

Organización general del sistema nervioso

«Todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro»
Ramón y Cajal.

Psicobiología tema 6

Tutora: Mónica Martínez Ramos

■ CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO

La Neurona

Características Estructurales y Funcionales de la Neurona

Clasificación de las Neuronas

La Glía: Características y Tipos

Los Astrocitos

Los Oligodendrocitos y las Células de Schwann

La Microglía

■ ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

Ejes y Planos de Referencia

Divisiones del Sistema Nervioso Central

El Encéfalo Anterior

Los Hemisferios Cerebrales

El Diencefalo

El Tronco del Encéfalo

El Cerebelo

La Médula Espinal

Organización del Sistema Nervioso Periférico

Nervios Craneales

Nervios Espinales

■ SISTEMAS DE MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Las Meninges

Sistema Ventricular y Producción de Líquido

Cefalorraquídeo

Circulación Sanguínea

La Barrera Hematoencefálica

¿Cómo se organiza y cómo funciona el sistema nervioso (SN)?

La Psicobiología es la disciplina que estudia los fundamentos biológicos de la conducta. Se basa en el comportamiento que observamos y los procesos mentales que intervienen (las emociones, el aprendizaje, la memoria, el razonamiento, la conciencia, etc.) son fruto del funcionamiento del SN.

Las características estructurales y funcionales de nuestro SN son el resultado de la evolución.

Aunque el SN de cada individuo se desarrollará según la información contenida en sus genes, también es fundamental tener en cuenta una serie de factores, denominados epigenéticos, que procedentes del ambiente tanto externo (p.ej., estimulación sensorial) como interno (p.ej., hormonas) regulan la forma en que la dotación genética se expresa.

Estos factores filogenéticos, genéticos y epigenéticos nos ayudan a comprender cómo se ha desarrollado, cómo es y cómo funciona el SN.

Partiendo del esquema estímulo-organismo-respuesta (E-O-R) del que se hablaba en el capítulo 1, recordamos que la investigación psicobiológica se centra en el organismo (O), entendiendo que la conducta (R) es el resultado de la actividad del SN como consecuencia de su interacción con el ambiente (E).

1. CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO

El SN, la estructura más compleja que existe, está compuesto esencialmente de dos tipos de células: las neuronas y las células gliales.

1.1 La Neurona: El encéfalo humano está compuesto aproximadamente por unos cien mil millones de neuronas y cada neurona puede conectar con miles de neuronas. Cuentan con una membrana externa que posibilita la conducción de impulsos nerviosos y tienen la capacidad de transmitir información tanto de una neurona a otra, como a otras células de nuestro organismo. Esta transmisión de información recibe el nombre de **transmisión sináptica**.

✓ El conocimiento de la estructura del tejido nervioso fue descubierto por **Golgi siglo XIX (Teoría reticular)** fue quien desarrolló un método de tinción que hacía posible analizar con extraordinaria precisión el tejido nervioso. Este tinte le permitió observar que la célula nerviosa tiene una larga prolongación cilíndrica (**el axón**: prolongación alargada y delgada del soma neuronal a través de la cual se conduce el impulso nervioso), y otras prolongaciones más pequeñas (**las dendritas**: prolongación con forma de árbol unida al soma neuronal que constituye la principal área receptora de la información que llega a la neurona.); sin embargo, no pudo explicar cuál era la función de estas prolongaciones en la relación que se establecía entre célula y célula. Mantuvo la teoría de que las neuronas formaban una red a través de la cual se comunicaban por continuidad de forma aleatoria (**Teoría reticular**).

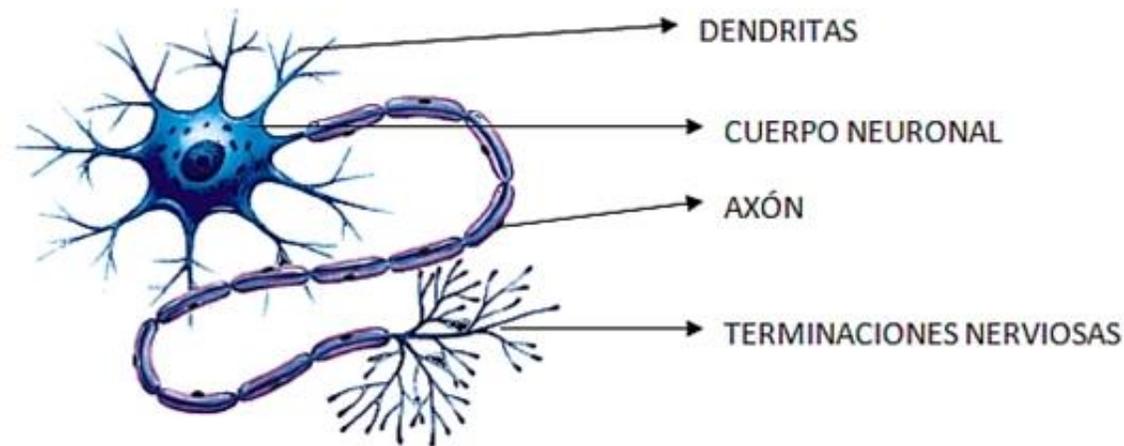
✓ **Santiago Ramón y Cajal (Teoría neural, Premio Nobel 1906)** quien puso de manifiesto que cada neurona es una entidad independiente, bien definida, y no una parte de una red continua como proponía Golgi, que dispone de un campo receptivo (**dendritas**), un segmento conductor (**axón**) y un extremo transmisor (**terminal axónico**). Estableció que, aunque las neuronas mantienen su individualidad, se comunican entre sí a través de **sinapsis**: (región de contacto en la cual una neurona transfiere información a otra neurona o a un efector). Según el tipo de transmisión utilizada se clasifican en químicas o eléctricas. y dedujo los principios básicos de comunicación neuronal:

1º) la comunicación entre neuronas se establece en un sentido, desde el axón de una neurona a las dendritas o soma neuronal de otra

2º) no hay una continuidad entre las neuronas ya que incluso en el lugar donde se establece la comunicación existe una separación (hendidura sináptica).

Plasticidad Neural: Capacidad que tienen las neuronas de experimentar cambios en su morfología y fisiología frente a distintas situaciones ambientales. «Todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro» Ramón y Cajal.

La plasticidad neural hace referencia al SN e incluye tanto a las neuronas como a la **glía** (junto con las neuronas representa el elemento celular constitutivo del SN). Aunque de la descripción anatómica que se realice pueda derivarse la idea de que nuestro SN es una estructura estática, hoy día es bien conocido el hecho de que mantiene durante toda nuestra vida la capacidad de experimentar modificaciones en su organización anatómica y funcional. A esto hace referencia la plasticidad neural, a la capacidad de nuestro SN para cambiar continuamente en función de las situaciones que se van produciendo a lo largo de la vida que hacen que el cerebro de cada uno sea realmente único y que demuestran que el desarrollo y la organización del SN no se encuentran dictados únicamente por la acción de los genes. **La neurogénesis** (producción de nuevas neuronas). <https://youtu.be/V-ZUKKuLQ6w>



Función de las dendritas

A) Características Estructurales y Funcionales de la Neurona

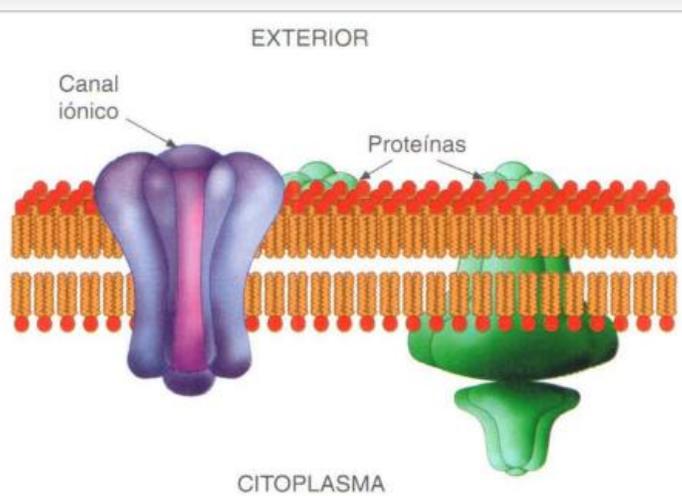


Figura 6.3

Estructura básica de la membrana neuronal compuesta por una doble capa de fosfolípidos. La molécula fosfolipídica consta de dos zonas: la cabeza (en rojo) es la parte hidrófila, mientras que las colas de ácidos grasos (en naranja) no tienen sitios de unión para el agua, son hidrófobas. Las colas de ambas capas están enfrentadas. Además, la membrana neuronal tiene diferentes tipos de proteínas insertadas en ella. Algunas de estas proteínas forman canales que permiten el paso de distintas sustancias, otras transmiten una señal al interior de la neurona cuando determinadas moléculas se unen a ellas en la superficie externa de la membrana y, en otros casos, las proteínas de membrana actúan como transportadoras bombeando sustancias entre ambos lados de la membrana.

La membrana neuronal, formada por una doble capa de fosfolípidos.

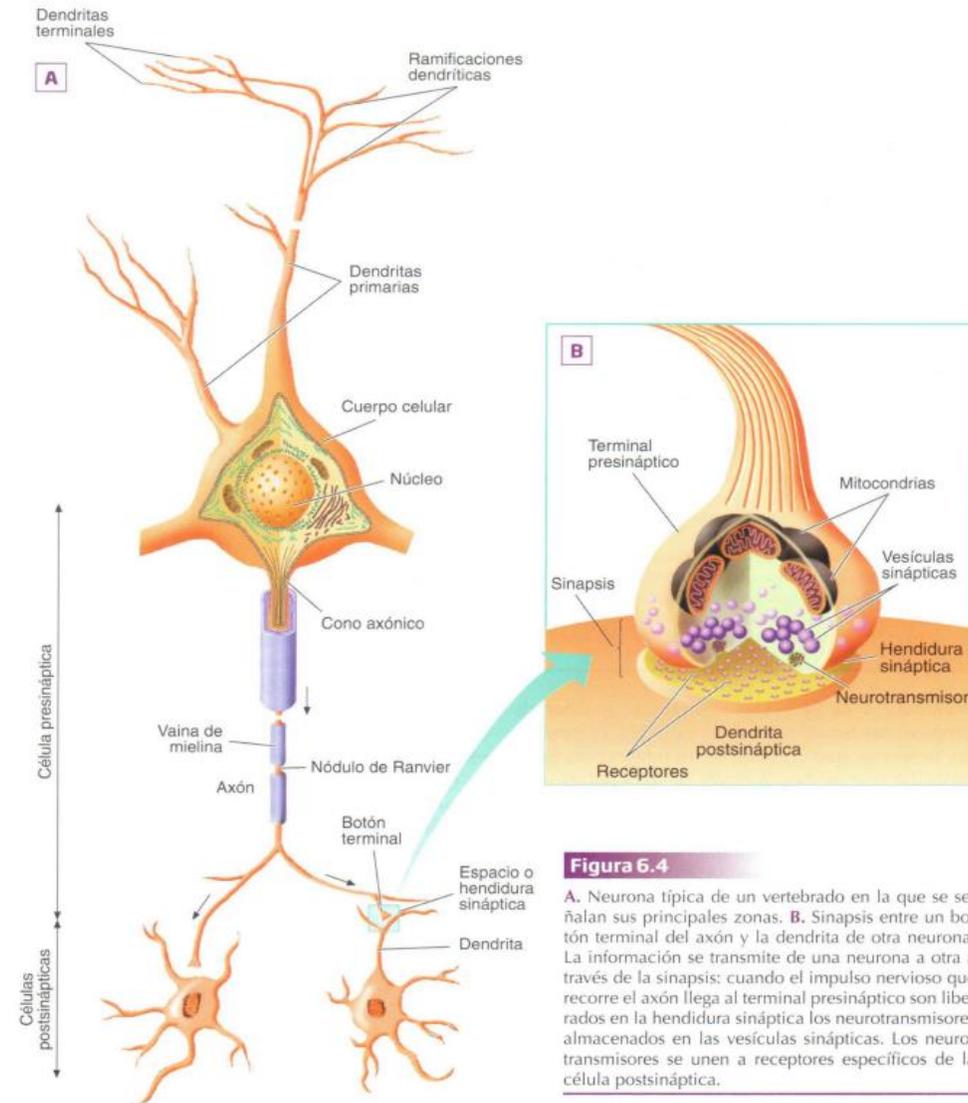
Tanto el líquido extracelular que rodea las neuronas, como el líquido intracelular, están compuestos principalmente por agua y otras sustancias como iones de **sodio** (Na^+), **potasio** (K^+) y **cloro** (Cl^-) repartidos de forma desigual a ambos lados de la membrana, hecho que va a ser fundamental para hacer posible la capacidad de conducir la información que caracteriza a las neuronas. https://youtu.be/eKKoJFE8_xl

La membrana tiene como característica esencial regular selectivamente el intercambio de sustancias entre el interior y el exterior celular. Para ello cuenta con diferentes tipos de moléculas proteicas insertadas en su doble capa lipídica que permiten que diversas sustancias atraviesen la membrana y de ellas van a depender muchas de las propiedades funcionales de la neurona. La función de las neuronas que consiste en la integración de la información que reciben a través de los contactos sinápticos y su transmisión a otras células, no podría producirse si no fuera por la particular estructura y funcionamiento de la membrana neuronal.

La membrana permite que se genere, conduzca y transmita el **impulso nervioso**, elemento básico de la comunicación neuronal que hace posible conducir la información tanto de un lugar a otro del SN, como entre el SN y otras partes de nuestro organismo.

En la mayoría de las neuronas se pueden distinguir tres zonas diferenciadas (véase Fig. 6.4): el cuerpo celular, las dendritas y el axón.

- **1.El cuerpo celular** o soma es el centro metabólico donde se fabrican las moléculas y realizan las actividades fundamentales para mantener la vida y las funciones de la célula nerviosa. Es la región que contiene el núcleo donde, al igual que en otras células, se localizan los cromosomas y el nucléolo, que fabrica los ribosomas implicados en la síntesis de proteínas. En el **citoplasma** de la neurona se localizan proteínas fibrilares o tubulares especializadas que constituyen el citoesqueleto. Los **microtúbulos** son los componentes más grandes del citoesqueleto y están directamente implicados en el transporte de sustancias en el interior celular. Los **neurofilamentos o neurofibrillas** son los elementos del citoesqueleto que más abundan en las neuronas.



En la mayoría de las neuronas se pueden distinguir tres zonas diferenciadas (véase Fig. 6.7): el cuerpo celular, las dendritas y el axón.

- **2.Las dendritas** son prolongaciones del soma neuronal con forma de árbol y constituyen las principales áreas receptoras de la información que llega a la neurona. La zona de transferencia de información de una neurona a otra es la **sinapsis**.

