

# **FILOGÉNESIS: CORTEZA Y EVOLUCIÓN**

## **LECTURA 2**

**AUTOR: RIGEL ACUÑA MORENO.**



**San Marcos**

Introducción . . . . .	3
Filogénesis: Corteza y evolución . . . . .	4
Histología del sistema nervioso . . . . .	5
Características de las neuronas . . . . .	5
Características de células de la neuroglia. . . . .	7
Barrera Hematoencefálica. . . . .	9
Meninges. . . . .	10
Duramadre . . . . .	12
Piamadre . . . . .	13
Aracnoides . . . . .	13
Anatomía del Sistema Nervioso . . . . .	15
Sistema Nervioso Central (SNC) . . . . .	16
Médula espinal . . . . .	16
Encéfalo . . . . .	17
Hemisferios cerebrales: corteza cerebral. . . . .	17
Bibliografía . . . . .	19



# Filogénesis: Corteza y evolución





## Instrucción

Lo invitamos a revisar el recurso: "Formación de las 5 vesículas embrionarias y las estructuras anatómicas que originan", disponible en la página principal del eje 1.

## Histología del sistema nervioso

Las células que componen el sistema nervioso se encuentran divididas en dos grandes grupos: Las neuronas y la neuroglia las cuales tienen como función ser apoyo y base estructural para las mismas neuronas (Afifi y Bergman, 2006). Existe un tercer grupo complementario, conformado por células ependimarias, las cuales tendrán una función vital en la producción de líquido cefalorraquídeo.

Cuando nos referimos a la histología del sistema nervioso, estamos hablando del tejido como tal y para poder observar sus características y organización más internamente es necesario dar una mirada al microscopio. Así como en algún momento de la historia lo hicieron Geutchen y Golgi a mediados del siglo XIX, luego más adelante el método de Ehrlich y las observaciones de Ramón y Cajal que finalmente terminaron en los siguientes enunciados (Carlson, 2006).

1. La neurona es la unidad anatómica del tejido nervioso, a su vez las ramificaciones logran entrar en contacto sin que exista continuidad entre ellas (contigüidad).
2. Además, de ser unidad anatómica también es unidad funcional por el hecho de generar **sinapsis** al pasar impulsos nerviosos cuando se comunican.
3. Las neuronas son **unidades tróficas**, es decir que el soma o cuerpo neuronal actúa como centro vital de dichas prolongaciones.

### Características de las neuronas

Estructuralmente, las neuronas, tienen un cuerpo celular, también llamado soma o pericarión, allí es donde se contiene el **núcleo** y **nucléolo**. Además, también se compone de prolongaciones que se dividen en axón y dendritas. Sin embargo, a pesar de que todas las neuronas tienen estas mismas características es necesario clasificarlas debido a que el tamaño, forma, aspecto y función es diferente. De igual manera pasa con sus prolongaciones, habrá unas neuronas que tengan escasas dendritas y otras con múltiples proyecciones.



#### Sinapsis

Significa conexión, fue introducido por primera vez por Charles Sherrington en 1897. Es un proceso esencial en la comunicación neuronal.

#### Unidades tróficas

Soma neuronal es centro vital.

#### Núcleo

Órgano más prominente de la célula. Tiene varias membranas porosas que permiten el paso de ciertas sustancias como el ARN mensajero. Contiene la mayor parte del material genético celular (ADN) organizado en forma de cromosomas.

#### Nucléolo

se ubica dentro del núcleo. Es una estructura esférica y tiene como función principal la biosíntesis de ribosomas desde los componentes de ADN para formar ARN ribosómico.

