme en muchas especies (como rumiantes y cerdo, pero no caballo). El segundo periodo, llamado también embrionario, implica el establecimiento de una placenta del todo funcional, la diferenciación de los varios tejidos y aparatos y sistemas y el inicio de varias funciones, la más notable de las cuales es una circulación embrionaria. La parte restante del desarrollo intrauterino se asigna al tercer periodo o periodo fetal, aunque la determinación de los límites es necesariamente algo arbitrario e impreciso.

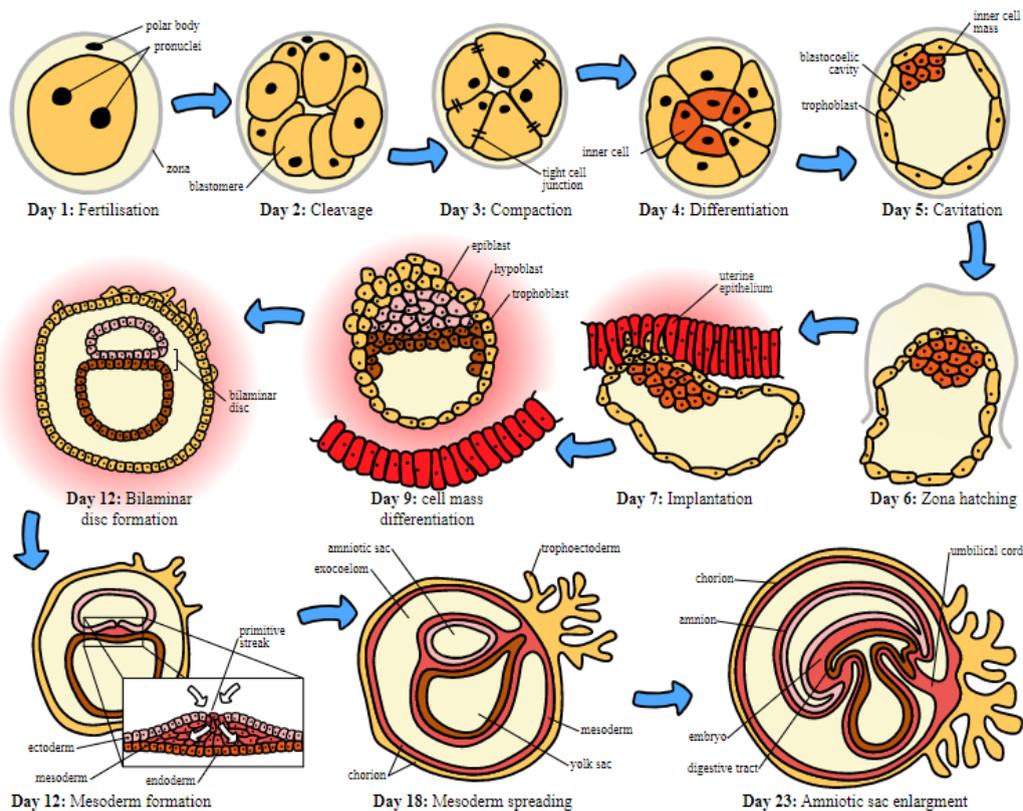
La organogénesis continúa durante todo el periodo fetal, y para muchos órganos también hasta la vida postnatal, pero los cambios que ahora sufren los diferentes sistemas dentro del grado de competencia estructural y funcional necesario para la supervivencia después del nacimiento son menos espectaculares que los ocurridos con anterioridad. El crecimiento rápido, que es la característica más notable del periodo fetal, continúa durante la vida postnatal sin una interrupción importante alrededor del tiempo del nacimiento.

Las transformaciones y complejidades tempranas de la organogénesis proporcionan una gran oportunidad para que el desarrollo adopte un curso equivocado, y la muerte o la malformación son comunes en los dos primeros periodos. Esto es probablemente cierto en el caso de todos los mamíferos.

#### Membranas fetales y placentación.

Estas membranas colaboran con el endometrio en la formación de la placenta, un órgano que puede definirse como una aposición o fusión de tejido fetal y materno para los propósitos de intercambio fisiológico y producción de hormonas. Una placenta provisional, provista de un saco vitelino vascularizado, puede constituir un órgano útil de intercambio a principios del embarazo.

La placenta es una de varias fuentes de otras hormonas importantes para la gestación. El lactógeno, una hormona relacionada con la hormona del crecimiento, actúa junto con otras hormonas en el desarrollo de las glándulas mamarias para la lactación próxima, mientras que la relaxina, que también es secretada por el cuerpo amarillo, ayuda a preparar el tracto reproductor y las paredes pélvicas para el parto; más tarde, actuando en sinergia con la oxitocina, estimula la actividad expulsiva del miometrio. Aunque la prostaglandina no es un producto de la placenta, puede ser conveniente conocer algo de ella en este momento. Esta hormona es producida por el endometrio del útero “vacío”, con un retraso aproximado de dos semanas después de que el cuerpo amarillo la forma primero.



Proceso resumido de Organogénesis

## UNIDAD IV ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE APARATOS Y SISTEMAS PARTE 3

#### 4.1 Sistema Circulatorio

El sistema circulatorio es esencial para todo organismo que sobrepase el tamaño relativamente pequeño en el que la difusión puede distribuir el combustible metabólico y otras sustancias que los tejidos requieren y retirar de él sus productos, ya sean desechos para excreción o materiales que se utilizan en otras partes. Es claro que la masa crítica debe variar con el grado de actividad metabólica. Ésta se alcanza pronto en el embrión de los mamíferos, que crece rápidamente, y en el cual el sistema circulatorio, aunque no es el primero en aparecer, es el primer sistema corporal que alcanza el “estado funcional activo”.

Los órganos circulatorios y las células sanguíneas tienen un origen común en los grupos de células mesenquimatosas que aparecen en primer lugar en la pared del saco vitelino. Las células más externas de estos “islotos sanguíneos” se aplanan y se ordenan como un endotelio que recubre espacios en los cuales las células restantes, los hemocitoblastos o células madre sanguíneas, flotan en un plasma líquido. A los islotes formados primero pronto siguen otros que aparecen en el mesodermo de la corioalantoides y dentro del cuerpo del embrión; a medida que las diversas placas se extienden y se unen entre sí, forman un sistema difuso de vasos comunicantes que luego se extienden aún más mediante ramificaciones a partir de los canales existentes. Los vasos principales se forman entonces de manera independiente unos de otros y en relación con la forma y el crecimiento de las regiones anatómicas y los órganos del embrión.

Ya que no puede ocurrir una circulación propiamente dicha a través de tal sistema sino hasta que se cree un instrumento de bombeo de la sangre, el corazón necesariamente hace una aparición muy temprana. Se forma por la diferenciación de canales dentro de una porción del mesodermo conocida como área cardiógena. Esta área se ubica frente a la membrana oral del embrión discoide, y los rudimentos del corazón se relacionan desde el principio con los espacios tisulares más rostrales, que más tarde se fusionan para formar la cavidad celómica, que separa la somatopleura de la esplacnopleura.