- Se establece sinapsis cuando la señal eléctrica propagada por una neurona se transforma en una señal química al liberar esta neurona unos compuestos químicos, los neurotransmisores, cuya acción desencadena una señal eléctrica en la neurona siguiente. La sinapsis tiene dos componentes: el presináptico y el postsináptico, la membrana de las dendritas va a constituir generalmente el componente postsináptico. La membrana dendrítica (membrana postsináptica) cuenta con un elevado número de receptores, que son las moléculas especializadas sobre las que actúan los neurotransmisores liberados desde otras neuronas.

- La mayoría de las neuronas tienen varios troncos dendríticos. La principal función de esta ramificación dendrítica es incrementar la superficie de recepción de información, ya que en toda la extensión del árbol dendrítico una neurona puede establecer miles de sinapsis al mismo tiempo. **Espina dendrítica**: protuberancia de la dendrita que recibe aferencias sinápticas.

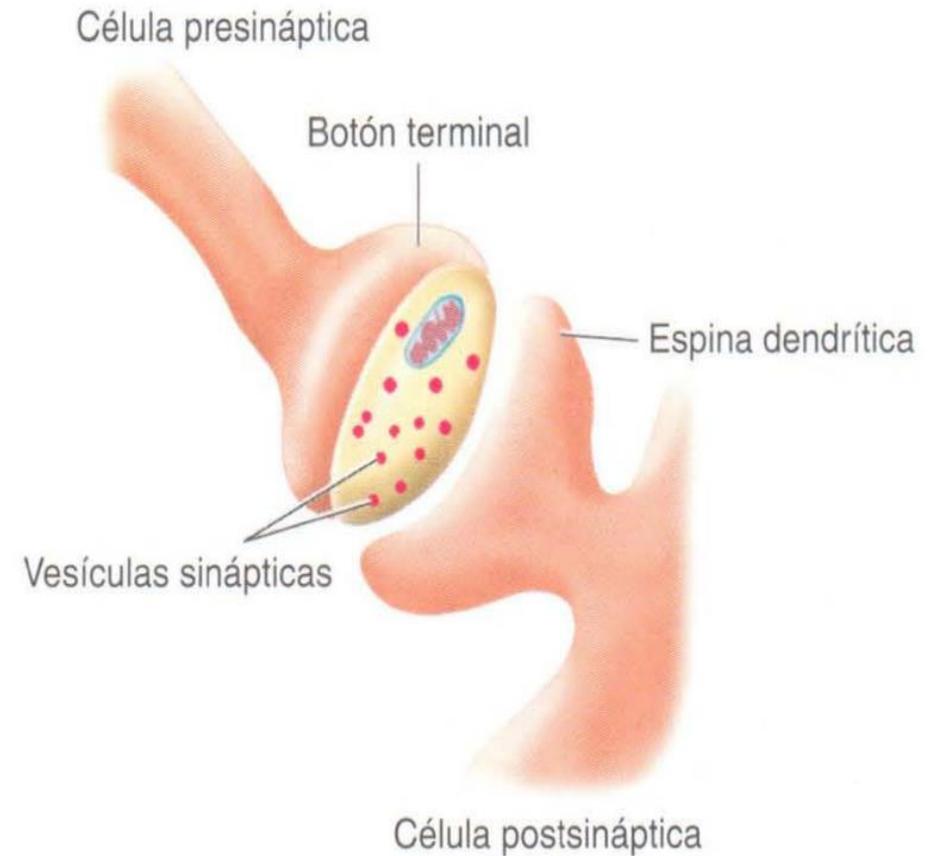


Figura 6.7

Sinapsis sobre una espina dendrítica.

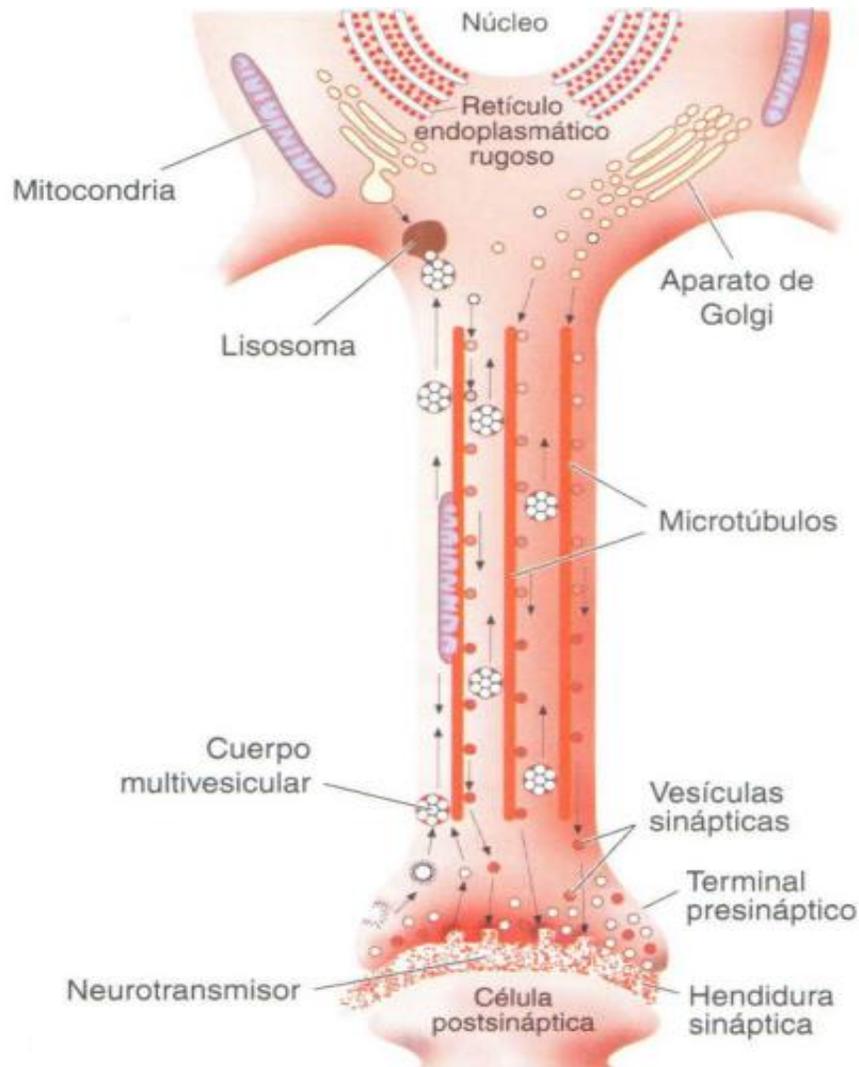


Figura 6.9

El intercambio de sustancias entre el soma neuronal y el terminal presináptico se produce mediante el transporte axónico a lo largo de los microtúbulos (Adaptada de Allen, 1987).

En la mayoría de las neuronas se pueden distinguir tres zonas diferenciadas (véase Fig. 6.9): el cuerpo celular, las dendritas y el axón.

- **3.El axón** es una prolongación del soma neuronal, generalmente más delgada y larga que las dendritas. Cada neurona tiene un solo axón y es la vía por donde la información se propaga hacia otras células.
- En el axón se pueden distinguir diferentes zonas: **cono axónico**, el cual desarrolla una función integradora de la información que recibe la neurona, el **axón** propiamente dicho y el **botón terminal**.
- El axón no cuenta con los orgánulos necesarios para que en él se produzca la síntesis de proteínas, por lo que estas moléculas han de ser constantemente suministradas desde el soma neuronal y transportadas a través del axón. Los componentes del citoesqueleto del axón van a ser los encargados tanto de este transporte como del de las diferentes sustancias del entorno celular que son captadas por el axón y transportadas hasta el soma (Fig. 6.9). Podemos distinguir un **transporte axónico rápido** (aproximadamente 400 mm/día) y un **transporte axónico lento** (14 mm/día).
- El transporte axónico rápido tiene lugar en ambos sentidos. Cuando el transporte se realiza desde el soma hasta el terminal se denomina **anterógrado**, cuando va desde el terminal sináptico hasta el cuerpo celular se denomina **retrogrado**.
- También permite que lleguen hasta el soma moléculas que son captadas por el terminal presináptico, como es el caso de **los factores de crecimiento nervioso**, para controlar la diferenciación neuronal durante el desarrollo del SN.

B. Clasificación de las Neuronas

- ✓ **La neurona multipolar** es el tipo neuronal más común y extendido en la escala zoológica (Fig. 6.1 OA). Además del axón, emergen del soma varias ramificaciones dendríticas. Las células piramidales de la corteza cerebral y las células de Purkinje del cerebelo se incluyen en este grupo (Fig. 6.1 OB).
- ✓ **La neurona bipolar** posee dos prolongaciones (axón y una dendrita) que emergen de lugares opuestos del cuerpo celular. Estas neuronas se encuentran principalmente en los sistemas sensoriales, como es el caso de las células bipolares de la retina (Fig. 6.11).
- ✓ **La neurona unipolar** posee una sola prolongación que sale del soma. En las neuronas denominadas **pseudounipolares**, esta prolongación se divide en una porción que realiza la función de recepción de información propia de las dendritas y otra que realiza la función de conducción de información característica del axón (Fig. 6.11)

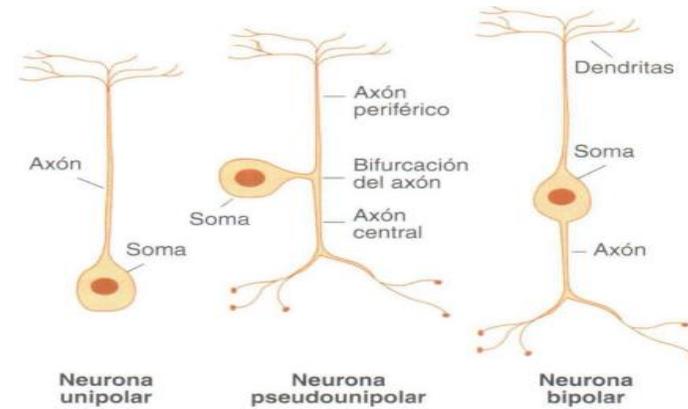


Figura 6.11

Disposición de las prolongaciones en las neuronas unipolares, pseudounipolares y bipolares.

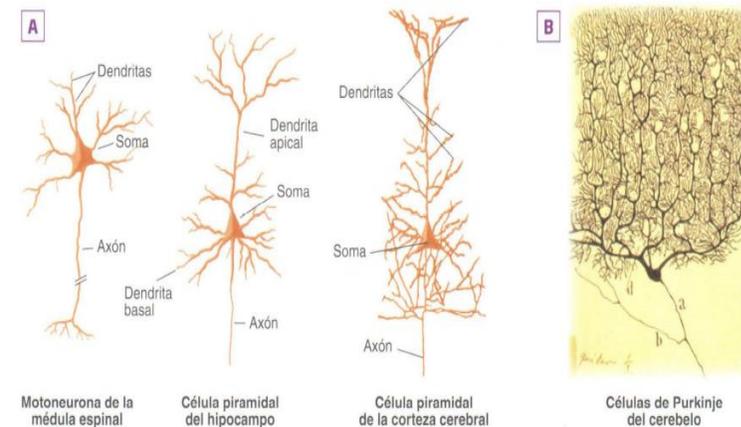
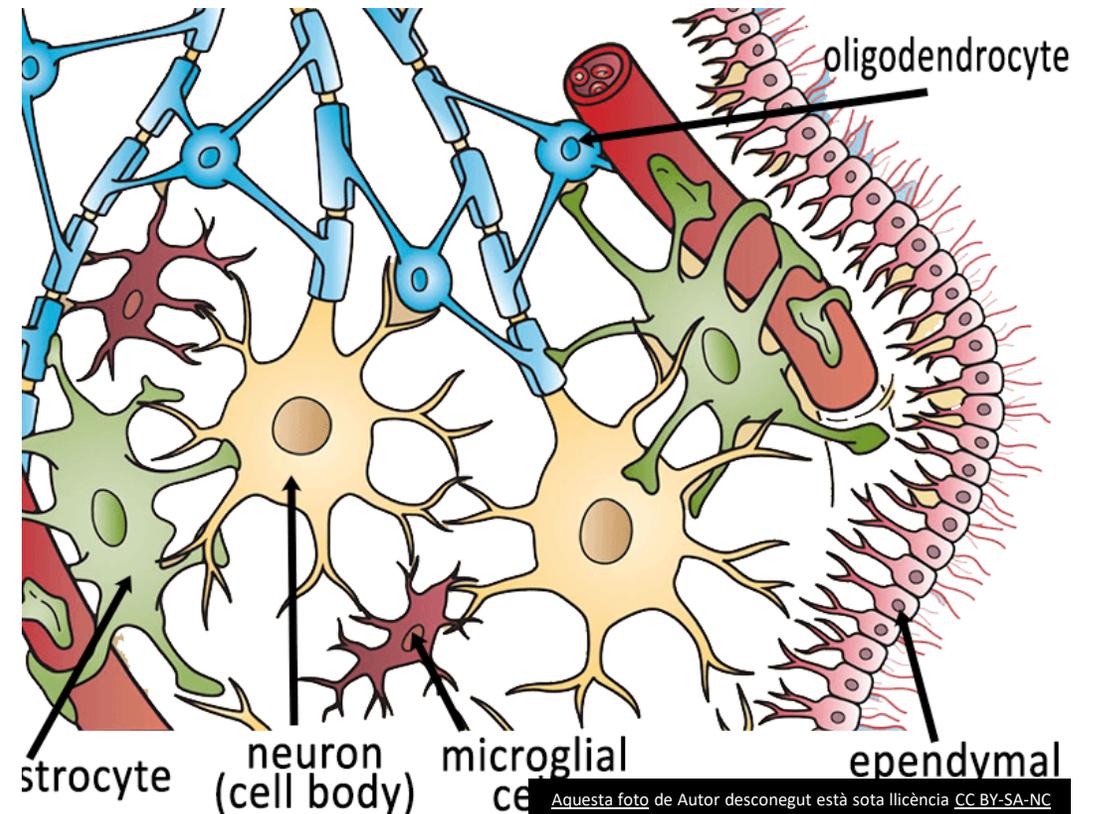


Figura 6.10

A. Diferentes tipos de neuronas multipolares (los dibujos no están en la misma escala y los axones son más largos de lo que aquí aparecen). B. Dibujo realizado por Cajal de una célula de Purkinje del cerebelo del hombre adulto (tomado de Ramón y Cajal, S. (1899-1904); *Textura del Sistema Nervioso del Hombre y de los Vertebrados*. Moya, Madrid).

