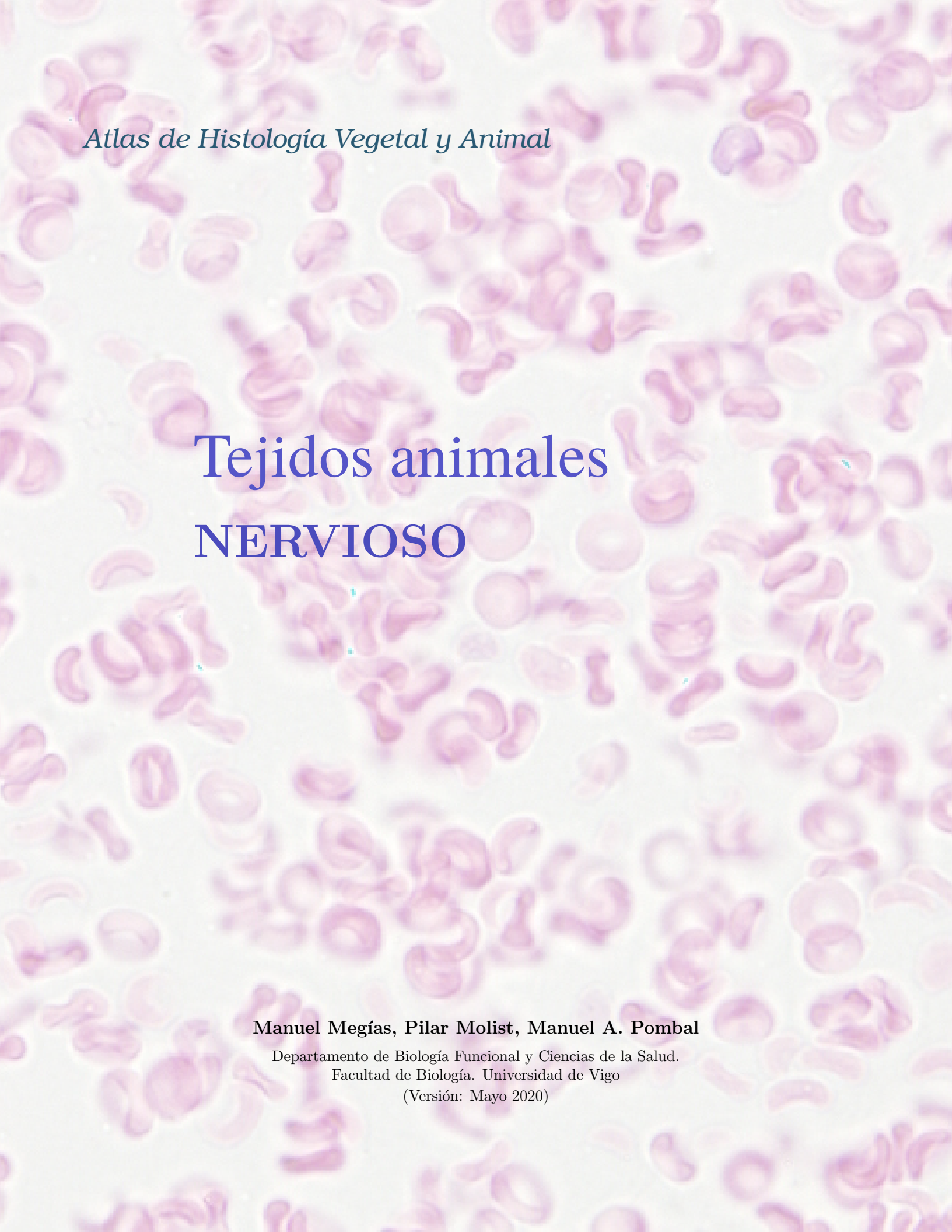




Atlas de Histología Vegetal y Animal

Tejidos animales

NERVIOSO

Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Mayo 2020)

Este documento es una edición en pdf del sitio
<http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software L^AT_EX
(<http://www.latex-project.org/>), usando T_Exstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

2 Nervioso

El tejido nervioso se desarrolla a partir del ectodermo embrionario (la capa que recubre al embrión y que dará también a la epidermis). Es un tejido formado principalmente por dos tipos celulares: neuronas y glía, y cuya misión es recibir información del medio externo e interno, procesarla y desencadenar una respuesta. Es también el responsable de controlar numerosas funciones vitales como la respiración, digestión, bombeo sanguíneo del corazón, regular el flujo sanguíneo, control del sistema endocrino, etcétera.

Estas funciones dependen en su mayor parte de las propiedades eléctricas de sus células. Los estímulos externos o internos del organismo son convertidos al lenguaje de las neuronas: corrientes eléctricas que viajan por sus membranas plasmáticas. Del mismo modo el tejido nervioso se comunica con el cuerpo, sobre todo con las células musculares, mediante señales eléctricas y unas moléculas denominadas neurotransmisores. La otra característica que permite el procesamiento, categorización y asociación de información es el elevado grado de interconectividad que existe entre sus células. Es decir, existe una gran y compleja red de conexiones entre neuronas mediante las cuales reciben y envían información. Estos circuitos neuronales son los encargados de procesar y guardar informaciones extremadamente complejas. Otra propiedad del tejido nervioso es la plasticidad celular de las células nerviosas y de las conexiones que establecen entre sí. La mayor parte de esa plasticidad se debe a la reorganización de los árboles dendríticos y axónicos de las neuronas, así como de la modificación en número y propiedades de las sinapsis. Sin embargo, en mamíferos, no se ha detectado una generación importante de nuevas neuronas, lo que se denomina neurogénesis. En roedores se ha encontrado que se producen neuronas nuevas en algunas regiones de encéfalo (bulbo olfativo e hipocampo), pero en humanos no está totalmente claro si ocurre así.