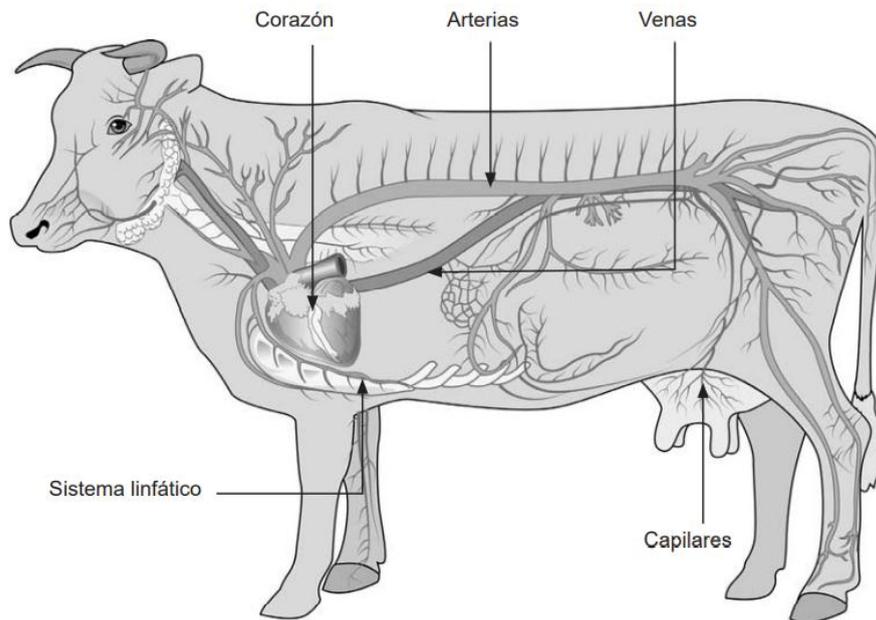
El área cardiogena (incluidos tanto el corazón como los rudimentos pericárdicos) se pliega ventralmente y se desplaza en sentido caudal en el proceso que convierte el disco embrionario en un cuerpo cilíndrico. En este estadio, el corazón consiste en dos tubos endoteliales (endocárdicos) colocados ventralmente al intestino anterior, pero se fusionan poco después para formar un órgano mediano único, que de manera gradual se desplaza caudalmente hasta el nivel de las somitas torácicas. El corazón está conectado desde el principio en un extremo con los vasos que se convierten en la aorta y en el otro con los que forman tres conjuntos de venas: las venas vitelinas (onfalomesentéricas) que drenan el saco vitelino, las venas umbilicales que drenan la placenta corioalantoidea y las venas cardinales que drenan el cuerpo. La aorta ventral, que se continúa con el corazón, se une pronto a una aorta dorsal formada de manera independiente por un sistema de asas aórticas contenidas dentro de los arcos faríngeos (branquiales), laterales a la faringe. Es posible rastrear el origen de algunas arterias en la anatomía del animal adulto a partir de seis pares de arcos aórticos que se desarrollan (aunque no todos persisten), pero el lector debe consultar en los libros de texto de embriología los detalles de este proceso y la descripción de la incluso más complicada evolución de las venas. Se recuerda al lector que un aspecto clave del desarrollo del sistema circulatorio es su capacidad de responder a requerimientos funcionales cambiantes mediante la reconfiguración del patrón de los vasos, siempre reteniendo las porciones que caen en desuso hasta que empiezan a operar sus reemplazos. Más adelante, en este mismo capítulo, se encuentran descripciones del desarrollo propio del corazón y de los cambios particularmente drásticos que ocurren en la circulación al momento del nacimiento.

## 4.2 Órganos Del Sistema Circulatorio

El sistema circulatorio de los animales domésticos está formado por las siguientes estructuras:

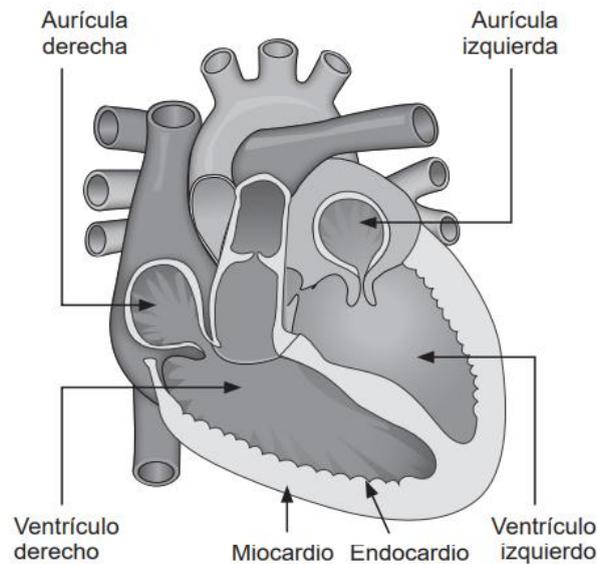
- Corazón
- Arterias
- Venas
- Capilares

- Sangre
- Sistema linfático



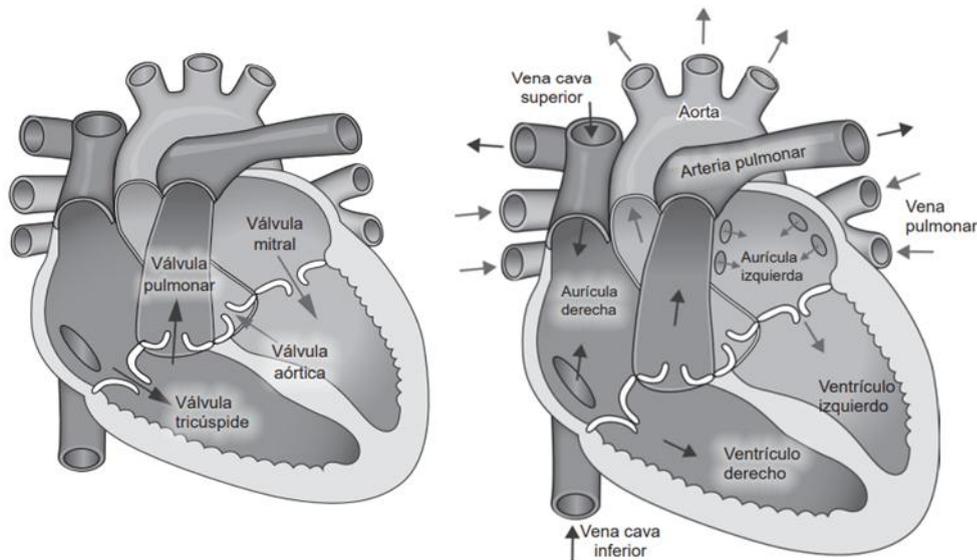
Corazón

El corazón es el órgano central que, mediante contracción rítmica, bombea la sangre de manera continua a través de los vasos sanguíneos. En el animal adulto está constituido por cuatro cámaras: atrio derecho, atrio izquierdo, ventrículo derecho y ventrículo izquierdo. Los dos atrios están separados por un septo (tabique) interno, al igual que los dos ventrículos, pero el atrio y el ventrículo de cada lado se comunican a través de una gran abertura atrioventricular correspondiente.



El corazón, por tanto, consta de dos bombas combinadas en un solo órgano. La bomba derecha recibe sangre desoxigenada (“venosa”) del cuerpo y la expelle hacia el tronco pulmonar, el cual la transporta a los pulmones para su reoxigenación; la bomba izquierda recibe la sangre oxigenada (“arterial”) de los pulmones y la expelle en la aorta, la cual la distribuye una vez más por todo el cuerpo incluyendo el propio corazón. El tamaño del corazón varía considerablemente entre la especies y también entre los individuos; como regla, es mayor en las especies y en los individuos más pequeños, pero puede hipertrofiarse mucho como consecuencia de un intenso entrenamiento físico. Como regla general, puede decirse que constituye alrededor de 0.75% del peso corporal, un poco menos en los animales sedentarios y mucho más en los animales reconocidos como buenos atletas, por ejemplo el caballo purasangre y el galgo de carreras.

La constitución, la forma y la posición anatómica general del corazón son similares en todos los mamíferos y, dado que la mayoría de las diferencias en las dos primeras tienen sólo implicaciones teóricas, reciben poca atención. Las diferencias en la topografía tienen en efecto importancia práctica, ya que modifican los métodos empleados para la exploración clínica y la interpretación de las pruebas que esta exploración proporciona; estos puntos se mencionan en capítulos posteriores.



De adentro hacia afuera, el corazón está compuesto por tres capas:

- Endocardio: membrana serosa de endotelio y tejido conectivo que entra en contacto con la sangre. Incluye fibras elásticas de colágeno, vasos sanguíneos y fibras musculares especializadas (fibras de Purkinje), que dan resistencia para aumentar la contracción del corazón.
- Miocardio: masa muscular contráctil, encargada de impulsar la sangre por el cuerpo mediante su contracción. Posee tejido conectivo, capilares sanguíneos, capilares linfáticos y fibras nerviosas.
- Pericardio: membrana externa que envuelve al corazón y a los grandes vasos sanguíneos, separándolos de las estructuras vecinas.

### Arterias

Son vasos sanguíneos formados por tres capas:

- Adventicia: formada de tejido conectivo.
- Túnica media: compuesta de fibras musculares elásticas.
- Túnica íntima: compuesta por endotelio.

La función de las arterias es transportar la sangre oxigenada. La única arteria que transporta sangre con dióxido de carbono (tal como hacen las venas) es la arteria pulmonar.

## Venas

Son vasos sanguíneos formados por tres capas:

- Adventicia
- Túnica media
- Túnica íntima

La función de las venas es transportar la sangre cargada con dióxido de carbono de los tejidos al corazón. También las venas poseen válvulas que evitan que un reflujo venoso. Las venas son menos elásticas que las arterias. Las únicas venas que transporta sangre rica en oxígeno (tal como hacen las arterias) es la vena pulmonar.