1.2 La Glía: Características y Tipos .

- ✓ **La glía:** El complejo entramado neuronal se encuentra rodeado por las células gliales (neuroglía o glía, término que en griego significa «pegamento»). Son las células más abundantes pues suponen casi el 90% de las células del tejido nervioso.
- ✓ **En el sistema nervioso central (SNC)** existen varios tipos de células gliales, entre los que destacamos: **los astrocitos, los oligodendrocitos y la microglía.**
- ✓ **En el sistema nervioso periférico (SNP)** las células de **Schwann** realizan algunas de las funciones que desempeñan las células gliales en el SNC.

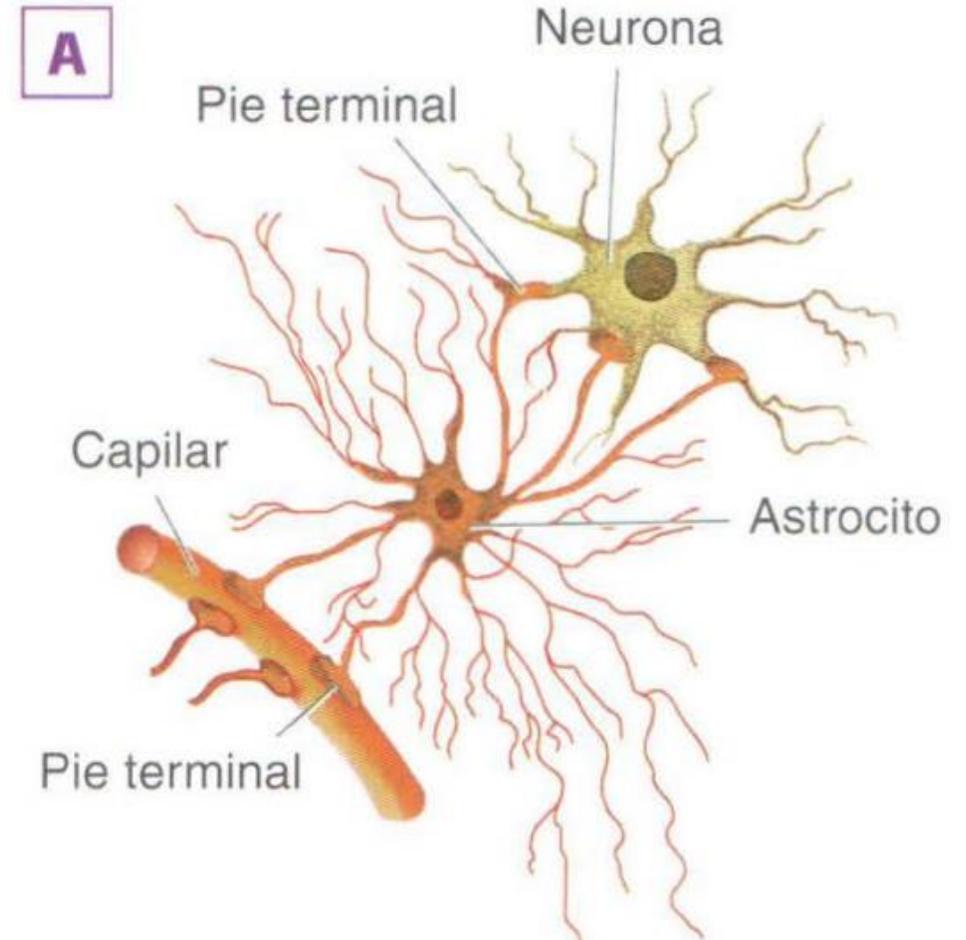


A) ASTROCITOS

Son las células gliales más abundantes.

Funciones :

- **Proporcionan soporte estructural.** Los astrocitos se sitúan entre las neuronas formando una matriz que las fija.
- **Modulan la transmisión sináptica** (procesamiento y transmisión de información en el SNC y que están implicados en los procesos de plasticidad sináptica que subyacen al aprendizaje y al almacenamiento de la información en el cerebro).
- **Responden a la lesión del tejido nervioso.** Si las neuronas son dañadas, mediante fagocitosis, limpian de desechos el cerebro y proliferan rápidamente para ocupar los espacios vacíos formando un entramado de astrocitos. Reparar y regeneran el tejido dañado.
- **Recubren los vasos sanguíneos cerebrales y participan en el mantenimiento de la barrera hematoencefálica** (red de vasos sanguíneos y tejido compuesta de células estrechamente unidas a fin de evitar que las sustancias dañinas penetren en el encéfalo).
- **Suministran nutrientes a las neuronas** (incremento local de flujo sanguíneo durante la actividad neuronal).



B) Los Oligodendrocitos y las Células de Schwann

Los **Oligodendrocitos** en el SNC son pequeñas células gliales que emiten prolongaciones que se enrollan alrededor de los axones formando una densa capa de membranas que los envuelve denominada **mielina**. Esta vaina, formada en su mayor parte por lípidos, constituye un buen aislante que mejora considerablemente la transmisión de los impulsos nerviosos. La vaina de mielina no forma una cubierta continua del axón, ya que se encuentra interrumpida cada milímetro por una zona de aproximadamente una micra, los **nódulos de Ranvier** (Fig. 6.16). La vaina de mielina acelera la comunicación neuronal (*la mielina es la gasolina*).

En el SNP, las **células de Schwann** realizan algunas de las funciones que desempeñan las distintas células gliales en el SNC. Cuando se lesiona un nervio, eliminan las partes de los axones muertos y contribuyen a la regeneración de los axones seccionados produciendo factores neurotróficos y proporcionando una guía para restablecer sus conexiones originales. Una de las principales funciones de las células de Schwann es formar la mielina alrededor de los axones del SNP.

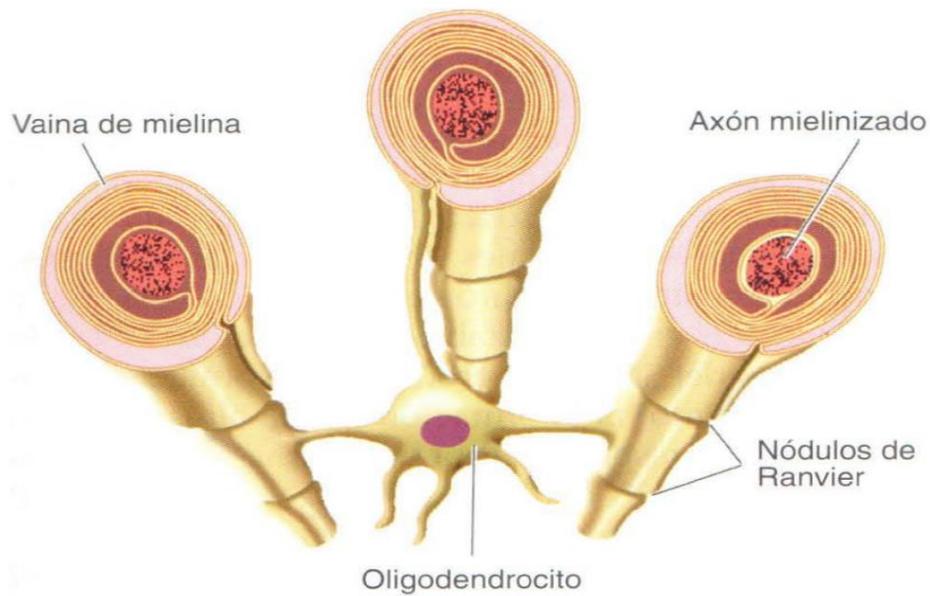


Figura 6.16

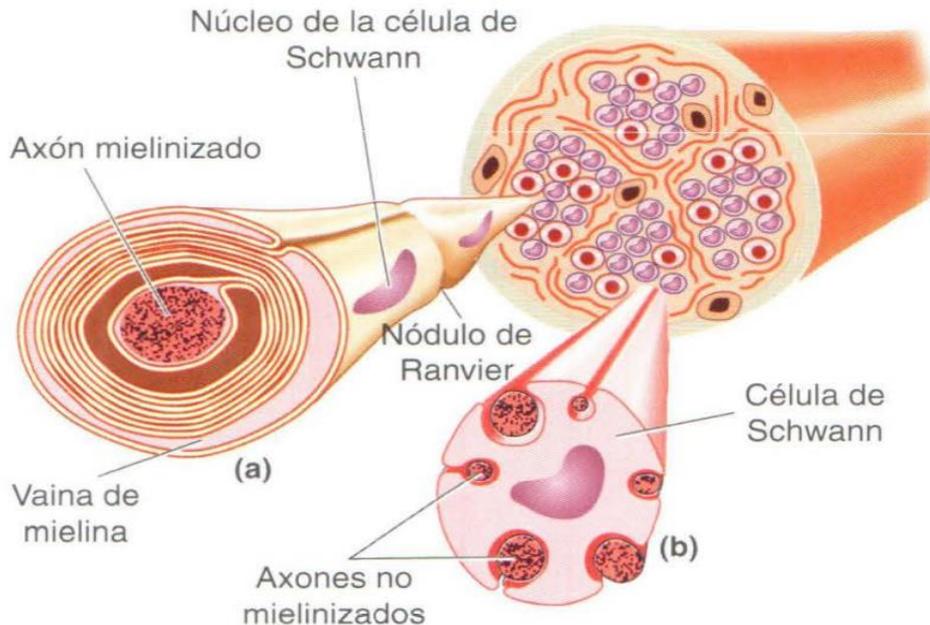
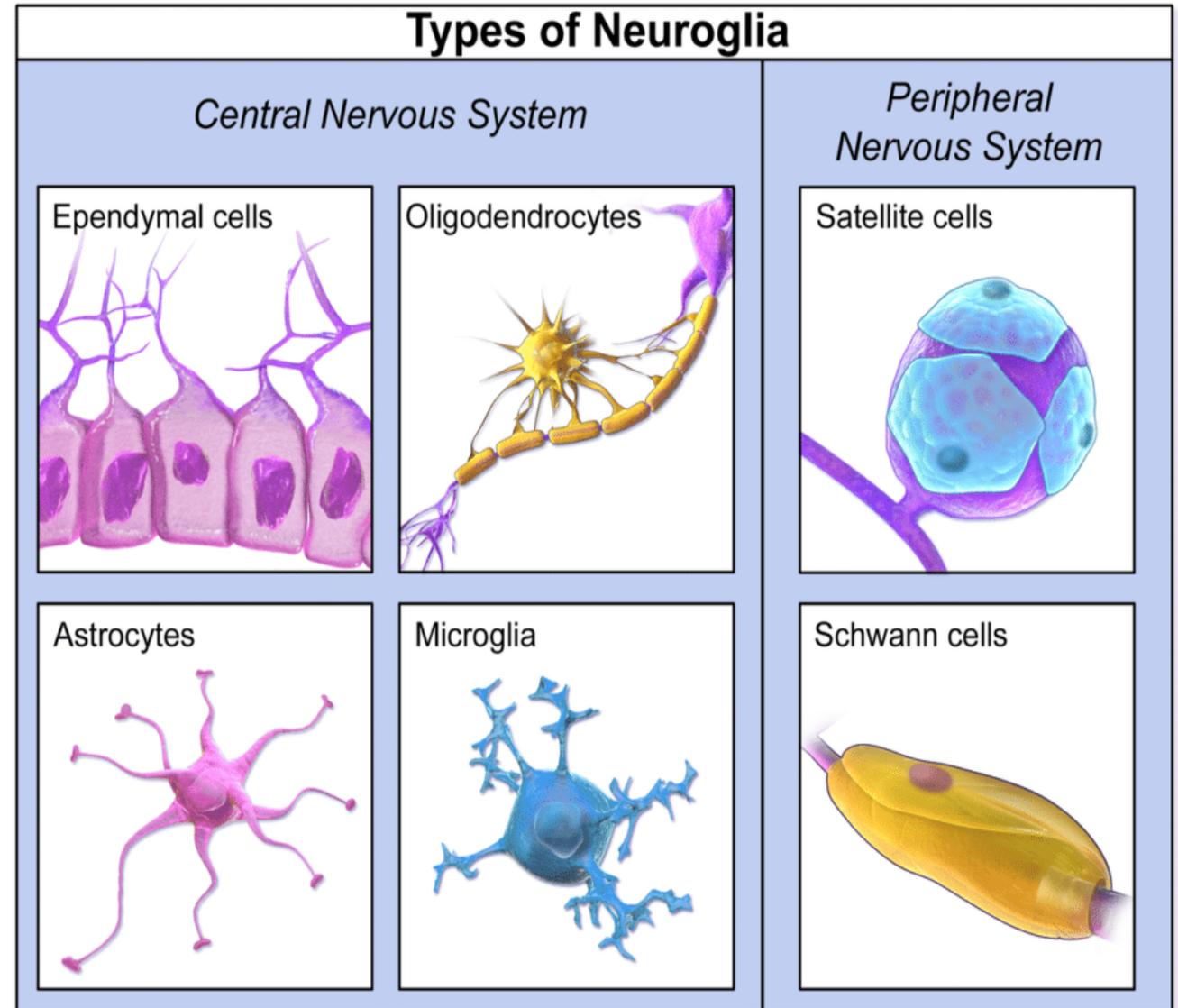
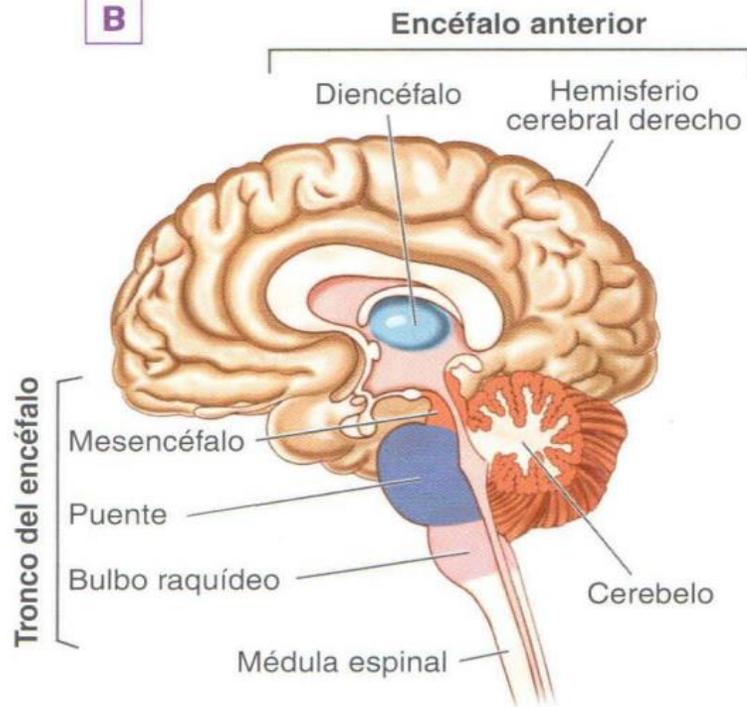


Figura 6.17

C) La Microglía

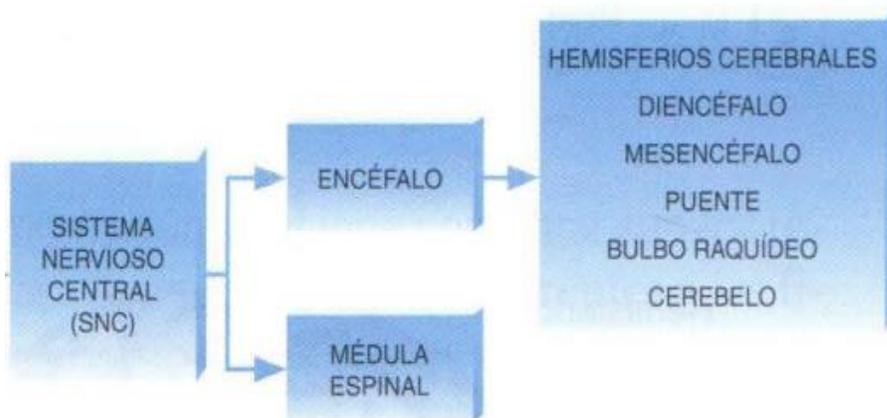
- Son células pequeñas esparcidas por todo el SNC que se localizan entre las neuronas y los otros tipos de glía. En situaciones normales, el número de células de microglía es pequeño pero cuando se produce una lesión o una infección en el tejido nervioso, estas células se vuelven muy activas. Proliferan rápidamente, adoptan una forma ameboide y migran a la zona del daño, donde eliminan restos celulares, fragmentos de mielina o neuronas dañadas, y participan en la reparación de la lesión. Se tiene certeza de que la microglía desempeña una función relevante en la **defensa inmunitaria del SN** pues libera moléculas que afectan a la inflamación local y a la supervivencia neuronal. Asimismo, se conoce su implicación en diferentes patologías neurológicas, como es el caso de la enfermedad de **Alzheimer**.