El sistema nervioso también posee una pequeña proporción de matriz extracelular donde abundan las glicoproteínas. La función de la matriz extracelular nerviosa es variada e interviene en la migración celu-

lar, extensión de axones, y formación y función de los puntos de comunicación entre neuronas: las sinapsis.

Las células del sistema nervioso se agrupan para formar dos estructuras: el sistema nervioso central que incluye el encéfalo y la médula espinal, y el sistema nervioso periférico, formado por ganglios, nervios y neuronas diseminados por el organismo.

En el sistema nervioso central hay zonas ricas en cuerpos celulares de neuronas y glía, y sus prolongaciones próximas, que se denomina generalmente sustancia gris, porque tienen un color gris en el tejido fresco, mientras que las zonas ricas en axones mielínicos pero con pocos cuerpos celulares se denominan sustancia blanca. La sustancia blanca es una zona de tractos de fibras. En el encéfalo, la sustancia gris es normalmente superficial, mientras que en la médula espinal es al contrario. Las neuronas se suelen agrupar funcionalmente en capas, como en la corteza (Figuras 1 y 2), o en grupos denominados núcleos. Hay zonas donde abundan más las dendritas y los axones denominadas neuropilos.

El encéfalo y la médula espinal están irrigados por vasos sanguíneos. El volumen de sangre en las diferentes zonas del encéfalo puede regularse, variando el calibre de las arterias, y el de los capilares, para soportar una mayor actividad neuronal. El diámetro de los capilares se regula gracias a los pericitos. El flujo de sangre ha de ser muy ajustado puesto que el tejido nervioso es muy sensible a la falta de oxígeno. Las neuronas mueren tras unos minutos sin oxígeno, es lo que se denominan isquemias.

El tejido nervioso está aislado tanto de la sangre como de los tejidos circundantes. Los capilares están formados por un endotelio fuertemente sellado por uniones estrechas, siendo además la tasa de endocitosis muy baja cuando se compara con otros capilares. Rodeando al endotelio están los pericitos y la lámina basal, y separando la lámina basal de las neuronas nos encontramos con terminaciones de las prolongaciones de los astrocitos formando una especie de vaina denominada capa limitante. En su conjunto, endotelio, pericitos, lámina basal y capa limitante de astrocitos forman la denominada barrera hematoencefálica. Esta barrera controla estrechamente el trasiego de sustancias entre la sangre y el tejido nervioso. El

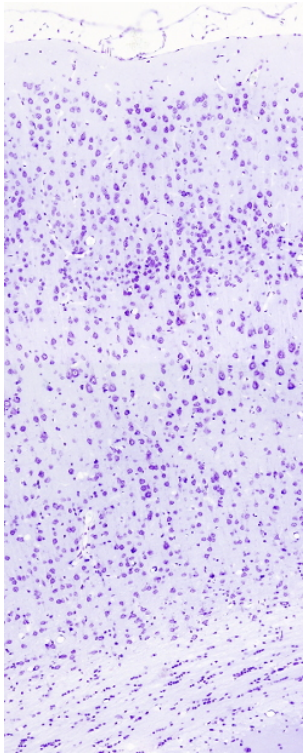


Figura 1: Imagen de la corteza cerebral de rata teñida con violeta de cresilo, donde se observan los cuerpos celulares de multitud de neuronas (más grandes) y glía (más pequeños), organizados en capas.

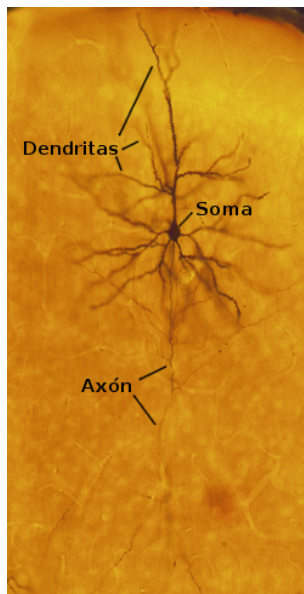


Figura 2: Imagen de una neurona de la corteza cerebral de un ratón teñida con la técnica de Golgi.

encéfalo y la médula espinal también están aislados del hueso, tanto cráneo como vértebras, por unas membranas denominadas meninges.

En el sistema nervioso periférico las neuronas pueden estar aisladas o agrupadas formando ganglios. Las prolongaciones de estas neuronas y los axones que provienen de las neuronas del sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal) se agrupan para formar los nervios, haces de fibras nerviosas que corren por el cuerpo hasta sus lugares de destino.

Las neuronas están especializadas en la conducción de información eléctrica gracias a variaciones en el potencial eléctrico-químico que se produce en la membrana plasmática. Morfológicamente, estas células se pueden dividir en tres compartimentos: el soma o cuerpo celular (donde se localiza el núcleo de la célula), las prolongaciones o árbol dendrítico y el axón. El árbol dendrítico es el principal receptor de la información de una neurona, información que recibe de multitud de otras neuronas y de receptores sensoriales, integra dicha información y la dirige al cuerpo celular. Del cuerpo celular (a veces de una dendrita próxima al cuerpo celular) parte el axón por donde viaja la información procesada hacia otras neuronas o a células musculares. El número, tamaño y disposición de las dendritas que posee una neurona es muy variable, mientras que cada neurona posee un solo axón (salvo excepciones). Las neuronas, y el tejido nervioso, provienen del ectodermo (células neuroepiteliales y crestas neurales) (Figura 3) por un proceso denominado neurulación.

