



Guía de lectura: Unidad Temática 3

Autores:

Dr. MSc. MV. Carlos Pereyra.
Esp. Méd. Vet. Damián Parola.
Esp. Méd. Vet. Verónica Venegas.
Méd. Vet. María Noel Cirimele.
Esp. Méd. Vet. Andrés Martínez
Méd. Vet. Jorge Chavez.
Srta. Luisina Perez Mogetta.
Srta. Justina Bosco.
Sr. Federico Heger.



Año 2024

Unidad temática III: Aparato de la locomoción. Miología y Neurología. Estudio Descriptivo y Comparado en las especies domésticas.

MÓDULO I: INTRODUCCIÓN A LA NEUROLOGÍA. GENERALIDADES.

I - INTRODUCCIÓN

La Neurología (del griego: *νεῦρον*, neuron, ‘nervio’, y el sufijo *-λογία*, logía, ‘estudio de’) es la rama de la anatomía sistemática que estudia al sistema nervioso, único sistema anatómico verdadero debido a que sus órganos constituyentes derivan de la misma hoja embrionaria que es el mesodermo. El tejido que forma los diferentes órganos lleva su mismo nombre estando éste constituido por células nerviosas (neurona) que conducen los impulsos excitatorios y las células de la neuroglía, dotadas de otras funciones distintas. Las prolongaciones que poseen ambos tipos de células forman delicadas redes tridimensionales en los órganos nerviosos centrales y en la periferia del organismo, los cuales se hallan relacionados entre sí para constituir la red fundamental del tejido nervioso.

Para el estudio de este sistema es necesario tener en cuenta el paradigma de Estructura - Función, ya que hay funciones específicas y asociadas, que son reguladas por el sistema nervioso. “El estudio del sistema nervioso representa la oportunidad para analizar en conjunto, uno de los más sofisticados y eficientes sistemas de comunicación que existen en el interior del organismo animal y que involucra también, la comunicación del cuerpo con el medio que lo rodea” (Zuccolilli, 2012).

El sistema nervioso está formado por los órganos encargados de regir todos los procesos vitales del ser vivo, relacionando armónicamente cada uno de los órganos. Para ello, conecta y coordina la acción de las diferentes partes corporales, capta estímulos, tanto del exterior como del interior del organismo y emite respuestas rápidas o lentas ante estos estímulos. Las respuestas pueden ser de índole motora, secretora e incluso psíquica. De esa forma, modera la integración del organismo y en definitiva, el sistema nervioso es el que siente, piensa, y controla el organismo. En conclusión, desarrolla tres funciones básicas, que son: **sensitiva, integradora y motora.**

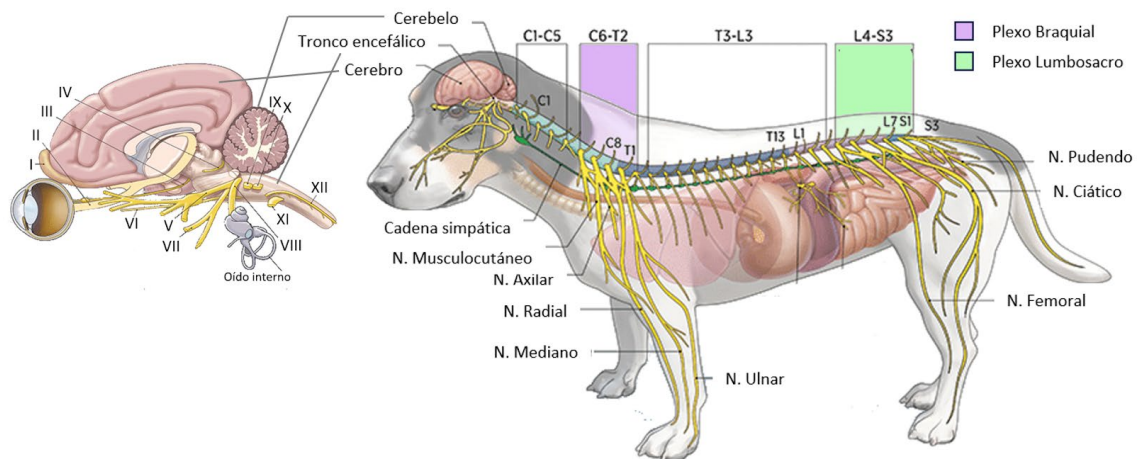
- La *función sensitiva* comprende la captación de estímulos que provienen del propio organismo o de su ambiente externo (interoceptivos y exteroceptivos)

respectivamente). Son captados por receptores altamente especializados que los traducen a impulsos nerviosos. Estos impulsos se dirigen a determinadas áreas del SN donde son procesados.

- La *función integradora* consiste en la elaboración de una respuesta adecuada a los estímulos recibidos. Esta integración se realiza a diferentes niveles neuroanatómicos, y puede estar influenciada o modificada por otros estímulos o por informaciones almacenadas previamente.

- La *función motora* comprende la transmisión de la respuesta elaborada hasta un órgano efector ya sea un músculo o una glándula, con la consiguiente modificación de su tono muscular o su secreción glandular.

Figura 1 Órganos y distribución del Sistema Nervioso.



Referencias: del I al XII nervios craneales emergencia en el SNC, C1 a S3 nervios espinales y su distribución metamérica y emergencia de la médula espinal.

Según el tipo de estímulo recibido y el nivel neuroanatómico donde se integre, se apreciarán respuestas reflejas o conscientes, que modifican tanto funciones autónomas como somáticas. En general las respuestas reflejas se integran en la médula espinal o en el tronco encefálico, mientras que las respuestas conscientes se integran en la corteza cerebral. La integración conjunta de todos los estímulos permite coordinar las funciones del organismo y adaptar el comportamiento a las necesidades de los órganos y sistemas.

Todos los vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) presentan los sistemas nerviosos más complejos, que centralizan los órganos de comando en la parte cefálica del animal (encéfalo), pero mantienen la conexión de los distintos segmentos corporales por medio de un largo cilindro nervioso (médula espinal). Estos órganos se ubican en el plano medio dorsal del animal, extremadamente protegido por piezas óseas (cavidad craneana y canal vertebral). A lo largo de la médula espinal se encuentran

fibras nerviosas ascendentes o sensitivas que transportan la información hacia los centros nerviosos ubicados en el cerebro y cerebelo. De la misma forma, estos órganos son recorridos por fibras nerviosas descendentes o motoras que comandan la actividad de las neuronas motoras ubicadas en el tronco del encéfalo y la médula espinal. Estas neuronas motoras poseen largos axones que constituyen los nervios para finalizar en contacto con una célula efectora.

Desde un enfoque más fisiológico, también es posible distinguir en todos los organismos del reino animal, una división primaria de las funciones. Por un lado, encontramos los mecanismos para obtener un correcto funcionamiento de los órganos encargados de mantener las funciones vitales, denominadas funciones vegetativas o autonómicas (respiración, circulación, digestión, excreción, etc.). Por otro lado, aparecen las funciones que le permiten al animal interactuar con el medio circundante, a las cuales se las engloba con el término de funciones somáticas o de la vida de relación (movimientos de desplazamiento, defensa, huida, etc.). En concordancia con este concepto, puede comprenderse que el cuerpo puede dividirse en dos partes estructurales básicas: *a)* Una porción somática que está representada por los componentes del aparato locomotor (músculos estriados esqueléticos, articulaciones y huesos) y *b)* Una porción visceral compuesta por numerosos órganos contenidos en la cavidades celómicas y que cumplen sus funciones a partir de células glandulares, músculo liso y músculo estriado cardíaco.

En los vertebrados el grado de especialización de las partes somáticas y viscerales provocan que el cerebro se transforme en el órgano más desarrollado del sistema.

Existen algunas características específicas que se incorporan progresivamente en el proceso de perfeccionamiento de los componentes nerviosos. *Un evento evolutivo decisivo es la mielinización de las fibras nerviosas que determina un incremento en la eficiencia y velocidad para transmitir los impulsos nerviosos.* La aparición de receptores sensitivos complejos como los conos y bastones de la retina, para mejorar la visión o el desarrollo de los componentes vestibulares del oído interno que permiten obtener la información de la posición de la cabeza en las tres dimensiones del espacio, son algunos ejemplos de la diferenciación y especialización de las estructuras para cumplir una función determinada.

Las redes o circuitos nuevos que aparecen en forma filogenéticamente más tardía se ubican jerárquicamente sobre los más antiguos y ejercen sobre éstos un control inhibitorio o excitatorio, según sea el caso en particular. Un concepto que debe quedar

claro para poder comprender la anatomía y fisiología del sistema nervioso es que las estructuras filogenéticamente más nuevas van cubriendo (morfológica y funcionalmente) a las más antiguas, de la misma forma en que aparecen las capas de una cebolla. En otras palabras, las estructuras que podemos ver en el sistema nervioso de un reptil (sistema nervioso más primitivo), también existen en un mamífero, pero sus conexiones y funciones se encuentran subordinadas a centros nerviosos de evolución más reciente. De esta manera podemos plantear que existen tres grandes componentes en el cerebro de los mamíferos representados por: 1) el complejo reptiliano, responsable de las funciones básicas y elementales (conductuales); 2) el sistema límbico que se dispone sobre el anterior y regula las conducta materna y gregaria; y 3) la neocorteza que es asiento de las funciones superiores y el aprendizaje.

Siguiendo un ordenamiento clásico, conocer la embriología permite observar al sistema nervioso como un conjunto de estructuras que transitan por las distintas fases evolutivas y facilita la comprensión de los conceptos de metamería en médula espinal y tronco encefálico donde tienen sede los reflejos. Las porciones craneales (cerebrales y cerebelosas) son las responsables de la modulación de la actividad refleja y coordinación de las funciones sensitivas y motoras en conductas complejas y sumados a estos, la distribución anatómica de los nervios periféricos, son los cimientos del examen neurológico que es la mejor herramienta que posee un médico veterinario para evaluar la integridad de este complejo sistema.

El sistema nervioso de los mamíferos puede compararse a un complejo sistema de circuitos electroquímicos que se interconectan para gobernar al resto de los órganos del cuerpo y modular su interacción con el ambiente. Toda la información es recibida y transportada hasta los centros nerviosos por la porción sensitiva (aférente). Una vez procesada esta información se diagraman acciones reguladas y transportadas por la porción motora (eferente) del sistema. Existen dos modalidades básicas para realizar una determinada acción partiendo desde los centros nerviosos. La información puede llegar al órgano efector a través de una fibra nerviosa contenida en un nervio periférico o bien puede ser transportada utilizando un mensajero químico (hormona) que es liberado en la sangre por una glándula de secreción interna (*sistema endocrino*). Cualquiera sea la información captada o la modalidad motora involucrada en la respuesta, el sistema nervioso puede actuar en dos niveles básicos de actividad: actividad refleja y actividad conductual (conducta animal).

Actividad Refleja (acto reflejo) es una respuesta motriz (músculo esquelético, cardíaco o liso) o secretoria (glándulas), que se desencadena en forma automática e inmediata ante estímulos específicos. La expresión de un reflejo se denomina “*arco reflejo*”, que representa el circuito nervioso más simple y en él pueden distinguirse los siguientes componentes:

Componente sensitivo: está formado por (a) un receptor (propioceptivo, nociceptivo, térmico, lumínico, etc.) y (b) la vía aferente incluida en la parte sensitiva de un nervio espinal o craneal (neurona sensitiva primaria).

Centro del reflejo: es el sector de sustancia gris en donde se establece la conexión entre la neurona aferente y eferente (sinapsis). Estos centros se ubican en distintos niveles del sistema nervioso central (médula espinal, médula oblonga, puente, mesencéfalo) y pueden incluir sólo una sinapsis (reflejos monosinápticos) o contener varias neuronas intercalares que intervienen en la integración de la actividad refleja (reflejos multisinápticos).

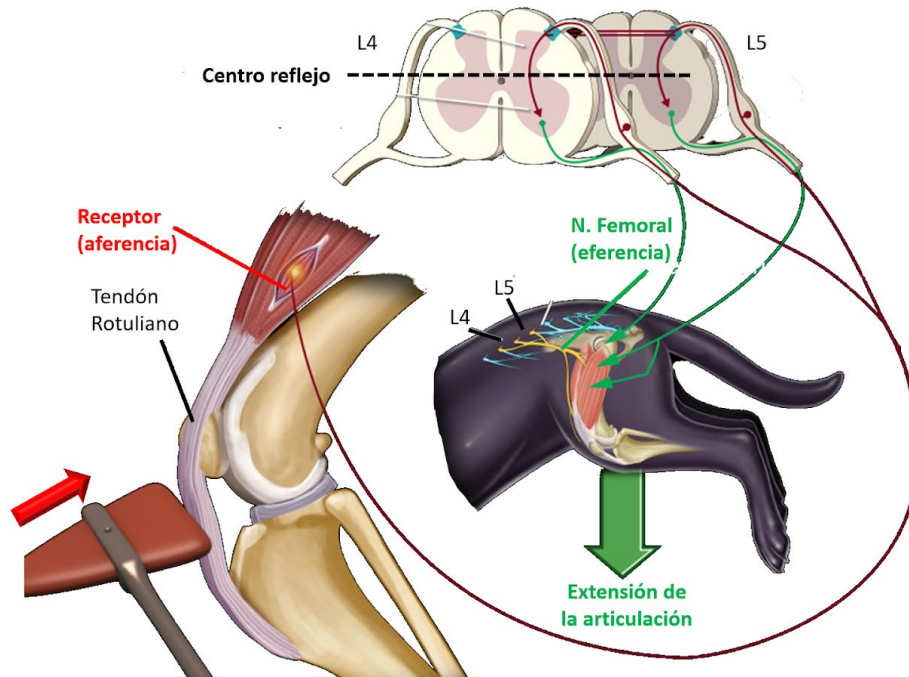
Componente motor: está formado por la vía eferente del reflejo en donde aparecen: *a)* las fibras motoras contenidas en un nervio espinal o craneal (neurona motora inferior para el músculo esquelético y sistema simpático y parasimpático para el músculo cardíaco, liso y glándulas, y *b)* el efector que condiciona el tipo de respuesta, por ejemplo:

- ✓ el músculo esquelético en respuestas motrices (movimientos).
- ✓ el músculo cardíaco que puede modificar la frecuencia, contractilidad, conductibilidad y excitabilidad del corazón.
- ✓ el músculo liso asociado a los vasos sanguíneos para regular la presión arterial.
- ✓ el músculo liso asociado al tubo digestivo en respuestas que afectan la motilidad gastrointestinal.
- ✓ el músculo liso asociado al árbol bronquial para modificar el pasaje de aire.
- ✓ las glándulas exocrinas para activar o colaborar en respuestas más complejas.

En la actividad refleja no intervienen activamente las estructuras cerebrales (áreas corticales, subcorticales y núcleos diencefálicos). Por lo tanto, no es apropiado utilizar los términos consciente o inconsciente que hacen referencia a un proceso cortical. Por el contrario, la actividad cerebral es responsable de respuestas complejas denominadas

conductas (alimenticia, agresiva, sexual, materna y otras) con componentes conscientes (visual, auditivo, motor, etc.) y otros inconscientes (límbico, hipotalámico, etc.).

Figura 2 Esquema de un arco reflejo (reflejo femoral).



Referencias: el estímulo es la percusión del tendón rotuliano, la vía aferente es el nervio femoral, es un reflejo espinal el centro integrador se da en los segmentos lumbares 4 y 5 y la vía eferente es el nervio femoral.

El sistema nervioso es el más complejo de los sistemas corporales. Está constituido exclusivamente por tejido nervioso y es el encargado de gobernar todas las funciones orgánicas. Desde el simple proceso de secreción de una glándula unicelular hasta los complejos mecanismos que permiten aprender y recordar. Por lo tanto, es importante comprender que el sistema nervioso:

- a) *Hace posible la colaboración ordenada de todas las partes del cuerpo para garantizar la vida de un individuo.*
- b) *Permite que el organismo en su totalidad interactúe con su medio.*
- c) *Interviene como el sustrato anatómico y funcional de todas las manifestaciones de la vida.*

En resumen, la actividad refleja es un nivel primitivo elemental de organización y funcionamiento del sistema nervioso, que permite coordinar en forma local los estímulos recibidos con respuesta rápida. Sin embargo, en animales complejos como los mamíferos domésticos esta actividad refleja, no escapa a la subordinación y coordinación de los centros superiores ubicados en el encéfalo. El funcionamiento del

sistema nervioso se basa en actuar como un mediador entre un estímulo desencadenante y la reacción de respuesta al mismo. Esta disposición funcional del sistema nervioso corresponde a la de los elementos constitutivos de los arcos reflejos donde los estímulos que provienen de la periferia se dirigen hacia el órgano central para volver nuevamente a la periferia. Constan, por consiguiente, de dos neuronas por lo menos: una aferente y otra eferente, la cual recibe a nivel del sistema nervioso central el impulso procedente de la primera y lo conduce hacia el órgano efector. Dentro del arco reflejo, las fibras nerviosas sirven para la conducción y el soma de células para la transformación, coordinación y transmisión del impulso. El lugar donde el estímulo pasa de una neurona a otra o al órgano efector se denomina sinapsis. Las fibras nerviosas aferentes y eferentes pertenecen por lo general al mismo nervio, a excepción de los craneanos. Aparte del arco reflejo simple, existen otros complejos en los que pueden intervenir una o varias "neuronas intercaladas" dentro del sistema nervioso central.

A - DIVISIONES DEL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso puede dividirse desde el punto de vista morfológico en dos porciones: un Sistema Nervioso Central (SNC), en el interior de una protección ósea formada por el canal vertebral y la cavidad craneana y un Sistema Nervioso Periférico (SNP) por fuera de estas cavidades. El sistema nervioso central está constituido por el encéfalo y la médula espinal y el sistema nervioso periférico lo integran los ganglios nerviosos y los nervios (esta clasificación es la más utilizada clínicamente). Sin embargo, esta división no contempla el criterio funcional o fisiológico que estudia al sistema nervioso dividiéndolo en una *porción somática o de la vida de relación*, que es voluntaria y se encarga de relacionar al individuo con el medio exterior (ambiente) e interviene en la locomoción, y otra *porción llamada autónoma o vegetativa*, en gran medida independiente de la voluntad, capaz de regular el medio interno del individuo, que interviene en la regulación de las estructuras viscerales automáticas, controlando los procesos de secreción, digestión, excreción, contracción de músculos lisos, reproducción, actividad cardíaca, glandular, etc.

Divisiones anatomo-funcionales del sistema nervioso

La excitabilidad o irritabilidad es una propiedad en todos los seres vivos y representa una condición imprescindible para mantener el equilibrio, continuamente alterado por el ambiente e inmediatamente restablecido por la reacción del organismo. Este constante proceso de acción (*estímulo*) y reacción (*respuesta*) se constata durante

toda la vida del animal y permite el fenómeno de adaptación de los organismos. Propiedad que se encuentra muy desarrollada en las células diferenciadas (neuronas) del sistema nervioso.

Sistemas sensitivos y motores.

Todo organismo viviente está continuamente expuesto a estímulos físicos y químicos provenientes del ambiente en el cual el organismo vive, y además recibe constantes estímulos desde el interior del mismo cuerpo. Estos estímulos son detectados por receptores especializados, y posteriormente transportados al SNC por medio de los nervios y procesados en las áreas específicas del encéfalo. A partir de los estímulos, el SNC elabora y comanda una respuesta a través de los tejidos efectores (tejido muscular y glandular) que dependerá en gran medida de la modalidad del estímulo involucrado.

Los estímulos externos son de naturaleza muy variada e informan de las características del ambiente. Ante la inmensa variedad de estímulos ambientales, el sistema nervioso de cada especie ha desarrollado los receptores sensoriales necesarios para detectar aquellas formas de energía de su entorno, que resultan especialmente significativas para su éxito adaptativo. Por ejemplo, algunas serpientes pueden detectar el calor corporal de sus presas mediante sensores infrarrojos, o el murciélago que utiliza un sofisticado sistema de emisión-recepción de ultrasonidos para orientarse en la oscuridad. Todos los animales domésticos, a diferencia del hombre, poseen altamente desarrollado el sentido del olfato y por lo tanto se los considera macrosmáticos. Esta adaptación sensorial al medio externo se puede considerar como parte del proceso evolutivo de cada especie.

En los receptores sensitivos, los distintos tipos de energía (lumínica, térmica, cinética y otras) son transformadas en impulsos eléctricos y de esta forma conducidos hacia los órganos del SNC por medio de las fibras nerviosas aferentes o sensitivas. La sensibilidad puede clasificarse según distintos criterios anatómicos y fisiológicos de los sistemas aferentes. En resumen, los sistemas aferentes recogen y transportan impulsos nerviosos hasta el SNC utilizando las fibras sensitivas contenidas en los nervios espinales y craneales.