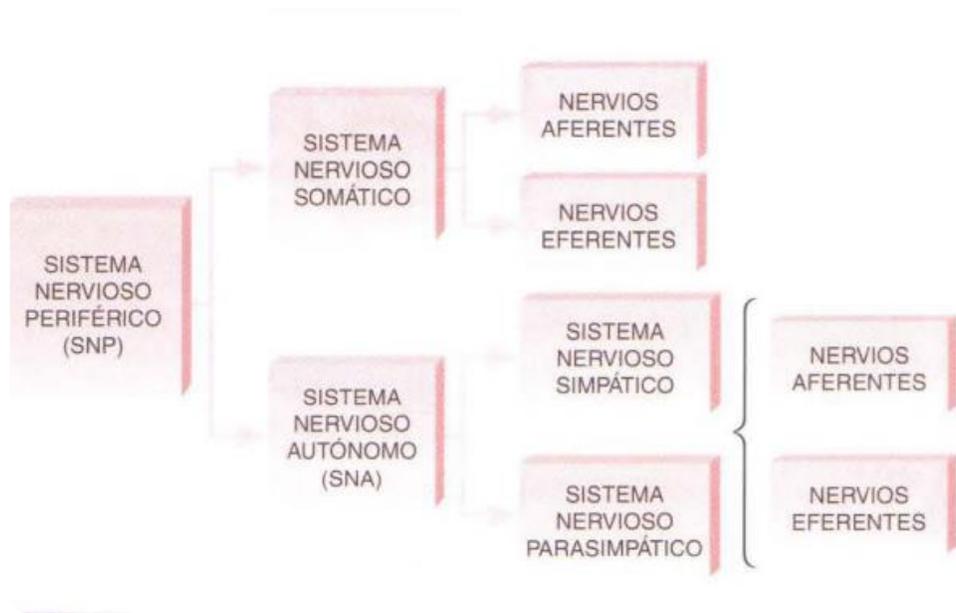
B

2.-ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

- **El SN tiene dos componentes principales: el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP).**
- **El sistema nervioso central (SNC)** incluye el **encéfalo y la médula espinal**, las partes del SN que se localizan respectivamente dentro del cráneo y de la columna vertebral. En el encéfalo, a su vez, se distinguen **seis divisiones principales** (Fig. 6.19): bulbo raquídeo, puente o protuberancia, cerebelo, mesencéfalo, diencefalo y hemisferios cerebrales. El bulbo raquídeo, el puente y el mesencéfalo forman una estructura continua denominada tronco del encéfalo, mientras que el diencefalo y los hemisferios cerebrales.



SNP



- **El SNP** está formado por los ganglios y nervios que comunican el SNC con el resto de nuestro organismo. A nivel funcional, SNC y SNP están íntimamente relacionados. Las neuronas del SNP, localizadas en los ganglios, recogen información a través de **los receptores sensoriales** de lo que ocurre en nuestro cuerpo y en nuestro entorno, y la transmiten a las neuronas del SNC. Las neuronas de la médula espinal y del tronco del encéfalo establecen contactos con las de otras zonas del SNC para procesar la información recibida. Por último, la información queda almacenada o emitimos una respuesta. Para emitir una respuesta, las neuronas del SNC dan órdenes que a través del SNP llegan a los **órganos efectoros** (músculos y glándulas). desde un punto de vista funcional, podemos establecer una diferenciación de los sistemas neurales considerando las conductas en las que intervienen.

- Distinguimos **sistemas sensoriales** que recogen y procesan la información de nuestro propio organismo y del entorno, y **sistemas motores** que generan movimiento y otro tipo de respuestas. Se les ha denominado en su conjunto **sistemas de asociación** y constituyen la mayor parte de nuestro encéfalo. Son estas funciones más complejas las que más interés despiertan a los estudiosos del comportamiento humano.

2.1. Ejes y Planos de Referencia

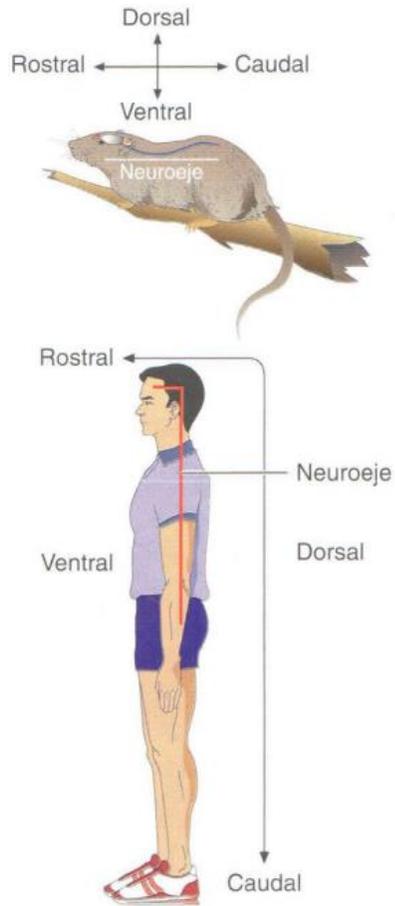


Figura 6.20

En esta visión lateral de una ratona y un humano se señalan los términos que se utilizan en Neuroanatomía para indicar la orientación de un núcleo, una vía, etc.

- El conjunto del encéfalo y la médula espinal está organizado a lo largo de los **ejes rostro-caudal y dorso-ventral** del cuerpo. Al eje rostro-caudal se le conoce también como neuroeje y constituye una línea imaginaria trazada desde la parte frontal del encéfalo hasta el final de la médula espinal para establecer los términos direccionales que se emplean en Neuroanatomía (Fig. 6.20).
- En las ratas, las estructuras que se encuentran próximas a la línea media se las denomina mediales, y las que se sitúan hacia afuera, hacia los lados, laterales.

Ejes y planos de referencia

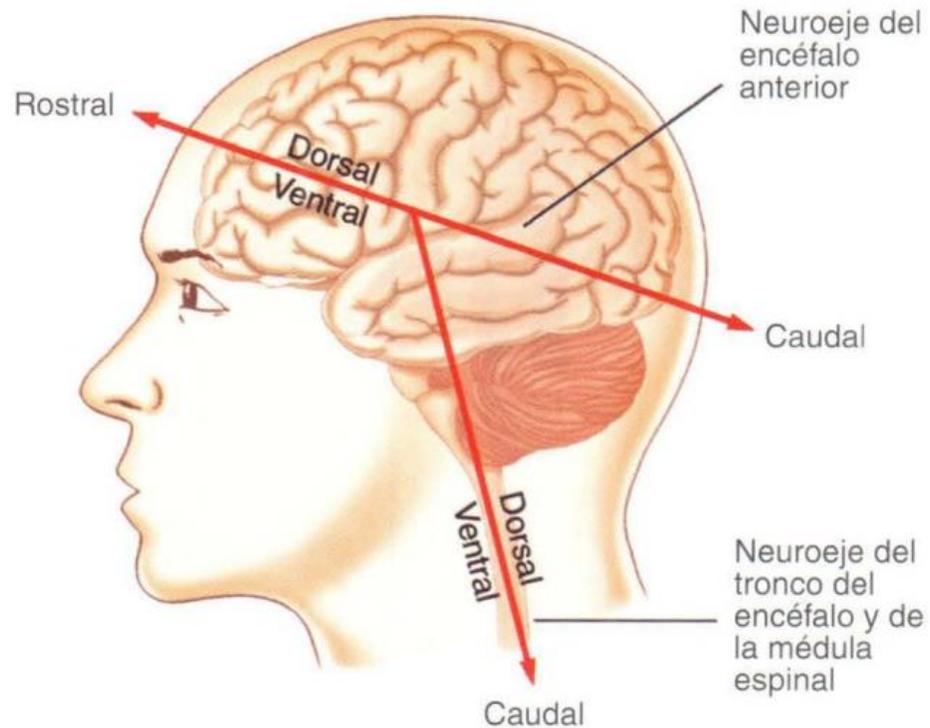


Figura 6.21

Referencias anatómicas considerando el ángulo del neuroeje en los seres humanos.

- En humanos, el neuroeje no es una línea recta, ya que, debido a nuestra postura erecta, la cabeza forma un ángulo con nuestro cuerpo (Fig. 6.21).
- Entre el eje que recorre la médula espinal y el tronco del encéfalo, y el que recorre el encéfalo anterior hay un ángulo aproximado de 60° , lo que implica algunas consecuencias para la terminología anatómica.
- **Dorsal** significa posterior o hacia atrás para el tronco del encéfalo y la médula espinal, y superior cuando nos situamos en el encéfalo anterior.
- **Ventral** es anterior para la médula y el tronco del encéfalo, pero indica la parte inferior cuando nos referimos al encéfalo anterior. Respecto al eje rostro-caudal ocurre lo mismo.
- Así, como puede ver en la Figura 6.21, la dirección caudal señala hacia la parte inferior para la médula espinal y el tronco del encéfalo, pero hacia la parte posterior para el encéfalo anterior.

Ejes y planos de referencia

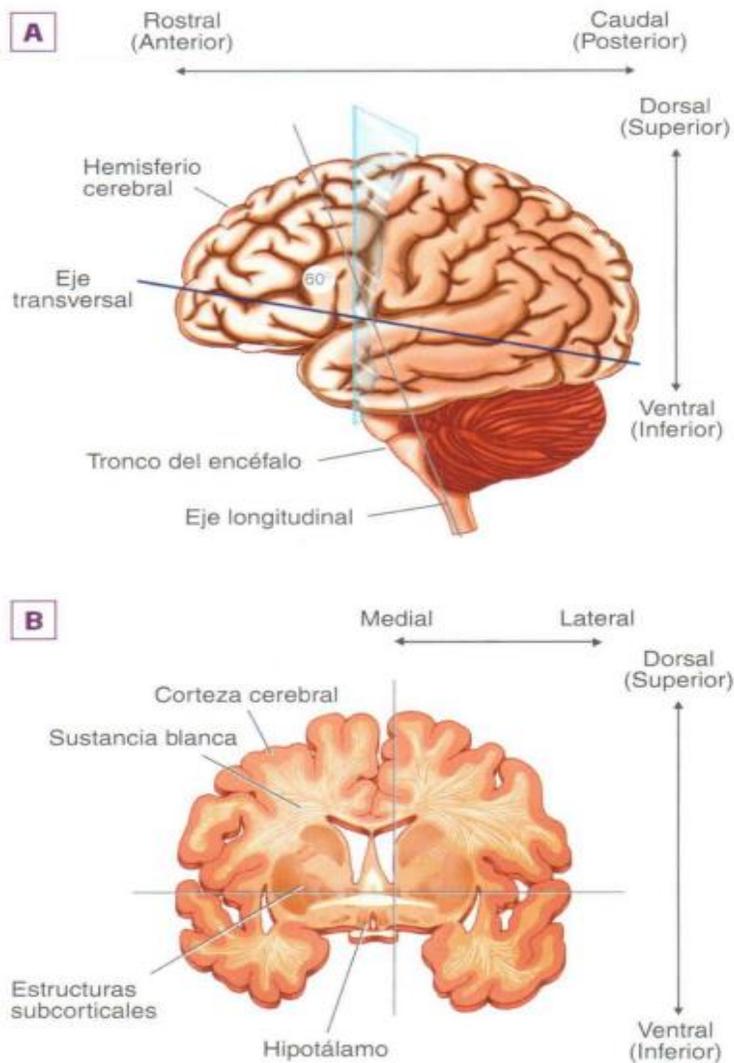


Figura 6.22

A. El encéfalo anterior se organiza en un eje antero-posterior, transversal al eje longitudinal del tronco del encéfalo. Entre ambos se forma un ángulo de 60°. **B.** Esta sección coronal (frontal) corresponde al plano mostrado en A. Se señala la confluencia de los ejes medio-lateral y dorso-ventral sobre un núcleo del encéfalo anterior.

- Con frecuencia encontramos que en Neuroanatomía se emplean los términos **anterior, posterior, superior e inferior**, pero éstos pueden dar lugar a cierta confusión. Normalmente se utilizan como sinónimos de **rostral, caudal, dorsal y ventral**, respectivamente, cuando nos referimos al encéfalo anterior (Fig. 6.22). Sin embargo, cuando hablamos de la médula espinal, anterior es sinónimo de ventral y posterior significa lo mismo que dorsal.