Por tales diferencias fue necesario clasificarlas en 4 grandes (Gartner y Hiatt, 2011):

- *Neuronas unipolares o pseudounipolares*: poseen un soma esférico que tiene solo una prolongación (axón) que se bifurca en los extremos. Por ejemplo, las células ganglionares sensoriales.
- *Neuronas bipolares*: tienen 2 prolongaciones, una en cada extremo de la célula, el cuerpo neuronal tiene forma ovalada. Por ejemplo, los ganglios perifericos coclear y vestibular, y células receptoras olfatoria y retinianas).
- *Neuronas multipolares*: estas neuronas tienen un axón y múltiples prolongaciones dendríticas. Por ejemplo, los ganglios autónomos y gran parte de la población de células del sistema nervioso central.
- *Neuronas anaxónicas*: se localizan principalmente en el cerebro, son muy pequeñas y por ende no se alcanzan a distinguir sus dendritas de sus axones.

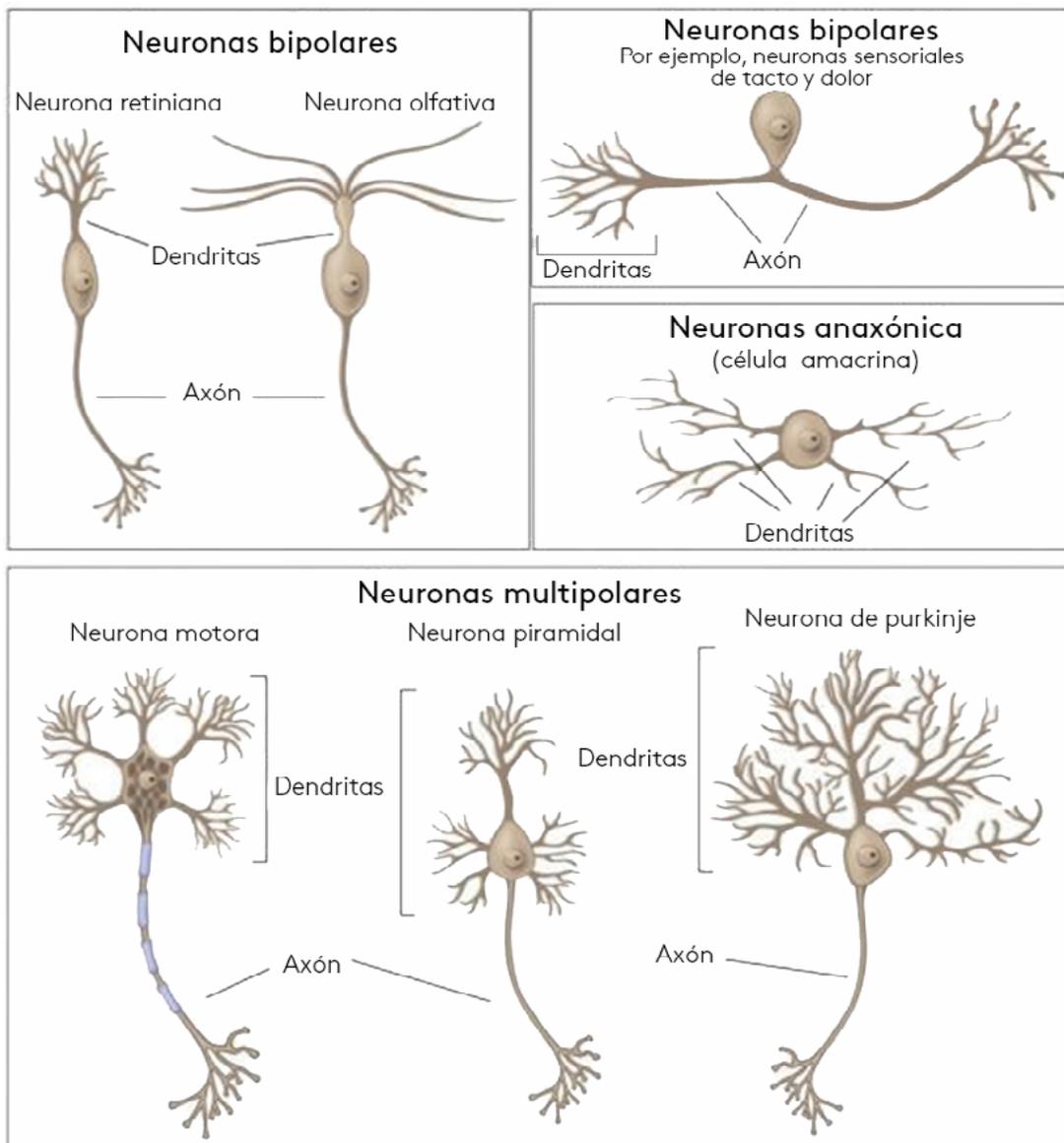


Figura 13. Tipos de neuronas  
Fuente: (Gartner y Hiatt, 2011)

En cuanto a las prolongaciones, el axón de una neurona es la parte efectora de la célula y tiene como función principal transmitir información a través de impulsos nerviosos. Se caracteriza por las grandes distancias que puede llegar a recorrer, como tener un inicio en la médula espinal y extenderse hasta los dedos de las manos o de los pies (Afifi y Bergman, 2006).