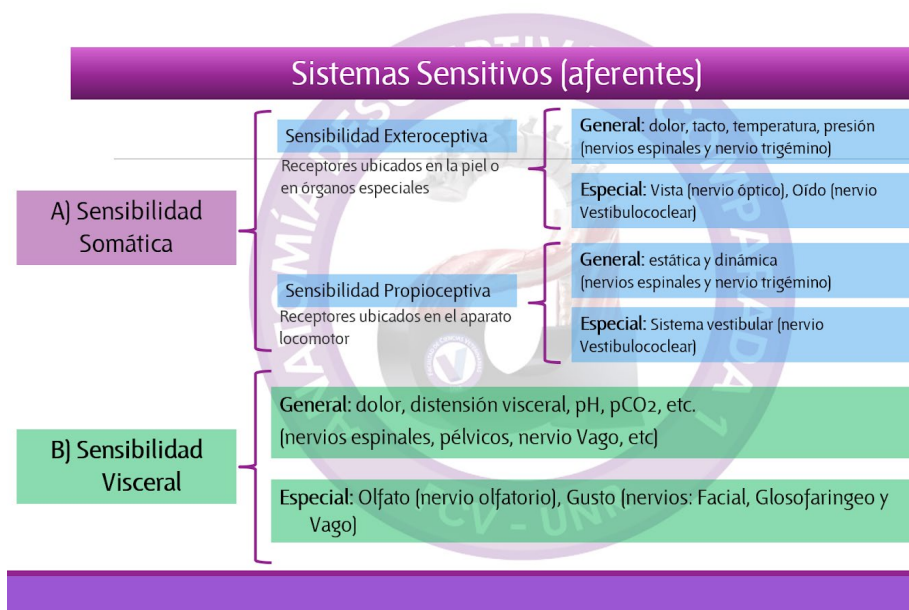
Los receptores somáticos exteroceptivos generales se ubican principalmente en la piel e informan sobre el estado del ambiente (tacto, temperatura, presión y otros), así como sobre la presencia de elementos potencialmente dañinos (dolor). Dos modalidades son consideradas exterocepción especial: *a)* la vista que se basa en captar la energía lumínica para transformarla en imágenes y *b)* la audición que recibe las ondas de

movimiento del aire para convertirlas en sonidos. Ambos tipos de sensibilidades requieren de un órgano sensorial especial y sumamente complejo.

Los receptores somáticos propioceptivos generales se ubican en el aparato locomotor (músculos, tendones y articulaciones) que recogen a cada instante la información de estos componentes, de manera que el animal pueda conocer en qué lugar se encuentra cada uno de los elementos del sistema osteoarticular y de esta forma los individuos pueden mantener la postura adecuada y realizar los diferentes tipos de marchas. La propiocepción especial (sistema vestibular u órgano del equilibrio) posee sus receptores en la parte vestibular del oído interno e informa específicamente la posición de la cabeza en las tres dimensiones espaciales.

Los estímulos provenientes desde los órganos internos son captados por receptores (interoceptivos o vísceroceptivos) ubicados en las vísceras, los vasos sanguíneos y el corazón; que informan permanentemente de los cambios funcionales que ocurren en el interior del organismo y representan los distintos tipos de sensibilidad visceral general. Sin embargo, existen dos modalidades de sensibilidad visceral especial que son los sentidos químicos, el gusto con receptores distribuidos en la cavidad bucal y faríngea, y el olfato que posee células especializadas en el fondo de la cavidad nasal (mucosa pituitaria).

Figura 3 Sistemas Sensitivos.



Referencias: Tomado y modificado de Neurobiología Básica (Zuccolilli, 2012).

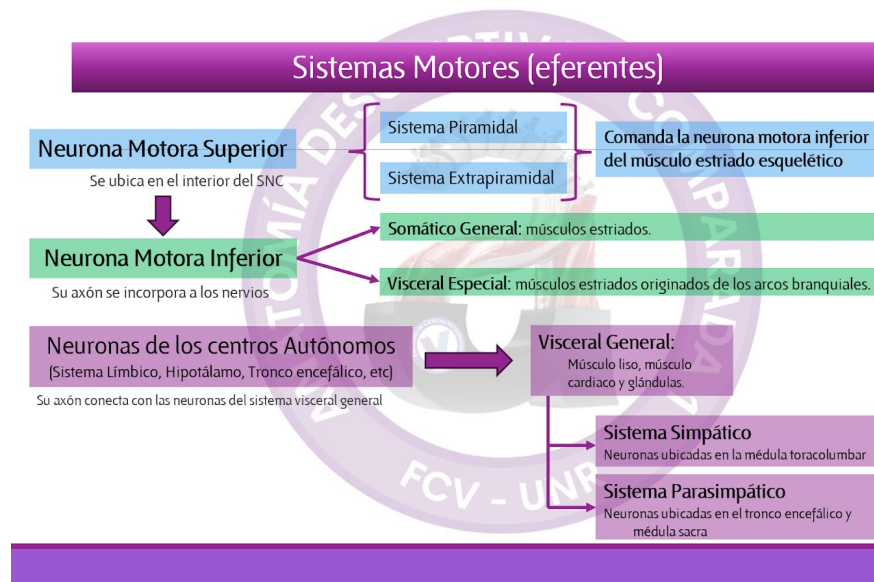
Esta gran diversidad de estímulos son captados, transformados en impulsos eléctricos y transportados hacia los órganos del SNC en donde se integran e interpretan. El proceso finaliza con la elaboración de una respuesta específica que llevarán adelante los distintos tipos de tejidos efectores (fibras musculares lisas, estriadas cardiacas, estriadas esqueléticas o células glandulares). La respuesta elaborada es conducida, también como impulsos eléctricos, primero por los axones de las vías motoras que conectan entre sí los órganos del SNC y luego alcanzan una neurona motora con una prolongación (axón) larga que se incorpora a los nervios espinales o craneales. Estas fibras nerviosas motoras o eferentes finalizan en contacto con las células de los tejidos efectores y la energía eléctrica (impulso nervioso), es transformada en contracción muscular y/o secreción glandular.

Las fibras nerviosas motoras que llegan al músculo estriado esquelético (derivados de los somitas embrionarios) representan las fibras motoras somáticas y forman una zona de contacto denominada placa neuromuscular. Esta unidad neuromuscular (fibra nerviosa motora + placa neuromuscular + fibra muscular estriada esquelética) se asocia con toda la actividad muscular voluntaria. Es tan íntima esta relación que en los casos donde se produce la muerte de alguno de los elementos, los restantes en poco tiempo degeneran y desaparecen. Por lo tanto, se puede afirmar que toda actividad que involucra la contracción del músculo esquelético es voluntaria. Para mantener un animal en estación como las que deben realizarse para que el individuo se desplace son tareas del sistema motor somático y se consideran actividad voluntaria. Sin embargo, es pertinente tener presente que muchas secuencias motoras de los animales (marchas, salto, natación y otros) se encuentran totalmente automatizadas y no requieren la intervención activa de la corteza cerebral.

Las fibras nerviosas motoras que llegan al músculo estriado cardíaco, músculo liso y las células glandulares derivadas de sectores del mesodermo y del endodermo embrionario, representan las fibras motoras viscerales generales. Este sistema está formado al menos por dos neuronas, una preganglionar con su cuerpo en el interior del SNC y una segunda neurona (posganglionar) ubicada en un ganglio autónomo. El contacto (sinapsis) que establece el axón de la neurona posganglionar con los tejidos efectores es mucho más difuso que en el sistema somático. El sistema visceral general se describe dividido en dos partes con funciones y distribución anatómica diferente. El sistema simpático con origen toraco-lumbar y el sistema parasimpático, con origen craneo-sacro. Ambos gobiernan y regulan las actividades involuntarias. Un caso

especial son las fibras nerviosas motoras que inervan el músculo estriado derivado de los arcos branquiales consideradas como sistema motor visceral especial. Desde un criterio anatómico son similares al sistema somático ya que forman una placa neuromuscular, sin embargo, estos músculos estriados (faríngeos, laríngeos y esofágicos) se asocian con funciones involuntarias (deglución, respiración, fonación, etc.).

Figura 4 Sistemas motores.



Referencias: Tomado y modificado de Neurobiología Básica (Zuccolilli, 2012).

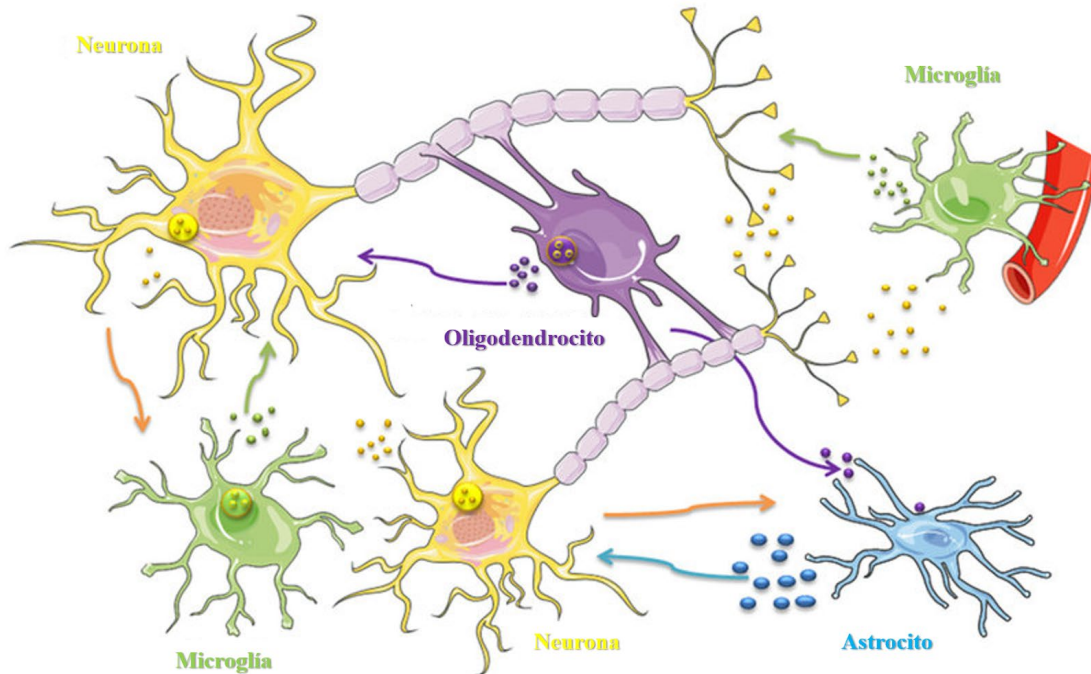
Concluyendo, en los vertebrados es posible distinguir dos patrones anatómo-funcionales diferentes, representados por un sistema nervioso visceral responsable de las funciones vegetativas que permiten incorporar los nutrientes, eliminar los desechos y asegurar la reproducción de los individuos. Estas funciones autónomas son en su mayor parte involuntarias; poseen como tejidos efectores al músculo estriado cardíaco, el músculo liso y el tejido glandular. El comando de esta parte del organismo lo realiza el sistema nervioso autónomo (SNA) a partir de los eferentes viscerales generales (simpático y parasimpático). Las funciones vegetativas o autónomas están representadas por una amplia variedad de procesos fisiológicos. La regulación de la actividad cardíaca, de la presión arterial, de la respiración, de temperatura corporal, de la tasa de filtración renal, de la osmolaridad de los líquidos corporales y otras tantas funciones, que contribuyen en mayor o menor medida a mantener un medio interno donde puedan realizarse en forma eficiente los procesos metabólicos de las células. Por otro lado,

existe un sistema nervioso somático que tiene a su cargo todas las tareas asociadas a los movimientos corporales (actividad motriz) que se realizan por la contracción del músculo esquelético. A partir de esta actividad voluntaria, los animales se trasladan en busca de alimento, desarrollan estrategias para la defensa y la huida, así como complejas conductas de rituales asociados a la reproducción.

B - LAS CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso está formado por células nerviosas (neuronas) y por células de sostén (neuroglia). Las neuronas, están formadas por un soma o cuerpo neuronal y por un conjunto de prolongaciones. Las neuronas reciben, transmiten y almacenan información. Las células de sostén confieren soporte a las estructuras neuronales, las protegen del medio externo, y colaboran en la transmisión de impulsos.

Figura 5 Esquema de las células del Sistema Nervioso.

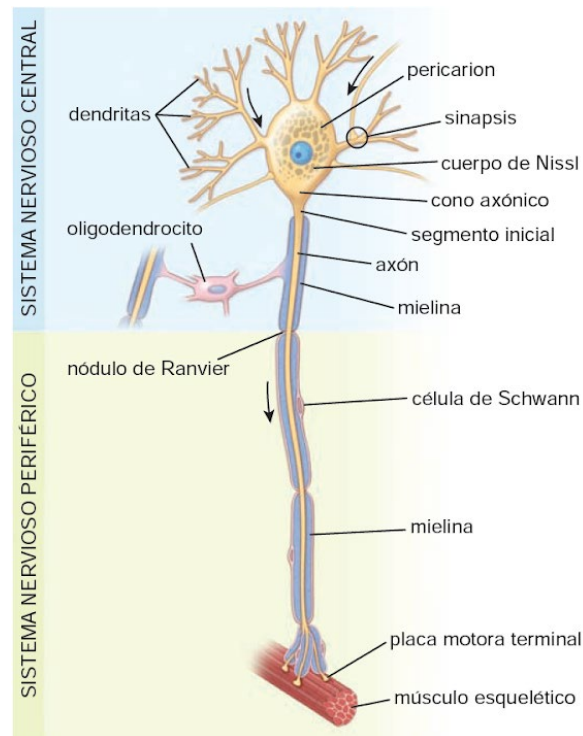


La neurona traduce un estímulo en un potencial eléctrico (genera un potencial de acción de membrana), y lo transmite en forma de impulsos eléctricos a otra neurona o a un órgano efector. El soma o cuerpo neuronal contiene el núcleo y aquellos orgánulos que mantienen la homeostasis celular.

Las prolongaciones se caracterizan porque su número, distribución y longitud son muy variables. Se distinguen las dendritas y axones, su número determina el carácter uni, bi o multipolar de las células nerviosas. Las dendritas establecen comunicación con otras células nerviosas próximas y el axón es una expansión cilindroaxial, relativamente

larga, protegidas casi siempre por envolturas especiales y terminadas en ramificaciones llamadas placas sinápticas o botón terminal, que poseen numerosas vesículas que contienen sustancias neurotransmisoras que son liberadas por el impulso nervioso permitiendo o no la transmisión sináptica y por ende la propagación o inhibición del impulso nervioso. Estas prolongaciones de la neurona se encuentran revestidas en el sistema nervioso central por una envoltura, la vaina de mielina, y según su contenido en mielina, las fibras nerviosas pueden clasificarse en: mielínicas y amielínicas.

Figura 6 Diagrama de una neurona motora.



Referencias: El pericarion, las dendritas y la parte proximal del axón están dentro del SNC. El axón abandona el SNC pasando al SNP donde forma parte de un nervio (no se muestra en la figura) que se extiende hasta sus efectores (músculo estriado). En el SNC, la mielina para el axón es producida los oligodendrocitos y en el SNP, la mielina es producida por las células de Schwann. Tomado de (Wojciech, 2016).

La mielina es una cubierta proteolipídica que envuelve a algunos axones formando vainas a su alrededor. Actúa como aislante para incrementar la velocidad de conducción del impulso. La forman los oligodendrocitos (en axones del SNC) y las células de Schwann (en axones del SNP). La vaina de mielina envuelve al axón de forma discontinua, dejando unos espacios libres llamados nodos de Ranvier. Esto permite aumentar la velocidad de transmisión, ya que el impulso discurre de forma saltatoria entre nodos consecutivos.

Figura 7 Esquema de la vaina de mielina de un axón periférico.

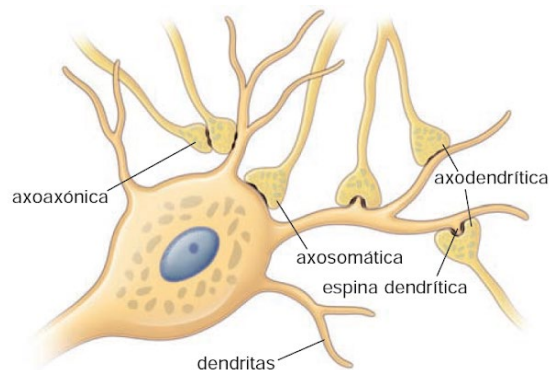


Referencias: Tomado de (Wojciech, 2016).

Los receptores terminales son células especializadas o terminaciones neuronales capaces de recibir estímulos y de generar un impulso eléctrico. Están presentes en todas las neuronas sensitivas.

Las sinapsis son áreas de comunicación entre dos neuronas, o entre una neurona y un órgano efector. El órgano efector puede ser una fibra muscular o una célula glandular. En la sinapsis se distinguen tres partes: una presináptica (botón terminal), una hendidura sináptica (espacio intercelular) y una postsináptica (situada en la segunda neurona o en el órgano efector). Según las células implicadas en la sinapsis, y desde un enfoque clínico, se diferencian sinapsis neuronales (conexión neurona-neurona) y sinapsis neuromusculares (conexión neurona y fibra muscular).

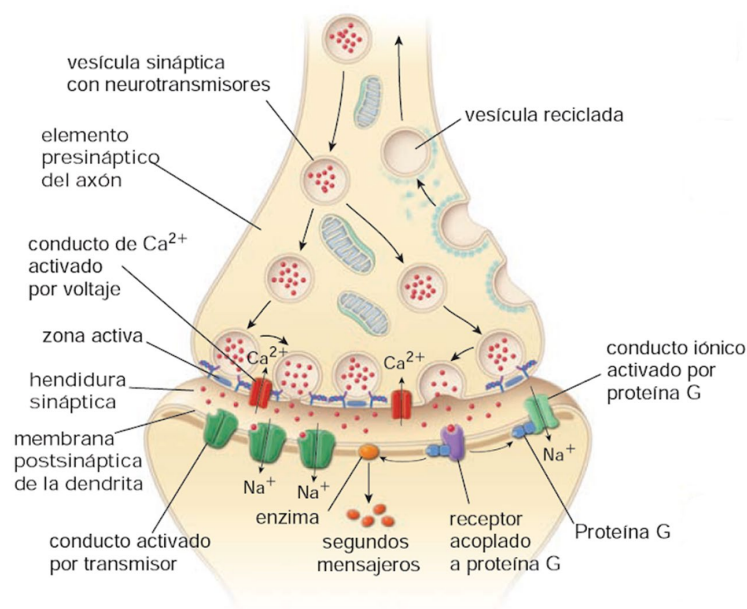
Figura 8 Diagrama esquemático de diferentes tipos de sinapsis.



Referencias: Las sinapsis axodendríticas son el tipo de conexión más común entre la terminal axonal presináptica y las dendritas de la neurona postsináptica. Se debe notar que algunas sinapsis axodendríticas poseen espinas dendríticas, las que están vinculadas con el aprendizaje y la memoria. Las sinapsis axosomáticas se forman entre la terminal axonal presináptica y el soma neuronal postsináptico, y las sinapsis axoaxónicas se forman entre la terminal axónica de la neurona presináptica y el axón de la neurona postsináptica. La sinapsis axoaxónica puede mejorar o inhibir la transmisión sináptica axodendrítica (o axosomática). Tomado de (Wojciech, 2016).

Según el mecanismo de transmisión sináptica, se diferencia entre sinapsis químicas y eléctricas donde el impulso eléctrico provoca la liberación de una sustancia química, el neurotransmisor, que se fija a receptores de la membrana postsináptica, para cambiar su permeabilidad ante determinados iones. Este cambio de permeabilidad excita o inhibe a la neurona postsináptica (se despolariza o se hiperpolariza respectivamente). Las sinapsis eléctricas son escasas, donde el impulso se transmite directamente entre dos neuronas estrechamente unidas y sin mediación de neurotransmisor. Existen más de 40 neurotransmisores conocidos, de entre los que destacan la Acetilcolina, Noradrenalina, Dopamina, Glicina, Ácido γ -aminobutírico (GABA), Glutamato y Serotonina. En general cada neurona contiene y libera un único neurotransmisor, lo que nos permite hablar de neuronas colinérgicas, adrenérgicas, dopaminérgicas, etc.

Figura 9 Diagrama de una sinapsis química axodendrítica.



Referencias: Este diagrama ilustra tres componentes de una sinapsis típica. El botón presináptico se localiza en el extremo distal del axón desde el cual se liberan los neurotransmisores. El elemento presináptico del axón se caracteriza por la presencia de numerosas vesículas sinápticas que contienen neurotransmisores. La membrana plasmática del botón presináptico se recicla por la formación de vesículas endocíticas revestidas con clatrina. La hendidura sináptica separa al botón presináptico del axón de la membrana postsináptica de la dendrita. La membrana postsináptica de la dendrita con frecuencia se caracteriza por presentar una densidad postsináptica y contiene receptores con afinidad para los neurotransmisores. Nótese que hay dos tipos de receptores: moléculas coloreadas de verde que representan los conductos activados por transmisor, y una estructura coloreada de púrpura que representa al receptor acoplado a proteína G, que cuando se fija al neurotransmisor, puede actuar sobre conductos iónicos activados por proteína G o sobre enzimas que producen un segundo mensajero. Se muestra la opinión actual sobre la liberación de un neurotransmisor de un botón presináptico mediante una fusión de las vesículas presinápticas con la membrana presináptica. Tomado de (Wojciech, 2016).