Ejes y planos de referencia

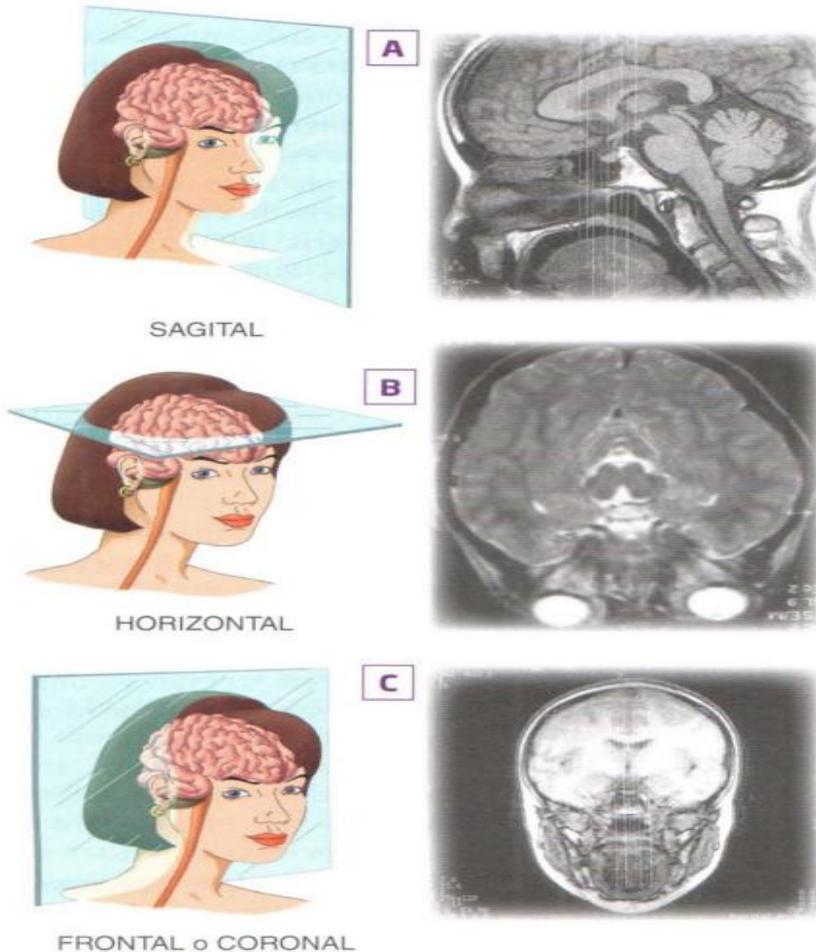


Figura 6.23

✓ Para estudiar la estructura interna del SN es necesario realizar cortes o secciones , ya que se trata de una estructura tridimensional, suele seccionarse en **tres planos principales que proporcionan una visión bidimensional (Fig. 6.23):**

1. **El corte sagital** se realiza en el plano vertical. El corte mediosagital (Fig. 6.23A), a lo largo de la línea media, divide al SN en dos mitades simétricas, derecha e izquierda. Los cortes paralelos a éste se denominan parasagitales.

2. **El corte horizontal** (Fig. 6.23B), se realiza en el plano paralelo al suelo y divide al encéfalo en partes superior e inferior.

3. **El corte frontal o coronal** se realiza en el plano del rostro (Fig.6.23C).

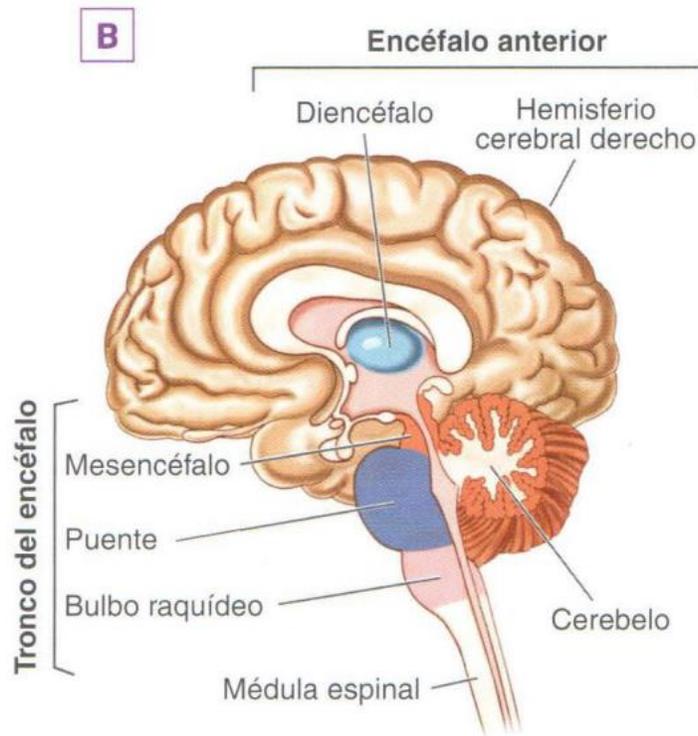
✓ Otros términos que conviene comentar son los referidos a las vías. Se denominan **vías aferentes** a las fibras (conjunto de axones) que llevan información hasta el SNC, y **vías eferentes**, a las que se dirigen desde el SNC hacia áreas periféricas. Las vías que conducen información sensorial desde los órganos receptores al encéfalo son vías aferentes, mientras que el control motor de los músculos y otros órganos se ejerce a través de vías eferentes.

✓ Otro grupo de términos destaca las interrelaciones que existen entre los lados derecho e izquierdo del cuerpo. **Ipsilateral** designa a las estructuras del mismo lado y, por tanto, se habla de vías ipsilaterales cuando conectan zonas del mismo lado del cuerpo o estructuras del mismo lado del SN. El término **contralateral** hace referencia a las estructuras situadas en lados contrarios y, en consecuencia, las vías contralaterales se inician en un lado del cuerpo (izquierdo o derecho) y terminan en el otro (derecho o izquierdo). Y si las estructuras nerviosas se ubican de forma simétrica en cada hemisferio cerebral, se denominan bilaterales.

2.2-Divisiones del Sistema Nervioso

Centra. El SNC incluye el encéfalo y la médula espinal

A) ENCÉFALO ANTERIOR



El SNC incluye **el encéfalo y la médula espinal**. En primer lugar, vamos a presentar la organización general de los tres grandes componentes del encéfalo: **el encéfalo anterior, el tronco del encéfalo y el cerebelo, y seguiremos con la de la médula espinal**.

El SNC está organizado de modo simétrico a cada lado de un eje central imaginario. Este **principio general de simetría bilateral** significa que los lados derecho e izquierdo del SNC tienen las mismas estructuras

Las diferentes estructuras formadas por los somas neuronales (núcleos, áreas, etc., que se explicarán en el cap. 8) aparecen de color gris, por lo que constituyen la **sustancia gris**. Por otro lado, los axones, agrupados en diferentes estructuras (tractos, fascículos, comisuras, etc.) que son las vías de comunicación entre las diferentes zonas del SNC, tienen un aspecto blanquecino debido a la vaina de mielina que los rodea y constituyen la **sustancia blanca**.

A) El Encéfalo Anterior: hemisferios cerebrales y el diencéfalo.

A1) Los Hemisferios Cerebrales

Los hemisferios cerebrales recubren dorsal y lateralmente el diencéfalo, y gran parte del tronco del encéfalo y del cerebelo. Además, la superficie de los hemisferios cerebrales, denominada **corteza cerebral**, es tan grande que no cabría en el cráneo si no fuera porque está muy plegada, de tal manera que casi dos tercios quedan escondidos en grandes y pequeñas hendiduras. Estas hendiduras, que pueden ser más o menos profundas, hacen que los hemisferios humanos tengan la apariencia de una nuez. Cada pliegue forma una circunvolución o giro, y las hendiduras entre circunvoluciones constituyen las **cisuras o surcos**.

Las cisuras más profundas perfilan varias características de los hemisferios (6.24A). Las más notables son la **cisura longitudinal**, que determina la separación de ambos hemisferios, y las cisuras que delimitan cuatro grandes lóbulos en la superficie de cada hemisferio cerebral. Estos lóbulos (Fig. 6.24B) se denominan como el hueso craneal que los cubre y se perfilan por las cisuras del siguiente modo: **el lóbulo frontal** se forma anterior a la **cisura central** (de Rolando), posterior a esta cisura se localiza el lóbulo parietal, y posterior a la **cisura parietooccipital** se extiende el **lóbulo occipital**. En la cara lateral de los hemisferios, la **cisura lateral** (de Silvia) delimita el **lóbulo temporal**.

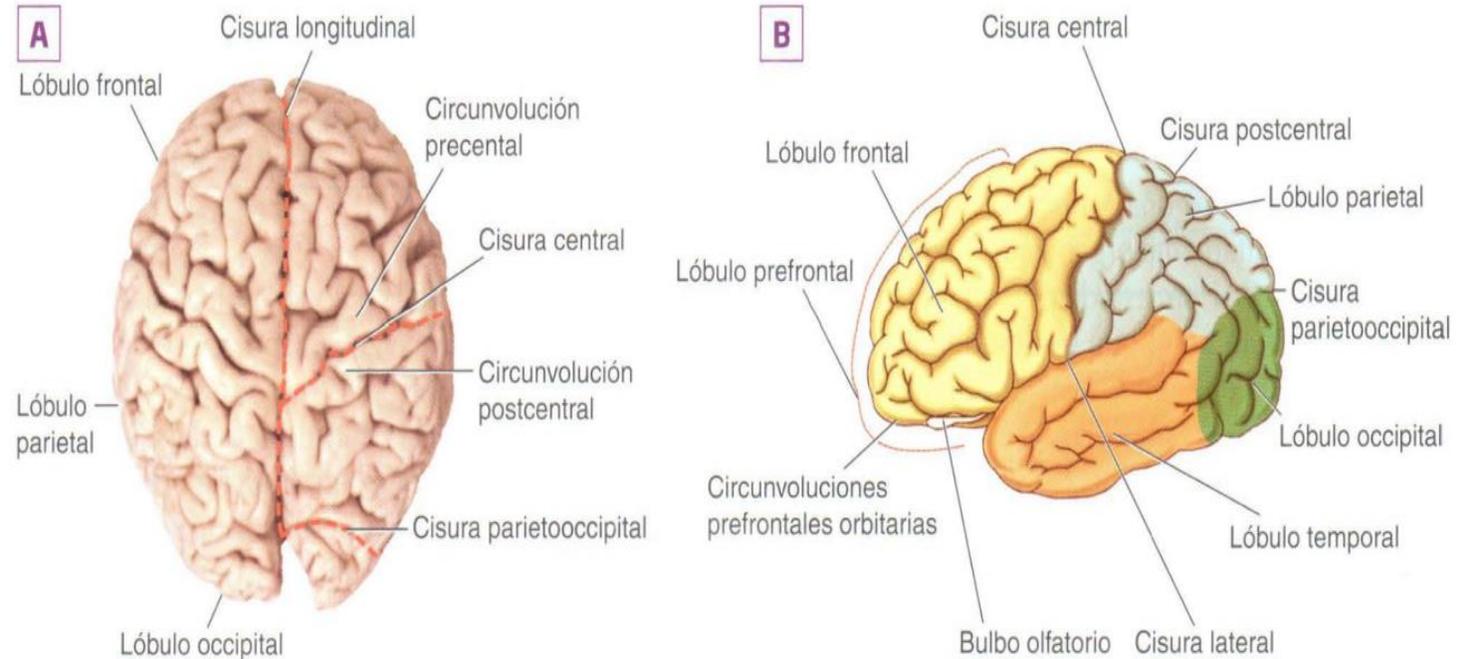


Figura 6.24

A. Fotografía de la superficie dorsal de los hemisferios cerebrales humanos en la que se señalan las principales cisuras. **B.** Hemisferio cerebral izquierdo. Están coloreados los lóbulos que se observan en la cara lateral (la parte anterior del lóbulo frontal se denomina lóbulo prefrontal).

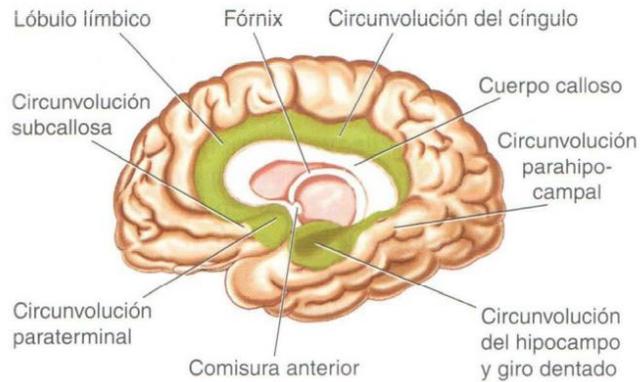


Figura 6.26

Cara medial del hemisferio cerebral derecho en la que aparece coloreado el lóbulo límbico. Lo denominó así Pierre Paul Broca en el siglo XIX, tomando su nombre del término latino *limbus*, que significa límite o borde.

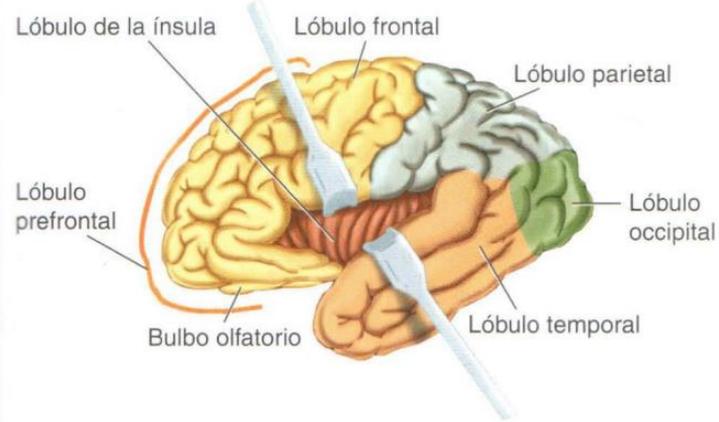


Figura 6.25

Hemisferio cerebral izquierdo. Se observa el lóbulo de la ínsula al abrir el hemisferio izquierdo por la cisura lateral.

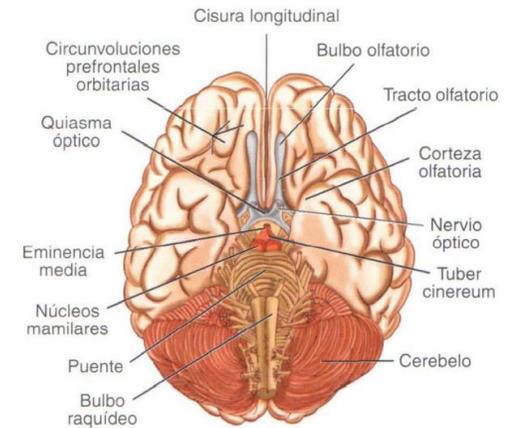


Figura 6.27

Cara ventral del encéfalo. Se señala la parte del diencefalo no cubierta por los hemisferios, las estructuras olfatorias y el nervio/quiasma óptico.