### ¡Importante!

Las dendritas, son consideradas como el área receptora primaria de la célula, puesto que permiten la comunicación entre las mismas neuronas desempeñando un papel vital para la transducción de información, ya que entre ellas generan señales que definen finalmente si hay liberación de neurotransmisores o si por el contrario no se expulsa ningún neurotransmisor al espacio intersináptico. Dicha liberación puede ser excitatoria o inhibitoria dependiendo del neurotransmisor y de los receptores.

## Características de células de la neuroglia

Las células de la neuroglia, se definen como un conjunto células que abunda en el cerebro y cumple diversas funciones de soporte a las neuronas, como funciones de metabolismo, sostén, protección, limpieza del sistema nervioso entre otras. Son más numerosas que las neuronas y por ende de menor tamaño. A continuación, encontrará en la tabla 2 los tipos de células que conforman la glía, la función principal y la ilustración de dicha célula.

TIPO DE CÉLULA	FUNCIÓN	ILUSTRACIÓN
Astrocitos fibrosos (Sustancia blanca) Se caracterizan por tener un cuerpo muy ramificado, con prolongaciones delgadas.	Predominan en la sustancia blanca. Algunas ramificaciones se adhieren a la pared de los vasos (pies vasculares). Se forma una relación química y funcional entre ambas células.	<p>Vaso sanguíneo Pie perivascular Astrocito protoplasmático Astrocito fibroso</p>
Astrocitos protoplasmáticos (sustancia gris), se caracterizan por tener menos ramificaciones y son más anchas.		

Fuente: (Gartner y Hiatt, 2011)