## Capilares

Son vasos sanguíneos de menor diámetro, conformados de vénulas y arteriolas donde se da el intercambio de sustancias.

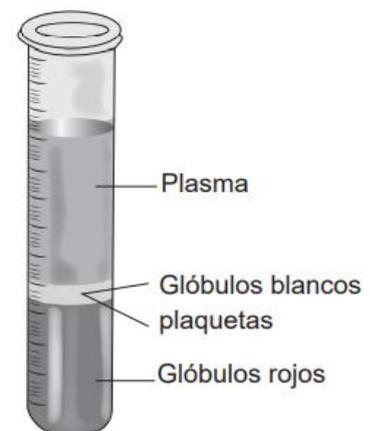
## Sangre

Tejido conectivo en estado fluido dentro del organismo. La sangre está compuesta por:

- Plasma 60%.
- Elementos formes 40%.

Plasma: compuesto por 90% de agua, el 7% proteína y un 3% de grasas, vitaminas, oxígeno, glucosa y productos de desechos.

Elementos formes: compuesto por el 99.9% de glóbulos rojos y el 0.1% glóbulos blancos y plaquetas.



## Elementos formes

- Glóbulos rojos: También llamados hematíes o eritrocitos. Son las células más numerosas de la sangre. Se encargan de transportar el oxígeno desde los pulmones hasta el resto de los tejidos.
- Glóbulos blancos: También reciben el nombre de leucocitos. Se ocupan de defender el organismo contra el ataque de bacterias, virus, parásitos y hongos. Son células con gran movilidad que realizan sus funciones más importantes fuera del torrente sanguíneo. Se los clasifica en cinco tipos distintos según sus

características de tinción específicas y su morfología celular y funciones específicas. Al microscopio de luz pueden dividirse en Leucocitos granulares y leucocitos no granulares.

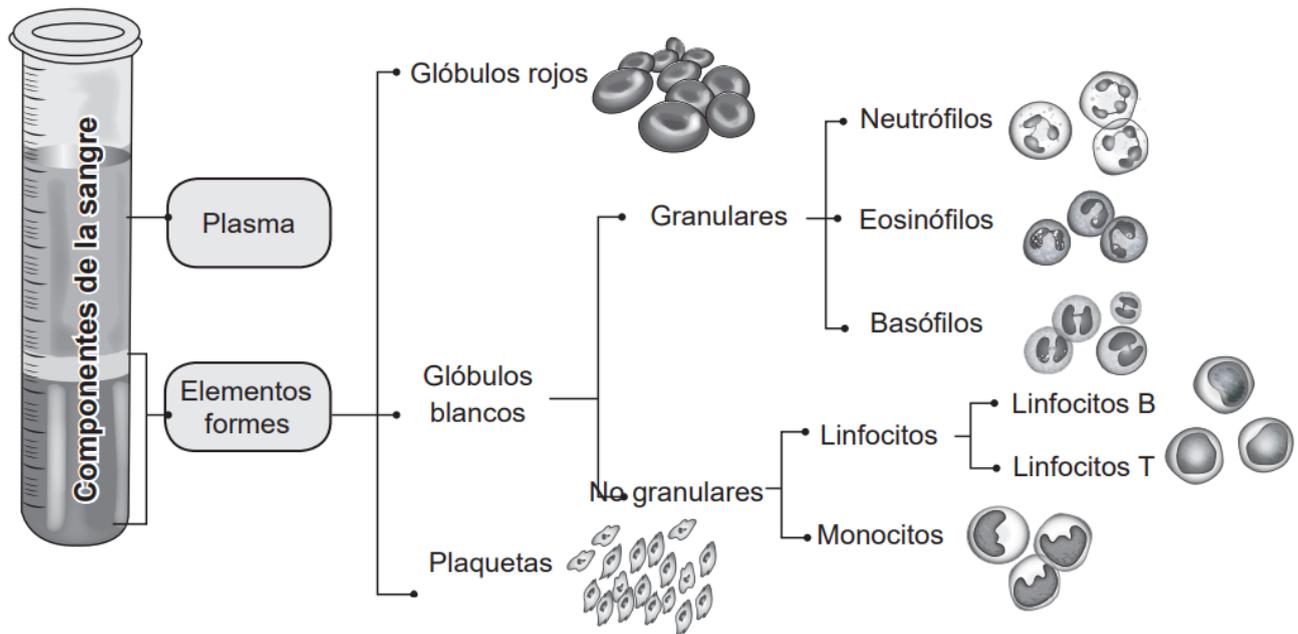
### Leucocitos granulares

- Neutrófilos: su cantidad es del 50% al 70% de los leucocitos. Su función más importante es actuar en las inflamaciones agudas.
- Eosinófilos: se encuentran entre el 1% y el 4% de las células de sangre periférica. Un número elevado de eosinófilos en la sangre periférica puede ser un indicador de parasitosis.
- Basófilos: constituyen solo el 0.5% de los leucocitos de la sangre periférica. Pueden acumularse en zonas donde se producen reacciones alérgicas. Leucocitos no granulares:
- Linfocitos: comprenden entre el 20% y el 50% de los leucocitos sanguíneos. Los linfocitos pequeños se clasifican en dos grupos: los linfocitos T y los linfocitos B.
- Monocitos: comprenden de 2% al 8% de los leucocitos sanguíneos. Los monocitos son precursores de los macrófagos. Tienen una vida media de tres días, para luego migrar fuera del torrente sanguíneo c.

### Plaquetas o trombocitos

Son fragmentos celulares que participan en la protección de la pared de los vasos sanguíneos, forman un “tapón plaquetario” para impedir el sangrado en el lugar de la lesión y producen diversas sustancias que ayudan a la cicatrización de las heridas.

- Plasma: Es la parte líquida de la sangre y es muy rico en proteínas, entre las cuales destacan como las más importantes: La albúmina, los factores de la coagulación y las inmunoglobulinas.



### 4.3 Fisiología cardiovascular

La fisiología cardiovascular es el estudio de las funciones del corazón, los vasos sanguíneos y la sangre. La función principal del sistema cardiovascular se puede resumir en una palabra: transporte. El torrente sanguíneo transporta numerosas sustancias esenciales para la vida y la salud, entre las cuales se encuentran el oxígeno y los nutrientes requeridos por las células del organismo. También transporta dióxido de carbono y otros metabolitos de desecho procedentes de células metabólicamente activas y los transfiere a los pulmones, riñones o al hígado, donde son excretados.

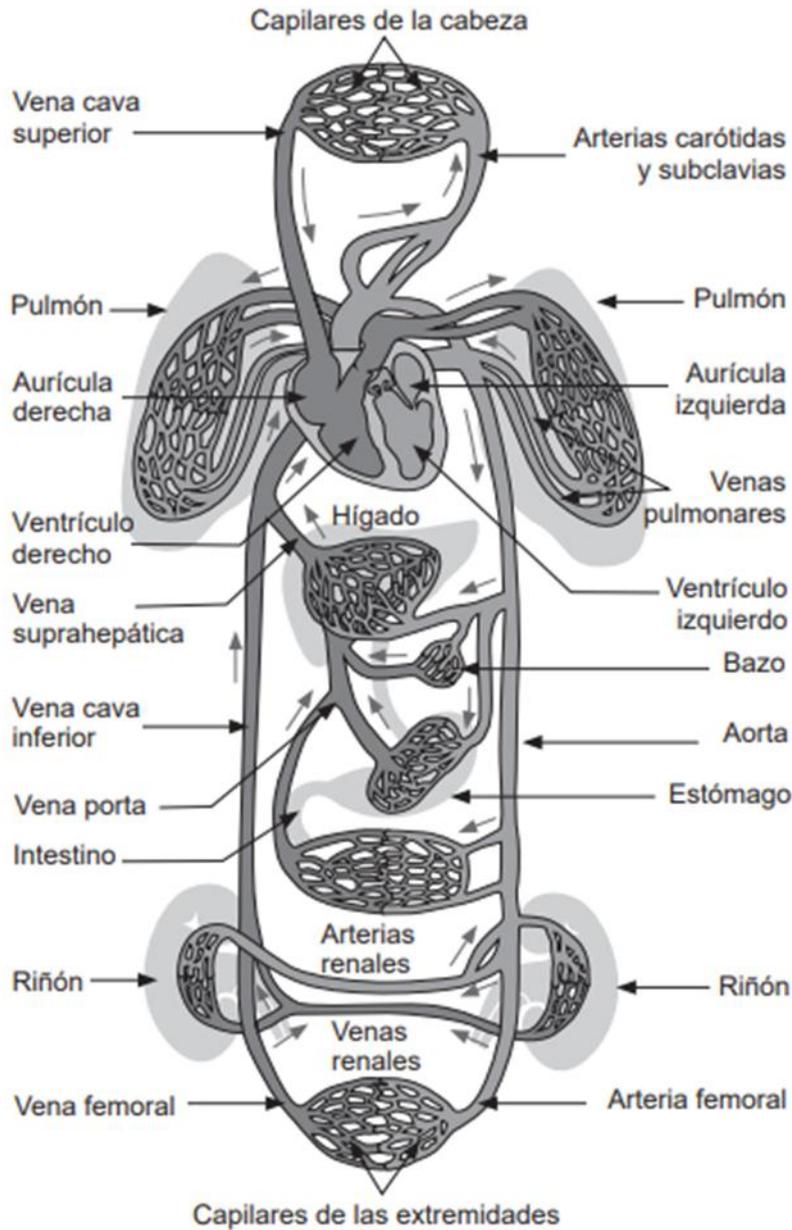
El funcionamiento normal de cada tejido corporal depende de la llegada de un flujo sanguíneo suficiente. De esta manera, cuanto mayor sea la actividad metabólica de un tejido, mayor será el aporte de sangre que necesita. Si el flujo sanguíneo que llega a un tejido cualquiera es insuficiente estamos ante una isquemia, que incluso siendo transitoria produce una disfunción en esos tejidos. Una isquemia persistente conduce a un daño permanente del tejido (infarto) y finalmente, a la muerte celular (necrosis).