La unión neuromuscular o placa motora corresponde a la sinapsis entre una fibra nerviosa motora y una célula muscular. Es la unidad fisiológica necesaria para la contracción muscular. El axón se ramifica en su porción terminal, alcanzando la región central de las células musculares. El conjunto de las células musculares inervadas por una sola neurona se conoce como unidad motora. El tamaño de la unidad motora es variable y condiciona la precisión, la fuerza y la resistencia de la contracción muscular. Los músculos de movimientos precisos presentan unidades motoras pequeñas, mientras que los músculos de mayor fuerza de contracción presentan unidades motoras grandes. A modo de ejemplo, la unidad motora de músculos extrínsecos del ojo comprende 3-4 células musculares por neurona; mientras que la unidad motora de músculos apendiculares comprende al menos entre 100-150 células musculares por neurona (De LaHunta, 2015).

La neuroglía en general, realiza funciones de soporte físico, aislamiento del SN, modulación de la velocidad de transmisión y de la acción sináptica. El tipo de células gliales varía según se trate del SNC o del SNP.

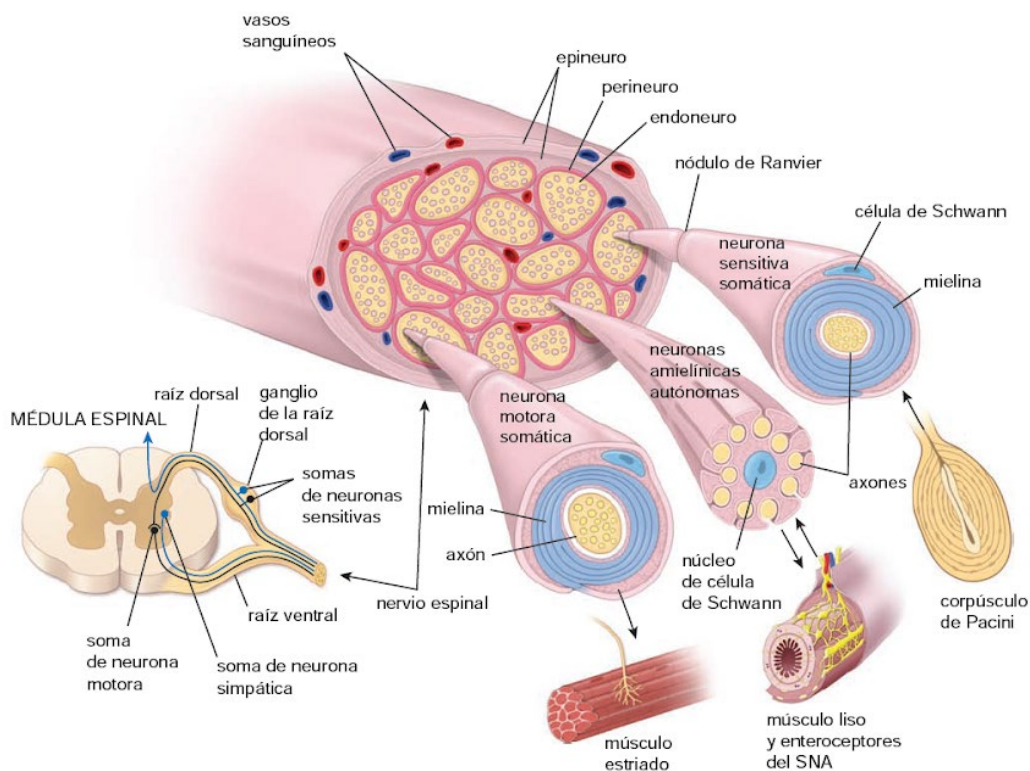
Funciones de las diferentes células de la neuroglía y su función	
En el SNC se distinguen principalmente:	
Astroцитos	Aíslan al SNC y realizan funciones de soporte físico a las neuronas, colaborando en el mantenimiento de un entorno químico adecuado para la transmisión neuronal
Oligodendrocitos	Son las células formadoras de mielina en el SNC
Microglía	Son células mononucleares fagocíticas, implicadas en la reparación de lesiones tisulares (son los macrófagos del SN)
Ependimocitos	Son células neuroepiteliales que tapizan al sistema ventricular, plexos coroideos y canal central
En el SNP destacan:	
Schwann	son las células formadoras de mielina

El conjunto formado por la célula nerviosa y sus ramificaciones constituye la unidad morfológica y funcional del sistema nervioso. Donde las dendritas conducen impulsos hacia el cuerpo celular (centrípetos) y el axón lleva impulsos desde el cuerpo celular hacia las células efectoras (centrífugos).

C - FIBRAS NERVIOSAS Y NERVIOS

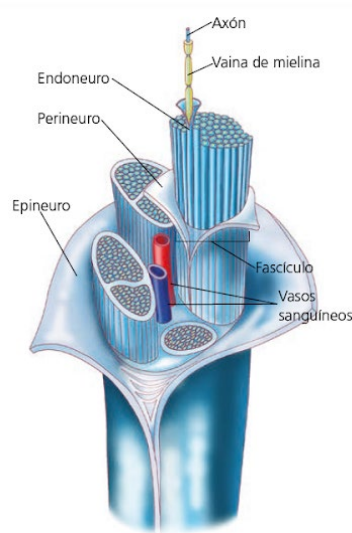
La reunión de las fibras nerviosas (conjunto de axones) para formar un nervio se realiza mediante una envoltura de tejido conjuntivo, el epineuro, del que parten tabiques conjuntivos hacia el interior del nervio, los cuales revisten los haces de fibras y representan el perineuro. Cada fibra nerviosa se halla rodeada además por el endoneuro fibrilar.

Figura 10 Representación esquemática que muestra la disposición de las neuronas sensitivas y motoras y su distribución en un nervio.



Nota: El soma de una neurona motora se ubica en el asta ventral de la sustancia gris de la médula espinal, su axón rodeado por mielina abandona la médula espinal a través de la raíz ventral para formar un nervio espinal que lo transporta hacia las fibras del músculo estriado (esquelético). La neurona sensitiva desde el interior de un receptor continúa como un componente de un nervio espinal, introduciéndose en la médula espinal a través de la raíz dorsal, la ubicación de su soma es en el ganglio de la raíz dorsal (ganglio sensitivo). En el esquema se ha magnificado un segmento del nervio espinal para mostrar la relación de las fibras nerviosas con el tejido conjuntivo circundante (endoneuro, perineuro y epineuro). Además, se grafica los segmentos de las neuronas sensitivas, motoras y amielínicas autónomas para mostrar la relación de los axones con las células de Schwann. Tomado de (Wojciech, 2016).

Figura 11 Dibujo tridimensional de una sección de un nervio mostrando las distintas envolturas de tejido conectivo.



Referencias: Tomado de (García Sacristán et al., 2018).

En el sistema nervioso periférico hay que distinguir las fibras nerviosas del sistema nervioso cerebroespinal y las que corresponden al sistema nervioso autónomo. La distribución y conformación se desarrollan más adelante.

II - GENERALIDADES SOBRE LA ESTRUCTURA DE LOS ÓRGANOS CENTRALES

La anatomía del SNC es un tema complejo de abordar por la diversidad de las estructuras involucradas en la constitución de los órganos centrales, por lo que debe abordarse con un criterio que ayude a comprender la fisiología y la semiotecnia. El tejido nervioso es sumamente frágil y sus órganos al ser extraídos de las cavidades que los protegen rápidamente pierden su forma y relaciones, además de presentar autólisis muy pronto. Por esto es que se prefiere para estudios anatómicos macro y microscópicos conservar los órganos in situ en el cadáver.

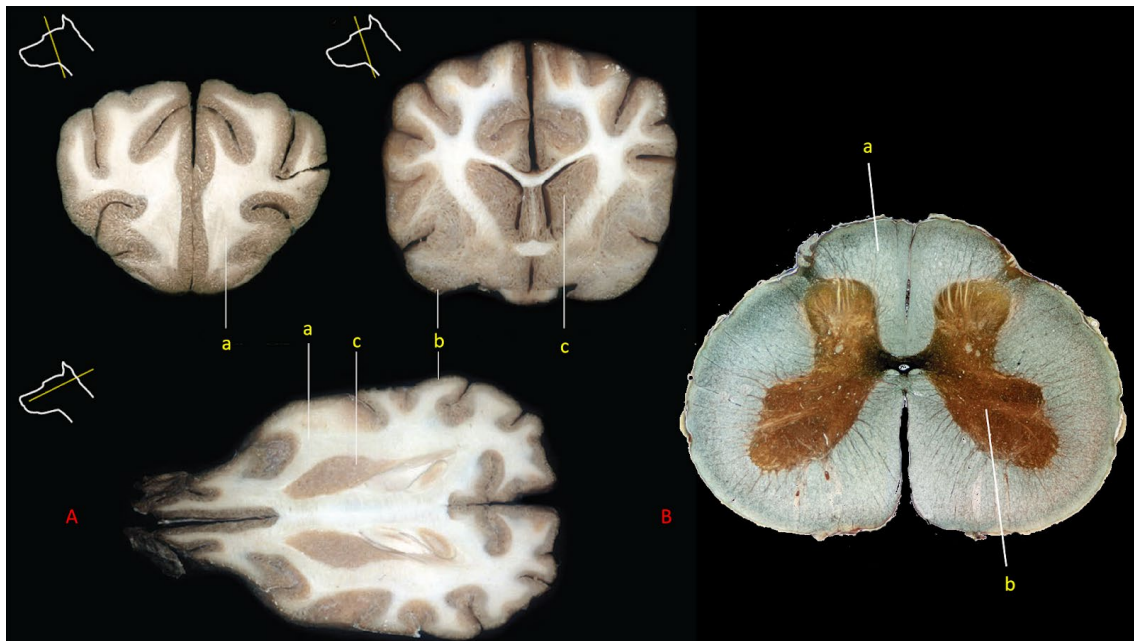
Los órganos del SNC se observan como una masa de consistencia blanda, muy friable y de color blanco mate con tonalidades grisáceas, con una lámina de tejido conectivo (meninge: piamadre) fuertemente adherida a la superficie.

Cuando se realizan cortes para estudiar a los órganos se nota que constan de dos colores (gris y blanco), siendo determinados: por las fibras nerviosas, las cuales constituyen a la sustancia blanca, y por los somas de las neuronas que conforman a la sustancia gris. La sustancia gris en la médula espinal adopta la forma de H en el centro del tubo axial, mientras que en el encéfalo constituye una cubierta superficial, la corteza

cerebral (*cortex cerebri*) principalmente, pero también se halla representada por masas de células ganglionares centrales y en núcleos nerviosos, que son el origen o la terminación de nervios. La sustancia gris contiene células nerviosas, es rica en vasos sanguíneos y sus fibras son delgadas, amielínicas o pobres en mielina. Posee una red densa de fibras de neuroglia. La sustancia blanca carece de células nerviosas y es relativamente pobre en vasos sanguíneos. Contiene solamente a los axones que constituyen los haces de fibras nerviosas de grosor variable, así como fibras de neuroglia. La concentración de vainas de mielina es decisiva para el color blanco de esta sustancia. El estroma de ambas sustancias está integrado por la neuroglia sirviendo para aislar y delimitar las células nerviosas, a las cuales presta apoyo y sostén.

Los órganos centrales poseen espacios por donde circula el líquido cefalorraquídeo denominados ventrículos encefálicos y el conducto medular o endimario, los cuales están revestidos por una capa de células semejante a un epitelio (células endimarias).

Figura 12 Distribución de las sustancias gris y blanca en los órganos del SNC.



Referencias: A- encéfalo, B- médula espinal, a- sustancia blanca, b- sustancia gris y c- sustancia gris núcleos nerviosos. Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

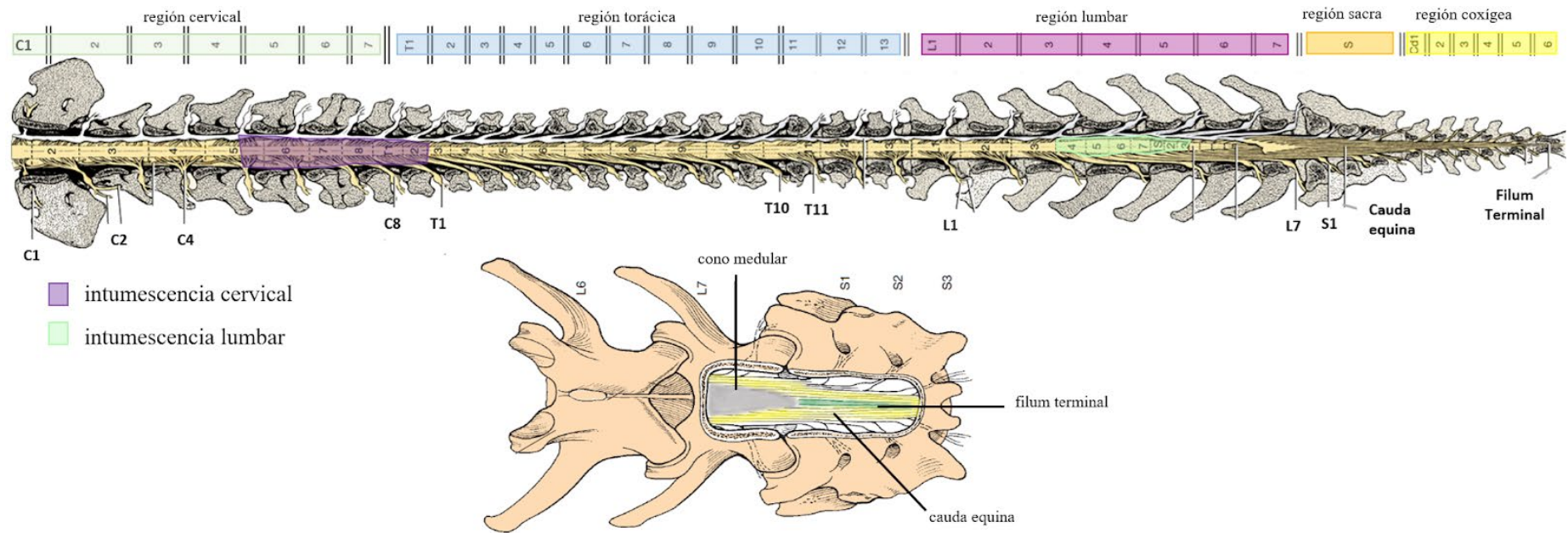
A - SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

MÉDULA ESPINAL

La médula espinal tiene la misión de conducir los impulsos desde el encéfalo a los nervios espinales y viceversa. Las vías de conducción discurren por la sustancia blanca. Además, interviene sobre todo en los movimientos reflejos. Los centros reflejos radican en las neuronas de su sustancia gris.

Es un cordón cilíndrico, un poco aplanado en sentido dorso ventral, que se extiende desde el foramen magno hasta la mitad del sacro. Su longitud media es de 180 cm en el caballo y pesa 250-300 gr. Estos parámetros son muy variables en carnívoros dependiendo del tamaño de cada individuo. En consonancia con la división topográfica del raquis se regionaliza en la porción cervical o médula cervical (*pars cervicalis*), la porción torácica o médula torácica (*pars thoracalis*), la porción lumbar o médula lumbar (*pars lumbalis*) y la porción sacra o médula sacra (*pars sacralis*). En la región de transición entre la médula cervical a la torácica y en la médula lumbar, su diámetro aumenta considerablemente, formando los ensanchamientos o intumescencias cervical (*Intumescencia cervicalis*) y lumbar (*Intumescencia lumbalis*). El calibre de la médula espinal se adelgaza a partir del extremo de la porción lumbar y termina hacia la mitad del sacro, a un nivel variable según la especie, en un cono agudo denominado cono medular (*Conus medullaris*), del vértice de este cono se prolonga un cordón fibroso de trayecto corto (en el perro hasta la tercera vértebra sacra), denominado filamento terminal (*filum terminale*) que está constituido por la fusión de las meninges. El cono medular y el filamento terminal se hallan rodeados por numerosos nervios (sacros) que se prolongan más en dirección caudal. De ahí que la porción terminal de la médula se asemeja en cierto modo a una cola de un caballo y por eso recibe la denominación de cauda equina.

Figura 13 Vista esquemática de la médula espinal en el interior del canal vertebral de los carnívoros.



Nota: Vista dorsal de la medula espinal se retiraron arcos vertebrales y la duramadre para graficar la emergencia de raíces dorsales de los nervios espinales e identificar los segmentos de la médula espinal. La escala superior muestra los niveles de los cuerpos vertebrales y coloreadas las regiones topográficas. Nótese la disparidad entre los cuerpos vertebrales y los segmentos medulares para la emergencia de los nervios espinales. La imagen inferior muestra la porción terminal de la medula espinal con la duramadre reflejada. Tomado y modificado de (Evans & De LaHunta, 2010)

Se reconocen en la médula espinal una superficie dorsal, otra ventral y dos laterales. Las dos primeras son levemente convexas y las laterales presentan una gran convexidad. En la línea media de la superficie dorsal existe un surco poco profundo llamado surco medio dorsal (*Sulcus medianus [dorsalis]*) del que se profundiza un tabique medio dorsal (*Septum medianum dorsale*), poco desarrollado y constituido por células de la glía que llega hasta las cercanías del conducto central (*Canalis centralis*). La superficie ventral presenta un surco ancho en toda su longitud, el llamado surco medio ventral (*Fissura mediana [ventralis]*). Ambos surcos medianos dividen la médula espinal en dos mitades simétricas, las cuales están unidas por la comisura espinal en dorsal y ventral del conducto central. Paralelamente al surco medio dorsal existe un surco lateral (*sulcus lateralis dorsalis*) donde emergen las raíces nerviosas dorsales y en la superficie ventral el surco lateral (*sulcus lateralis ventralis*) casi imperceptible que sólo se encuentra representado por los puntos de emergencia de las raíces ventrales de los nervios espinales.

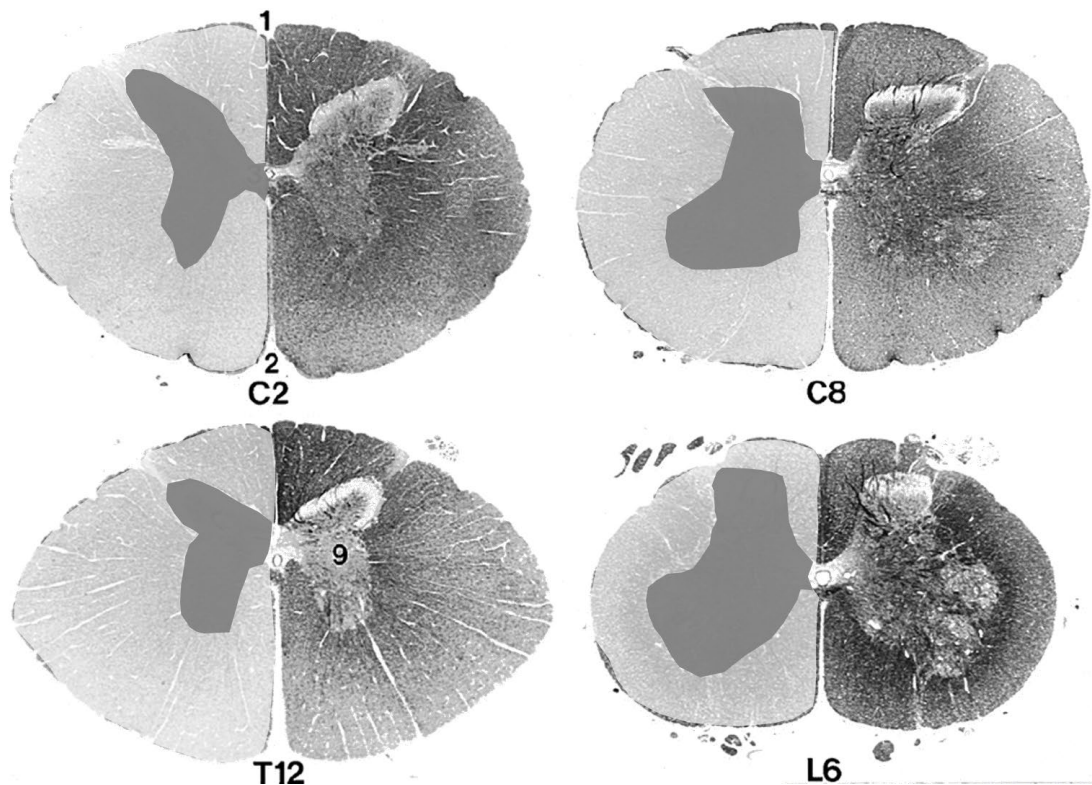
La estructura de médula espinal consta de sustancia blanca poco vascularizada y de la sustancia gris axial que en su eje presenta el conducto central de la médula espinal, que su luz es generalmente estrecha y es la continuación del cuarto ventrículo encefálico. Su forma puede variar en los distintos segmentos medulares. La sección transversal de este conducto en el caballo es ovalada horizontalmente, en los carnívoros aparece redondeada o como un óvalo vertical. Está revestido por el epéndimo, lleno de líquido cefalorraquídeo y rodeado por la sustancia gris.

La sustancia gris es central en la médula espinal y presenta las comisuras que rodean al conducto central (*Commissura grisea*) y dos columnas o cuernos grises dorsales y otras dos ventrales. Las secciones transversales de las columnas se llaman astas o cuernos, dos dorsales (*Cornu dorsale*) y dos ventrales (*Cornu ventrale*). La forma de la sustancia gris seccionada transversalmente se asemeja a una mariposa o una letra H, cuyas astas ventrales son más gruesas que las dorsales. De la base de cada columna o asta ventral puede destacarse hacia la sustancia blanca la débil columna lateral gris o asta lateral (*Cornu laterale*). La sustancia gris presenta diferencias de tamaño y de forma en los distintos segmentos de la médula espinal. Es más gruesa en las regiones donde nacen los nervios de los miembros. En las porciones caudales se halla envuelta por menor cantidad de sustancia blanca. La masa de sustancia blanca se reduce paulatinamente a partir de la porción sacra de la médula, de manera que el cono medular posee tan sólo una delgada cubierta en torno a la sustancia gris.