- Hay dos lóbulos que no son visibles en la superficie de los hemisferios. Uno es el **lóbulo de la ínsula**, que está situado en la profundidad de la cisura lateral donde confluyen los lóbulos frontal, parietal y temporal (Fig. 6.25). El otro es el **lóbulo límbico** (Fig. 6.26) que se localiza en la cara medial de los hemisferios, formando un anillo de corteza que bordea el cuerpo caloso desde el lóbulo temporal al frontal. Su forma arqueada alrededor del cuerpo caloso se debe en gran medida a la **circunvolución del cíngulo**. En la cara medial del lóbulo temporal, que se pliega sobre sí misma, se forma la circunvolución del **hipocampo** y la circunvolución dentada o **giro dentado**, que no quedan expuestas en la superficie (Fig. 6.26).
- En la cara ventral de los hemisferios cerebrales (Fig. 6.27) se localizan los bulbos olfatorios, que a través del tracto olfatorio alcanzan la corteza olfatoria del lóbulo temporal. A los bulbos olfatorios llegan los nervios olfatorios
- Los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo están unidos centralmente por grandes tractos de sustancia blanca denominados **comisuras**. La más grande de estas comisuras es el **cuerpo caloso** (Fig. 6.26) que es una estructura fundamental para la comunicación entre los hemisferios cerebrales.

A2) EL DIENCÉFALO

- **El diencéfalo** tiene una posición central en el encéfalo anterior (Fig. 6.28), ocupando la zona entre los hemisferios cerebrales (que lo cubren dorsal y lateralmente) y el tronco del encéfalo. Se organiza bajo los ventrículos laterales y alrededor del tercer ventrículo o ventrículo III (Fig. 6.28A). Sus dos componentes principales son el **tálamo** y el **hipotálamo**.
- **1.El tálamo** constituye la zona más dorsal del diencéfalo y ocupa toda su extensión antero-posterior.
- **2.El hipotálamo** se localiza ventral al tálamo. Se extiende desde el entorno de la lámina terminal hasta los cuerpos o núcleos mamilares .

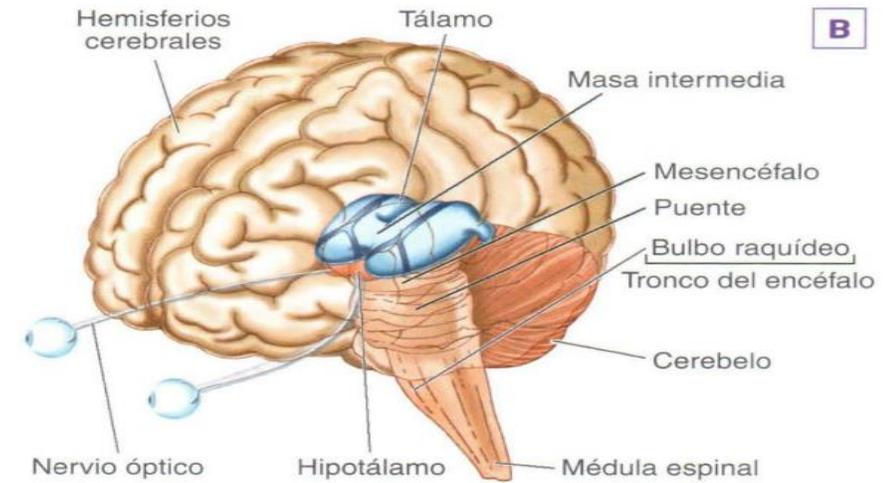
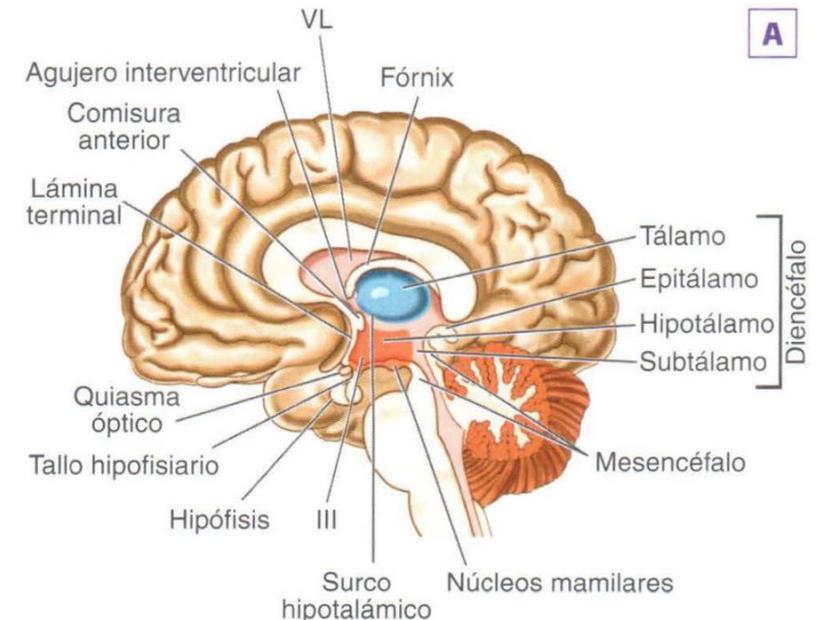


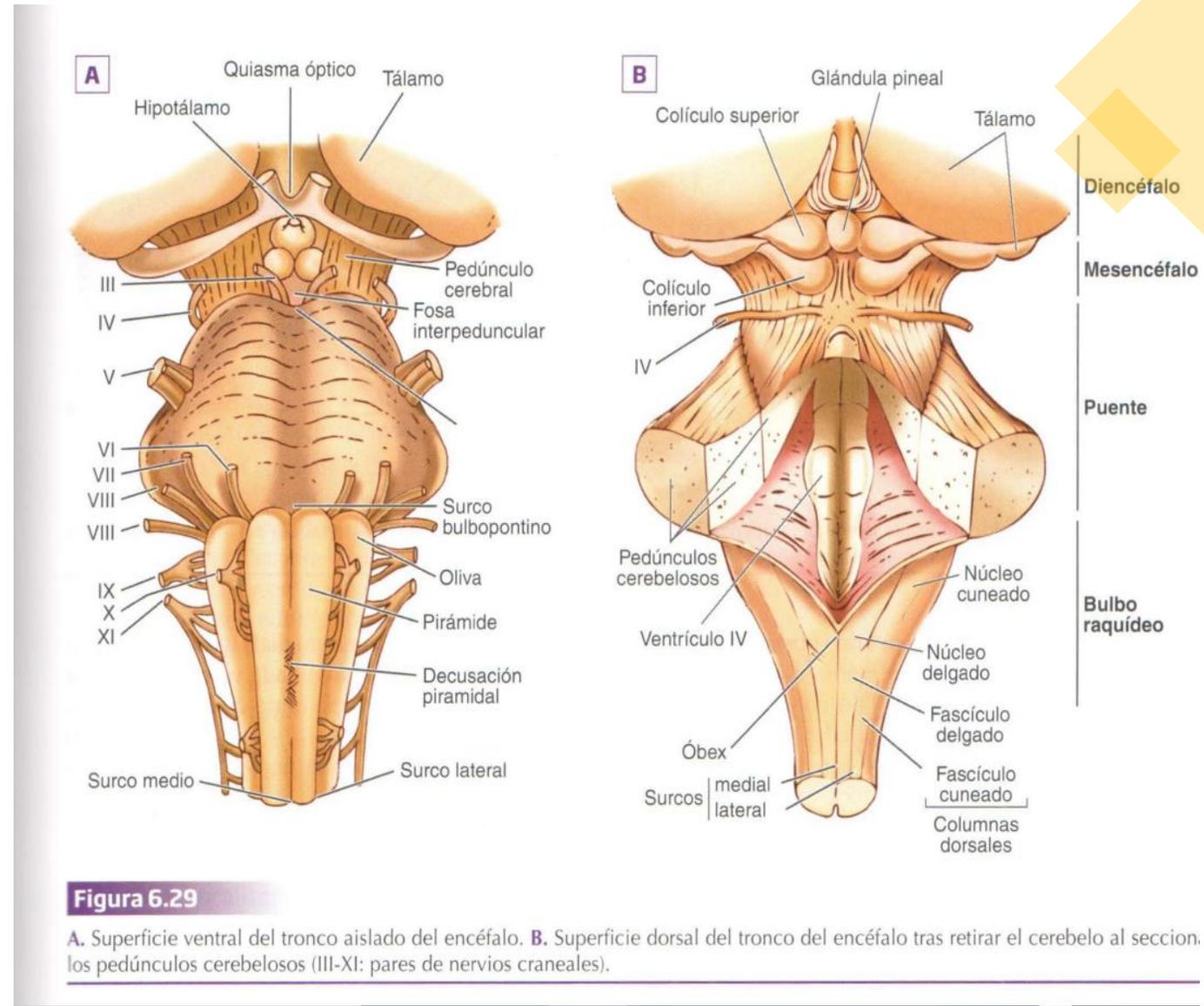
Figura 6.28

A. Sección sagital media del encéfalo que muestra los componentes del diencéfalo y sus límites. **B.** Localización del diencéfalo bajo la cubierta dorsal de los hemisferios cerebrales. VL: ventrículo lateral; III: ventrículo III. (B: Adaptada de Pinel, 1997).



B) El Tronco del Encéfalo

- Aunque de pequeño tamaño, el tronco del encéfalo desarrolla funciones fundamentales (p.ej., generar el ritmo respiratorio), además de constituir un centro de comunicación del SN.
- Desde esa perspectiva tiene la apariencia de un «tronco» blanquecino, flanqueado por los **nervios craneales**, que se extiende desde el diencefalo hasta la médula espinal. En la superficie ventral (Fig. 6.29A) tiene dos grandes surcos transversales que delimitan sus tres componentes: **el mesencéfalo** que se prolonga desde el diencefalo hasta el surco superior, el **punte o protuberancia**, limitado por los surcos superior y bulbopontino, y el **bulbo raquídeo**, que se extiende desde el surco bulbopontino hasta la médula espinal.



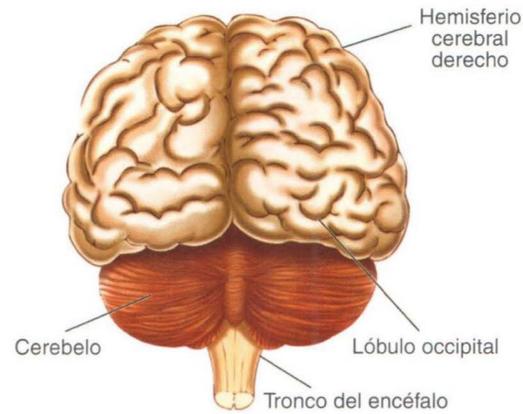


Figura 6.30

Cara posterior del encéfalo que muestra el cerebelo cubriendo el tronco del encéfalo.

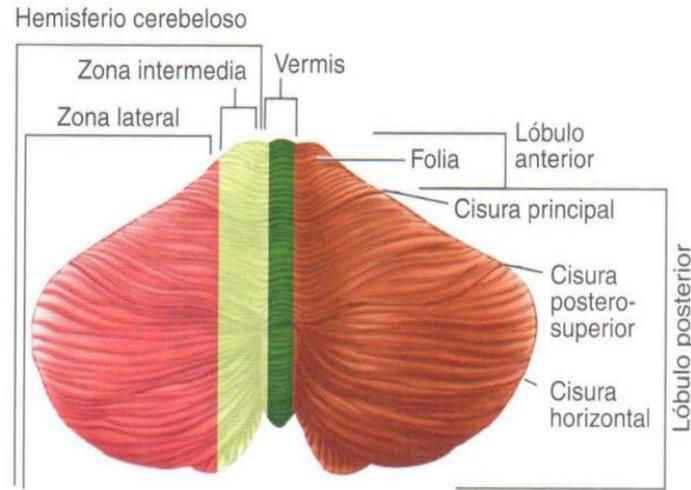


Figura 6.32

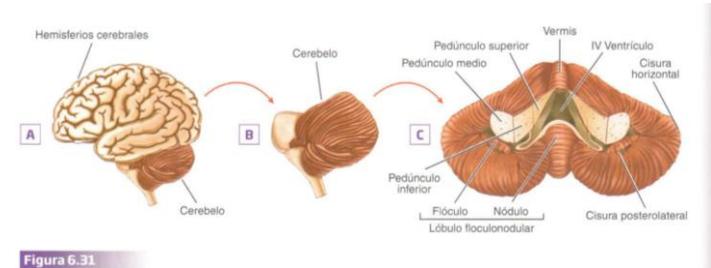


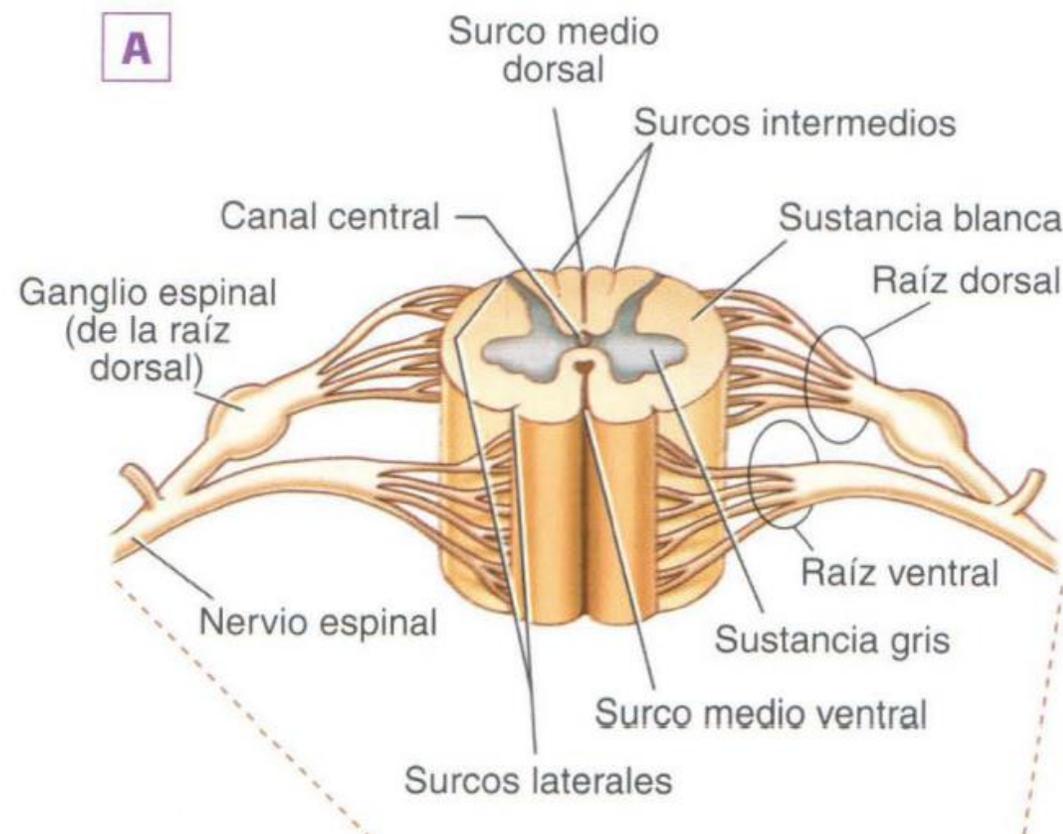
Figura 6.31

C) El Cerebelo

- El cerebelo (cerebro pequeño según su etimología, cerebellum) representa aproximadamente el 10% del volumen total del encéfalo, por lo que es la división que sigue en tamaño a los hemisferios cerebrales y, lo mismo que éstos, consta de dos hemisferios unidos en su parte central (Fig. 6.30)
- Desde un punto de vista funcional, se considera que la superficie dorsal del cerebelo está parcelada longitudinalmente en tres zonas que se han ilustrado en la Figura 6.32: una zona medial, formada por una estrecha banda central denominada vermis, una zona intermedia, constituida por la parte de los hemisferios cerebelosos próxima al vermis, y una zona lateral o hemisferios laterales, formada por el resto de los hemisferios cerebelosos.