En medicina veterinaria es frecuente encontrar alteraciones de las funciones transportadoras del sistema cardiovascular. Algunas de estas alteraciones son primarias, en cuyo caso son alteraciones o enfermedades que afectan de manera directa al sistema

cardiovascular. Un ejemplo de esta alteración cardiovascular primaria es la hemorragia (pérdida de sangre desde los vasos sanguíneos). Otro es la miocarditis (literalmente, «inflamación del músculo cardíaco») que puede producirse como consecuencia de una sustancia química tóxica o por una infección vírica o bacteriana que inflama el músculo cardíaco, disminuyendo su capacidad para bombear la sangre. En muchos otros estados patológicos, las complicaciones cardiovasculares se desarrollan aunque el sistema circulatorio no sea el objetivo primario de la enfermedad. Esas alteraciones cardiovasculares secundarias a menudo se convierten en los aspectos más graves y potencialmente letales de la enfermedad. Así, en quemaduras graves, o vómitos persistentes o diarrea, se producen pérdidas importantes de agua y electrolitos (pequeños iones solubles en los líquidos corporales; p. ej.,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$ ). Aunque el volumen de sangre no disminuya hasta niveles peligrosos, la alteración en la concentración de electrolitos puede llevar a ritmos cardíacos anormales (arritmias cardíacas) y a un bombeo ineficaz de sangre por el corazón (insuficiencia cardíaca).

Las sustancias transportadas por el sistema cardiovascular son nutrientes, productos de desecho, hormonas, electrolitos y agua. La sangre transporta los sustratos metabólicos necesarios para el funcionamiento de cada célula del organismo, incluido oxígeno, glucosa, aminoácidos, ácidos grasos, y varios lípidos. También transporta los productos metabólicos de desecho que recoge de cada célula, entre los que se incluyen dióxido de carbono, ácido láctico, residuos nitrogenados procedentes del metabolismo proteico y calor. Aunque el calor producido por los procesos metabólicos celulares no es un producto de desecho material, su transporte hacia la superficie del cuerpo es esencial para evitar que los tejidos profundos sufran alteraciones por sobrecalentamiento.

La sangre también transporta mensajeros químicos vitales: las hormonas, sintetizadas y liberadas por las células de un determinado órgano y transportadas por la sangre hasta otras células de otros órganos donde ejercen su acción. Por ejemplo, la insulina, producida por células del páncreas, es transportada por la sangre a las células de todo el cuerpo donde estimula la captación de glucosa por las mismas.



Por último, la sangre transporta agua y electrolitos esenciales, entre los que se incluyen  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$  y  $\text{HCO}_3^-$ . Los riñones son los órganos responsables de mantener la composición de agua y electrolitos a niveles normales en el organismo, lo que

consiguen alterando la concentración electrolítica en la sangre cuando esta fluye a través de ellos. A continuación, la sangre modificada circula por todos los órganos del cuerpo, donde estabiliza el contenido hídrico y electrolítico en el líquido extracelular de cada tejido.

El corazón es un órgano de movimiento involuntario, su principal función es bombear y distribuir la sangre por todo el organismo, a través de dos mecanismos: circulación mayor o sistémica y circulación menor o pulmonar, que funcionan paralelamente.

**Circulación mayor o sistémica:** es el recorrido que efectúa la sangre oxigenada que sale del ventrículo izquierdo del corazón y a través de la arteria aorta llega a todas las células del cuerpo, donde se realiza el intercambio gaseoso celular: deja el oxígeno (O<sub>2</sub>) que transporta y se carga con el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), regresando por las venas cavas superior e inferior a la aurícula derecha del corazón. **Circulación menor o pulmonar:** es el recorrido que efectúa la sangre con dióxido de carbono desde el ventrículo derecho del corazón hacia los pulmones donde se realiza el intercambio gaseoso en los alveolos: deja el CO<sub>2</sub> y fija el O<sub>2</sub>. Esta sangre oxigenada regresa por las venas pulmonares a la aurícula izquierda del corazón.

**Circulación coronaria:** es la circulación propia del corazón a través de sus arterias coronarias (izquierda y derecha), las cuales suministran al corazón sangre rica en oxígeno. Luego un conjunto de venas coronarias recoge la sangre del miocardio y la conducen hasta la aurícula derecha junto con las venas cavas superiores e inferiores.

**Sistema de conducción eléctrica del corazón** Es donde se produce y se transmite el estímulo eléctrico que permite la contracción cardíaca. El impulso generado en el nodo sinusal (SA) se propaga y estimula al miocardio, causando su contracción, permitiendo que la sangre sea bombeada a todo el cuerpo.

**Movimientos del corazón** El corazón realiza dos movimientos: sístole (contracción) y diástole (relajación).

#### 4.4 Actividad eléctrica del corazón

Las células musculares cardíacas se contraen debido a un potencial de acción eléctrico. El corazón es un músculo que bombea sangre a través de los vasos sanguíneos mediante un sistema de contracción y relajación. Cuando el miocardio se relaja las aurículas y los ventrículos se llenan de sangre venosa, parte de la cual se bombea hacia las arterias durante la contracción cardíaca. La contracción cardíaca tiene lugar en dos fases: 1) se contraen las aurículas izquierda y derecha, y 2) tras 50 y 150 milisegundos (mseg) lo hacen los ventrículos izquierdo y derecho. La contracción auricular ayuda a finalizar el llenado ventricular de sangre. El retraso permite el llenado ventricular completo. Posteriormente, la contracción ventricular expulsa la sangre del ventrículo izquierdo hacia la aorta, y la del derecho hacia la arteria pulmonar. Después de contraerse las aurículas y los ventrículos, se relajan y comienzan a llenarse de nuevo. La secuencia de contracción se inicia y organiza por una señal eléctrica, un potencial de acción que se propaga de miocito a miocito por todo el corazón.

El proceso de contracción del miocardio es similar al del músculo esquelético. El miocardio, al igual que el músculo esquelético, tiene una apariencia estriada cuando se mira al microscopio óptico (fig. 19-1). Estas estriás cruzadas tienen la misma base estructural en el músculo cardíaco y en el esquelético. Cada célula del músculo cardíaco (fibra muscular) se compone de varios cientos de miofibrillas, y cada una de estas tiene un patrón repetido de bandas claras y oscuras. Las distintas bandas y líneas reciben nombres de letras (banda A, banda I, disco Z), y su alineamiento en las miofibrillas adyacentes proporciona la apariencia estriada de toda la fibra muscular. Cada unidad repetida de bandas miofibrilares se denomina sarcómero, que significa «músculo pequeño», ya que cada uno constituye la subunidad contráctil del músculo cardíaco. Por definición, un sarcómero comprende desde un disco Z hasta el siguiente y mide alrededor de 0,1 mm o 100 nm. Al igual que en el músculo esquelético, cada sarcómero miocárdico está formado por un grupo de filamentos finos y gruesos. Los finos se unen a los discos Z, penetran en los gruesos mediante interdigitalizaciones y están compuestos por moléculas de actina, mientras que los gruesos están formados por moléculas de miosina. En presencia de adenosín trifosfato (ATP) y de iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) la actina y la miosina

interactúan en una serie de pasos denominados ciclo de puentes cruzados, que provoca la contracción y generación de fuerza en cada sarcómero y por consiguiente, en toda la célula muscular.