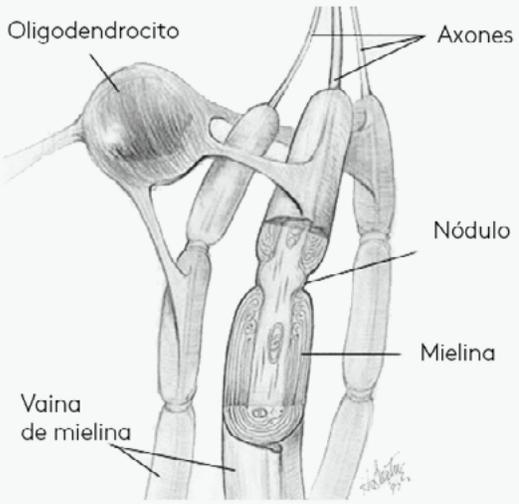
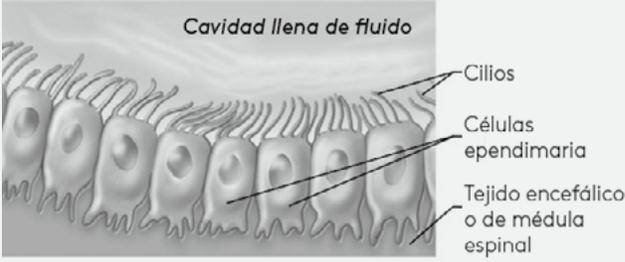
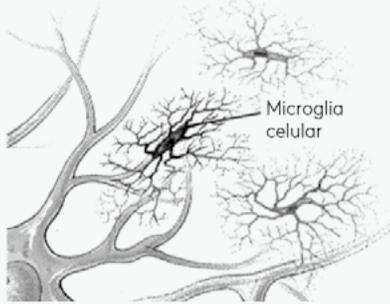
<p>Oligodendroglia.</p>	<p>Tienen escasas prolongaciones, su núcleo es más pequeño que el de la astroglia. Se ubica en la sustancia gris, generalmente alrededor de las neuronas. Se encuentran asociadas con la formación de las vainas de mielina en el sistema nervioso central.</p>	 <p>Oligodendrocito Axones Nódulo Mielina Vaina de mielina</p> <p>Fuente: <a href="http://www.guiasdeneuro.com/la-neuroglia/">http://www.guiasdeneuro.com/la-neuroglia/</a></p>
<p>Células endimarias.</p>	<p>Estas células se encuentran revistiendo las cavidades del sistema ventricular y son derivadas del epitelio germinal del tubo neural. Encargadas de la formación del líquido cefalorraquídeo.</p>	 <p>Cavidad llena de fluido Cilios Células endimaria Tejido encefálico o de médula espinal</p> <p>Fuente: <a href="https://image.slidesharecdn.com/chapter11a-131027120312-phpapp01/95/organizacin-y-tejidos-del-sistema-nervioso-2013-18-638.jpg">https://image.slidesharecdn.com/chapter11a-131027120312-phpapp01/95/organizacin-y-tejidos-del-sistema-nervioso-2013-18-638.jpg</a></p>
<p>Microglia.</p>	<p>Se caracteriza por tener finas prolongaciones ramificadas, tienen una función fagocítica en donde si hay algún daño en el tejido se dirigen al lugar y digieren los restos de tejido lesionado.</p>	 <p>Microglia celular</p> <p>Fuente: <a href="http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/microglia">http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/microglia</a></p>

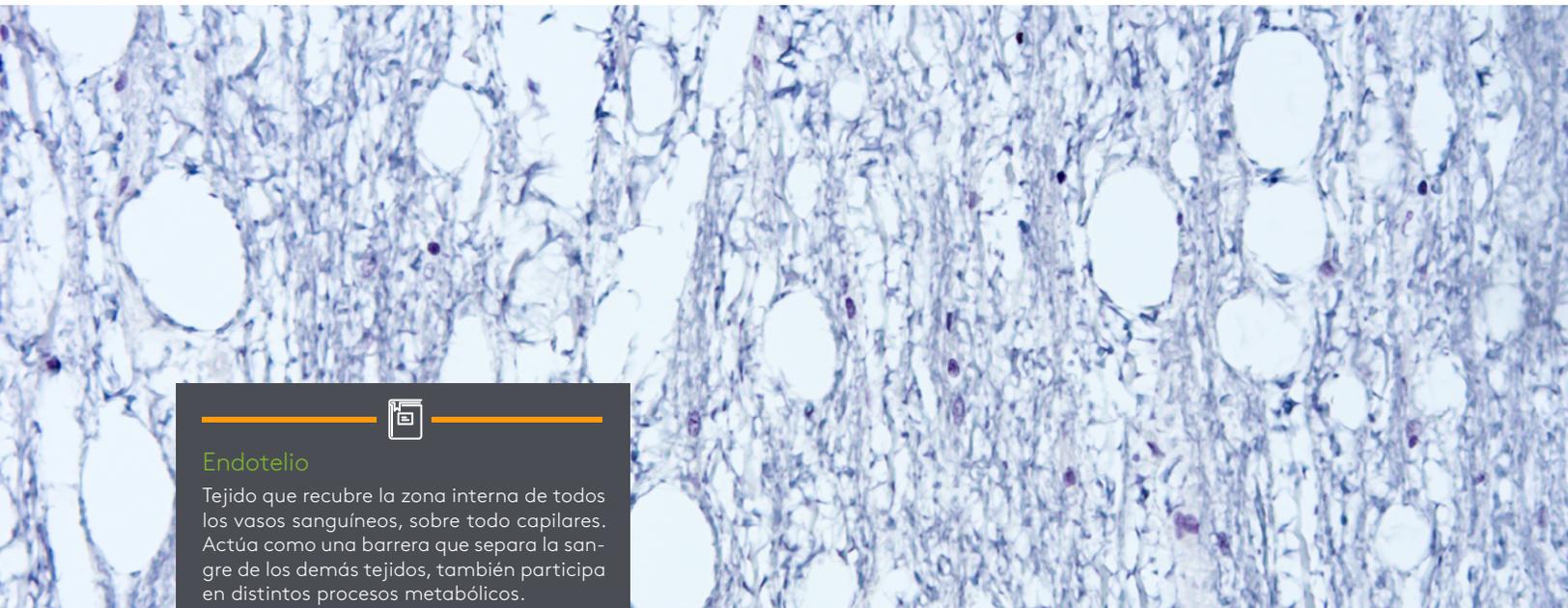
Tabla 1 Células de la neuroglia  
Fuente: (Gartner y Hiatt, 2011)