La sustancia blanca se subdivide en dos cordones o funículos dorsales, dos laterales y dos ventrales. El cordón dorsal (*Funiculus dorsalis*) se ubica entre el tabique medio dorsal y la columna dorsal de la sustancia gris, mientras que el cordón ventral (*Funiculus ventralis*) está situado entre el surco medio ventral y la columna gris ventral, ambos cordones ventrales están relacionados por una estrecha comisura blanca ventral (*Commissura alba*), mientras que los dos cordones dorsales no se relacionan por la presencia del tabique medio dorsal. Los cordones laterales (*Funiculus lateralis*) se encuentran entre los surcos dorsales y ventrales.

Dentro de estos cordones se encuentran otros encargados de funciones especiales denominados tractos, fascículos, vías o haces. Estas vías de conducción pueden ser ascendentes o descendentes y cada una recibe el nombre de su recorrido, por ejemplo: haz espinotalámico (*Tractus spinothalamicus*), haz espino cerebelar ventral (*Tractus spinocerebellaris ventralis*), entre otros.

Figura 14 Secciones transversales de la médula espinal de los carnívoros en diferentes segmentos: cervicales 2 y 8, torácica 12 y lumbar 6.

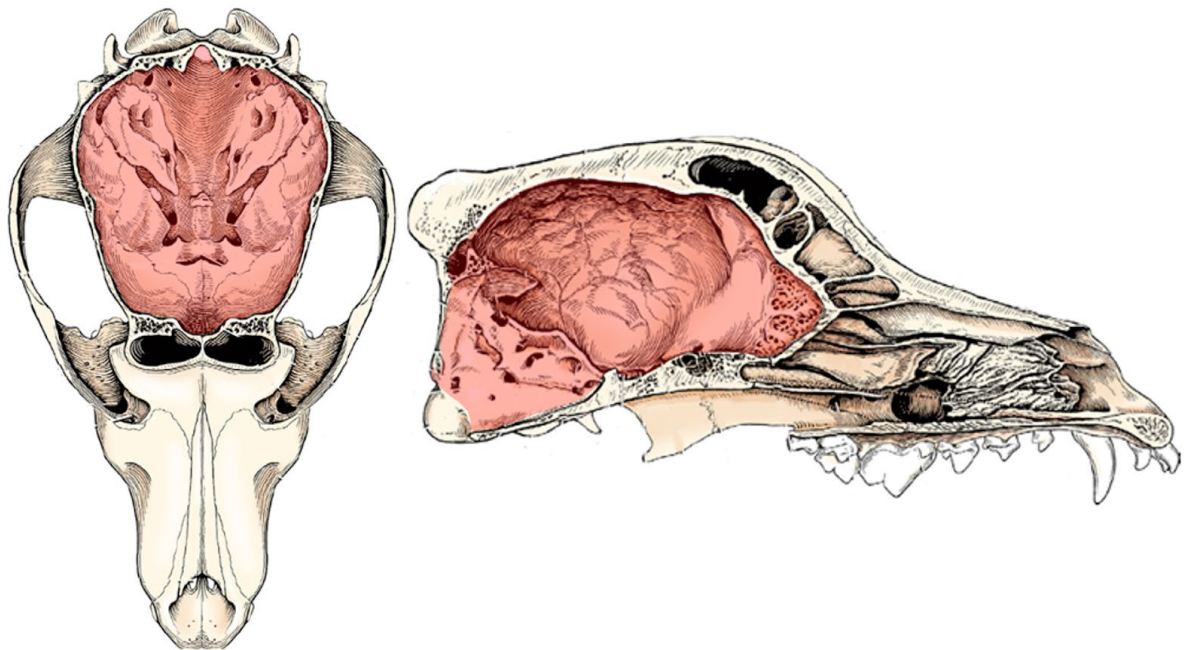


Referencias: 1- surco medio dorsal, 2- surco medio ventral imágenes tomográficas. Tomado y modificado de (De LaHunta, 2015).

ENCÉFALO

El encéfalo es la porción craneal del sistema nervioso central que está alojado en el interior del neurocráneo y su forma refleja en general a la de la cavidad craneana. Su conformación, la disposición de los surcos y de las circunvoluciones dependen directamente de la forma del cráneo. Por eso, los cráneos de los perros dolicocefalos encierran un encéfalo más elipsoide y el de los braquicefalos determinan la forma más esférica del mismo. El encéfalo presenta un perfil ovalado y oblongo. En su interior existen cavidades denominadas ventrículos de paredes gruesas en algunos sitios y extraordinariamente delgadas en otros.

Figura 15 Esquema de la cavidad craneana vistas dorsal (piso) y medial (pared lateral).



Referencias: tomado y modificado de (Evans & De LaHunta, 2010).

El peso absoluto del encéfalo fresco varía notablemente en los mamíferos domésticos dentro de las diversas especies y razas. Muestra un desarrollo rápido desde la etapa embrionaria hasta la pubertad y permanece casi invariable después de ese momento. Pesa 370-700 gr en el caballo, 400-550 gr en bovino, 90-160 gr en el cerdo y 30-180 gr en el perro. El peso relativo o cociente cerebral, es decir, el peso del encéfalo con relación al total del cuerpo es muy variable, en el caballo fluctúa de 1:400 a 1:800 y en el perro 1:200. La longitud total del encéfalo (desde el bulbo olfatorio, hasta el límite con la médula cervical) es de 18-20 cm en el caballo adulto.

En el encéfalo considerado en conjunto describiremos *superficies*: dorsal, ventral o base y dos laterales, dos *extremos* rostral y caudal. Las superficies dorsal y lateral son continuación una de la otra sin que exista demarcación entre ambas. En estas superficies existe una cisura transversal profunda y oblicua (*cisura transversal del cerebro*) que divide al encéfalo en una porción dorsorostral (hemisferios cerebrales) y en otra dorsocaudal más pequeña (el cerebelo). Ambas porciones están relacionadas en la base por el tronco encefálico.

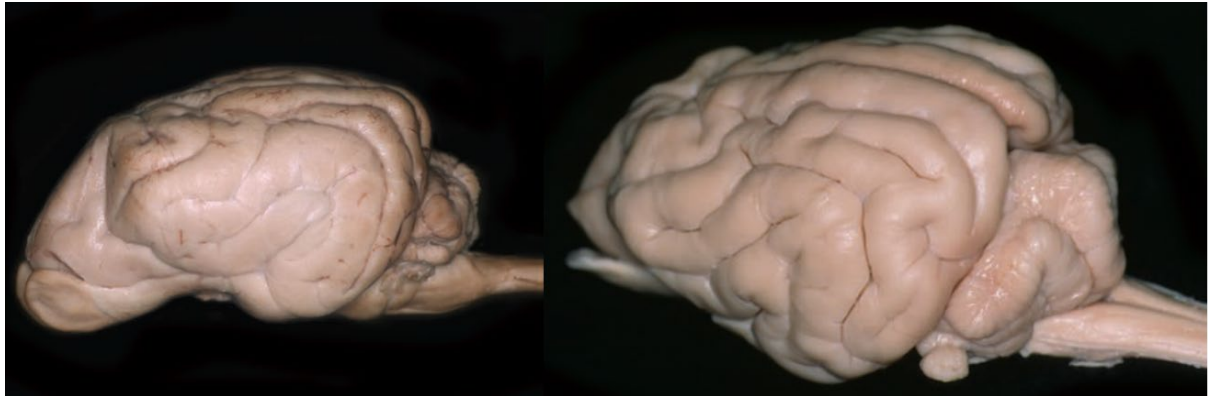
Figura 16 Vista dorsal del encéfalo de los carnívoros.



Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

Los hemisferios forman el cerebro con sus porciones basilares, mientras que el cerebelo y las partes que lo unen a aquél representan el rombencéfalo. El cerebro presenta en el plano medio una cisura longitudinal profunda que separa a los dos hemisferios, pero las partes centrales de ambos se encuentran unidas profundamente por el cuerpo calloso. Las superficies de los hemisferios presentan numerosos surcos longitudinales que delimitan eminencias o circunvoluciones (*gyri*) abultadas y flexuosas. Estas formaciones hacen que la superficie de los hemisferios sea accidentada e irregular. El aspecto superficial del cerebelo es todavía más irregular, ya que posee una gran cantidad de surcos transversales u oblicuos. Dos surcos sagitales derecho e izquierdo dividen al cerebelo en el vermis central y dos lóbulos laterales. Los segmentos caudales de los hemisferios cerebrales cubren una parte del cerebelo rostral, y ventral a este se encuentran cuatro eminencias redondeadas, los tubérculos cuadrigéminos.

Figura 17 Vista lateral del encéfalo de los carnívoros.



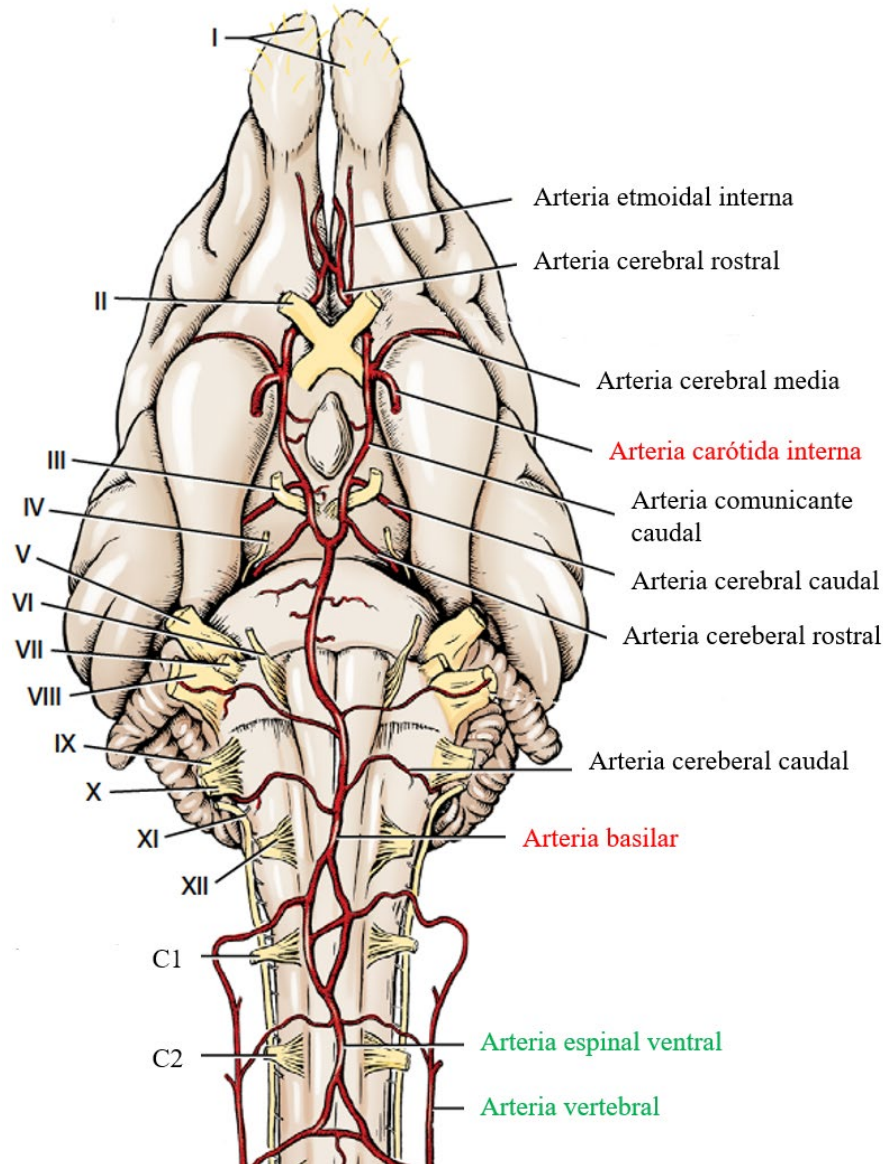
Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012).

El encéfalo se continúa con la médula espinal desde el extremo caudal del rombencéfalo (médula oblonga). El límite entre la médula oblonga y la médula espinal cervical está marcado por la emergencia de los primeros haces ventrales del primer nervio cervical, que se encuentra aproximadamente en el borde rostral del foramen magno.

El extremo rostral del encéfalo está representado por ambos bulbos olfatorios.

Los vasos sanguíneos se encuentran en la base del encéfalo y de esta superficie emerge la mayor parte de los nervios craneales (pares craneales). Esta superficie presenta un surco longitudinal medio poco profundo (surco basilar medio del encéfalo), menos marcado en el centro donde está cubierto por la hipófisis. A los lados de él existen sendos surcos longitudinales anfractuados (surcos laterales del encéfalo). El surco basilar medio del encéfalo se prolonga en la superficie dorsal de la médula oblonga como la cisura media ventral, que es poco profunda.

Figura 18 Vasos sanguíneos y emergencia de los nervios craneales, vista de la superficie ventral del encéfalo.



Tomado y modificado de (De LaHunta, 2015).

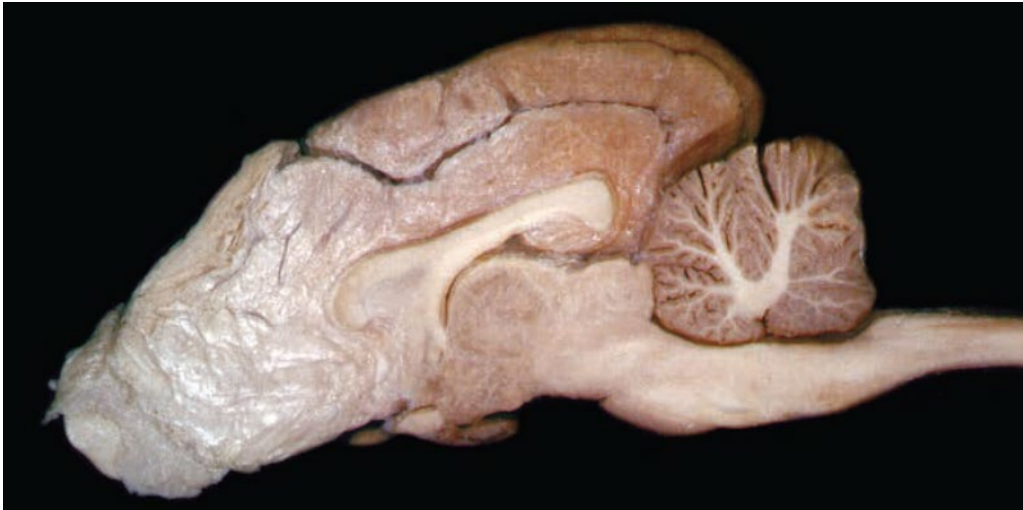
La médula cefálica o médula oblongada es generalmente ancha en los mamíferos domésticos y vista lateralmente se asemeja a una pala. Entre la cisura media ventral y un surco lateral poco marcado (surco lateral de la médula oblongada) presenta a cada lado un fascículo longitudinal (pirámide) que se estrecha caudalmente. Su grosor es mayor en los carnívoros. Las fibras piramidales se cruzan con las del lado opuesto ventral al conducto central y a esto se lo denomina decusación de las pirámides. Lateralmente a la pirámide y en posición caudal respecto al puente corre una cinta transversal (estrecha y un poco saliente) que se llama cuerpo trapezoide, de él emergen el N. intermediofacial y

el estatoacústico. Las porciones laterales del cerebelo, así como los plexos coroideos del rombencéfalo asientan en los laterales de la médula oblonga y del puente. El N. glossofaríngeo, el vago, el accesorio y el hipogloso emergen de la médula oblonga por su superficie lateroventral.

El puente es una eminencia transversal situada en el plano basilar del tronco encefálico. Se estrecha lateralmente y se incurva dorsalmente en dirección al cerebelo. Lateralmente del puente emerge el N. trigémino y en el borde rostral emerge el N. troclear. Los pedúnculos cerebrales (*Cruz cerebri*) son dos cordones anchos que divergen en dirección rostral desde el borde del puente. En la superficie basilar presenta un surco poco marcado del que emerge el N. óculomotor. Rostral al puente aparecen dos cordones denominados pedúnculos cerebrales (*Pedunculus cerebellaris*). Los pedúnculos cerebrales lindan por su extremo rostral con los lóbulos piriformes y dos cordones blancos convergentes, los tractos ópticos, que aparecen superpuestos al segmento terminal de los pedúnculos y se reúnen en la línea media formando una lámina blanca denominada quiasma óptico que es origen de los nervios o fascículos ópticos. En rostral y contigua a la lámina cribiforme están cubiertos total o parcialmente por una cinta delgada de sustancia blanca que se llama estría o tracto olfatoria (bulbo olfatorio), que aparece ovalado e incurvado en dirección dorsal y de allí emergen las fibras nerviosas olfatorias.

La cara medial del hemisferio es visible en su totalidad únicamente después de practicar una sección sagital media del encéfalo. Presenta circunvoluciones y surcos que le dan un aspecto muy irregular. En rostral del hemisferio se observa el bulbo olfatorio incurvado dorsalmente. En el fondo de la cisura longitudinal del cerebro aparece el cuerpo calloso (seccionado), que es una lámina blanca, horizontal e incurvada en sus extremos rostral y caudal. En este corte el cerebelo es seccionado longitudinalmente a través del vermis, el cual presenta el característico árbol de la vida y ocupa esencialmente una posición dorsal, mientras que el puente y la médula oblonga se encuentran ventrales. Además, se pueden ver casi todas las cavidades o ventrículos.

Figura 19 Vista de la superficie medial del encéfalo de los carnívoros.

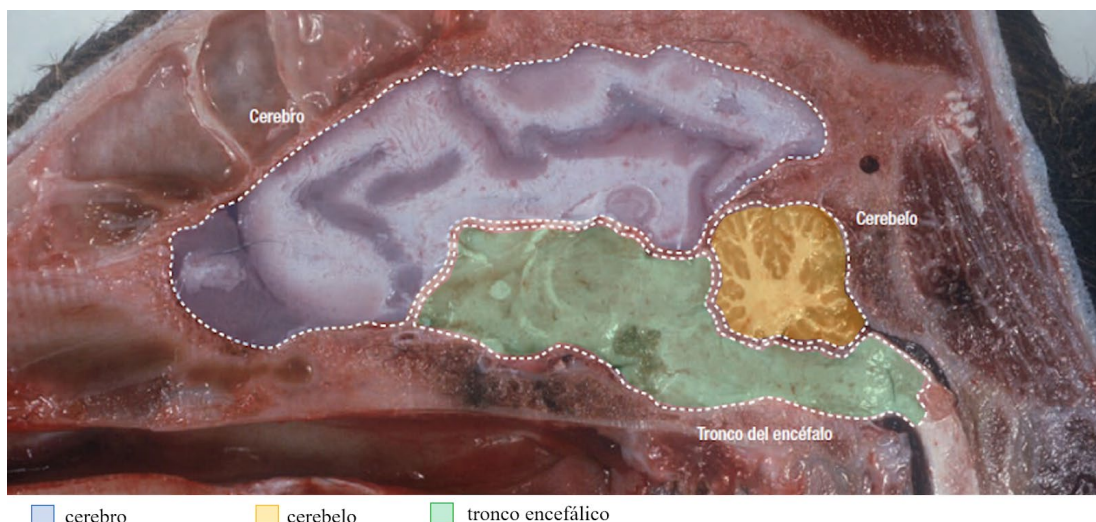


Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

Para resumir, el encéfalo presenta 3 divisiones principales: cerebro, cerebelo y tronco del encéfalo. Aunque conforman una estructura indivisible y están necesariamente interrelacionadas, esta división se adapta a la fisiopatología.

“Anatómicamente el encéfalo está compuesto por: a) el **tronco del encéfalo** embriológicamente segmentado que incluye el **mielencéfalo** (médula), el **metencéfalo ventral** (protuberancia), el **mesencéfalo** (mesencéfalo) y el **diencéfalo** (epitálamo, tálamo e hipotálamo) y b) dos porciones suprasegmentarias, el **cerebro** (telencéfalo) y el **cerebelo** (metencéfalo dorsal)”.

Figura 20 Divisiones del encéfalo, vista in situ en la cavidad craneana.



■ cerebro ■ cerebelo ■ tronco encefálico

Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

Cerebro

Es la porción más rostral del encéfalo. Su función es recibir sensaciones, integrar informaciones, e iniciar movimientos y actividades voluntarias. Está formado por dos hemisferios cerebrales, conectados entre ellos y unidos al tronco del encéfalo. En cada hemisferio la sustancia gris se dispone superficialmente formando la corteza cerebral e interiormente formando los núcleos basales. La sustancia blanca se dispone bajo la corteza cerebral constituyendo un entramado de fibras y vías neuroanatómicas, entre las cuales se encuentran los núcleos basales. La corteza cerebral tiene funciones de asociación sensitiva y motora. La asociación consiste en la recepción de información, la distinción según su importancia, su comparación con experiencias previas, la selección de la respuesta indicada, y la predicción de sus consecuencias. En la corteza se diferencian, filogenéticamente: la paleocorteza, la arquicorteza y la neocorteza (esta clasificación es poco útil clínicamente). Paleo y arquicorteza constituyen la corteza olfativa (llamada rinencéfalo y donde se incluye el lóbulo piriforme). En la neocorteza se diferencian varias áreas corticales nombradas según su situación anatómica respecto al cráneo y según su función (frontal, parietal, occipital, y temporal).