E) La Médula Espinal

- La médula espinal constituye la conexión por la que el encéfalo se comunica con el resto del cuerpo, participando tanto en la recepción de información sensorial procedente de las extremidades, del tronco y de muchos órganos internos, como en el control de los movimientos del cuerpo y en la regulación de funciones viscerales. Además cumple una función integradora para algunas actividades reflejas que se desarrollan sin mediación encefálica.



La Médula Espinal

- Se parece a un tubo redondeado del grosor de un lápiz, aunque éste es mayor en los niveles en los que se insertan los **nervios espinales** que inervan los brazos y las piernas (ensanchamientos cervical y lumbar, respectivamente), y disminuye en la zona más caudal. Se extiende a continuación del tronco del encéfalo (Fig. 6.33B) desde la base del cráneo hasta el límite de la segunda vértebra lumbar.
- Está protegida por la columna vertebral y, aunque tiene una estructura continua, la inserción de cada par de nervios espinales delimita un trozo de médula espinal que se denomina segmento medular (Fig. 6.33A).
- Así, se considera que está parcelada en 31 segmentos (cervicales, torácicos, etc.) relacionados con los 31 pares de nervios espinales.

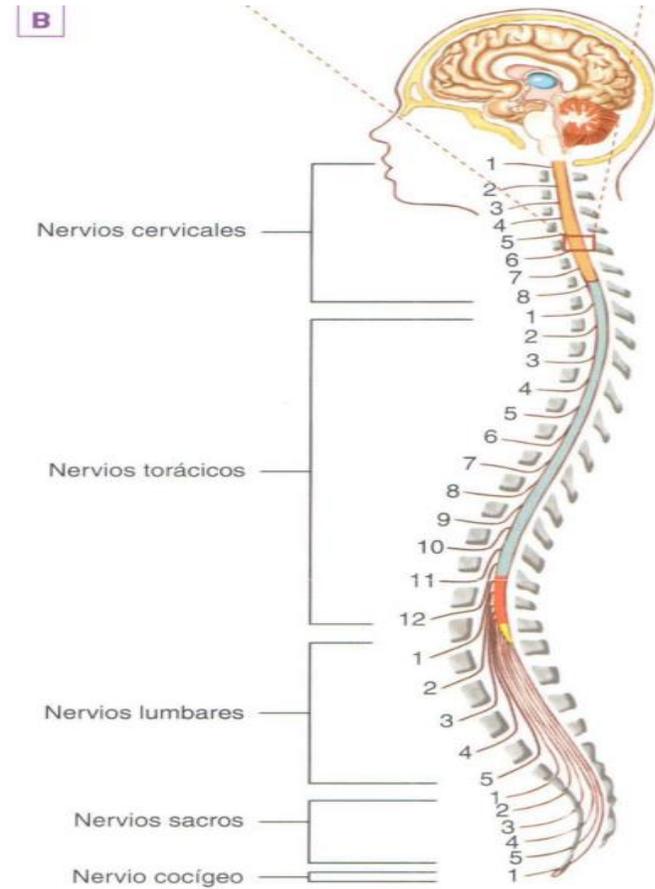


Figura 6.33

A. Segmento medular: observe la inserción de los nervios espinales en los surcos laterales y la diferencia de tamaño entre los surcos medios dorsal y ventral. **B.** Extensión de la médula espinal ilustrando los segmentos que marcan los nervios espinales.

2.3) Organización del Sistema Nervioso Periférico

- El SNP está compuesto por ganglios y por nervios. Los **ganglios** son agrupaciones de células nerviosas que se localizan fuera del SNC. Los **nervios** son conjuntos de axones (o fibras) recubiertos de mielina que ponen en comunicación el encéfalo y la médula espinal con el resto del cuerpo.
- El SNP está integrado por el **SN somático** y el **SN autónomo** (o visceral). Ambas divisiones del SNP constan de un componente sensorial (aférente) y un componente motor (eferente).
- **SN autónomo** participa en la regulación del ambiente interno del organismo ajustando la respuesta de las glándulas, vasos sanguíneos y órganos internos en función de las condiciones a las que el organismo está sometido.
- **El sistema nervioso autónomo tiene dos divisiones principales:** el sistema nervioso simpático (regula respuestas corporales de activación) y el sistema nervioso parasimpático (vuelve al estado de equilibrio después de activar el SNS).
- **Los nervios del SNP** parten del encéfalo (nervios craneales) y de la médula espinal (nervios espinales o raquídeos) duplicados para inervar cada lado de nuestro cuerpo.

a) Los nervios craneales

Los nervios craneales son los nervios que parten del encéfalo. La mayoría surgen del tronco del encéfalo y después de salir de la cavidad craneal se dirigen a sus respectivos destinos periféricos. La mayor parte de ellos llegan a estructuras de la cabeza y cuello a las que proporcionan inervación sensorial y motora.

Existen doce pares de nervios craneales, algunos pertenecen exclusivamente al SN somático (p.ej., el nervio trigémino-V-) mientras que otros incluyen componentes del autónomo (p. ej., el nervio facial-VII-). Algunos de ellos llevan información sensorial al SNC, otros transportan la información en la dirección opuesta, desde el SNC a diferentes zonas de nuestro cuerpo, es decir, son principalmente motores, mientras que un tercer tipo son mixtos, combinan funciones sensoriales y motoras.

En los nervios craneales, a diferencia de lo que ocurre en los nervios espinales, las fibras sensoriales y motoras entran y salen del tronco del encéfalo en el mismo punto. **En la Tabla 6.1 se especifican las funciones de cada uno de los nervios craneales.**

Tabla 6.1 Los nervios craneales

NERVIO	FUNCIÓN	ESTRUCTURA PERIFÉRICA INERVADA
I. Olfatorio	Sensorial	Receptores de la mucosa olfatoria.
II. Óptico	Sensorial	Células ganglionares de la retina.
III. Oculomotor	Motora	Músculos oculares externos. Músculos constrictores del iris y musculatura ciliar.
IV. Troclear	Motora	Músculo oblicuo mayor del ojo.
V. Trigémino	Sensorial	Piel y mucosa de la cabeza y dientes: <ul style="list-style-type: none"> ■ Rama oftálmica: la frente, el ojo, la cavidad nasal superior. ■ Rama maxilar: la cavidad nasal inferior, el rostro, los dientes superiores y la mucosa de la porción superior de la boca. ■ Rama mandibular: las superficies de las mandíbulas, dientes inferiores, mucosa de la parte inferior de la boca y gusto en la parte anterior de la lengua.
	Motora	Músculos de las mandíbulas, tensor del tímpano, tensor del paladar y digástrico.
VI. Motor ocular externo (Abducens)	Motora	Músculo recto externo del ojo.
VII. Facial	Sensorial	Dos tercios anteriores de la lengua y paladar. Piel del oído externo.
	Motora	Glándulas lacrimales, glándulas de la mucosa nasal, glándulas salivales. Músculos de la cara y cuero cabelludo.
VIII. Vestíbulo-coclear o auditivo	Sensorial	Células ciliadas del órgano de Corti. Células ciliadas del aparato vestibular.
	Sensorial	Piel del oído externo. Membranas mucosas de la región faríngea y oído medio. Tercio posterior de la lengua.
IX. Glossofaríngeo	Motora	Glándula parótida. Músculo estriado de la faringe.
	Sensorial	Laringe, tráquea, faringe. Vísceras de tórax y abdomen.
X. Vago	Motora	Intestino, estructuras respiratorias, corazón. Músculos estriados del paladar, faringe y laringe.
	Motora	Músculos de vísceras torácicas y abdominales. Músculos cervicales (esternocleidomastoideo y parte del trapecio).
XI. Espinal accesorio	Motora	Músculos de la lengua y la garganta.
XII. Hipogloso	Motora	Músculos de la lengua y la garganta.

b) Nervios espinales

- Los nervios espinales son los que parten de la médula espinal, distribuyéndose desde aquí por todo el cuerpo. **31 pares de nervios espinales**.
- Existe un par de nervios, uno a cada lado, para cada segmento vertebral de la médula (**Fig. A**). Ya que cada par de nervios espinales se asocia con una vértebra, ~~se denominan de acuerdo a la zona de la columna vertebral de la que parten.~~
- Los ocho primeros pares de nervios espinales se denominan **cervicales**, los doce siguientes **torácicos**, los diez siguientes se dividen por igual entre **lumbares** y **sacros**, y, por último, hay un par de nervios cocígeos muy pequeños (**Fig. 6.33B**).
- Cada nervio espinal está unido a la médula espinal por medio de dos raíces: una **raíz ventral** (anterior) y una **raíz dorsal** (posterior). La raíz dorsal de cada nervio espinal se identifica fácilmente por la existencia de un abultamiento denominado ganglio de la raíz dorsal o ganglio raquídeo (**Fig. 6.33A**).
- Las **raíces ventrales** están formadas por los axones de las neuronas de la médula espinal que controlan la actividad de los músculos esqueléticos (fibras eferentes somáticas), y por los axones de las divisiones simpática y parasimpática del SN autónomo que llegan hasta la musculatura lisa y las glándulas (fibras eferentes viscerales). Las **raíces dorsales** están constituidas por axones que llevan información de entrada desde los receptores sensoriales de músculos, piel (fibras aferentes somáticas) y vísceras (fibras **aferentes** viscerales) hasta la médula espinal.

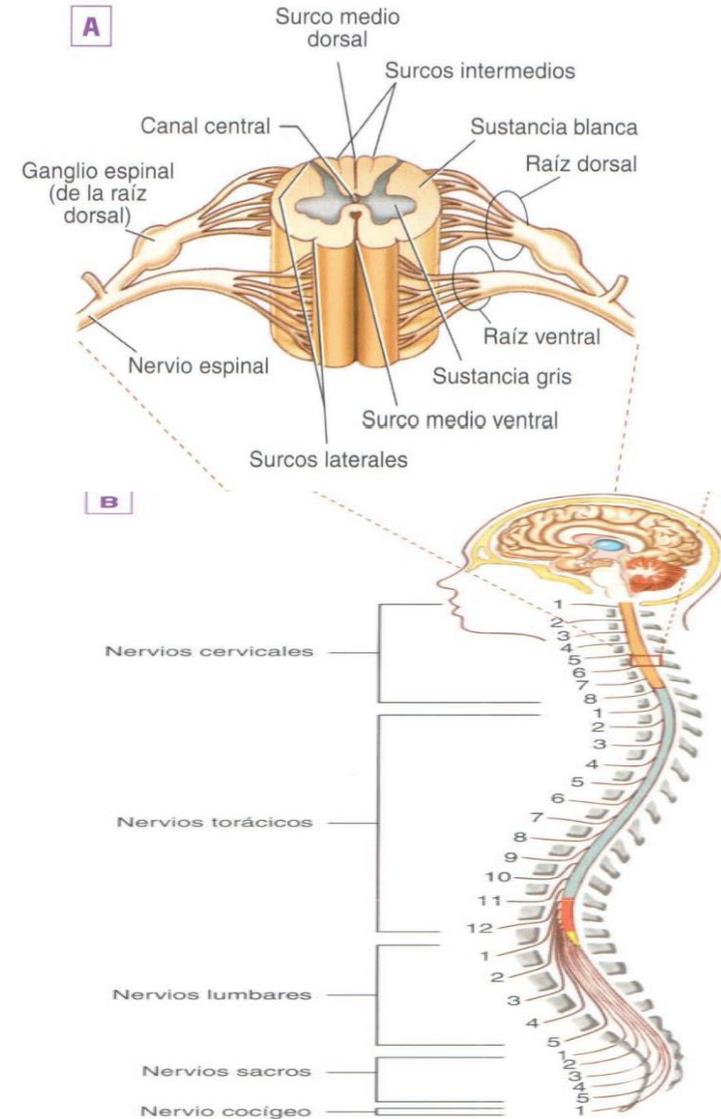


Figura 6.33

A. Segmento medular: observe la inserción de los nervios espinales en los surcos laterales y la diferencia de tamaño entre los surcos medios dorsal y ventral. **B.** Extensión de la médula espinal ilustrando los segmentos que marcan los nervios espinales.

3) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL:

3.1) Las Meninges

- Una serie de tres láminas de tejido conjuntivo protegen al SNC y evitan que esté en contacto directo con el hueso (Fig. 6.35A).
- **1- Duramadre**, la más externa gruesa y resistente. Entre la duramadre y el hueso, existe un espacio con tejido conectivo denominado espacio epidural.
- **2-Aracnoides**, unida a la duramadre, pero sin estar fijada a ella se sitúa la lámina intermedia.
- **3-Piamadre**, firmemente adherida al encéfalo y a la médula espinal que incluso penetra en cada surco.
- Entre la piamadre y la aracnoides existe un espacio ocupado por **líquido cefalorraquídeo** denominado **espacio subaracnoideo** donde se sitúan las principales venas y arterias cerebrales superficiales (Fig. 6.35B).