Las neuronas se comunican entre sí o con las células musculares gracias a la existencia de mediadores químicos denominados neurotransmisores. Esto ocurre en unas zonas especializadas denominadas sinapsis. El neurotransmisor es liberado por la neurona presináptica a la hendidura sináptica y difunde hasta la superficie de la neurona postsináptica, que posee receptores específicos para él. La unión del neurotransmisor al receptor produce un cambio en el potencial de membrana de la neurona postsináptica. Algunas neuronas también liberan otras sustancias denominadas neuromoduladoras, con acciones no tan localizadas, y las denominadas células neuroendocrinas liberan hormonas que pasan al sis-

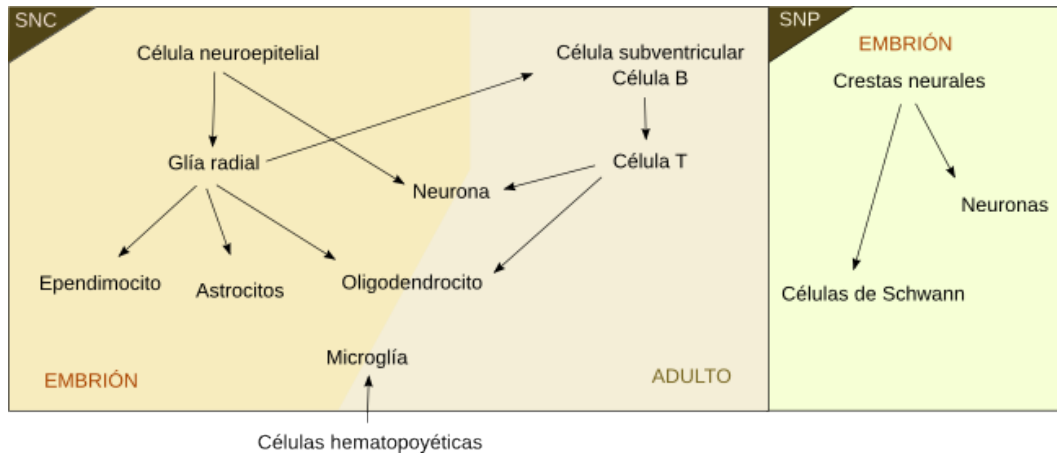


Figura 3: Linajes de los tipos celulares que forman el sistema nervioso. SNC: sistema nervioso central, SNP: sistema nervioso periférico.

tema sanguíneo y ejercen su acción en otras partes del organismo.

Las células gliales pueden dividirse por mitosis, al contrario que las neuronas, y son tan numerosas como las propias neuronas (Figuras 4 y 5). Hay diversos tipos de células gliales: astrocitos, células de Schwann, oligodendrocitos y microglía. Su función es muy variada. Los astrocitos forman una envuelta que rodea a los vasos sanguíneos, tapizan la superficie del encéfalo y están presentes como un tercer elemento de las sinapsis, siendo los otros dos la neurona presináptica y la postsináptica. A pesar de que los astrocitos se han considerado como mero soporte mecánico y metabólico de las neuronas, también participan en la modulación de la actividad sináptica. Además, proliferan en las heridas o infartos cerebrales ocupando el lugar de las neuronas muertas. Los oligo-

dendrocitos y las células de Schwann forman las vainas de mielina que rodean a los axones de las neuronas en el encéfalo y en el sistema nervioso periférico, respectivamente (ver imagen de mielina). La microglía se relaciona con funciones de defensa frente a patógenos o lesiones nerviosas puesto que actúan como fagocitos. Estas células no proceden del linaje celular que da lugar a las neuronas, sino que son producidas en la médula ósea e invaden el tejido nervioso desde los vasos sanguíneos.

Existe una gran controversia sobre el número real de neuronas y glía, y por tanto su proporción en el sistema nervioso central. Hasta hace poco se creía que el número de células gliales en el encéfalo excedía al de neuronas. Sin embargo, cuantificaciones recientes indican que puede ser igualitario, al menos en estado adulto.