Los núcleos basales son grupos de somas que intervienen en el control del tono muscular y en la iniciación de movimientos. Son el núcleo caudado, el núcleo accumbens, el núcleo lentiforme (formado por el putamen y el pálido), el claustró y el cuerpo amigdalino (o amígdala).

Las fibras de la sustancia blanca son subcorticales y se clasifican según las conexiones que establezcan (asociación, proyección y comisurales). Las fibras de asociación conectan áreas corticales diferentes en un mismo hemisferio cerebral. Las fibras de proyección conectan la corteza cerebral con distintas áreas del tronco del encéfalo o de la médula espinal (p.ej. cápsula interna) y las fibras comisurales conectan ambos hemisferios cerebrales (p.ej. cuerpo calloso).

Cerebelo

Ocupa una posición caudal en el encéfalo, situado sobre el tronco del encéfalo y bajo el tentorio. Su función es integrar y coordinar informaciones, participando en el mantenimiento de la postura, coordinación y en la precisión de movimientos. Está formado por un vermis (porción central impar) y dos hemisferios cerebelosos (porciones laterales). La sustancia gris se dispone en la superficie formando la corteza cerebelosa e

interiormente constituyendo los núcleos cerebelosos. La sustancia blanca se dispone interiormente adoptando un aspecto arbóreo (conocido como “árbol de la vida”).

En la base del cerebelo se encuentran los pedúnculos cerebelosos que conectan el cerebelo con el tronco del encéfalo. Los pedúnculos cerebelosos rostrales lo unen al mesencéfalo, los medios al puente, y los caudales a la médula oblongada.

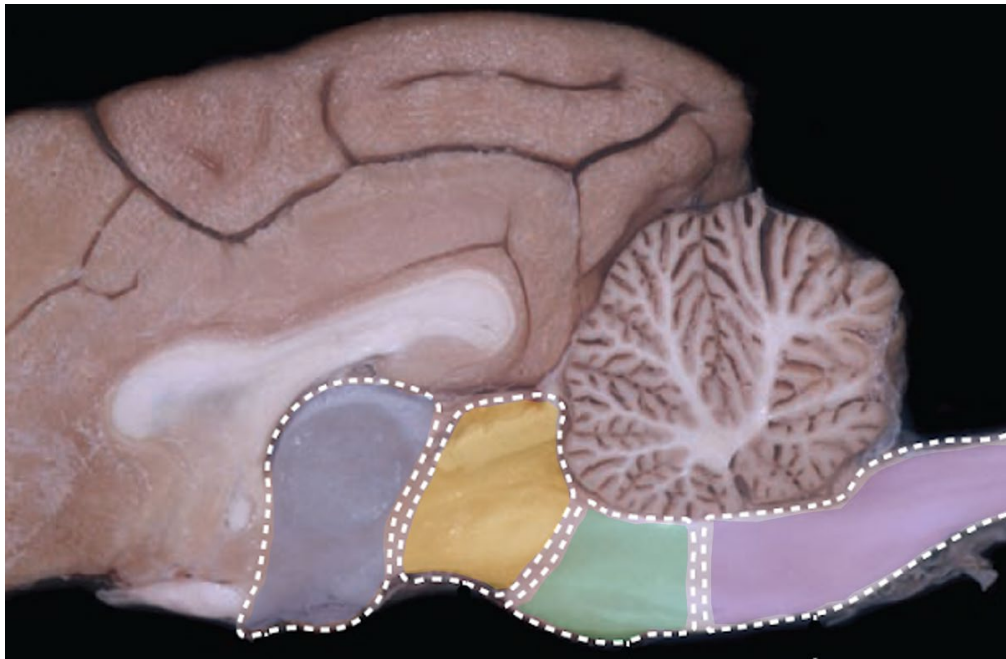
Tronco del encéfalo

Es la porción del encéfalo que ocupa la fosa media y caudal del cráneo. Entre sus funciones destacan: establecer conexiones entre cerebro, cerebelo y médula espinal; regular funciones reflejas; y controlar estructuras craneofaciales. Sus divisiones anatómicas de rostral a caudal son: diencéfalo, mesencéfalo, puente y médula oblongada.

La sustancia blanca se dispone formando vías que se denominan tractos, lemniscos o fascículos, y conectan diferentes áreas del SNC. La sustancia gris se dispone formando núcleos a lo largo de todo el tronco del encéfalo. Entre estos destacan la mayoría de los núcleos de los nervios craneales y de los núcleos implicados en el mantenimiento de las funciones vitales (respiratorios, cardiovasculares, digestivos y de excreción).

En general, la porción dorsal del tronco del encéfalo posee núcleos sensitivos (dorsales o dorsolaterales), mientras que la porción ventral posee núcleos motores (ventrales o ventrolaterales). Existe una red entrecruzada de sustancia gris y sustancia blanca, llamada por su aspecto formación reticular, que se reconoce principalmente en la porción central del tronco del encéfalo (se encuentra desde el diencéfalo caudal a la médula oblongada, y se continúa en la médula espinal). En la formación reticular se encuentra el sistema reticular activador ascendente que recibe informaciones sensoriales provenientes de todo el organismo y que activa de forma difusa a la corteza cerebral.

Figura 21 Divisiones del tronco del encéfalo.



■ diencefalo ■ mesencefalo ■ puente ■ médula oblongada

Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

Diencefalo

Es la porción más rostral del tronco del encéfalo. En él se distinguen anatómicamente: epítalamo, tálamo, metatálamo, subtálamo e hipotálamo.

Aunque el diencefalo corresponde anatómicamente al tronco del encéfalo, algunos signos clínicos derivados de lesiones diencefálicas son similares a lesiones cerebrales, por lo que clínicamente se habla con frecuencia de localizaciones o signos prosencefálicos. El prosencefalo corresponde al cerebro y al diencefalo conjuntamente (ambas estructuras son derivadas de la vesícula prosencefálica, dilatación más rostral del tubo neural embrionario).

Mesencefalo

Se sitúa entre el diencefalo y el puente, conecta con el cerebelo mediante los pedúnculos cerebelosos rostrales. Se distinguen anatómicamente una porción dorsal (techo) y una porción ventral (pedúnculos cerebrales). El techo presenta cuatro prominencias llamadas colículos. Los colículos rostrales forman parte de las vías visuales, mientras que los colículos caudales forman parte de las vías auditivas. El mesencefalo contiene además los núcleos de los nervios craneales III y IV.

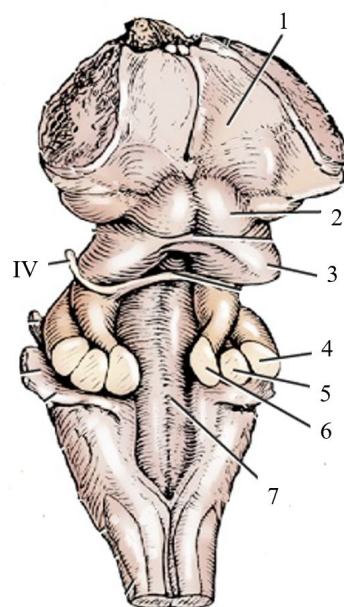
Puente

Se sitúa entre el mesencéfalo y la médula oblongada, se conecta con el cerebelo mediante los pedúnculos cerebelosos medios. Se distinguen anatómicamente una porción dorsal (tegmento) y una porción ventral. El tegmento corresponde al suelo del cuarto ventrículo y contiene el núcleo motor del V nervio craneal y parte del núcleo sensitivo (que se extiende desde el mesencéfalo hasta los primeros segmentos cervicales).

Médula oblongada

Es la porción más caudal del tronco y se continúa con la médula espinal en su emergencia por el foramen magno. Conecta con el cerebelo a través de los pedúnculos cerebelosos caudales. Se distinguen dorsalmente el tegmento y ventralmente las pirámides. La porción más rostral corresponde al cuerpo trapezoide, un grupo de fibras transversales que forman parte de las vías auditivas. La médula oblongada contiene los núcleos propioceptivos (grácil, cuneado medial y cuneado lateral), y núcleos de los nervios craneales desde el VI al XII.

Figura 22 Visión dorsal del tronco del encefálico, retirado el cerebro y cerebelo.



■ diencéfalo ■ mesencéfalo ■ puente ■ médula oblongada

Referencias: 1- tálamo, 2- colículo rostral, 3- colículo caudal, 4- pedúnculo cerebelar medio, 5- pedúnculo cerebelar caudal, 6- pedúnculo cerebelar rostral, 7- piso del cuarto ventrículo y IV- nervio troclear (IV par craneal). Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

Sistema ventricular

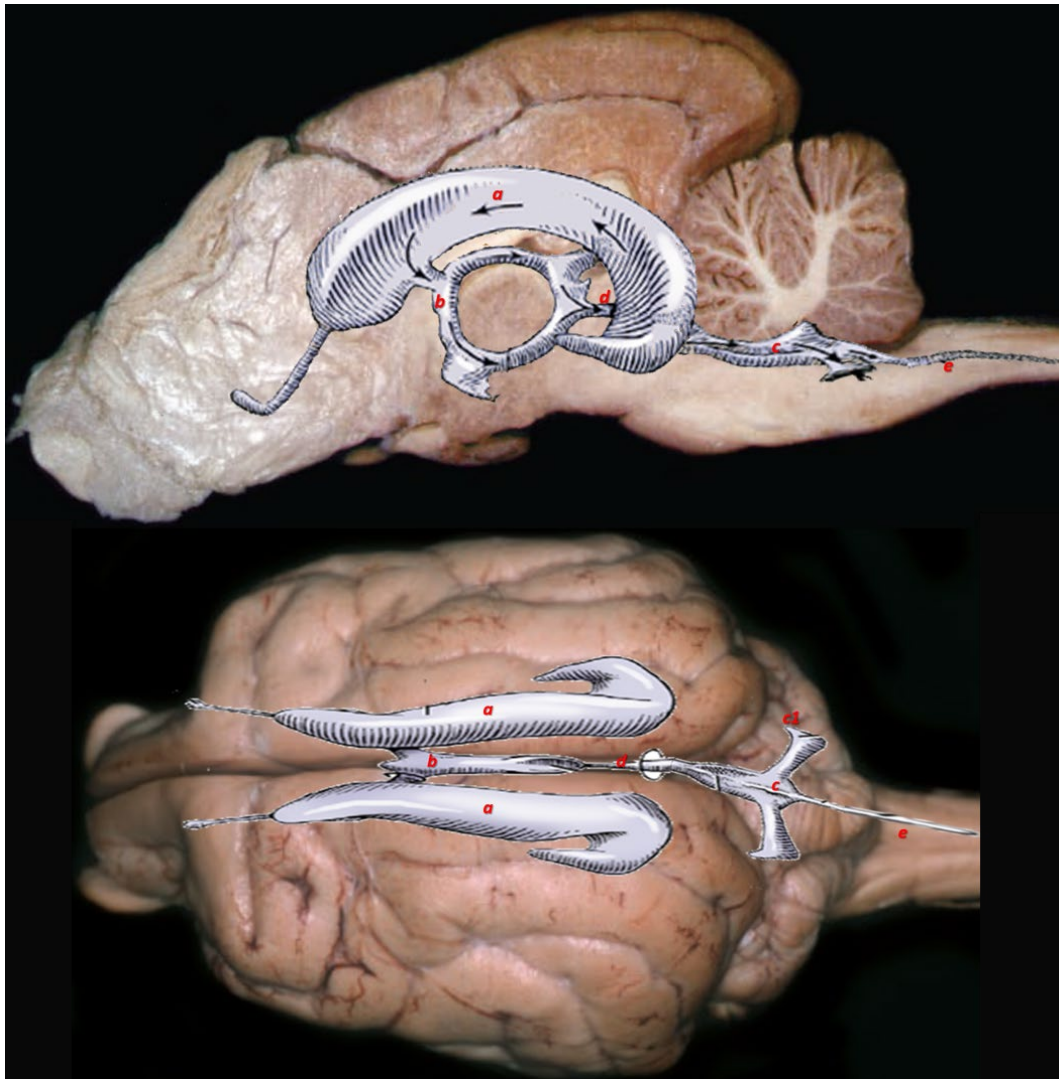
El sistema ventricular está formado por un conjunto de cavidades contiguas situadas en el interior del SNC y por las que circula el líquido cefalorraquídeo (LCR). Estas cavidades son un vestigio de la luz del tubo neural embrionario, y se encuentran tapizadas por endotelios.

En el encéfalo se distinguen cuatro ventrículos: dos ventrículos laterales, el tercer ventrículo, y el cuarto ventrículo. Cada uno de los ventrículos laterales se sitúa en el interior de un hemisferio cerebral y presenta una forma arqueada. El tercer ventrículo se encuentra en el diencéfalo y tiene forma de anillo dispuesto alrededor de la adherencia intertalámica. El cuarto ventrículo se localiza a nivel del puente y la médula oblongada rostral y ventralmente al cerebelo. Los dos ventrículos laterales se comunican con el tercer ventrículo a través de los forámenes interventriculares. El tercer y el cuarto ventrículo se comunican mediante el acueducto mesencefálico. El cuarto ventrículo se continúa con el canal central de la médula espinal y presenta además unos recesos laterales por donde el LCR pasa del sistema ventricular al espacio subaracnoideo.

Plexos coroideos y líquido cefalorraquídeo

Los plexos coroideos son una estructura vascular modificada, que consta de una red capilar tapizada por piamadre y por células endoteliales. Son los principales productores de LCR y se encuentran en todos los ventrículos (sobre todo en los laterales y en el cuarto ventrículo). El líquido cefalorraquídeo (LCR o líquido cerebroespinal) es un ultrafiltrado del plasma, con escaso contenido proteico y celular, que baña al SNC. Se produce principalmente en los plexos coroideos y discurre por el interior del sistema ventricular y por el espacio subaracnoideo. Se reabsorbe principalmente a nivel de las vellosidades aracnoideas, que drenan en el sistema venoso. Sus funciones sobre el encéfalo y médula espinal son: aporte nutritivo, mantenimiento de la homeóstasis y de las presiones, soporte y protección física.

Figura 23 Sistema ventricular vistas medial y dorsal.



Referencias: a- ventrículos laterales, b- tercer ventrículo, c- cuarto ventrículo, c1- recesos del IV ventrículo, d- acueducto mesencéfalo y e- canal central de la médula espinal. Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

B - ENVOLTURAS DE LOS ÓRGANOS CENTRALES

La consistencia relativamente blanda de los tejidos que conforman a los órganos nerviosos centrales requiere de una protección eficaz frente a los agentes externos como los mecánicos, químicos y biológicos. Una envoltura de varias capas garantiza dicha protección en íntima relación a ellos (intracraneal) y accesoriamente de forma extracraneal la piel, las fascias y músculos, asumen esta función protectora. Pero la protección más importante la brindan los huesos que componen la cavidad craneana (neurocráneo) y las vértebras que forman el canal vertebral. Las envolturas membranosas o meninges están en contacto íntimo con el encéfalo y la médula espinal.

Son tres membranas superpuestas concéntricamente: la duramadre, la aracnoides y la piamadre.

Duramadre encefálica y espinal

Es la envoltura externa, duramadre (*dura mater encephali y spinalis o pachymeninx*), rodea como un manto a la aracnoides y piamadre. Es resistente, gruesa, fibrosa y poco vascularizada. Entre ella y la aracnoides existe un intersticio capilar llamado espacio subdural.

La duramadre encefálica está unida a la aracnoides solamente por medio de vasos sanguíneos. En la cavidad craneana no existe generalmente espacio interdural (entre las dos láminas de la duramadre porque se fusionan). La duramadre está adherida a los huesos en el interior del cráneo por tejido conjuntivo, fibras elásticas y vasos sanguíneos, formando al mismo tiempo el periostio de la superficie interna de los huesos del neurocráneo. El contacto de la duramadre con la paredes de la cavidad craneana y en especial con sus eminencias (tentorio óseo, cresta petrosa, cresta sagital interna y cresta galli) es muy íntimo en especial en el caballo. Este grado de adherencia suele ser menor en las porciones dorsales y laterales, hasta el punto de poderse desprender con relativa facilidad. Su grosor es generalmente invariable y en el caballo puede superar 1 mm, pero es muy sutil en la vecindad del foramen acústico interno. La duramadre protege a los troncos nerviosos y vasculares en trayectos cortos en ciertos pasajes por forámenes o canales óseos. La función de sostén la brinda por la formación de una serie de pliegues orientados hacia el encéfalo. Podemos describir uno longitudinal medio: la hoz del cerebro (*falx cerebri*) que se inserta en la cresta sagital interna y cresta galli, su borde dorsal es convexo; se extiende desde el tentorio óseo, donde su borde libre es muy cóncavo y no llega a contactar con el cuerpo calloso. La hoz del cerebro separa a los dos hemisferios por completo en el caballo y perro, excepto por una pequeña zona de adherencia. En el perro existe una hoz sagital muy baja en la entrada de la fosa etmoidal, llamada hoz del rinencéfalo. El tentorio del cerebelo (*Tentorium cerebelli membranaceum*) se inserta en la protuberancia occipital interna y en la cresta petrosa. Representa un tabique divisorio entre los hemisferios cerebrales y el cerebelo, extendiéndose en el plano medio hasta los tubérculos cuadrigéminos y lateralmente hasta la base del cráneo. El borde ventral del tentorio del cerebelo es muy cóncavo, y este pliegue puede hallarse más o menos osificado en los carnívoros y a menudo también en el caballo. La duramadre encefálica permanece dividida en dos

hojas en algunos puntos. Envuelve la hipófisis con un saco hipofisario de la duramadre, donde su hoja interna forma un tabique incompleto, el diafragma hipofisario (*Diaphragma sellae*), perforado por el foramen diafragmático para el paso del infundíbulo entre la cavidad del saco hipofisario y la cavidad craneana.

Existen además en la duramadre espacios sanguíneos o senos venosos que constan solamente de una túnica íntima revestida de endotelio. En parte se hallan atravesados por trabéculas de tejido conjuntivo. Sus paredes son rígidas y carentes de fibras musculares. Se encuentran sobre surcos óseos y contienen sangre venosa. Se diferencian de las venas porque su luz se halla siempre abierta y por la ausencia de válvulas. Los senos venosos forman en el encéfalo un sistema dorsal y otro basilar.

En el sistema sinusal dorsal se encuentra el seno sagital o longitudinal, situado en el plano medio en el borde dorsal de la hoz del cerebro. El seno sagital posee lateralmente al plano medio cercano a los orificios de comunicación con las venas cerebrales dorsales, dentro de la duramadre, una serie de cavidades a modo de bolsas que son los senos parasinoidales, en los cuales desembocan las venas cerebrales. El seno sagital se comunica con los senos transversos (derecho e izquierdo) en el tentorio óseo. Ambos senos transversos están en conexión por medio de una rama transversal, el seno comunicante, que está ausente en el perro. El seno transversal ingresa en el meato temporal y se continúa como la vena cerebral dorsal que evacua toda la sangre del sistema dorsal. El seno petroso discurre en dirección caudodorsal por la cresta petrosa y desemboca en el seno transversal, cerca de la entrada de éste en el meato temporal. El seno recto termina en el seno sagital dorsal, donde éste se bifurca para afluir a los senos transversos. Comienza en el cuerpo calloso y asciende por la hoz del cerebro entre ambos hemisferios. Este seno se origina en la confluencia de la vena del cuerpo calloso con la vena cerebral magna. En el seno comunicante desembocan algunas venas superficiales del cerebelo además de vasos meníngeos y diploicos, constituyendo el seno occipital. Los senos occipitales del perro terminan en el transversal y abandonan la cavidad craneana por el foramen magno.

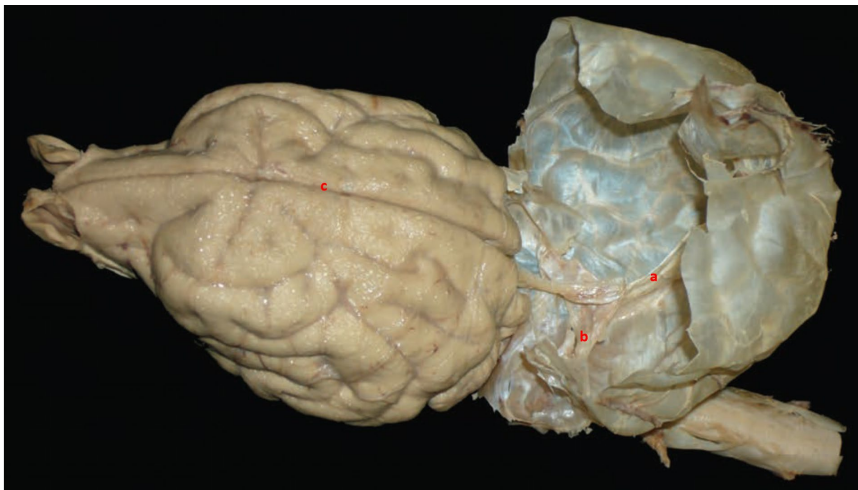
El sistema sinusal basilar consta del seno circular y del seno basilar. El primero está formado por los senos cavernosos de ambos lados y los intercavernosos que los unen. El seno cavernoso representa una cavidad anfractuosa situada a cada lado de la hipófisis en un repliegue de la duramadre. Por su extremo nasal comunica con venas que proceden del ojo y de la nariz, caudalmente se relaciona con el seno basilar que constituye un

semicírculo situado rostralmente al foramen magno, en la superficie interna del hueso occipital.