El miocardio forma un sincitio funcional Aunque la base molecular de la contracción es idéntica en el músculo esquelético y en el cardíaco, las conexiones eléctricas entre células adyacentes, en ambos tipos musculares, no son iguales, lo que tiene consecuencias importantes. Las células del músculo esquelético están aisladas eléctricamente unas de otras, por lo que el potencial de acción no puede saltar de una a otra. Cada potencial neuronal causa la liberación del neurotransmisor acetilcolina, que activa los receptores nicotínicos colinérgicos en la fibra de músculo esquelético, de forma que supera el umbral de despolarización, formándose un potencial de acción en la fibra muscular. Este se propaga a lo largo de la fibra muscular y luego se detiene. Este potencial produce la contracción celular. Las células adyacentes pueden contraerse al mismo tiempo o no, dependiendo de si sus motoneuronas generan potenciales de acción en ellas.

Las contracciones cardíacas se deben a los potenciales de acción que se generan de forma espontánea en las células marcapasos especializadas. Dado que el tejido miocárdico forma un sincitio funcional y puesto que el potencial de acción provoca una contracción, cualquier célula muscular cardíaca puede iniciar un latido. Sin embargo, existen algunas células cardíacas especializadas que pueden despolarizarse de manera espontánea hasta alcanzar el umbral necesario para iniciar un potencial de acción. Cuando esto ocurre, se produce un latido cardíaco. Estas células cardíacas que se despolarizan espontáneamente se denominan células marcapasos, ya que producen latidos y determinan la frecuencia o el ritmo cardíaco. Gracias a estas células, el corazón inicia sus propios potenciales de acción musculares y su contracción. Las motoneuronas no son necesarias para iniciar la contracción miocárdica, aunque sí son esenciales para la del músculo esquelético.

#### **4.5 Sistema Nervioso Generalidades**

El sistema nervioso es una red de tejidos en los animales, cuya unidad básica son las neuronas. Su función primordial es la de captar y procesar rápidamente las señales

endógenas y exógenas ejerciendo control y coordinación sobre los demás órganos para lograr una adecuada, oportuna y eficaz interacción con el medio ambiente cambiante.

La unidad funcional más importante del sistema nervioso es la neurona, un tipo de célula cuya morfología varía considerablemente según su localización en el sistema nervioso. Casi todas las neuronas tienen una zona de la membrana celular para recibir información, conocida habitualmente como dendritas; un cuerpo celular, o soma, que contiene los orgánulos para casi toda la actividad metabólica de la célula; una extensión de la membrana celular que transporta información denominada axón, y una terminal presináptica que se encuentra al final del axón para transmitir información a otras células. El axón suele estar recubierto por una capa grasa denominada vaina de mielina, que aumenta la velocidad con que se transfiere la información a lo largo del axón. Las neuronas no están aisladas: suelen estar interconectadas dentro de circuitos o rutas neurales que cumplen una función específica.

El otro tipo celular del sistema nervioso es la célula glial. Las células gliales tienen un papel importante en la producción de las vainas miélicas de los axones en la modulación del crecimiento de neuronas en formación o dañadas, en la amortiguación de las concentraciones de potasio y neurotransmisores, en la formación de contactos entre las neuronas (sinapsis), y también participan en determinadas respuestas inmunitarias del sistema nervioso. Estas células no producen potenciales de acción, aunque cada vez parece más evidente que pueden detectar indirectamente la actividad eléctrica de las neuronas y utilizar esta información para modular la eficacia de la comunicación neuronal. Sin embargo, no todas las acciones de las células de la glía son beneficiosas para el sistema nervioso, puesto que a ellas se atribuyen ciertas respuestas neuroinflamatorias características de algunas enfermedades neurodegenerativas y la aparición de algunos trastornos de dolor crónico.

El sistema nervioso central (SNC) está formado por el cerebro y la médula espinal y se encuentra rodeado por una serie de huesos. El cerebro está cubierto por el cráneo y la médula espinal por las vértebras cervicales, torácicas y lumbares, además de ligamentos. El sistema nervioso periférico (SNP) está formado por nervios espinales y craneales que

transmiten las señales eléctricas, denominadas potenciales de acción, desde o hacia el SNC. Estos nervios son haces de axones del SNP. Los axones que transmiten los potenciales de acción hacia el SNC se denominan aferentes, y los que transmiten las señales desde el SNC se denominan eferentes. Funcionalmente, los elementos del SNP pueden agruparse en dos subsistemas: motor y sensitivo.

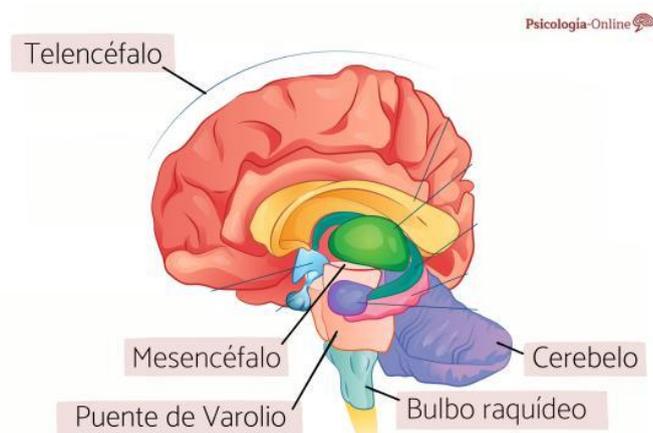
Cada una de las seis regiones del SNC tiene características anatómicas y funcionales diferentes, entre las que se incluyen:

- La médula espinal es la región más caudal del SNC. Los axones de las raíces dorsales sensitivas conducen los potenciales de acción generados por la estimulación de los receptores sensoriales de la piel, los músculos, los tendones, las articulaciones y los órganos viscerales, a la médula espinal. La médula espinal contiene los cuerpos celulares y las dendritas de las neuronas motoras cuyos axones salen a través de las raíces ventrales para llegar al músculo esquelético o alcanzar el músculo liso. También se encuentran en ella los fascículos axonales que transportan la información sensitiva al cerebro y las órdenes motoras desde el cerebro hasta las neuronas motoras. La médula espinal aislada puede controlar los reflejos simples, como los reflejos de estiramiento muscular y la retirada de las extremidades cuando actúa un estímulo doloroso.
- El bulbo raquídeo se localiza rostralmente a la médula espinal y se parece mucho a ella. También recibe información de los receptores sensitivos externos e internos del organismo y envía órdenes motoras a los músculos esqueléticos y lisos a través de los nervios craneales. En la cabeza y en la región del cuello se localizan grandes poblaciones de estos receptores y músculos. Los cuerpos celulares de las neuronas del bulbo que reciben entradas sensitivas de los nervios craneales o envían respuestas motoras se agrupan en agregados denominados núcleos nerviosos craneales sensitivos y motores, respectivamente. Los núcleos nerviosos craneales del bulbo raquídeo desempeñan un papel fundamental para las funciones vitales de los sistemas respiratorio y cardiovascular y para distintos aspectos

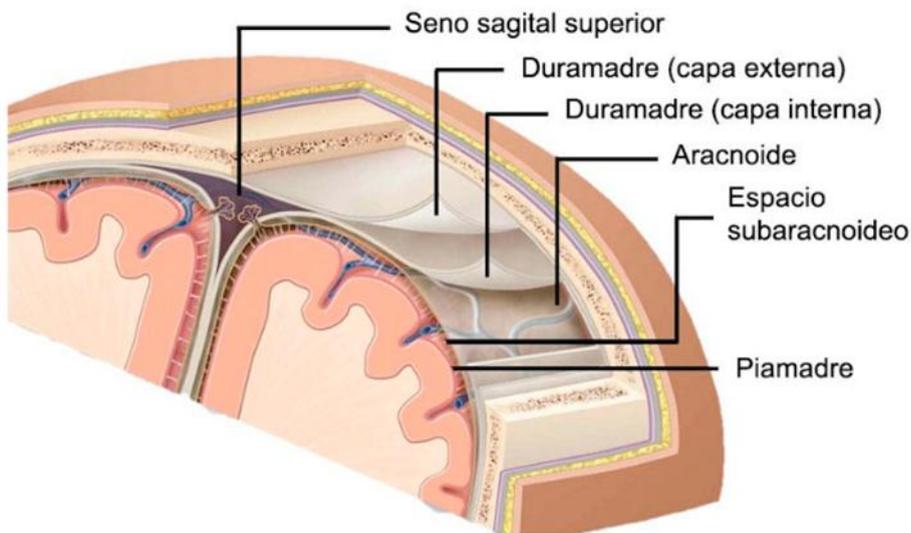
relacionados con la alimentación (p. ej., gusto, movimiento de la lengua, deglución, digestión) y la vocalización.