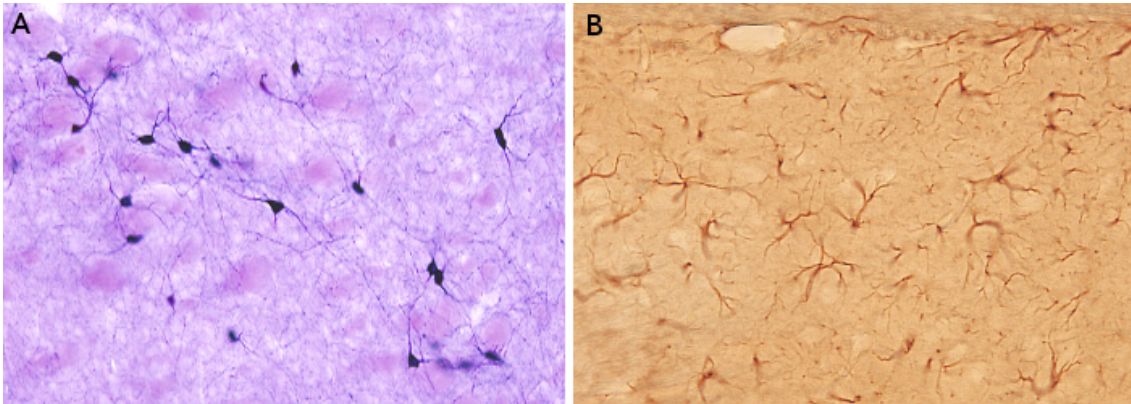


Figura 4: Neuronas y glía en el encéfalo. A) Neuronas del núcleo estriado marcadas de azul oscuro. El cuerpo celular, donde se encuentran el núcleo y una gran parte del citoplasma celular, tiene el aspecto de una bolsa oscura de la cual salen unas prolongaciones delgadas que son las dendritas. En esta imagen sólo se ven marcadas unas pocas neuronas de la multitud que hay en el tejido, aquellas que poseen una enzima que se denomina sintasa del óxido nítrico, cuya actividad enzimática es la que produce la coloración azulada. B) Astrocitos de la zona septal marcados con una coloración marrón oscura. Lo que en realidad se observa de color marrón más oscuro es el resultado de la detección con anticuerpos de una proteína citoplasmática típica de los astrocitos, la proteína fibrilar glial ácida, y que permite poner de manifiesto la morfología estrellada de estas células.

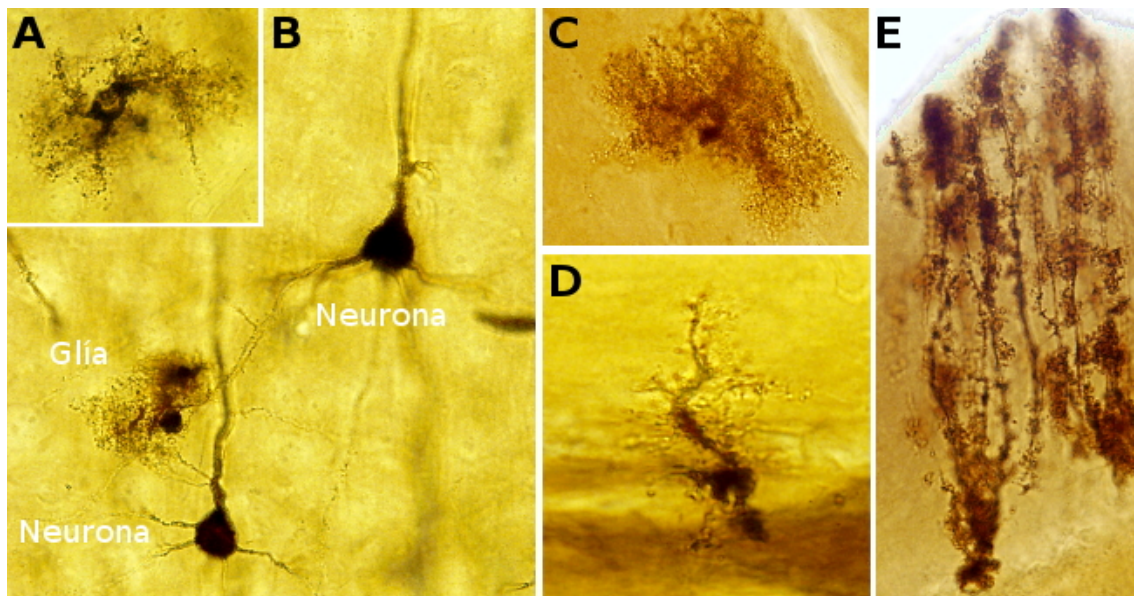


Figura 5: Imágenes de células gliales. A, C y D muestran astrocitos localizados en el cerebro. B muestra las diferencias en tamaño y morfología entre glía y neuronas. En E aparecen células gliales de Bergmann, localizadas en la corteza cerebelosa.