La vena cerebral media, las venas ventrales del cerebro y del cerebelo y las diploicas desembocan en el sistema sinusal basilar, el cual está en comunicación también con la vena occipital ventral, las orbitarias y las nasales. En los carnívoros, existe una comunicación entre ambos sistemas de senos (dorsal y basilar), principalmente a través del seno condíleo.

La duramadre espinal consta de dos hojas o láminas, una externa que en calidad de periostio reviste el canal vertebral y otra interna. Entre ambas hojas se halla el espacio interdural o epidural (*Cavum epidurale*), la amplitud de este espacio es variable a lo largo de la médula espinal. Contiene tejido conjuntivo laxo, tejido adiposo y plexos venosos. Protege a la médula espinal de la distensión que le ocasionan los movimientos del raquis. El tubo formado por la hoja interna de la duramadre rodea a la médula a manera de un saco desde el foramen magno y se estrecha en el canal sacro para formar el filum terminal (*Filum durae matris spinalis*). Este envuelve la médula espinal delimitando el espacio subdural (*Cavum subdurale*), como una vaina estrecha continua y en forma de apéndice filiforme, constituido por la fusión de las dos láminas medulares, se extiende hasta la 5-7 vértebras coxígeas (caballo), la 4 o 5 (bovinos) o la 1 (perro). El saco de la duramadre conserva su situación gracias a las vainas externas que envuelven los nervios espinales en su origen, por el tejido adiposo interdural y las bridas conjuntivas que atraviesan irregularmente dicho tejido. En su segmento craneal existen además fuertes ligamentos suspensores que van desde el raquis hasta la duramadre.

Figura 24 Duramadre encefálica.



Referencias: a- hoz del cerebro, b- tentorio del cerebelo, c- cisura longitudinal. Tomado y modificado de (Aige & Morales, 2012)

Aracnoides encefálica y espinal

A la duramadre le sigue la membrana encefálica y medular media o la aracnoides (*Arachnoidea encephali et spinalis*). Es delicada, carente de vasos sanguíneos o poco vascularizada y compuesta por tejido conjuntivo laxo. Cubre las cisuras y surcos de los órganos centrales sin introducirse en ellos. Su superficie externa es lisa y revestida por una capa endotelial. Se halla unida a la piamadre por tenues trabéculas rodeadas de endotelio, las cuales parten de su cara interna y forman un retículo o trama. El intersticio atravesado por estas trabéculas entre la aracnoides y la piamadre es el espacio subaracnoideo que está lleno de líquido cefalorraquídeo (*Liquor cerebrospinalis*) y se halla en comunicación con las cavidades internas del sistema nervioso central que contienen al citado líquido. El espacio subaracnoideo y subdural, no se comunican entre sí. Estas dos envolturas llenas de líquido rodean al sistema nervioso central brindándole una protección mecánica muy eficiente para el encéfalo y la médula espinal. Además, desempeñan un papel importante en los procesos metabólicos.

La aracnoides encefálica está unida íntimamente, por lo general, a la piamadre en las circunvoluciones cerebrales. Pero en algunos sitios como en la médula oblonga, en el puente y en el vermis cerebeloso existe una separación notable entre ella y la piamadre, lo que origina grandes espacios llamados cisternas leptomeningeadas (*Cisternae subarachnoideales*) y de éstas la cisterna magna o cerebelomedular (*Cisterna cerebellomedullaris*) reviste una importancia especial para la punción y colecta del líquido cefalorraquídeo. La aracnoides encefálica posee vellosidades distribuidas preferentemente a lo largo de la hoz del cerebro y forman pequeños nódulos que se conocen con el nombre de granulaciones aracnoideas que regulan el paso de líquido cefalorraquídeo.

La aracnoides espinal constituye un saco laxo y transparente en torno a la médula espinal, que envía tabiques a las raíces nerviosas. Siendo su adherencia a la piamadre generalmente menos íntima que en el caso de la aracnoides encefálica.

Piamadre encefálica y medular

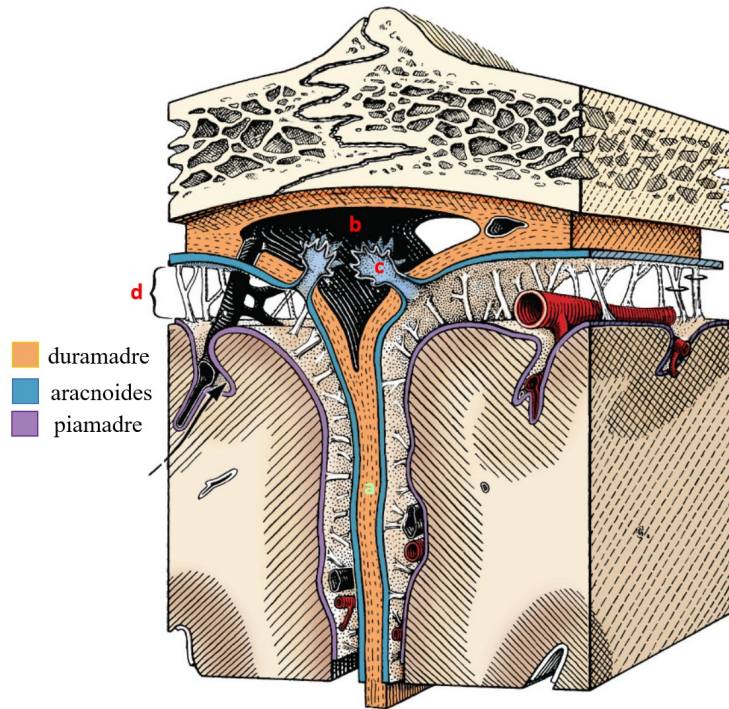
La piamadre (*pia mater encephali et spinalis*) se apoya directamente sobre el encéfalo y la médula espinal. Es delicada, vascular y está constituida de tejido conjuntivo laxo. Se halla vinculada funcionalmente a la aracnoides y juntas se denominan leptomeninges (*leptomeninx*). La piamadre es importante en el metabolismo,

penetra en todos los surcos y depresiones de la superficie de los órganos centrales y está unida al encéfalo y a la médula espinal mediante numerosos vasos sanguíneos envueltos en tejido conjuntivo.

La piamadre encefálica puede desprenderse con relativa facilidad de la superficie del encéfalo y no penetra solamente en los surcos y fisuras de dicho órgano, sino también en las cavidades y en la profunda cisura transversal que separa los hemisferios cerebrales del cerebelo formando pliegues internos que constituyen las telas coroideas (*Tela choroidea*). En su estroma de tejido conjuntivo laxo están incluidos numerosos vasos sanguíneos que forman los plexos coroideos (*Plexus choroideus*) en los que la corriente sanguínea aminora su velocidad por los capilares amplios y retorcidos de los plexos coroideos. Este estancamiento favorece el paso de sustancias desde dichos capilares a la tela coroidea y luego llegan a los ventrículos encefálicos a través de la lámina epitelial que sirve de barrera entre la sangre y el líquido cefalorraquídeo. Los plexos coroideos y el epitelio son los responsables de formar el líquido cefalorraquídeo considerado este un ultrafiltrado del plasma sanguíneo.

La piamadre espinal penetra a modo de una lámina ancha denominada tabique medio ventral, en la cisura ventral de la médula espinal. Emite el ligamento dentado o denticulado (*Lig. denticulatum*) a cada lado, entre los puntos de salida de las raíces nerviosas dorsales y ventrales. Entre dos raíces nerviosas, existen prolongaciones que están revestidas por la aracnoides y con las puntas en dirección periférica, hacia la duramadre, a la cual se fijan. El ligamento dentado es un aparato de suspensión y sostén de la médula espinal.

Figura 25 Meninges cerebrales.



Referencias: a- hoz del cerebro, b- seno venoso de la duramadre (seno sagital o longitudinal), c- vellosidad aracnoidea, d- espacio subaracnoideo. Tomado y modificado de (De LaHunta, 2015).

C - SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

El sistema nervioso periférico (*Systema nervosum periphericum*) está formado por todas las formaciones nerviosas situadas fuera de la cavidad craneana y del canal vertebral que se originan en el sistema nervioso central.

Los nervios (*Nervi*) son las estructuras más características y extensas. Son cordones blancos, nacarados o grisáceos, que unen el sistema nervioso central con todas las regiones del organismo. Están formados por el ensamblaje de fibras nerviosas, axones de neuronas cuyos somas se localizan en el sistema nervioso central o en los ganglios nerviosos (*Ganglia*), que son todos pequeños centros secundarios organizados de neuronas, situados en puntos definidos del recorrido de ciertos nervios, donde aparecen como abultamientos más o menos voluminosos.

Según sus orígenes y sus funciones, reconocemos dos órdenes de nervios, cada uno de los cuales tiene su propio tipo de ganglios.

1 - Los nervios craneoespinales (*Nervi craniospinales*) están directamente unidos y se originan del sistema nervioso central y pertenecen a la vida de relación. A su vez, se dividen en dos grupos bien diferenciados:

a) Los nervios espinales o raquídeos (*Nervi spinees*), están unidos a la médula espinal y tienen una disposición metamérica. Todos son mixtos, con una raíz dorsal sensitiva y una raíz ventral eferente, principalmente motora. Su raíz dorsal está provista de un ganglio espinal (*Ganglion spinee*) cuyas neuronas pseudounipolares emiten fibras nerviosas aferentes.

b) Los nervios craneales (*Nervi craniales*) se originan del encéfalo y con la excepción de los nervios olfatorios, están unidos al tronco encefálico. Emergen del cráneo a través de los forámenes presentes en su base. Todos muy disímiles en su volumen, en su distribución y sus funciones. Sólo los nervios branquiales son mixtos, cuyas raíces sensoriales están provistas de ganglios comparables a los de los nervios espinales. Los que inervan la musculatura somática son motores (y por lo tanto están desprovistos de ganglios). Un último grupo es el de los nervios específicos o sensoriales, puramente sensitivos, cuyos ganglios son sustituidos por estructuras propias de cada uno de ellos y son lo que inervan los órganos de los sentidos (ojo y oído).

2 - Los nervios del sistema nervioso "autónomo" se diferencian de los anteriores por varias características:

Se distribuyen en las vísceras y al aparato circulatorio controlando su funcionamiento, a menudo se los denomina "vegetativos", predominan las fibras amielínicas y el curso de sus fibras está siempre interrumpido por al menos un relevo sináptico, que no existe en los nervios de la vida de relación. Este relevo tiene lugar en un ganglio autonómico o visceral (*Ganglion autonomicum*), cuyas neuronas no son pseudounipolares sino multipolares. El sistema nervioso "autónomo" es un tema que amerita un capítulo especial y se estudiará en profundidad con los aparatos viscerales.

Como los nervios craneoespinales a simple vista emergen directamente de la médula espinal o del tronco encefálico, comúnmente se dice que se originan en estos segmentos, pero en realidad es su origen aparente. El origen real de un nervio está constituido por el conjunto de neuronas ubicadas en la sustancia gris cuyos axones constituyen las fibras nerviosas. El verdadero origen de los nervios motores está siempre en el sistema nervioso central. En cuanto a la terminación real de los nervios craneoespinales motores, se asienta en las placas motoras de los músculos esqueléticos.

*Los nervios acompañan con mayor frecuencia a los vasos sanguíneos y viajan en las mismas vainas conectivas, formando con ellos los **paquetes vasculonerviosos**, cuya topografía merece ser conocida con precisión. Por lo tanto, comparten las relaciones y el modo de distribución. Además, los nervios subcutáneos que son numerosos y muy*

ramificados que se distribuyen aisladamente (solo los de mayor calibre son satélites de las venas superficiales).

Finalmente, los nervios intercambian a menudo ramas comunicantes (*Rr. communicantes*) que son haces de fibras que salen de un nervio para unirse a otro, conservando cada uno su independencia funcional. Estos intercambios son complejos cuando intervienen varios nervios: conformando los plexos nerviosos y se encuentran en las raíces de las extremidades.

Los ganglios craneospinales son formaciones que representan una tumefacción fusiforme de la raíz dorsal de un nervio espinal o craneal. De color gris rosado, está delimitado por una fina cápsula conectiva que en su interior presenta un pequeño número de neuronas y los haces de fibras que dependen de ellas. Los ganglios de los nervios branquiales tienen la misma textura que los ganglios espinales pero muestran grandes diferencias en tamaño, forma y topografía según el nervio considerado. El del nervio trigémino (ganglio del trigémino) es muy grande y el del nervio intermediofacial (ganglio geniculado) el más pequeño.

Estructura de los nervios

Los nervios craneospinales son (con excepción de los nervios olfatorios) todos blancos y mielinizados, es decir que las fibras de mielina predominan en gran parte. La proporción de fibras amielínicas es variable, pero puede ser relativamente alta en algunos nervios. Las fibras y vainas de mielina tienen la misma organización que en la sustancia blanca del sistema nervioso central, pero las vainas tienen algunas características importantes. La mielina es producida allí por las células de Schwann que permanecen en contacto con la fibra nerviosa y forman una envoltura citoplásmica superficial muy delgada: el neurolema (*Neurolemma*). Esta vaina no es continua en la longitud del nervio, presentando entrenudos, los cuales determinan una depresión débil en la superficie de la vaina. A nivel de cada nudo de la fibra permanece desnudo de sustancia blanca.

Las fibras nerviosas se agrupan en pequeños haces de nervios, generalmente en función de un destino u origen común. Cada haz está delimitado por una fina vaina conectiva, ***el perineuro***, en el que se reconocen dos capas. En la periferia, una parte fibrosa (*Pars fibrosa*) está formada por un tejido conjuntivo ligeramente densificado y rico en fibras de colágeno. La parte profunda se denomina epitelióide (*Pars epithelióidea*) porque comprende un mayor o menor número de capas superpuestas de

células planas de aspecto escamoso, entre las que discurre un laberinto de fibras de colágeno. Esta vaina es continua desde el origen aparente hasta la terminación del nervio, adelgazando gradualmente con cada ramificación colateral. Cuando la terminación es un receptor encapsulado, se fortalece para formar la cápsula. En el interior del haz, una fina red de fibras de colágeno y fibroblastos se extiende desde la vaina para entrar en contacto con las células de Schwann, alrededor de los cuales forma una delicada envoltura. Este conjunto conectivo constituye el **endoneuro**.

Los haces están a su vez ensamblados por un tejido conectivo menos denso que es la base fibrosa del perineuro. Este tejido de ensamblaje constituye el epineuro profundo y este se vuelve más denso en la periferia del nervio. Esta última vaina es el epineuro superficial, rico en fibras colágenas cuya orientación es principalmente longitudinal y que se mezclan con fibras elásticas; le da al nervio flexibilidad y resistencia mecánica.

Las arterias de los nervios provienen de troncos vecinos y se dividen tan pronto como se acercan al epineuro en ramas delgadas que proporcionan ramas ascendentes y descendentes orientadas longitudinalmente. Estos últimos delegan capilares en el perineuro que forman una red. Las venas repiten la disposición de las arterias. Los vasos linfáticos se encuentran sólo en el epineuro, y son escasos.

NERVIOS CRANEALES

Los nervios craneales (*Nervi craniales*) tienen en común únicamente su origen en el interior del cráneo. Se diferencian entre sí por el tamaño, la extensión de las conexiones y, sobre todo por las funciones.

Todos emergen del tronco encefálico a excepción de los nervios olfativos. Su emergencia es ventral o ventrolateral, menos la de los nervios trocleares que es dorsal. Todos abandonan el cráneo por los forámenes de su base, con la excepción del nervio vestíbulo-coclear que se localiza en el oído interno. Su distribución es cefálica en general, pero el nervio vago se extiende hasta el abdomen. El nervio troclear inerva sólo a un músculo pequeño y tiene solo unas pocas fibras nerviosas, mientras que el nervio trigémino, su vecino, es uno de los más importante del cuerpo y se distribuye por toda la cabeza. Se reconocen doce pares de nervios craneales.

También se han propuesto varias clasificaciones de los nervios craneales. La más simple es aquella que, en base a su origen embrionario, concuerda con la naturaleza de sus conexiones centrales y con sus funciones. Así reconocemos tres grupos de nervios craneales:

1) Se asignan nervios específicos a los órganos de los sentidos, estos son los nervios olfatorio, óptico y vestibulococlear.

2) Los nervios branquiales son los únicos mixtos. Cada uno de ellos inerva al territorio derivado de un arco branquial y por lo tanto también incluye un contingente de fibras eferentes viscerales (o parasimpáticas), se diferencian entre sí en la proporción de sus constituyentes. El nervio *trigémino* es el del arco mandibular y extiende su territorio a las regiones maxilonasal y oftálmica. Recoge la sensibilidad de casi toda la mitad correspondiente de la cabeza; en cambio, sólo proporciona motricidad a los músculos masticadores. El nervio *intermediofacial* es el del arco hioides y principalmente motor es el *nervio facial*, que inerva todos los músculos cutáneos de la cabeza y el cuello, así como los músculos suprahioides. La vía sensorial se reduce y es el *nervio intermedio*. Las fibras parasimpáticas se distribuyen en dos nervios, formando el contingente principal de los *nervios glossofaríngeo* (arco branquial III) y *vago* (arcos IV-VI), que son complementarios y tienen también fibras motoras (músculos estriados viscerales) y sensitivos.

3) Los nervios somáticos son de la misma naturaleza que los nervios espinales, pero han perdido su vía sensorial por lo que sólo queda presente la vía motora, destinado a los músculos derivados de los somitas cefálicos, los músculos motores del ojo (nervios oculomotor, troclear y abducens) y los de la lengua (nervio hipogloso).

El orden topográfico, que se utiliza para la descripción de los nervios craneales es el siguiente:

I - Nervios Olfatorios (*Nervi olfactorii*): son los más primitivos en la evolución animal, no están ensamblados a cada lado en un solo tronco nervioso, sino que permanecen distribuidos en varias decenas (o cientos, según la especie) de filamentos independientes a lo largo de su recorrido. Pero se los estudia como el primer par.

II - Nervios Ópticos (*Nervus opticus*): son el segundo par craneal, responsable de la visión. De color blanco, cilíndrico, consistente y macizo. Se extiende desde el quiasma óptico hasta el globo ocular.

III - Nervio Oculomotor (*N. oculomotorius*): se distribuye a todos los músculos estriados del ojo, con la excepción de los músculos oblicuo dorsal y recto lateral. También posee fibras parasimpáticas (ganglio ciliar) destinadas al músculo ciliar y a los músculos del iris.

IV - Nervio Troclear (*Nervus trochlearis*): es el más pequeño de los nervios craneales; inerva solo al músculo oblicuo dorsal del ojo. También es el único que se origina dorsal del tronco encefálico.

V - Nervio Trigémino (*N. trigeminus*): es el primero de la serie branquial y quinto de los nervios craneales en orden de aparición. Es el más grande, mixto, pero su parte sensorial es la más extensa: inerva a casi toda la mitad correspondiente de la cabeza, mientras que la parte motora se distribuye sólo a los músculos masticatorios. Deriva del nervio del arco mandibular del embrión. El nervio trigémino se llama así porque se distribuye por tres divisiones primarias a los tres niveles de la cara: fronto-orbitario por el nervio oftálmico, naso-maxilar por el nervio maxilar y mandibulo-lingual. a través del nervio mandibular. Las ramas de cada uno de estos grandes troncos presentan tres niveles de ganglios parasimpáticos y sus plexos asociados.

VI - Nervio Abducens (*N. abducens*): es el sexto de los nervios craneales. Su nombre evoca el hecho de que inerva el músculo recto lateral del ojo solamente. En los mamíferos domésticos, su función motora se extiende también al músculo retractor del globo ocular, músculo del que carecen los humanos.

VII - Nervio Intermediofacial (*N. intermediofacialis*) es el séptimo par craneal, abreviado como "nervio facial", es el segundo de la serie de nervios branquiales. Deriva del arco hioides del embrión. Como tal, es mixto su parte motora es la más desarrollada y se individualiza en el **nervio facial** (*N. facialis*) propiamente dicho. Su parte sensorial, principalmente gustativa es el **nervio intermedio** (*N. intermedius*), llamado así porque en ciertas especies forma una raíz distinta y su emergencia puede aparecer asociada al nervio vestibulococlear antes de unirse al nervio facial. También posee fibras parasimpáticas.

VIII - Nervio Vestibulococlear (*N. vestibulocochlearis*) o nervio auditivo, inerva al oído interno. Es puramente sensorial, exteroceptivo y propioceptivo. Al igual que el oído interno, tiene dos partes bien diferenciadas, solo asociadas topográficamente. Una de estas partes es la audición: mediante el **nervio coclear** (*N. cochlearis*), que se origina en la cóclea. La otra recoge los estímulos captados por el neuroepitelio del vestíbulo y los conductos semicirculares: se trata del **nervio vestibular** (*N. vestibularis*). Los dos nervios están estrechamente asociados en su emergencia desde el borde lateral del bulbo raquídeo hasta el meato auditivo interno.