- La protuberancia se localiza rostralmente al bulbo raquídeo y contiene los cuerpos celulares de un gran número de neuronas en una cadena de dos neuronas que transmite información desde la corteza cerebral hasta el cerebelo. El cerebelo no es una parte del tronco del encéfalo, pero suele describirse junto con la protuberancia porque tienen un origen embrionario similar. El cerebelo es importante para el movimiento coordinado, preciso y fino, y para el aprendizaje motor. Los núcleos nerviosos craneales de la protuberancia desempeñan funciones importantes recibiendo la información sensitiva sobre el tacto facial y realizando el control motor de la masticación.
- El mesencéfalo, o cerebro medio, discurre rostralmente a la protuberancia y contiene los colículos superiores e inferiores, que son importantes para el procesamiento y la transmisión de la información visual y auditiva que se integra en otros niveles del cerebro. El mesencéfalo también contiene núcleos de los nervios craneales que controlan directamente los movimientos oculares y que provocan la constricción de las pupilas.
- En el diencefalo se encuentran el tálamo y el hipotálamo, que son estructuras grandes formadas por varios subnúcleos. El tálamo es una estación repetidora y un modulador de la información que llega a la corteza cerebral procedente de los sistemas sensitivos y de otras regiones del cerebro. El hipotálamo regula el sistema nervioso autónomo, controla la secreción hormonal de la hipófisis y desempeña una función principal para los aspectos fisiológicos y conductuales de la homeostasis (p. ej., mantenimiento de la temperatura y la presión arterial, alimentación).
- El telencéfalo, que normalmente se conoce como hemisferios cerebrales, está formado por la corteza cerebral y un pequeño número de estructuras

subcorticales destacadas, como los ganglios basales y el hipocampo. La corteza cerebral interviene en las formas más complejas de la integración sensorial y la percepción sensorial consciente. También formula y ejecuta secuencias del movimiento voluntario. Los ganglios basales son una colección de núcleos que modulan las funciones motoras de la corteza cerebral, y el hipocampo desempeña una función importante para la memoria y el aprendizaje espacial. En relación a la función del hipocampo, resulta de gran interés que sea una de las poquísimas regiones del cerebro en la que tienen lugar procesos de neurogenia en mamíferos adultos.



Todo el sistema nervioso central está rodeado por tres membranas protectoras denominadas meninges: la piamadre, la aracnoides y la duramadre. La membrana más interna es la piamadre; establece contacto directo con el sistema nervioso central, y consta de un estrato simple de fibroblastos situados sobre la superficie externa del cerebro y la médula espinal. La membrana media, la aracnoides, denominada así porque se parece a la tela de una araña, formada por varios estratos de fibroblastos, que constituyen una capa fina, separada de la piamadre por líquido cefalorraquídeo, que ocupa el el espacio subaracnoideo.



La meninge más externa es la duramadre, una membrana mucho más gruesa constiuida por fibroblastos, que protege el sistema nervioso central. En la cavidad craneal, la duramadre suele unirse con la superficie interna del hueso. El líquido cefalorraquídeo (LCR) es un líquido claro e incoloro, que se encuentra en el espacio subaracnoideo, el canal central de la médula espinal y el sistema ventricular del cerebro. Se produce sobre todo en los ventrículos cerebrales, fluye según un gradiente de presión desde estos al espacio subaracnoideo, y desde aquí al sistema venoso. Es un líquido dinámico, que se renueva varias veces al día.

Puesto que el LCR puede intercambiarse libremente con el líquido extracelular del SNC, es un determinante importante del microentorno neuronal, porque transporta al exterior los productos del metabolismo celular y proporcion ciertos micronutrientes. Es así mismo un importante instrumento para el diagnóstico de infecciones, procesos inflamatorios o tumorales en el SNC. También amortigua los impactos físicos del movimiento corporal sobre el SNC.

#### 4.6 Divisiones Del Sistema Nervioso

Se divide en sistema nervioso central, del cual detallamos en el anterior punto. La segunda división es el sistema nervioso periférico, el cual es una red nerviosa extensa que difícilmente deja un solo milímetro cúbico de tejido en cualquier sitio del cuerpo carente de terminaciones nerviosas. Constituye el tejido nervioso que se encuentra fuera del SNC, representado fundamentalmente por los nervios periféricos que inervan los músculos y los órganos.

Existe otra división que es el Sistema nervioso somático. Está formado por neuronas sensitivas y axones motores. Tiene dos vías: una primera entrada, por donde recibe la información (vía sensitiva somática o aferente somática), que está relacionada con la temperatura, dolor, tacto, presión, los sentidos especiales (visión, audición, gusto y olfato) y, la segunda entrada propicia una respuesta somática o efectora (axones motores) voluntaria, que corresponde a la contracción del músculo esquelético. Está compuesto por:

- Nervios Craneales: están conformados por doce pares. Son nervios mixtos que reciben información de los órganos sensoriales y los envía al SNC. Tres pares son sensoriales: el óptico, el olfatorio y el vestibulococlear asociados a los ojos, el olfato y el oído respectivamente.
- Nervios Raquídeos: son los que envían información sensorial (tacto, dolor) del tronco y las extremidades hacia el sistema nervioso central.

Por último el sistema nervioso autónomo. Es un sistema eferente e involuntario que transmite impulsos desde el sistema nervioso central hasta la periferia estimulando los aparatos y sistema de órganos periféricos, activándose principalmente por los centros nerviosos situados en la médula espinal, tallo cerebral e hipotálamo.

- Simpático: es llamado sistema adrenérgico o noradrenérgico, constituido por una cadena de ganglios y prepara el cuerpo del animal a reaccionar ante una situación de estrés, utilizando la noradrenalina como neurotransmisor. Aumenta consumo de energía.

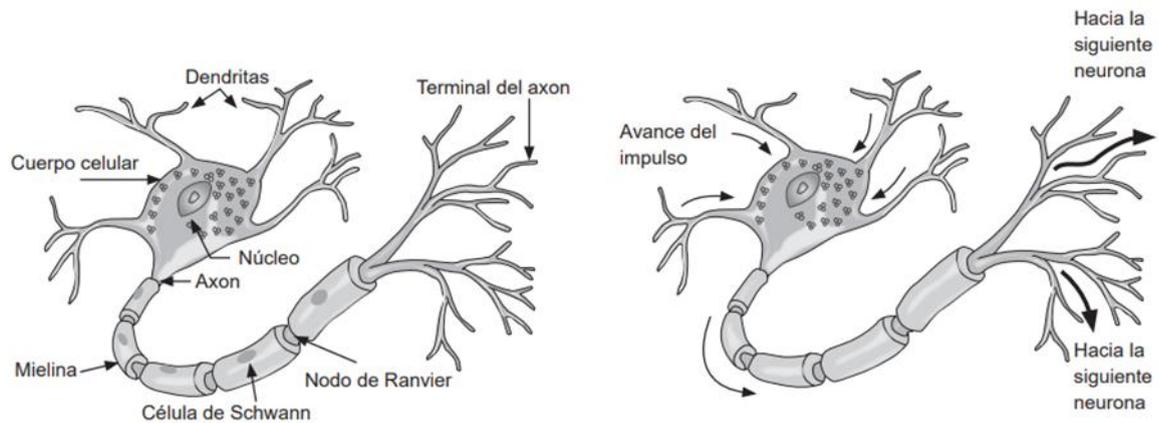
- **Parasimpático:** conformado por ganglios aislados que usan la acetilcolina como neurotransmisor. Está encargado de almacenar y conservar la energía. Es llamado también sistema colinérgico; ya que es el que mantiene al cuerpo en situaciones normales y luego de haber pasado la situación de estrés es antagónico al simpático.