3 Imagen; Médula espinal

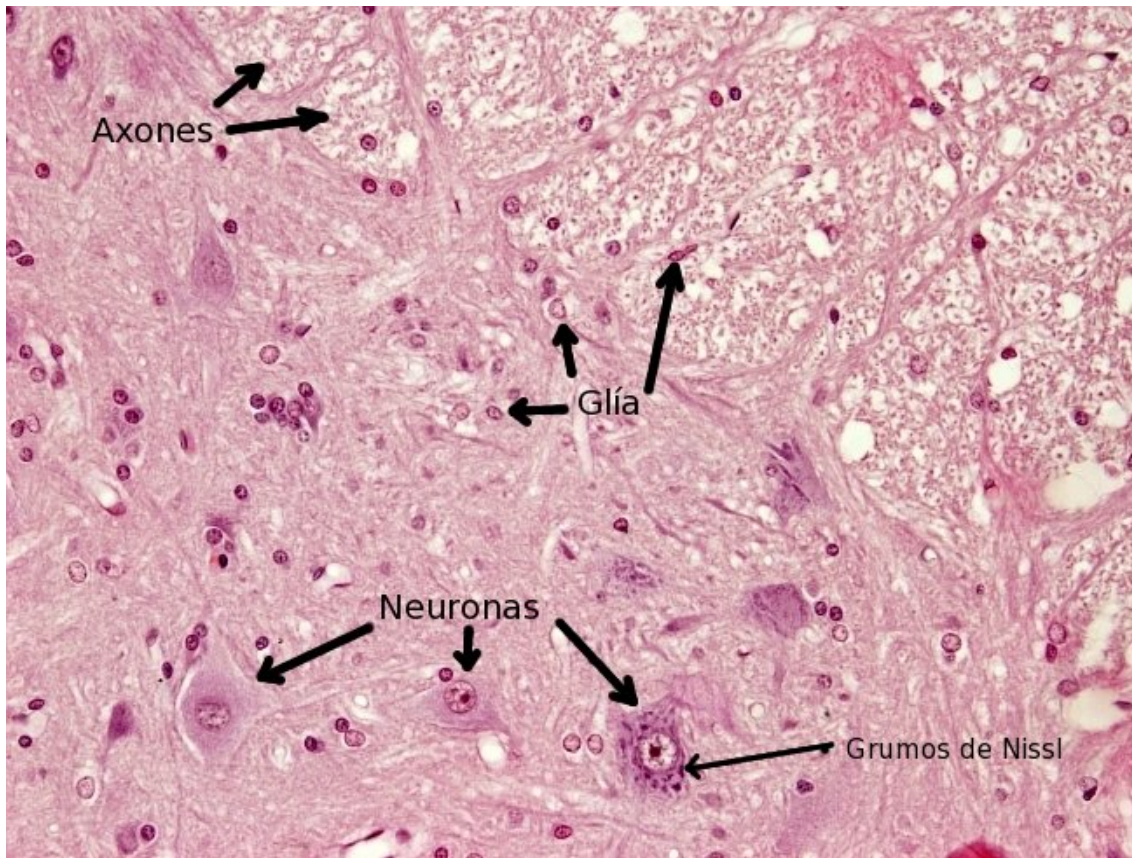


Figura 6: Órgano: médula espinal. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: hematoxilina-eosina en cortes de 8 micras de parafina.

Con tinciones generales, el sistema nervioso central aparece formado por cuerpos o somas celulares de tamaño y formas variable dispersos entre una sustancia más o menos homogénea formada principalmente por dendritas y axones. Los núcleos más grandes, con nucléolos definidos, pertenecen a las neuronas y pueden estar rodeados por abundante citoplasma. En este citoplasma suelen aparecer grumos teñidos con colorantes acidófilos denominados gránulos o cuerpos de Nissl, los cuales se corresponden con cúmulos de retículo endoplasmático rugoso. Las prolongaciones del soma, denominadas dendritas y axones, son tan abundantes y complejos que generalmente aparecen entre los somas con un aspecto amorfo. A veces los

axones se disponen en paralelo y forman haces. Los cuerpos celulares más pequeños corresponden a las células gliales, los cuales poseen un núcleo y un citoplasma de dimensiones reducidas. En muchas ocasiones las células gliales se encuentran asociadas a los cuerpos celulares de las neuronas o a sus axones. Ello es porque entre las funciones de la glía está la de dar soporte a las neuronas o la de formar la vaina de mielina en torno a los axones (ver imagen de mielina). Todos estos componentes se organizan en la médula espinal en dos estructuras, una externa denominada sustancia blanca, constituida mayoritariamente por axones rodeados de mielina, y otra interna denominada sustancia gris, donde los cuerpos celulares de las neuronas son más numerosos. En ambas partes podemos encontrar células gliales.

4 Imagen; Ganglio

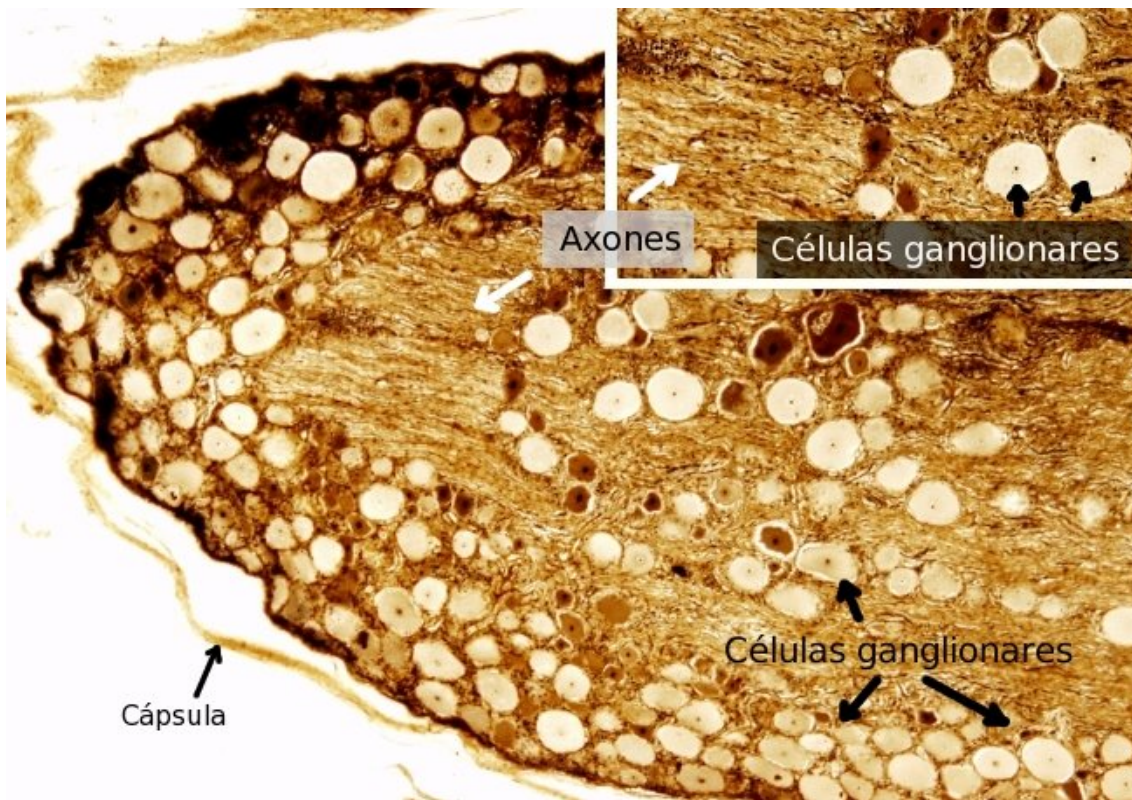


Figura 7: Órgano: médula espinal. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: hematoxilina-eosina en cortes de 8 micras de parafina.