## Instrucción

Lo invitamos a revisar el recurso de aprendizaje: mapa conceptual histología del sistema nervioso (PNG). Que se encuentra disponible en la página principal del eje 1.

## Barrera Hematoencefálica



### Endotelio

Tejido que recubre la zona interna de todos los vasos sanguíneos, sobre todo capilares. Actúa como una barrera que separa la sangre de los demás tejidos, también participa en distintos procesos metabólicos.

Figura 14.

Fuente: Shutterstock/68187946

Gracias a la barrera hematoencefálica, muchas sustancias son excluidas del sistema nervioso y por lo tanto no penetran en él. Esta barrera existe debido a que el tejido nervioso solo necesita de cierto tipo de sustancias para obtener energía y funcionar correctamente. Por ende, para que se pueda realizar dicha exclusión es necesario que exista un filtro el cual se divide en (Cardinali, 1992):

**1.** Capilares cerebrales: por sus características morfológicas y funcionales. Estas características son:

- a.** Las uniones estrechas del **endotelio** (células que hacen parte de la estructura de la pared del capilar).
  - b.** Las células endoteliales se encuentran rodeadas por células del a neuroglia.
  - c.** Las células endoteliales poseen procesos activos de transporte constante, gracias a que tienen muchas mitocondrias.
- 2.** Características fisicoquímicas de la sustancia que está apunto de transferirse.



## ¡Importante!

No todo el tejido nervioso posee capilares que cumplen una función de barrera, existen partes denominadas ventanas del sistema nervioso central, especializadas en el proceso de neurosecreción realizando funciones quimiorreceptoras y de recepción hormonal, como por ejemplo la glándula pineal, neurohipófisis y una parte del hipotálamo.

Entonces, de acuerdo a lo mencionado anteriormente sobre los filtros que se generan en la barrera, las sustancias que sí podrían atravesarla tendrían que tener bajo peso molecular y liposolubilidad, como la glucosa, aminoácidos, algunas vitaminas, nucleósidos y iones (Gartner y Hiatt, 2011). De hecho, casi todos los compuestos liposolubles, por ejemplo, el alcohol o los anestésicos pueden entrar al

encéfalo y atravesar la barrera sin mayor problema, esto puede explicar porque no sentimos dolor al estar anestesiados o porque el alcohol tiene un efecto tan rápido y notorio. También está el otro extremo, como por ejemplo impedir el paso de algunos medicamentos no liposolubles que en muchas ocasiones son los indicados para curar el parkinson, alzheimer u otras patologías cerebrales.