## 4.7 Neuronas

Dependiendo de su función, existen 3 tipos de neuronas:

- **Sensitivas:** transportan información hasta el SNC.
- **Motoras:** llegan la información desde el SNC, hasta los efectores, que son las células que ejecutan las respuestas.
- **De asociación o interneuronas:** establecen la conexión entre las neuronas sensitivas y las neuronas motoras

Las neuronas típicas tienen cuatro regiones definidas morfológicamente: las dendritas, el cuerpo celular, el axón y las terminales presinápticas del axón. Estas cuatro regiones anatómicas son de gran importancia en las cuatro funciones eléctricas y químicas más importantes de la neurona: la recepción de las señales desde las terminales presinápticas de otras neuronas (o dendritas), la integración de estas señales, a menudo opuestas (en el segmento inicial del axón), la transmisión de los impulsos del potencial de acción a lo largo del axón y la activación de una célula adyacente en la terminal presináptica. En conjunto, estas funciones son análogas a la labor general del sistema nervioso: recoger información del entorno, integrar dicha información y producir una respuesta que puede cambiar el entorno.



Las células nerviosas, como otras células del organismo, poseen una carga eléctrica, o voltaje, que puede medirse a través de su membrana celular externa (potencial de reposo de la membrana). Cuando el potencial de membrana de un nervio o músculo disminuye lo suficiente, se produce un cambio espectacular denominado potencial de acción. Este potencial de acción se desplaza a lo largo de toda la longitud axonal. Tres factores principales provocan el potencial de reposo de la membrana.

- La bomba  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .
- Un tipo de ion se acercará al equilibrio dinámico si puede fluir a través de la membrana.
- Distinta permeabilidad de la membrana para la difusión de iones.

Estos tres determinantes (la bomba  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , el movimiento de un ion permeable hacia el equilibrio dinámico y la permeabilidad diferencial de la membrana) son el origen principal del potencial de reposo de la membrana.

#### 4.8 Células De Glía

Este tipo de células tienen como misión proteger y alimentar a las neuronas y se encuentran situadas entre ellas.

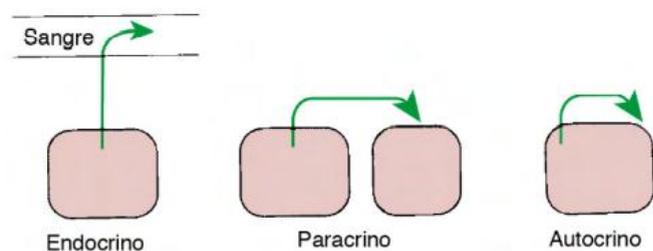
- Astrocitos: encargadas de la alimentación de las neuronas.
- Células de Schwann: protegen a las neuronas formando una capa de mielina que mantiene aislado el axón.

## 4.9 Sistema Endocrino Generalidades

El sistema endocrino está compuesto por glándulas, que elaboran sustancias u hormonas que se vierten directamente en el torrente sanguíneo. Las hormonas son productos químicos sintetizados por tejidos específicos y transportados por el sistema vascular para actuar sobre otros tejidos a bajas concentraciones. El sistema endocrino ha evolucionado para permitir la coordinación y regulación de los procesos fisiológicos a través de mensajeros químicos llamados hormonas.

Otros tipos de sistemas de control utilizan sustancias químicas, que no se transportan en la sangre, para influir sobre la actividad de células distantes. Estos sistemas funcionan como medios de integración local entre dos o más células y son los siguientes:

- Agentes paracrinos, en los que el mensajero difunde a través de los líquidos intersticiales, por lo general para influir sobre células adyacentes; si el mensajero actúa en la célula de origen la sustancia se denomina agente autocrino.
- Neurotransmisores, que actúan en la comunicación entre neuronas, o entre neuronas y células diana; las sustancias están limitadas en la distancia recorrida y la zona de la célula en la que influyen.
- Los agentes exocrinos, como las hormonas sintetizadas por el páncreas, se liberan en el tubo digestivo.



**FIGURA 33-1** Tipos de comunicación celular por vía de mediadores químicos. (De Hedge GA, Colby HD, Goodman RL: *Clinical endocrine physiology*, Filadelfia, 1987, Saunders.)

Los sistemas endocrino y nervioso se integran en su control de los procesos fisiológicos. El sistema endocrino interacciona con el otro regulador principal, el sistema nervioso, el cual coordina las actividades que requieren un control rápido. Un ejemplo de la

interacción directa de los dos sistemas es el reflejo por el que la succión produce la liberación de leche. La succión inicia la transmisión de impulsos nerviosos desde la glándula mamaria hasta el hipotálamo (por la vía del haz espinal). Las neuronas neurosecretoras de los núcleos supraóptico y paraventricular se estimulan para que secreten oxitocina, que se transporta a lo largo de los axones de estos nervios y se libera desde las terminaciones nerviosas en la neurohipófisis hacia el sistema vascular sanguíneo, a través del cual llega a la glándula mamaria, donde produce la contracción de las células mioepiteliales. Estas células rodean la unidad más pequeña de células secretoras de leche, llamada alvéolo. Esto produce el movimiento de la leche hacia las grandes cisternas adyacentes al pezón y, como consecuencia, hacia el interior del pezón.

El sistema endocrino participa en el control de las funciones fisiológicas, incluidas el metabolismo, el crecimiento y la reproducción. El metabolismo se puede dividir en dos modalidades: energético y mineral. Las hormonas que controlan el primero son la insulina, el glucagón, el cortisol, la adrenalina, la hormona tiroidea y la somatotropina; las hormonas que controlan el metabolismo mineral son la hormona paratiroidea, la calcitonina, la angiotensina y la renina.

Una de las características importantes del sistema endocrino es la amplificación de la señal. La activación de un gen por acción de una molécula esteroidea puede conllevar la formación de muchas moléculas de ARN mensajero (ARNm), y cada una de ellas puede inducir la formación de muchas enzimas. Además, una molécula proteica puede inducir la formación de muchas de adenosina 3959-monofosfato (AMPc), que a su vez pueden activar muchas enzimas. La amplificación es la base de la sensibilidad del sistema endocrino, que permite que pequeñas cantidades de hormona en plasma ( $10^{-11}$  a  $10^{-12}$  mol) produzcan efectos biológicos significativos. La acción hormonal también influye sobre la velocidad de las reacciones enzimáticas ya existentes, aunque no en el inicio de reacciones nuevas. Esto significa que hay unos niveles de actividad enzimática basal incluso en ausencia de hormonas. La acción hormonal es relativamente lenta y prolongada y sus efectos duran de minutos a días, lo que contrasta con el sistema nervioso, en el que la respuesta es rápida y corta (de milisegundos a segundos).

#### 4.10 Clasificación De Las Glándulas

Las hormonas proteicas se sintetizan inicialmente como preprohormonas, a continuación se escinden en el retículo endoplásmico rugoso para formar prohormonas y, por último, en el aparato de Golgi donde se convierten en hormonas activas, las cuales se almacenan en gránulos antes de su liberación por exocitosis. Las principales clases de hormonas incluyen proteínas (p. ej., somatotropina, insulina, corticotropina [anteriormente llamada hormona adrenocorticotropa o ACTH]); péptidos (p. ej., oxitocina y vasopresina); aminos (p. ej., dopamina, melatonina, adrenalina), y esteroides (p. ej., cortisol, progesterona, vitamina D). Las hormonas proteicas y peptídicas se sintetizan inicialmente en los ribosomas como proteínas precursoras de gran tamaño, que se denominan preprohormona.

Los esteroides constituyen una clase de hormonas que, al contrario de las proteicas, son lipófilas. Generalmente pertenecen a una de estas dos categorías: hormonas adrenocorticales (glucocorticoides, mineralocorticoides) y hormonas sexuales (estrógenos, progesterona, andrógenos). Tienen una estructura común de 17 carbonos en cuatro anillos derivada del colesterol.