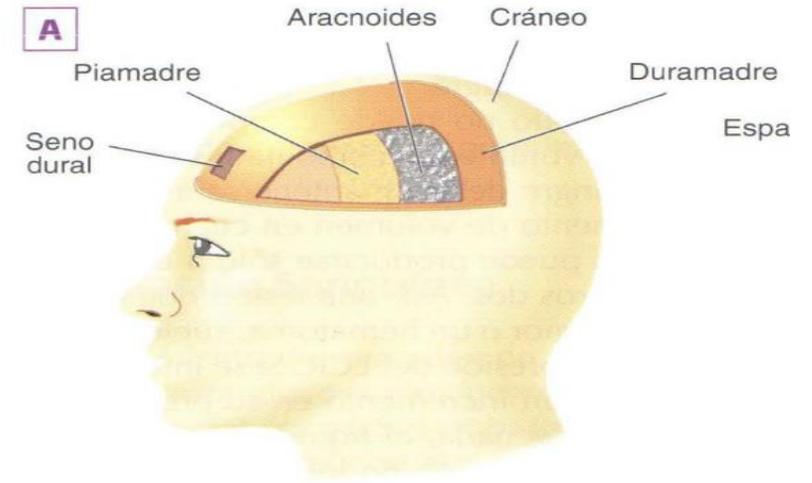
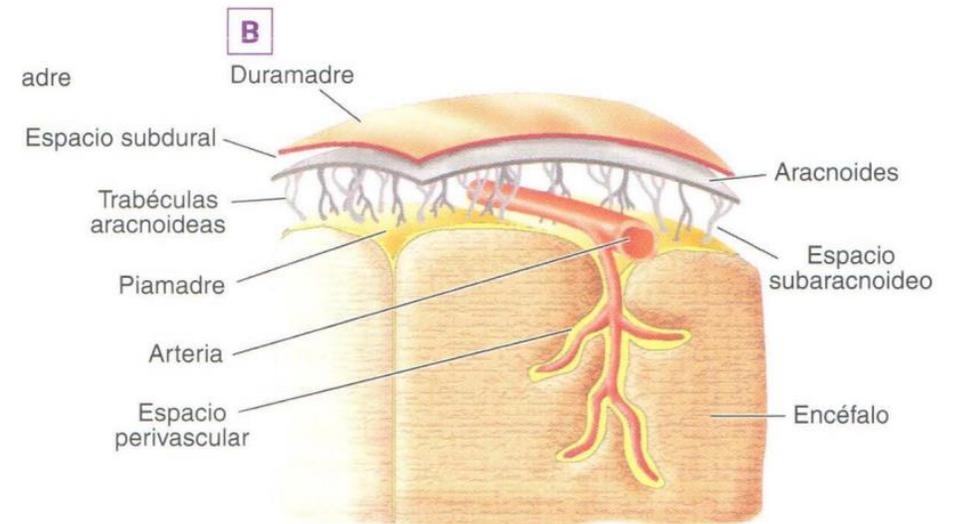


Figura 6.35



3.2) Sistema Ventricular y Producción de Líquido Cefalorraquídeo

La extrema blandura del encéfalo y de la médula espinal hace que precisen de un sistema especial de protección, ya que las meninges no son suficientes para proporcionar amortiguación. El SNC se encuentra protegido contra los traumatismos por una envoltura de fluido que se extrae de la sangre denominado **líquido cefalorraquídeo (LCR)**.

Hay un total de cuatro ventrículos (Fig. 6.36):

- **Los dos ventrículos laterales**, que se sitúan cerca del plano medio en cada hemisferio cerebral, extendiéndose desde el centro del lóbulo frontal hasta el lóbulo occipital.
- **El tercer ventrículo** (o ventrículo III) se encuentra situado en la línea media que separa ambos tálamos, extendiéndose hacia adelante y hacia abajo entre las mitades adyacentes del hipotálamo.
- **El cuarto ventrículo** (o ventrículo IV) se sitúa en el tronco del encéfalo, dorsal al puente y al bulbo, y delante del cerebelo.

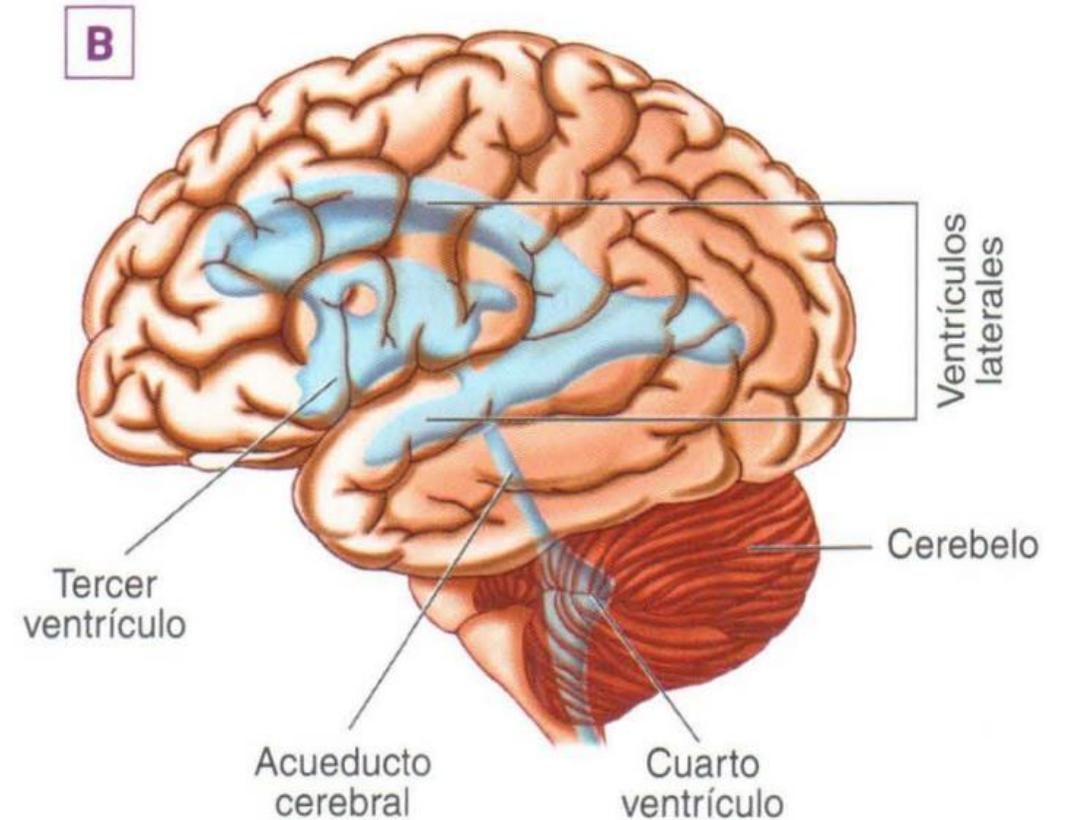


Figura 6.36

Visiones frontal (A) y lateral (B) del sistema ventricular encefálico.

líquido cefalorraquídeo (LCR)

- Las zonas de formación, circulación y absorción del líquido cefalorraquídeo se presentan en este corte mediosagital del SNC.
- **Una vez que el líquido ha sido secretado por los plexos coroideos, hace el siguiente recorrido:**
 - 1 desde los dos ventrículos laterales va al tercer ventrículo a través de los dos agujeros interventriculares;
 - 2 en el tercer ventrículo aumenta su volumen por el líquido formado en el plexo coroideo de este ventrículo y pasa hacia el cuarto ventrículo a través del acueducto de Silvio;
 - 3 por las aberturas del cuarto ventrículo (el orificio medio y los orificios laterales) sale al espacio subaracnoideo y circula a través de este espacio para bañar toda la superficie del SNC.
- Desde el espacio subaracnoideo, el LCR pasa a la sangre venosa a través de las granulaciones aracnoideas que son prolongaciones de la membrana aracnoides circundadas por vasos sanguíneos que forman parte de la vía de retorno de la sangre venosa cerebral.

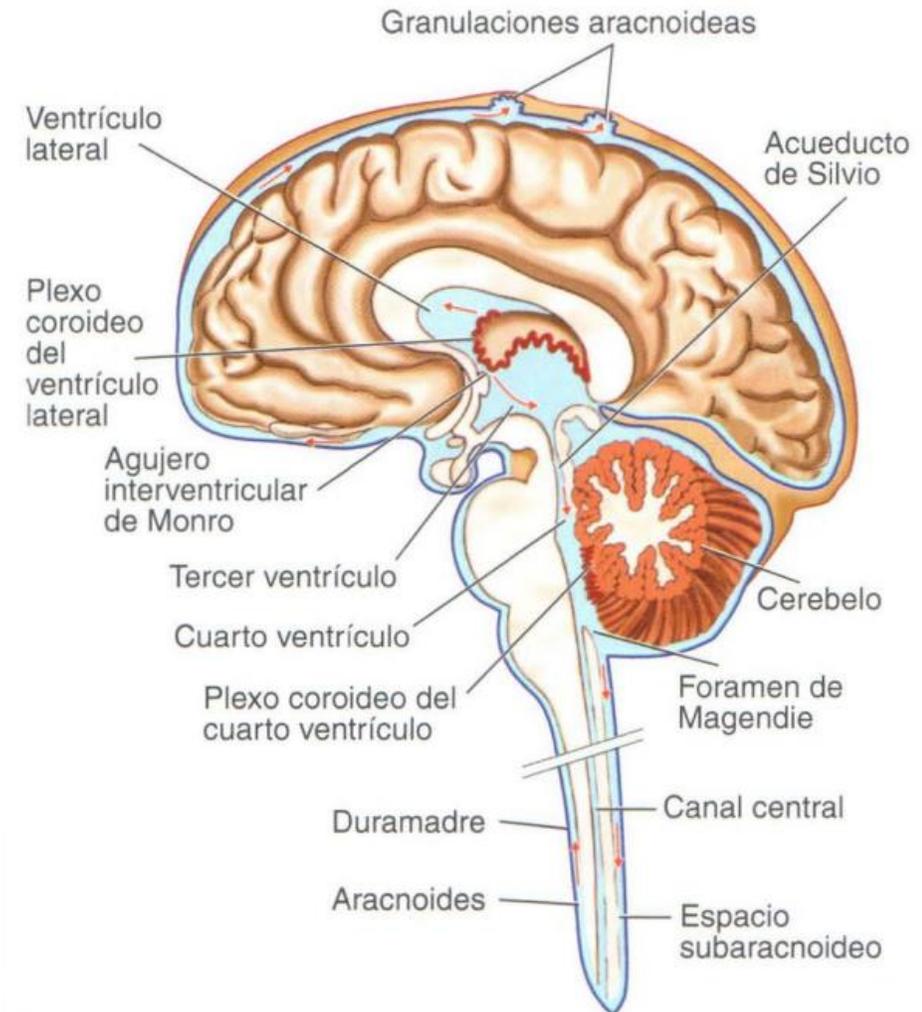


Figura 6.37

3.3) Circulación Sanguínea

- **El encéfalo** necesita glucosa y oxígeno para cubrir sus necesidades metabólicas. Sin embargo, **sus requerimientos energéticos son mucho mayores que los de cualquier otro órgano.**
- La sangre accede al encéfalo por dos sistemas arteriales: **las arterias carótidas internas y las arterias vertebrales**, que constituyen respectivamente la circulación anterior y posterior del encéfalo (Fig. 6.39). Ambos sistemas no son independientes sino que se encuentran conectados por redes de arterias.
- La circulación vertebrobasilar y la circulación carotidea (circulación posterior y anterior, respectivamente) se unen en la base del encéfalo a través de las dos arterias comunicantes posteriores para formar el denominado **círculo o polígono de Willis**, que consiste en un anillo arterial en el cual los dos sistemas de aporte sanguíneo al encéfalo están conectados. Este círculo reduce la vulnerabilidad a la obstrucción local, actuando como sistema de seguridad para mantener un aporte sanguíneo que asegure un funcionamiento cerebral adecuado. Aun así, la interrupción del flujo sanguíneo puede ocurrir cuando se produce una situación denominada **ictus** o accidente cerebrovascular.

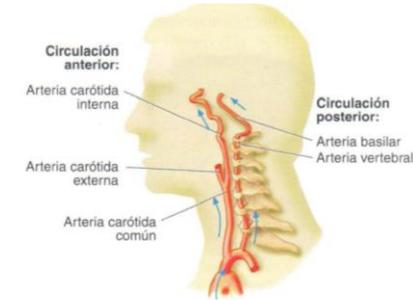


Figura 6.39

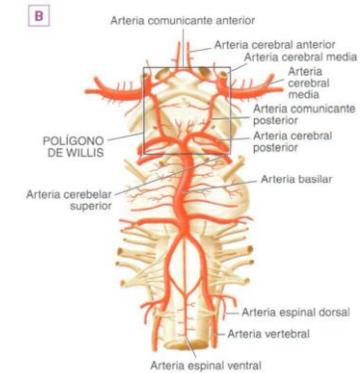
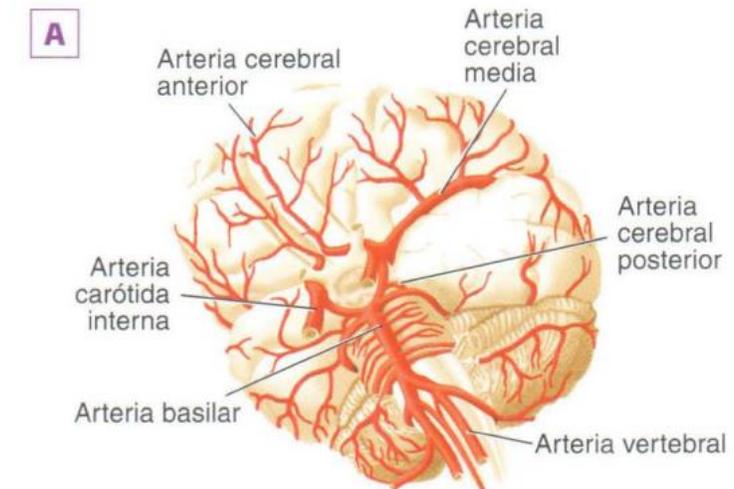


Figura 6.40



3.4) La barrera hematoencefálica.

- Esta barrera controla lo que entra en el encéfalo por vía sanguínea, **filtra las sustancias tóxicas y permite el paso de los nutrientes y gases de la respiración.**
- **Las células endoteliales** que tapizan el interior de los capilares forman la barrera hematoencefálica.
- Se puede ver también cómo los pies de los astrocitos cubren por completo el capilar.

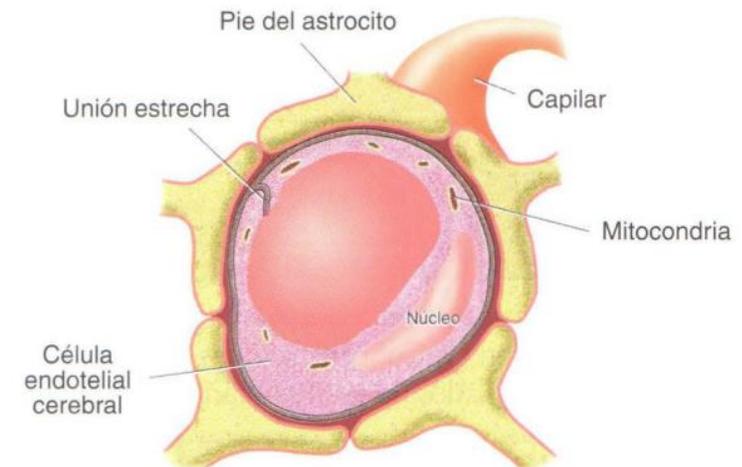


Figura 6.41