IX - Nervio Glossofaríngeo (*Nervus glossopharyngeus*): es el noveno de los nervios craneales, es el tercero del arco branquial, es mixto e incluye tres contingentes de fibras:

sensoriales, motoras y parasimpáticas. Su constitución, sus conexiones centrales y sus funciones muestran grandes analogías con las del nervio vago del que podría considerarse como un segmento reservado para la unión de la cabeza y el cuello.

X - Nervio Vago (*Nervus vagus*): es el décimo par craneal y deriva del cuarto arco branquial. Es mixto pero sus fibras vegetativas son abundantes y constituyen la parte más extensa parasimpática craneal. Su territorio de distribución, esencialmente visceral, es particularmente extenso, alcanzando el borde de la región pélvica. Sus funciones son notables por su multiplicidad y su importancia.

XI - Nervio Accesorio (*N. accessorius*): es puramente motor.

XII - Nervio Hipogloso (*N. hypoglossus*): es el duodécimo y último de los nervios craneales, es el nervio motor de los músculos de la lengua, así como el genioidio y tiroideo. Representa los nervios de los primeros somitas cervicales.

NERVIOS ESPINALES

Los nervios espinales (*Nervi spinales*), se disponen en pares simétricos a lo largo la médula espinal. Son mixtos y su origen es metamérico: todos tienen la misma organización y las diferencias que presentan están determinadas por las particularidades funcionales o el volumen de los segmentos inervados. Cada uno de ellos se origina a partir de dos raíces, una *dorsal sensitiva* y provista de un ganglio, y de otra *ventral motora*. Emerge del canal vertebral por el foramen intervertebral del mismo segmento y se distribuye por dos ramas primarias igualmente mixtas, una dorsal episomática, y otra ventral (generalmente de mayor tamaño), con destino al hiposoma.

Numero de Nervios espinales		
	Carnívoros	Equino
<i>Nervios espinales cervicales</i>	8	8
<i>Nervios espinales torácicos</i>	13	18
<i>Nervios espinales lumbares</i>	7	6
<i>Nervios espinales sacros</i>	3	5
<i>Nervios espinales caudales</i>	5 a 8	4 a 8

a - Características generales de los nervios espinales

Hay en principio tantos pares de nervios espinales como vértebras y comparten el nombre y el rango. Sin embargo, los nervios correspondientes al espacio occipito-

atlantoide se clasifican como nervios cervicales y como resultado de esto hay ocho pares de nervios cervicales, el último de los cuales emerge entre la séptima vértebra cervical y la primera torácica. A partir de allí, cada par de nervios lleva el número de la vértebra que le precede: el último nervio torácico emerge entre la última vértebra torácica y la primera lumbar; el último nervio lumbar emerge entre la última vértebra lumbar y el sacro y el último nervio sacro entre este hueso y la primera vértebra coccígea. Solo los nervios coccígeos no respetan esta emergencia ya que son más numerosos que las vértebras correspondientes (Ver figura 13).

Raíces nerviosas y orígenes

Ya sean dorsales o ventrales, estas raíces están formadas por múltiples y delgadas raicillas o pequeños haces de fibras nerviosas alineadas en una especie de abanico cuyas ramas convergen hacia el foramen intervertebral. Su origen dibuja una estrecha franja longitudinal sobre la superficie de la médula espinal, de la que ocupan los surcos laterales dorsales y ventrales a ambos lados. Se denominan raíces nerviosas dorsales o ventrales en cada segmento y representan anatómicamente el origen superficial o aparente de los nervios espinales. Por ejemplo el nervio femoral tiene su origen en las raíces 4-5 lumbares. Estas fibras se originan de los núcleos nerviosos de la sustancia gris que tienen un origen profundo, verdadero o raíz nerviosa central. Cada segmento espinal es metamérico por lo que se puede enumerar.

Un nervio espinal está compuesto de varias clases de fibras nerviosas: Las motoras son prolongaciones de grandes células nerviosas situadas en la columna ventral de la sustancia gris, desde la cual conducen el impulso hacia la periferia y son eferentes. Las fibras nerviosas sensitivas son apéndices de células pseudounipolares que residen en los ganglios espinales. Como tales fibras aferentes, conducen a dichas células los estímulos periféricos.

Las fibras motoras forman la raíz nerviosa ventral, mientras que las sensitivas constituyen la raíz nerviosa dorsal y en esta última está incluido un ganglio espinal, sede de los somas de células nerviosas sensitivas. Las fibras sensitivas de la raíz dorsal, proximales al ganglio espinal, conducen los impulsos desde las células ganglionares hasta el sistema nervioso central, mientras que las distales a aquél son transmisoras desde la periferia hasta las neuronas ganglionares.

Cada raíz dorsal (*Radix dorsalis*) ocupa casi toda la altura de su segmento espinal, de modo que la serie de sus raíces a menudo se continúa con las de sus vecinas. Sobre

todo, esta raíz se caracteriza por la presencia del ganglio espinal (*Ganglion spinee*), un agrandamiento fusiforme, de color grisáceo o gris rosado; formado por la masa de neuronas pseudounipolares de los que proceden las fibras aferentes de la raíz, este ganglio es proporcional al volumen del nervio y es especialmente grueso en los nervios destinados a las extremidades. Estos ganglios espinales, presentan dos tipos principales de neuronas. Algunas se corresponden a las fibras nerviosas gruesas y bien mielinizadas que proporcionan sensibilidad epicrítica (esencialmente husos neuromusculares y neurotendinosos). Las otras, más pequeñas, de fibras finas, poco mielinizadas o amielínicas, que conducen sensibilidades protopáticas, en particular viscerales y cutáneas con un alto umbral de excitabilidad. Las fibras aferentes caracterizan las raíces dorsales de los nervios espinales, pero no son las únicas presentes allí. Un pequeño número de fibras eferentes están involucradas: estas son fibras pertenecientes al sistema simpático.

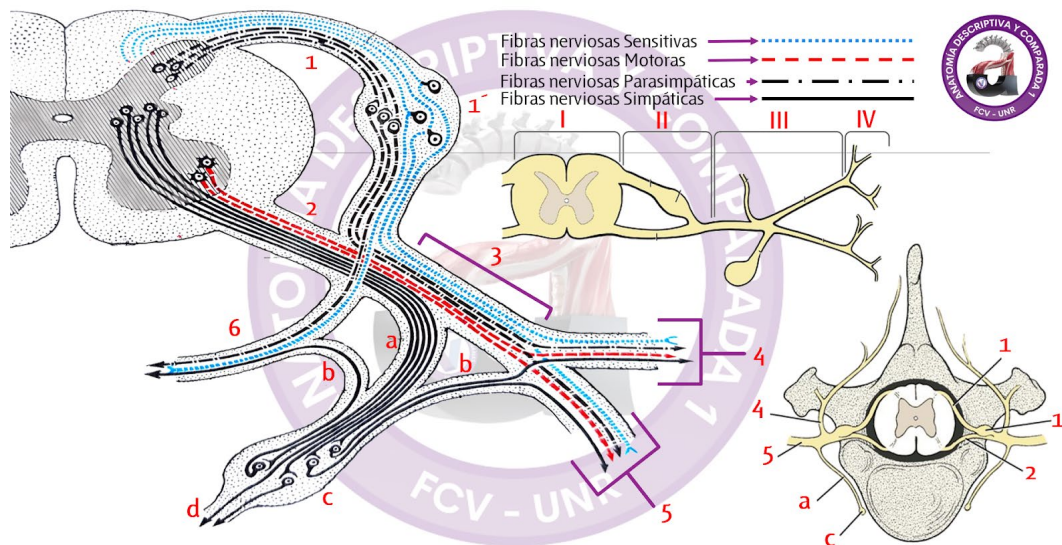
La raíz ventral (*Radix ventralis*), también formada por múltiples raicillas, se implanta en el surco lateral ventral de la médula espinal. Provisto siempre de un número de fibras nerviosas claramente menor que el de las fibras de la raíz dorsal, es un poco menos ancha que esta última, de modo que existe un breve intervalo entre las raíces ventrales de los nervios sucesivos. Las fibras que componen estas raíces son en su mayoría fibras motoras, gruesas y bien mielinizadas, provenientes de grandes neuronas del asta ventral. También se le suman las fibras eferentes del sistema simpático, todas finas y amielínicas.

Las relaciones de las raíces se establecen primero con las meninges. Cada una de las raicillas tiene un revestimiento delgado de la piamadre y cruzan el espacio subaracnoideo de forma aislada. No se unen antes de atravesar la duramadre, lo que se produce a través de múltiples orificios pequeños, cada uno de los cuales es utilizado por un pequeño grupo de ellos. Es a partir de este nivel que la duramadre y la aracnoides envuelven la superficie de estos haces con la delgada envoltura que los acompaña hasta el foramen intervertebral. Sólo en este último tiene lugar el refuerzo de las dos raíces y la unificación de la vaina dural, que continúa más allá del foramen por la parte fibrosa del perineuro. Las fibras de las dos raíces se mezclan a este nivel, donde se mezcla el tronco nervioso así constituido.

A nivel del *foramen intervertebral* se unen ambas raíces (dorsal y ventral) y forman el *tronco del nervio espinal* de corto trayecto, que se divide (después de emitir una delgada rama meníngea) en una *rama dorsal* y en otra *ventral*, en ambas se distribuyen

fibras sensitivas y motoras. También participan en la formación del nervio espinal fibras nerviosas autónomas (simpáticas y parasimpáticas). Las fibras nerviosas simpáticas derivan de neuronas situadas en la zona de unión de las columnas dorsal y ventral de la sustancia gris (región toraco-lumbar), se unen primero a la raíz ventral como fibras simpáticas preganglionares y se dirigen después al ganglio paravertebral correspondiente. Las fibras nerviosas parasimpáticas son prolongaciones de células que se encuentran distribuidas uniformemente en la zona de unión de las columnas dorsal y ventral de la sustancia gris y son particularmente abundantes en la médula sacra. Estas discurren por la raíz dorsal y alcanzan el ganglio espinal. Los nervios craneales distan en su constitución, composición y distribución descritas.

Figura 26 Esquema de la composición de un nervio espinal en las regiones torácica y lumbar.



Referencias: 1- Raíz dorsal, 1'- Ganglio espinal, 2- Raíz ventral, 3- Tronco del nervio espinal, 4- Rama dorsal del nervio espinal, 5- Rama ventral del nervio espinal, 6- Rama meníngea, a- Ramo comunicante blanco, b- Ramos comunicantes grises, c- Ganglio vertebral del tronco simpático, d- Rama visceral, I- médula espinal, II- formación del nervio espinal en el interior del canal vertebral, III- emergencia del tronco nervioso espinal por el foramen intervertebral y división de sus ramas en dorsal y ventral y, IV- división de las ramas en ramas mediales y laterales. Tomado y modificado de (Evans & De LaHunta, 2010; Schwarze, 1979).

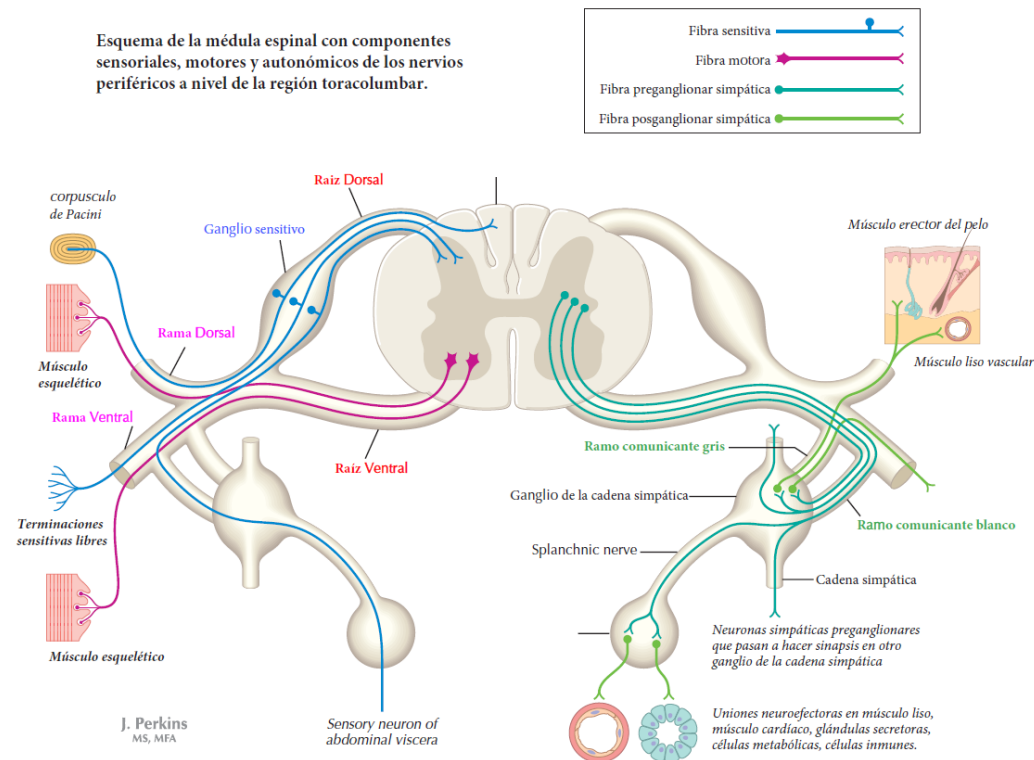
El desarrollo de la médula espinal y sus nervios varía en cuanto a la disposición de las raíces según el nivel, y estas diferencias surgen de las discrepancias que aparecen durante el desarrollo entre la longitud de los cuerpos vertebrales y la de los segmentos de la médula espinal. Bastante imperceptibles en las regiones cervical y torácica, estas discrepancias aumentan rápidamente en la región lumbar. Las raíces de los últimos

nervios lumbares y especialmente las de los nervios sacro y coccígeo se vuelven cada vez más largas y oblicuas en dirección caudal; entran así en la constitución de la cauda equina o "cola de caballo", gran parte de la cual se aloja en el cono de la duramadre. Estas raíces se vuelven así cada vez más cercanas debido a su oblicuidad y logran intercambiar haces. La aracnoides los envuelve durante mucho tiempo y el cruce de la duramadre lo sigue realizando en cada raíz de forma aislada. Cada nervio se unifica poco después de este paso y todavía presenta un recorrido más o menos largo en el canal sacro para llegar a su propio foramen intervertebral. Una fina prolongación de la duramadre lo acompaña hasta salir de ésta.

Constituido en el foramen intervertebral, cada nervio espinal está acompañado allí por la rama espinal de la arteria segmentaria a su nivel, su vena satélite y vasos linfáticos, así como por su propia rama meníngea, cuyo curso es retrógrado. El conjunto está rodeado por un tejido conjuntivo más o menos adiposo. El tronco del nervio es muy corto y se divide casi tan pronto como emerge del foramen. Su longitud apenas supera los dos centímetros en el caballo. De las dos ramas terminales, ambas mixtas, una es dorsal y la otra ventral. Ambos se distribuyen según el mismo plano, pero éste es mucho más difícil de discernir en el territorio ventral. La rama meníngea ingresa al canal vertebral por vía retrógrada y se distribuye a las meninges y a los vasos del segmento correspondiente. Sus últimas divisiones se unen a las de las ramas vecinas, con las que forman un delicado plexo meníngeo.

A nivel de su división terminal el nervio espinal intercambia fibras con el ganglio correspondiente del tronco simpático y a través de dos ramas comunicantes, una blanca y otra gris. Vecinas y paralelas, incluso directamente unidas (Equinos). Las ramas comunicantes blancas (*Rr. communicantes albi*) están formadas por las fibras preganglionares del sistema simpático, que realizarán sus sinapsis terminales en los ganglios del tronco simpático o en los otros niveles de este sistema, sus fibras están mielinizadas y les dan su tinte nacarado. Las ramas comunicantes grises (*Rr. communicantes grisei*) están por el contrario formadas por fibras posganglionares, todas amielínicas, de ahí su color. Estas fibras proceden de los ganglios simpáticos y llevan al nervio espinal los haces de fibras simpáticas que se distribuyen por todo su territorio, se mezclan con fibras que pertenecen a neuronas de los ganglios espinales y traen aferentes viscerales a la médula espinal.

Figura 27 Conformación de los nervios espinales, distribución de componentes sensitivos, motor y simpático.



Referencias: Tomado y modificado de (Felten et al., 2022).

La rama dorsal (R. dorsalis) de terminación del nervio espinal se distribuye al episoma, es decir, en todas las estructuras ubicadas dorsal y lateralmente a los arcos vertebrales. Lo hace a través de dos ramas principales, medial y lateral. La rama medial inerva los músculos epiaxiales y asegura la propiocepción de todas las estructuras en su sector. La rama lateral está destinada a los músculos más superficiales. Las dos ramas también pueden presentar una distribución cutánea, pero ésta es muy diferente de una región a otra. Las ramas cutáneas provienen de la única rama medial en el cuello y de las ramas laterales en las regiones torácica, lumbar y sacra.

La rama ventral (R. ventralis) es significativamente más gruesa y se distribuye en principio por dos ramas principales, medial y lateral. Pero las estructuras del hiposoma son mucho más complejas y diversas que las del episoma. Esto da como resultado una multiplicación de las ramificaciones nerviosas, cuya disposición varía mucho de una región a otra. La rama medial está destinada principalmente a los músculos profundos y la rama lateral a los músculos superficiales y especialmente a la piel. La presencia de los miembros suma a esta complejidad a su nivel ya que las ramas ventrales de los nervios

espinales se vuelven más gruesas e intercambian muchos haces de fibras que constituyen para los miembros los importantes plexos (Plexus nervorum) de los que nacen los nervios compuestos que les están destinados.

Los nervios espinales se regionalizan según su origen metamérico en:

I - nervios cervicales

Los nervios cervicales (Nervi cervicales) son ocho pares diferentes. Los dos primeros pares se distribuyen en las partes caudales de la cabeza. Los tres o cuatro últimos pares forman el plexo braquial con sus ramas ventrales. Sólo los pares intermedios corresponden a la descripción general anterior.

Primer nervio cervical

Este nervio sale del canal vertebral a través del foramen vertebral lateral del atlas, en cuya salida se divide. Su rama dorsal tiene una distribución exclusivamente muscular y es el nervio suboccipital (*N. suboccipitalis*).

La rama ventral llega a la fosa del atlas a través del foramen alar o incisura alar (carnívoros y conejos) recibe uno o más ramos comunicantes que le agregan fibras simpáticas del ganglio cervical craneal.

Segundo nervio cervical

Un poco más grande que el anterior, este nervio sale del canal vertebral a través de la incisura vertebral craneal del axis en carnívoros y conejos, pero en ungulados esta se transforma en un foramen vertebral lateral, es rico en fibras aferentes sensitivas cutáneas de la unión de las regiones de la cabeza y el cuello. La rama dorsal constituye el nervio occipital mayor (*N. occipitalis major*).

La rama ventral emite dos ramas: los nervios auricular mayor y transverso del cuello. El nervio auricular mayor (*N. auricularis magnus*) se distribuyen a la piel de la mitad lateral, base y en el cartílago auricular. También delega ramas propioceptivas a los músculos caudales de la oreja y a las partes vecinas del músculo cutáneo del cuello. El nervio transverso del cuello (*N. transversus colli*), inerva la piel de la región parotídea, faríngea, región intermandibular y las partes ventrales de las mejillas. Con sus últimas divisiones se mezclan las fibras del nervio facial destinadas a las partes correspondientes del músculo cutáneo del cuello.

Nervios cervicales III - VI

Desde que emergen del foramen intervertebral, se dividen en dos ramas (dorsal y ventral).

Las ramas dorsales, tienen un calibre decreciente del tercero al sexto. Su rama medial aporta motricidad y propiocepción a los músculos y delega en la piel una rama que se vuelve superficial cerca del ligamento nuchal. La rama lateral es más delgada y motora. Los ramos ventrales desprenden desde su origen un ramo comunicante y luego se dividen en ramas musculares profundas y ramas cutáneas superficiales. Todas estas ramas se entremezclan con los filamentos del nervio accesorio y la rama cervical del nervio facial.

Ciertas ramas de estos nervios dan origen a nervios particulares. La rama ventral del quinto nervio cervical se unirá con ramas similares de los dos nervios siguientes para dar origen al nervio frénico que inerva el diafragma. Las ramas cutáneas de C3 y C4 en carnívoros y conejos, de C4 y C5 en artiodáctilos, de C5 y C6 en équidos convergen en el borde dorsal del músculo cleidocefálico en uno o dos grandes troncos superficiales y emiten un abanico de nervios supraclaviculares (*Nervi supraclaviculares*).

Nervios cervicales VII y VIII

Estos dos nervios son voluminosos, porque intervienen especialmente en la inervación del miembro torácico. El octavo pasa entre la última vértebra cervical y la primera torácica.

Sus ramas dorsales son finas, especialmente la última, pero su disposición sigue siendo comparable a la descrita en los nervios anteriores. Las ramas ventrales, especialmente la octava, son muy voluminosas, pasan entre los músculos escalenos medio y ventral o atraviesan la superficie ventral de este último músculo (Carnívoros) para entrar en la constitución del plexo braquial. La octava rama ventral intercambia su rama comunicante con el ganglio cervical caudal del sistema simpático.