##### Glándulas endocrinas

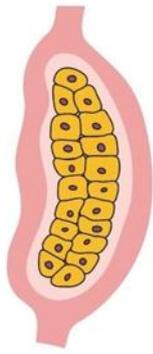
Son aquellas glándulas que por carecer de conducto, vierten o secretan las hormonas directamente en el torrente sanguíneo ejemplo: glándulas tiroides, adrenales, hipófisis, paratiroides

##### Glándulas exocrinas

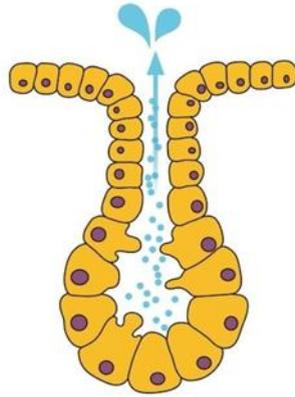
Son aquellas que Secretan las sustancias producidas directamente al medio exterior o a la luz de un órgano hueco. Ejemplo: glándulas sudoríparas, sebáceas, lagrimales y salivales.

##### Glándulas mixtas

Son glándulas que en su estructura producen, tanto productos que son secretados al exterior como al conducto sanguíneo. Ejemplo: ovarios, testículos, páncreas, entre otros



Glándula  
endocrina



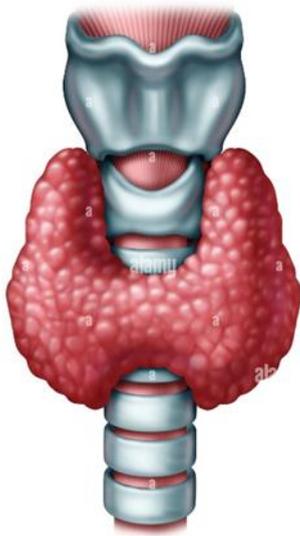
Glándula  
exocrina

#### 4.1.1 Clasificación Y Función De Las Hormonas

La glándula tiroides

En la mayoría de los mamíferos, la glándula tiroides se localiza en posición caudal a la tráquea, a la altura del primer o segundo anillo traqueal. Se compone de dos lóbulos situados a cada lado de la tráquea y conectados por un fragmento estrecho de tejido llamado istmo. La glándula tiroides es la glándula endocrina más importante en la regulación metabólica. El tejido glandular se compone de células dispuestas en círculos llamados folículos. Las hormonas tiroideas se sintetizan a partir de dos moléculas de tirosina conectadas que contienen tres o cuatro moléculas de yodo.

La tirosina es parte de una gran molécula (peso molecular 660.000 D) llamada tiroglobulina que se forma en la célula folicular y se secreta a la luz del folículo. El yodo se convierte en yoduro en el intestino, y desde allí se transporta al tiroides, donde las células foliculares lo atrapan de forma eficaz mediante un proceso de transporte activo. Esto permite que las concentraciones intracelulares de yoduro sean de 25 a 200 veces superior a las extracelulares.



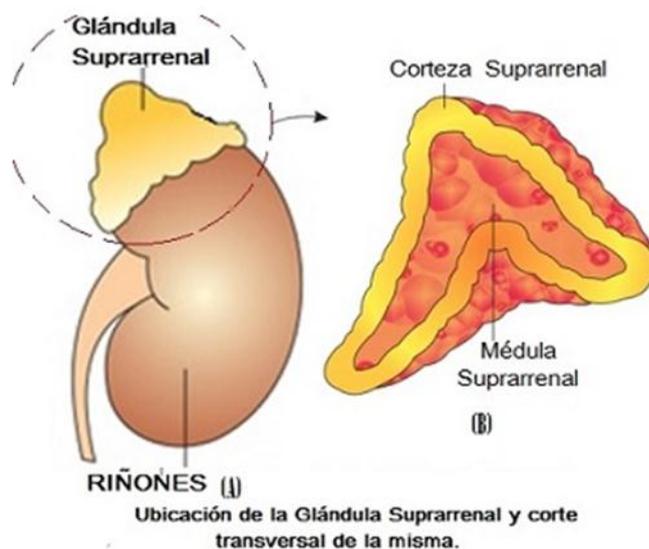
### Las glándulas adrenales

Las glándulas adrenales se componen de dos partes: la más externa (corteza) y la más interna (médula). Las glándulas adrenales son dos órganos endocrinos simétricos bilaterales localizados en posición anterior a los riñones. Cada glándula se divide en dos entidades separadas, una médula y una corteza, cada una de las cuales producen diferentes tipos de hormonas y tiene orígenes embrionarios distintos. La médula surge del neuroectodermo y produce aminas, como la noradrenalina y la adrenalina. La corteza surge del epitelio mesodérmico celómico y produce hormonas esteroideas como el cortisol, la corticosterona, los esteroides sexuales y la aldosterona. La utilidad de situar juntos dos tejidos tan dispares no está clara. El único factor común es que ambos grupos hormonales son importantes para la adaptación a las condiciones ambientales adversas (por ejemplo, al estrés).

La corteza adrenal de los mamíferos se organiza en tres zonas. La más externa, la zona glomerular, es relativamente estrecha y sus células se organizan en disposición espiral. La parte media, la zona fascicular, es más o menos ancha y sus células están organizadas en

columnas. En la vaca y la oveja, la zona fascicular está a su vez dividida en una capa interna y otra externa. La zona más interna de la corteza adrenal, la zona reticular, es adyacente a la médula adrenal, tiene un tamaño intermedio y sus células están organizadas al azar.

La corteza adrenal produce dos tipos principales de hormonas esteroideas: los mineralocorticoides y los glucocorticoides, cuyas funciones son muy distintas. Los mineralocorticoides se producen en la zona glomerular, desempeñan un papel muy importante en el equilibrio electrolítico y, como consecuencia, son relevantes en la regulación de la presión arterial. El principal mineralocorticoide es la aldosterona. Los glucocorticoides, producidos por la zona fascicular (responsable de la mayor parte de su producción) y reticular, son importantes en la regulación de todos los aspectos del metabolismo, tanto directamente como interaccionando con otras hormonas. El principal glucocorticoide es el cortisol.



La médula adrenal. Las células de la médula adrenal que sintetizan catecolaminas se denominan células cromafines. Esta clasificación está basada en su reacción histoquímica cuando se exponen al dicromato potásico: esto es, un oscurecimiento de las células como consecuencia de la formación de pigmentos coloreados junto con la oxidación de las catecolaminas. Las células que producen adrenalina son diferentes de las que sintetizan noradrenalina; de acuerdo con esto, el tipo de gránulo cromafínico presente es diferente para cada tipo celular. En las vacas, las células que secretan adrenalina tienden a localizarse en el borde más externo de la médula. La liberación de acetilcolina desde las fibras

nerviosas preganglionares inicia la síntesis de catecolaminas en las células de la médula. La acetilcolina también estimula la liberación de catecolaminas desde los gránulos cromafínicos, un fenómeno llamado acoplamiento estímulo-secreción.

### Hormonas del páncreas

El páncreas tiene funciones endocrinas y no endocrinas importantes. Estas últimas se producen como consecuencia de la actividad de la parte exocrina del páncreas y están relacionadas con la función GI. La porción endocrina se organiza en islotes delimitados (denominados islotes de Langerhans) que contienen cuatro tipos de células, cada uno de los cuales produce una hormona diferente. Las más numerosas son las células b, que producen insulina; las células a producen glucagón, las células D producen somatostatina y las F o PP sintetizan polipéptido pancreático. Aunque estas hormonas tienen funciones diferentes, todas participan en el control del metabolismo, y más concretamente, en la homeostasia de la glucosa.

- **Insulina.** Tiene importantes efectos sobre el metabolismo de los hidratos de carbono. Facilita el uso de la glucosa: principalmente, la glucólisis, que implica su oxidación a piruvato y lactato mediante la acción de enzimas, como la glucocinasa, la fosfofructocinasa y la piruvatocinasa. Asimismo, promueve la producción de glucógeno en el hígado, el tejido adiposo y el músculo esquelético mediante el incremento de la actividad de la glucógeno sintetasa junto con un descenso de la actividad de la glucógeno fosforilasa.
- **Glucagón** El glucagón es una hormona proteica producida por las células a de los islotes de Langerhans. Tiene una estrecha relación con la insulina en el control del metabolismo de la glucosa. Los cambios en la secreción de glucagón contrarrestan los efectos de la insulina asociados con la ingesta diaria de comida y los intervalos entre los períodos de alimentación.

## **Bibliografía**

Cunningham J G, Klein B G. (2009) “Fisiología Veterinaria” 5º Edición. Barcelona. Editorial Elsevier.

Manual del Protagonista “Anatomía y Fisiología Animal”, (2016) Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional.

K. M. Dyce, W. A. Sack, C. J. G. Wensing (2011) “Anatomía Veterinaria” Editorial El Manual Moderno; Edición 4