Los ganglio son estructuras del sistema nervioso periférico formados por neuronas, denominadas ganglionares, que poseen cuerpos celulares muy grandes, puesto que sus prolongaciones son también muy largas

Situadas entre ellas se encuentran las células satélite, un tipo de células gliales. Rodeando el ganglio se encuentra una capa de tejido conectivo denominada cápsula. Existen diversos tipos de ganglios: sensitivos, motores, presentes en los nervios craneales y en las raíces dorsales de los nervios espinales, y los ganglios del sistema nervioso autónomo.

Más imágenes

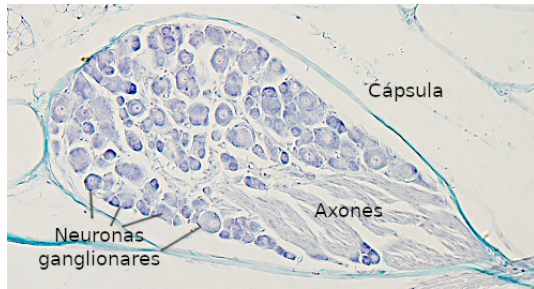


Figura 8: Ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.

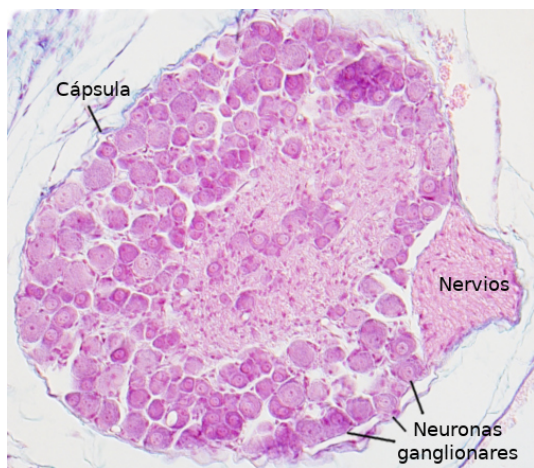


Figura 9: Célula ganglionar de un ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory. Ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.

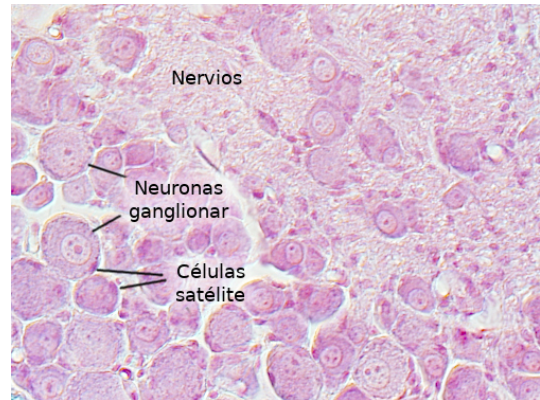


Figura 10: Células ganglionares y satélite de un ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.

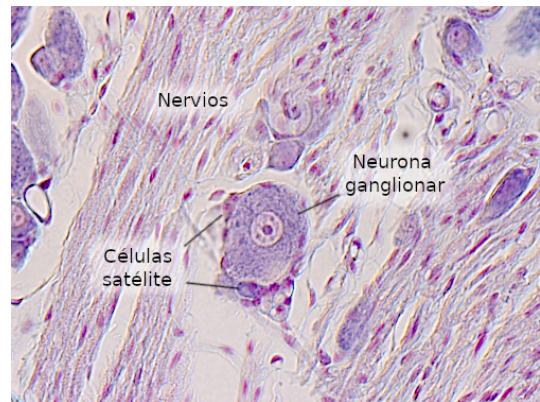


Figura 11: Célula ganglionar y satélite de un ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.