Plexo braquial

El plexo braquial (*Plexus brachialis*) es un complejo formado por la convergencia de las ramas ventrales de los últimos nervios cervicales y el primero o los dos primeros nervios torácicos, de los que proceden tras el intercambio y reorganización de sus haces, los nervios del miembro torácico y de las partes adyacentes del tórax. Situado en el espacio axilar, entre los músculos escalenos y la articulación humeral dentro de un

abundante tejido conjuntivo y sujeto a grandes desplazamientos, tiene una conformación adaptada a cada uso específico del miembro torácico.

II - nervios torácicos y nervios lumbares

A pesar de las importantes diferencias estructurales entre las paredes del tórax y las del abdomen, la distribución de sus nervios corresponde a un plano uniforme. Claramente discernible en la parte media o caudal del tórax, este plano está alterado en los dos extremos de la serie por la presencia de las cinturas basilares.

Se recordará de antemano que cada nervio, torácico o lumbar, sale con el mismo número que el de la vértebra que le precede y que cada una de las dos regiones comprende siempre tantos pares de nervios como vértebras, cualesquiera que sean las variaciones numéricas.

Como todos los nervios espinales, cada nervio torácico (*Nervus toracicus*) se distribuye por dos ramas, una dorsal y otra ventral. Estas ramas se separan tan pronto como salen del foramen intervertebral. Los nervios lumbares (*Nervus lumbales*) se extienden metaméricamente hacia la región lumbar y la pared abdominal siguiendo la serie de nervios torácicos. Sin embargo, la presencia de la cintura pélvica modifica radicalmente al último de ellos al incorporar sus ramas ventrales y las de los primeros nervios sacros para constituir el importante plexo lumbosacro del que proceden los nervios del miembro pélvico. El calibre de los nervios lumbares (superior al de los nervios torácicos), aumenta desde el primero hasta el último; los dos últimos son particularmente gruesos.

III - nervios sacro y coccígeo

Los nervios sacros y los nervios coccígeos se originan en los segmentos homónimos de la médula espinal, que forman la parte terminal de esta última o cono medular. Sus raíces son estrechas y largas, muy oblicuas en dirección caudal y apoyadas unas contra otras, constituyendo alrededor del filum terminal la "cola de caballo" o cauda equina alojada en el canal sacro. Determinadas por la importancia de los territorios inervados, las diferencias entre los dos grupos de nervios aparecen tan pronto como salen de este canal.

Los nervios sacros (*Nervus sacrales*) se distribuyen a las regiones exteriores de la pelvis y la mayoría de los miembros pélvicos, así como al periné y la parte externa del aparato genital. Hay tantos pares como vértebras sacras, pasando los nervios del primer

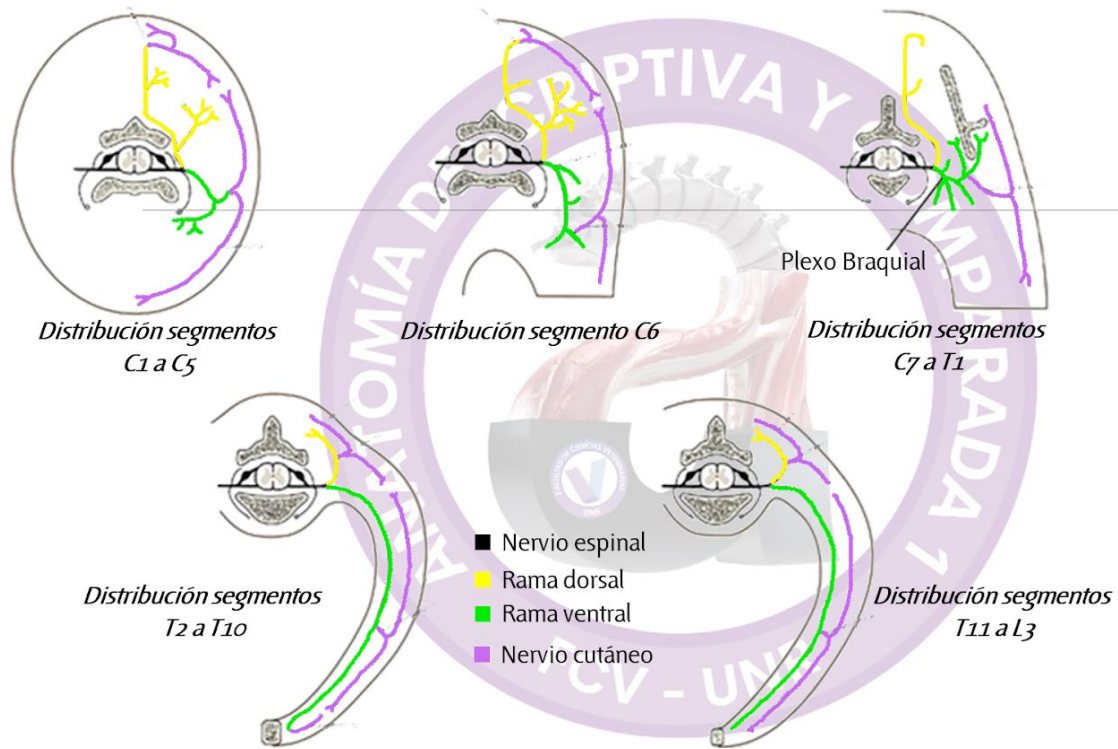
par entre las dos primeras vértebras sacras y los del último entre el hueso sacro y la primera vértebra coccígea. Cada nervio sacro termina en dos ramas, una dorsal y otra ventral. Sin embargo, su curso es extremadamente corto, casi virtual, teniendo lugar la división dentro del propio canal sacro. Las ramas dorsales salen así por los forámenes sacros dorsales y las ramas ventrales por los forámenes sacros ventrales correspondientes.

El nervio pudendo (*N. pudendus*) inerva el periné y a los órganos externos del tracto genital. También tiene fibras parasimpáticas que se transmiten al plexo pélvico. Según la especie tiene dos o tres raíces que proceden de las ramas ventrales del tercer nervio sacro y del nervio que le precede o le sigue.

Los nervios rectales caudales (*Nervi rectales caudales*) muchas veces unidos de forma plexiforme y en ocasiones en un solo nervio, proceden de los ramos ventrales de los últimos nervios sacros. Generalmente están unidos al nervio pudendo por uno o más ramos comunicantes e incluso surgen de este nervio en los carnívoros. Discurren en dirección ventrocaudal entre el recto y el músculo coccígeo y están destinados principalmente a la musculatura del ano y las partes adyacentes del recto y el perineo.

El número de pares de nervios coccígeos (*Nervi coccygei*) es siempre muy inferior al de las vértebras de la cola. Las ramas dorsal y ventral ya están separadas en el canal sacro, donde primero ocupan la parte media de la cauda equina. Se distribuyen a través de muchos filamentos en los músculos y la piel de la cola.

Figura 28 Esquema de distribución de los nervios espinales en diferentes regiones del tronco.



D - SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

El sistema nervioso autónomo (*Systema nervosum autonomicum*) es la parte del sistema nervioso responsable de asegurar la armonía funcional continua de todo el organismo. Es un conjunto eferente de neuronas y fibras que se distribuye a las vísceras y controla su actividad, pero que también difunde sus fibras por todo el cuerpo. Regula permanentemente todas las funciones y contribuye poderosamente al mantenimiento de la homeostasis. Múltiples particularidades anatómicas y funcionales llevan al reconocimiento de dos grandes divisiones: el sistema simpático y el sistema parasimpático.

La definición anterior plantea una pregunta que los estudiantes suelen hacerse muchas veces: si el sistema nervioso autónomo o vegetativo es eferente, *¿puede funcionar sin aferencias?*. La respuesta es simple: naturalmente recibe aferencias muy numerosas, sumamente variadas y su estimulación es permanente. Pero estas fibras aferentes no están agrupadas en una vía distinta anatómicamente aislable; se integran con las vías ascendentes en el sistema nervioso central. El sistema nervioso autónomo o

vegetativo es, de hecho, solo una de las vías de respuesta del sistema nervioso a los cambios en el medio interno.

Las fibras aferentes de la vida vegetativa no difieren de las de la sensibilidad general. Las que proceden de las vísceras que son muy numerosas, pertenecen como las demás a las neuronas de los ganglios cerebrospinales. Generalmente son delgadas o muy delgadas, amielínicas o provistas de una vaina de mielina muy delgada. Sirven a receptores de alto umbral y su velocidad de conducción es baja.

Las fibras que provienen de las paredes del tronco y de las extremidades van directamente a las raíces de los nervios espinales y las de la cabeza llegan a los ganglios de los nervios craneales. Su papel no es menos importante que el de las fibras viscerales que transportan aferencias que pueden desencadenar reflejos generales que garantizan la homeostasis a corto plazo. Tal es el caso, por ejemplo, de los reflejos de vasoconstricción o vasodilatación que responden a la exposición de la piel al frío o al calor.

En su mayor parte, las fibras que provienen de las vísceras torácicas o abdominales y proporcionan cenestesia (Sensación general del estado del propio cuerpo) pertenecen al nervio vago. Pero otras, especialmente las nociceptivas (dolor), toman el camino de los nervios simpáticos. Así, una excitación llevada a cabo sobre los nervios espláncnicos torácicos provoca reacciones obviamente dolorosas, incluso en un animal profundamente anestesiado. Todas estas fibras terminan como las demás en los nervios espinales por las ramas comunicantes grises.

Estructura del sistema nervioso vegetativo

Las neuronas y las fibras de este sistema se dividen en dos categorías, que difieren en su origen y evolución. El primer grupo suministra la parte axial central del sistema autónomo, que permanece en la médula espinal y el tronco del encéfalo. Las neuronas de la parte extraaxial periférica del sistema autónomo se agrupan en numerosos ganglios que forman, con los nervios que de ellos dependen, una compleja red cuyas fibras terminales se dirigen a las vísceras y a las demás partes del organismo.

A - Parte central (axial)

Los neuronas de este centro de mando se agrupan en el núcleo intermediolateral (parte lateral de la médula espinal) y en la columna viscerofereente del tronco encefálico. Son de tamaño mediano a pequeño.

Los axones son de calibre medio y todos están mielinizados. Constituyen las fibras que discurren en la raíz ventral del nervio espinal de su nivel o, para las que proceden del tronco encefálico, en el nervio craneal correspondiente. En los nervios raquídeos, estas fibras pasan a la rama comunicante, de la que forman el contingente mielinizado, denominado "rama comunicante blanca". Todos arborizan sus terminaciones en las neuronas de uno de los ganglios de la parte periférica del sistema y por esto se las llama fibras preganglionares. Cabe señalar que todas son colinérgicas, es decir que el mediador químico (neurotransmisor) de sus sinapsis terminales es la acetilcolina.

B - Parte periférica o extraaxial

Las neuronas alojadas en los ganglios de esta parte difieren mucho a las de los ganglios espinales, más pequeños. Llevan un número variable de dendritas (de 6 a 10 en promedio) en su mayoría cortas y gruesas, con disposición radial. También hay dendritas delgadas y largas, que se ramifican más o menos dentro del ganglio. Los cuerpos celulares forman pequeños grupos en una cápsula en común, dentro de los cuales ciertas neuronas con dendritas y axones muy cortos parecen representar interneuronas. Esta disposición sugiere que los ganglios del sistema vegetativo no tienen un papel simple de transmisión, sino que son centros de análisis, integración y modulación de impulsos.

Las fibras son los axones de las neuronas descritos anteriormente. Por lo tanto, son fibras posganglionares. Todas son delgadas y amielínicas. No van simplemente de un ganglio a su vecino, sino que pueden cruzar uno o más de ellos, dejándoles ramas colaterales antes de llegar a su destino. Sus terminaciones no tienen todas el mismo neurotransmisor. Algunas son colinérgicas: son las del sistema parasimpático. Las otras, que caracterizan al sistema simpático, son adrenérgicas, siendo su neurotransmisor la noradrenalina, el precursor químico de la adrenalina.

Las fibras de ambos tipos confunden sus divisiones terminales al llegar a las vísceras. Constituyen en la superficie de estos (en particular bajo el peritoneo de las paredes del intestino) una densa red.

A diferencia de las de la vida relacional, cuyas terminaciones se ramifican en varias fibras musculares estriadas, los axones de las neuronas posganglionares terminan aislados en las células musculares lisas. Estos ofrecen una membrana postsináptica más o menos compleja y carecen de una placa terminal motora. El impulso se puede transmitir a células musculares vecinas por uniones de sus membranas plasmáticas, por

lo que muchas no reciben ninguna terminación nerviosa. No todas las neuronas posganglionares envían sus axones a las fibras musculares lisas: algunas controlan las actividades de los tejidos glandulares.

Divisiones del sistema nervioso vegetativo

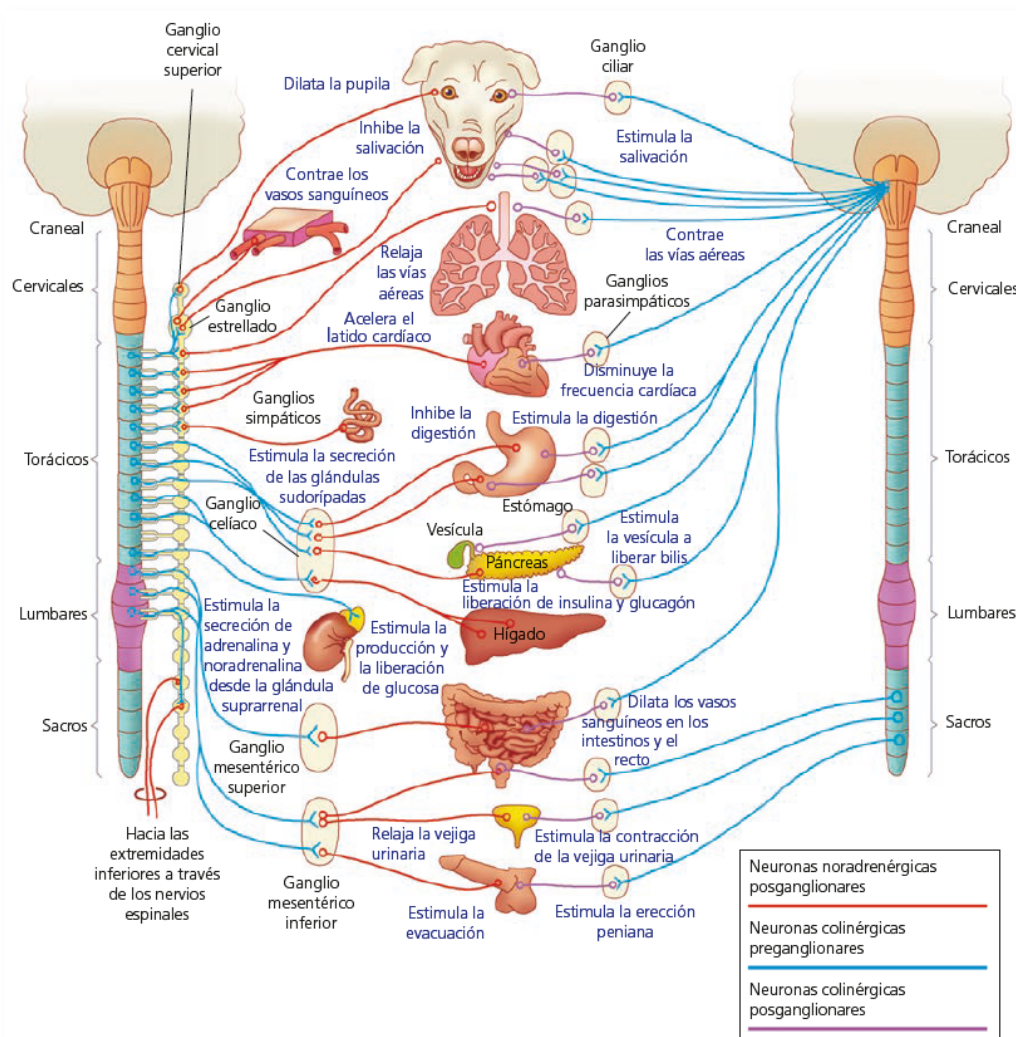
El sistema nervioso autónomo se divide en: simpático y parasimpático.

El sistema simpático limita su parte axial a la médula espinal torácica y lumbar. Su parte periférica tiene varios niveles de ganglios y sus fibras posganglionares son en su mayoría largas; su terminación es adrenérgica. Las funciones de este sistema son las de vigilia, actividad y gasto energético. Acelera el ritmo cardíaco y produce vasoconstricción con elevación de la presión arterial. Por el contrario, disminuye el tono de los músculos lisos de los sistemas digestivo, respiratorio y genitourinario. Activa las secreciones endocrinas, especialmente la de las glándulas suprarrenales. Aumenta la sudoración y determina la erección del cabello. Provoca la midriasis, es decir, la apertura de la pupila y aumenta la admisión de luz en el ojo.

El sistema parasimpático comparte su parte central entre el tronco encefálico y la médula espinal sacra, lo que lleva a reconocer un parasimpático craneal y un parasimpático sacro. La parte periférica de ambos tiene un solo nivel ganglionar y sus fibras preganglionares pueden ser largas, e incluso muy largas; alcanzan la vecindad o el contacto de las vísceras, donde se encuentra un único ganglio. Sus fibras posganglionares son cortas y colinérgicas. Sus funciones son generalmente opuestas a las del simpático: es el sistema de descanso, sueño, economía y recuperación de energía. Enlentece el corazón, produce vasodilatación y baja la presión arterial. Aumenta el tono de los músculos lisos de las vísceras y su peristaltismo, así como las secreciones de los sistemas digestivo y respiratorio. Disminuye la admisión de luz en el ojo al reducir la apertura pupilar (miosis). Finalmente activa la evacuación del contenido de los órganos pélvicos.

Los dos sistemas, simpático y parasimpático, no son realmente opuestos. Ambos cooperan constantemente en el funcionamiento regular del organismo. Están controlados simultáneamente por los centros superiores del cerebro, que intervienen mediante simples modificaciones de sus respectivos tonos.

Figura 29 Esquema de la distribución del SNA, inervación simpática y parasimpática.



Referencias: Tomado de (García Sacristán et al., 2018).

Centros vegetativos superiores

También quedan por proporcionar muchos detalles sobre la presencia en el sistema nervioso central de centros superiores del sistema vegetativo y sobre su modo de intervención sobre este último. Es cierto que existen relaciones entre la actividad de los diversos niveles del cerebro y del sistema nervioso vegetativo. Pero es imposible reconocer, aparte del hipotálamo, sectores precisos capaces de ejercer una acción definida sobre el conjunto de este sistema. La existencia de reflejos condicionados o la simple observación de reacciones ligadas a excitaciones luminosas o auditivas muestran la realidad de la intervención de la corteza cerebral sobre determinadas actividades viscerales, pero esta intervención no depende de ningún área cortical especializada.



La unión telencefalo-diencefálica es obviamente la encrucijada de todas las funciones vitales, del sector donde se establece la articulación entre la vida de relación y el sistema vegetativo. El hipotálamo ocupa allí el lugar central, recibe proyecciones directas de la corteza olfativa, el hipocampo y el complejo amigdalino; indirectamente, lo recibe de la región septal y de los núcleos preópticos. A su vez, proyecta sus fibras sobre la sustancia reticular mesencefálica y sobre las partes laterales de la del rombencéfalo. Finalmente, el tracto hipotalámicoespinal termina en las partes profundas del cordón lateral de la médula espinal. Todas estas formaciones están conectadas a la parte axial del sistema vegetativo. Finalmente, si recordamos que el hipotálamo controla la actividad de la glándula pituitaria y, a través de este intermediario, la de todas las glándulas endocrinas, llegamos a la conclusión de que gobierna la vida vegetativa por la doble vía de eferentes nerviosos y secreciones internas, que mantiene un cierto equilibrio entre estos dos modos de acción.



BIBLIOGRAFÍA

- Aige, V., & Morales, C. (2012). Capítulo 1: Anatomía del sistema nervioso. En *Neurología Canina y Felina* (p. 15). LIBRERIA MEDICA BERRI.
- De LaHunta, A. (2015). *Veterinary neuroanatomy and clinical neurology*. (Fourth ed.). Saunders ELSEVIER.
- Evans, H., & De LaHunta, A. (2010). *Guide to the dissection of the dog* (seventh ed.). Saunders ELSEVIER.
- Felten, D., Kerry O'Banion, M., & Summo Maida, M. (2022). *NETTER'S ATLAS OF NEUROSCIENCE* (FOURTH EDI). Elsevier.
- García Sacristán, A., Agüera Buendía, E., Agüera Carmona, S., Álvarez de Felipe, A., & Chiappe Barbará, A. (2018). *Fisiología Veterinaria*. Tebal Flores.
- Schwarze, E. (1979). *COMPENDIO DE ANATOMIA VETERINARIA. TOMO IV: SISTEMA NERVIOSO Y ORGANOS DE LOS SENTIDOS*. Acribia.
- Wojciech, P. (2016). *Histology: A Text and Atlas. With Correlated Cell and Molecular Biology*. (Seven edit). Wolters Kluwer.
- Zuccolilli, G. (2012). *Neurobiología básica en medicina veterinaria*. Editorial de la Universidad de La Plata.