5 Imagen; Axón periférico

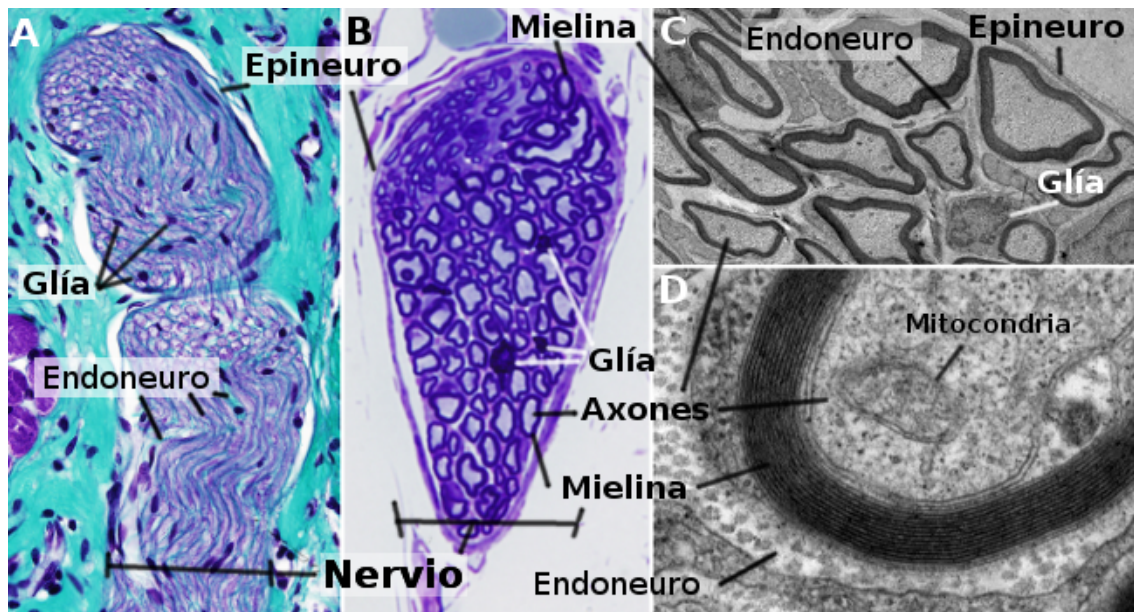


Figura 12: Estructura: nervio. Especie: rata. (*Rattus norvegicus*). Técnica: A) parafina, tricrómico de Masson; B) semifino, azul de toluidina; C y D) microscopía electrónica de transmisión.

Los nervios son haces de axones que se encuentran fuera del sistema nervioso central, encéfalo y médula espinal. Algunos de los nervios son extremadamente largos, como aquellos que van desde la médula espinal hasta la punta de las extremidades.

Los nervios están formados por axones, células de Schwann (glía) y por tejido conectivo. Los axones se denominan fibras y están envueltos por pliegues de la membrana plasmática de las células de Schwann. Cuando esta membrana forma muchas capas alrededor del axón, al conjunto de capas se denomina mielina, y a los axones mielinizados. Cuando sólo hay una envuelta, a veces incompleta, los axones se denominan amielínicos.

Las fibras nerviosas, tanto mielinizadas como amielínicas, están rodeadas por tejido conectivo que se denomina endoneuro. Es laxo y rellena el espacio entre axones. Los grupos de axones, denominados fascículos, dentro del nervio se rodean de otra capa de tejido conectivo denominada perineuro. El nervio completo está a su vez envuelto por una capa de conectivo denominada epineuro (Figura 1). Los nervios de mayor calibre suelen tener vasos sanguíneos en su interior, dispuestos entre los fascículos.

Los nervios se clasifican en aferentes, cuando llevan información hacia el sistema nervioso central, eferentes cuando llevan información desde el sistema nervioso central, y mixtos cuando llevan ambos tipos de información. También se pueden dividir en nervios craneales cuando entran o salen del encéfalo y raquídeos o espinales cuando lo hacen de médula espinal.

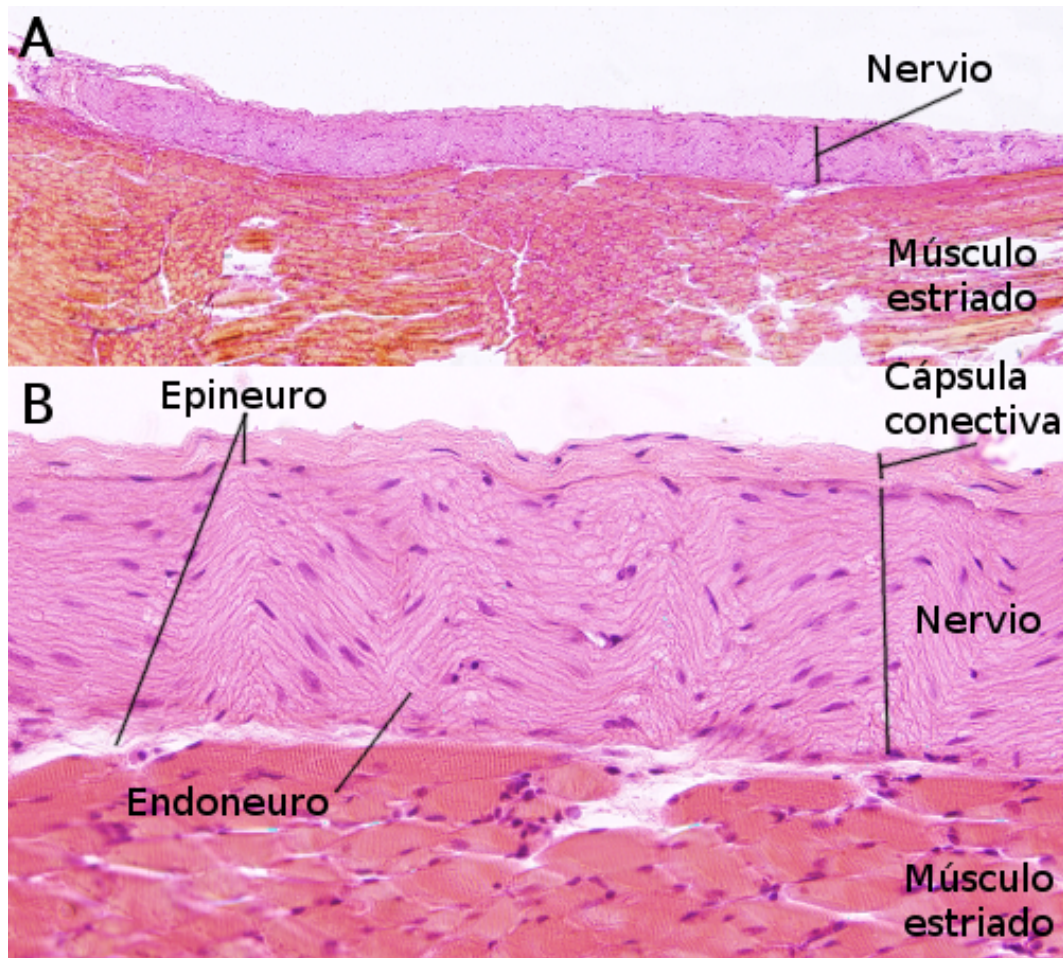


Figura 13: Nervio en la superficie del músculo lingual desde el que saldrán ramas que inervarán los músculos de la lengua. El aspecto en ziz-zag de axones se debe a la contracción durante el proceso histológico. El epineuro es muy delgado y está recubierto por una capa ancha de tejido conectivo que encapsula internamente a una parte de la lengua. El endoneuro no se distingue con facilidad.

6 Imagen; Epéndimo

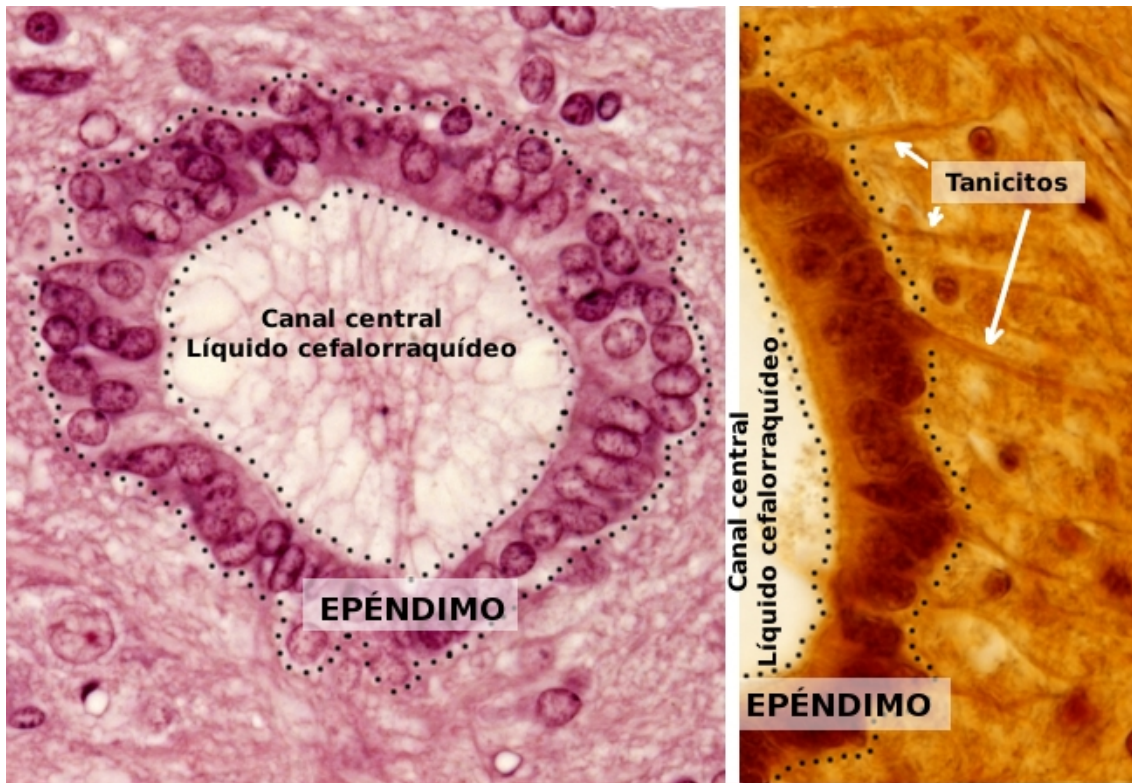


Figura 14: Órgano: médula espinal. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: hematoxilina-eosina en cortes de 8 micras de parafina.

En el interior del sistema nervioso central hay una cavidad llena de un líquido denominado cefalorraquídeo. Esa cavidad se divide en cámaras denominadas ventrículos en el cerebro y canal central o ependimario en la médula espinal. La superficie ventricular está tapizada por una capa de células

denominada epéndimo, formada por células de aspecto cuboideo que actúan a modo de barrera entre el líquido cefalorraquídeo y el tejido nervioso. En algunas regiones se especializa para formar los plexos coroideos (donde se produce el líquido cefalorraquídeo por filtración del plasma sanguíneo) o el órgano subcomisural. Algunas células ependimarias, denominadas tanicitos, se especializan y emiten unas prolongaciones basales que llegan hasta las proximidades de la superficie pial.

Más imágenes

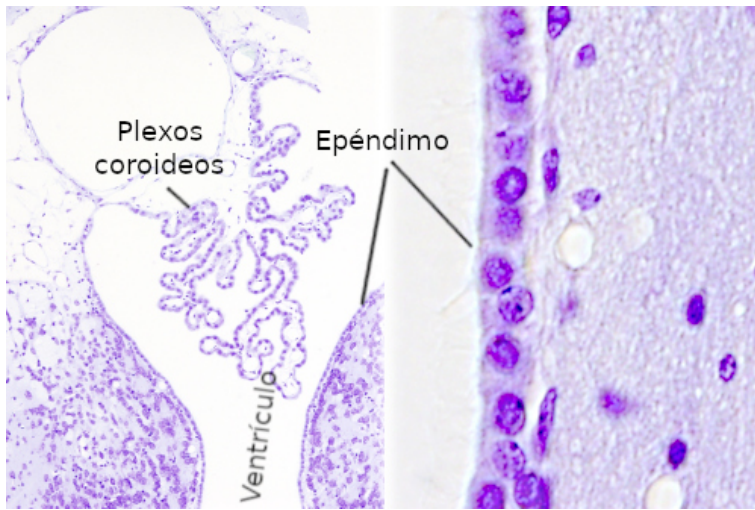


Figura 15: Epéndimo que recubre el ventrículo telencefálico de un ratón.