## Video

### Recurso de aprendizaje:

Video Barrera Hematoencefálica.

## Meninges

Entre el hueso y el tejido nervioso, existen 3 capas de recubrimiento de **tejido conjuntivo**, las cuales constituyen las cubiertas exteriores del neuroeje alojándose en el interior de la cavidad craneana y del conducto raquídeo. Estas 3 capas de tejido conjuntivo son: duramadre,



### Tejido conjuntivo

También llamado tejido conectivo, es un conjunto de tejidos que tiene como función principal servir de soporte y proteger otros tejidos del cuerpo. Compuesto de células llamadas fibroblastos quienes fabrican fibras de colágeno encargadas de dar resistencia a dichos tejidos.

la capa más externa, también llamada paquimeninge debido a que es la capa más gruesa y dura; piamadre, la capa más interna, está conformada por tejido conjuntivo laxo y se adhiere directamente a la superficie del neuroeje; finalmente, la aracnoides, conformada por trabéculas aracnoideas, las cuales se encuentran atravesando el espacio subaracnoideo (por donde pasa el líquido cefalorraquídeo) hasta el contacto directo con la piamadre (Noback, Strominger, Demarest y Ruggiero, 2005).

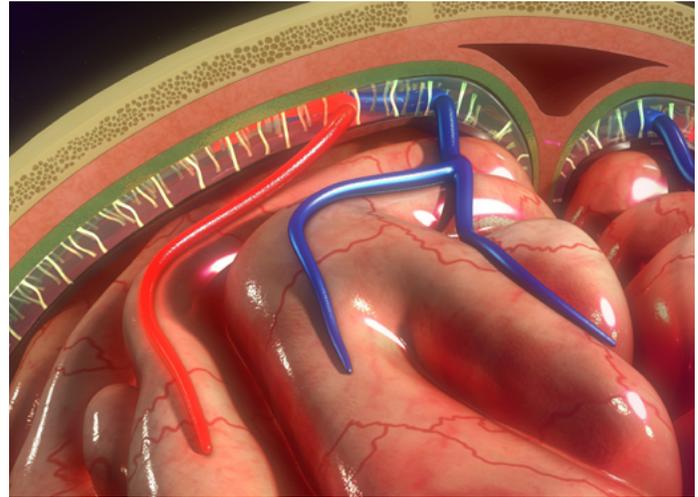


Figura 15.  
Fuente: Shutterstock/399663421

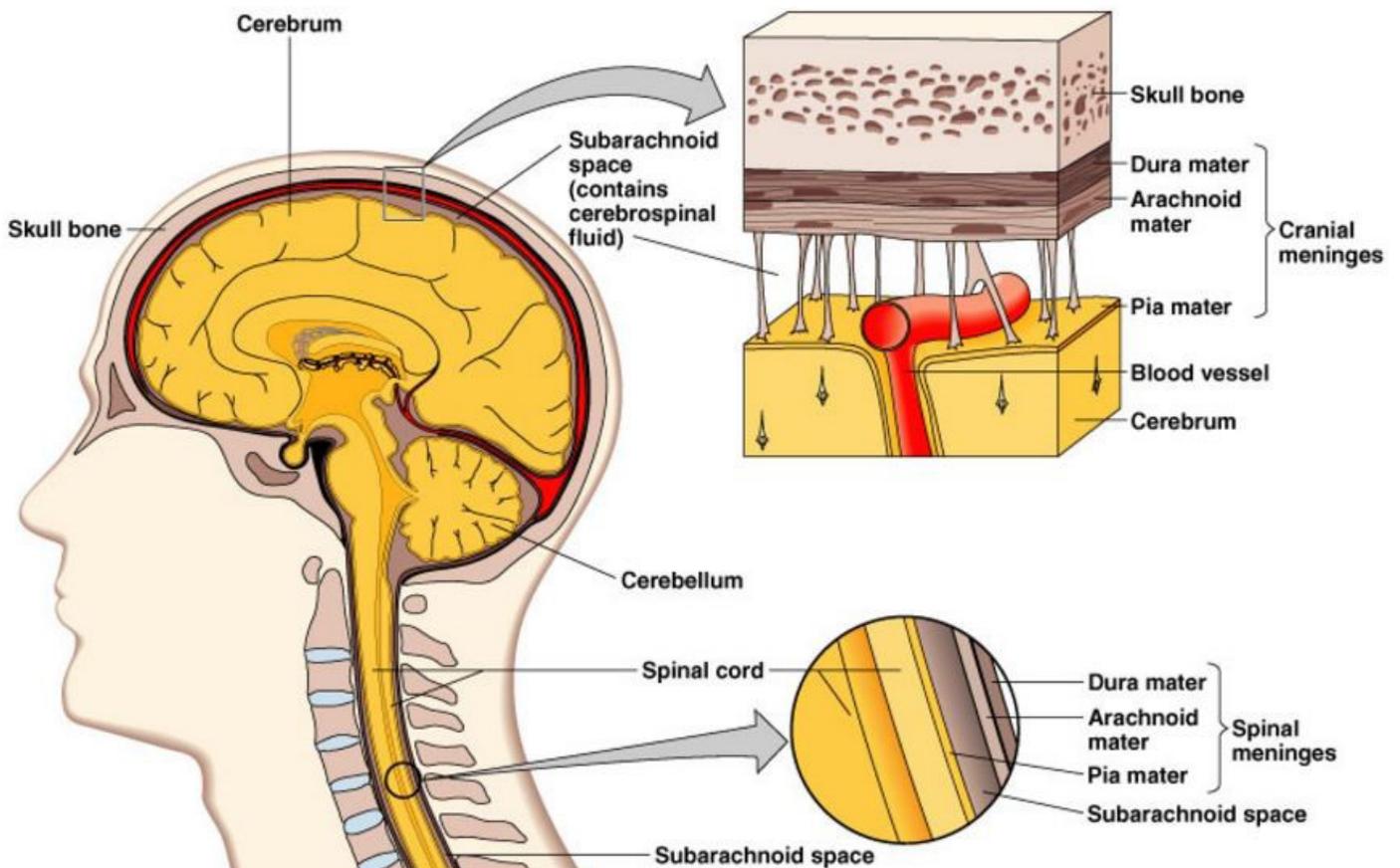


Figura 16. Distribución de las meninges en sistema nervioso central y periférico  
Fuente: (Cummings, 2004)

## Duramadre

Esta es la capa más externa de las meninges, está conformada por **tejido conjuntivo** denso y colagenoso. Está conformada por dos capas, la duramadre craneana o perióstica (externa) y la duramadre meníngea o raquídea (interna).

La duramadre craneana, sirve como **periostio interno** de los huesos del cráneo y por ende se encuentra muy vascularizada. Sin embargo, existen lugares en donde las dos capas de la duramadre se separan formando senos venosos dúrales y algunas prolongaciones meníngeas que terminan dividiendo la cavidad craneana en compartimientos.



### Tejido conjuntivo

También llamado tejido conectivo, tiene función de relleno, es decir, que habitan todos los espacios existentes que existen entre órganos y otros tejidos. También cumplen función de sostén, transporte, almacenamiento, reparación y defensa.

### Periostio interno

Membrana de tejido conjuntivo, es la capa más externa y dura que recubre la mayoría de los huesos. Se encuentra altamente vascularizada cumpliendo una función nutritiva, también cumple una función protectora y regenerativa (produce tejido óseo, por ejemplo, en caso de fracturas).

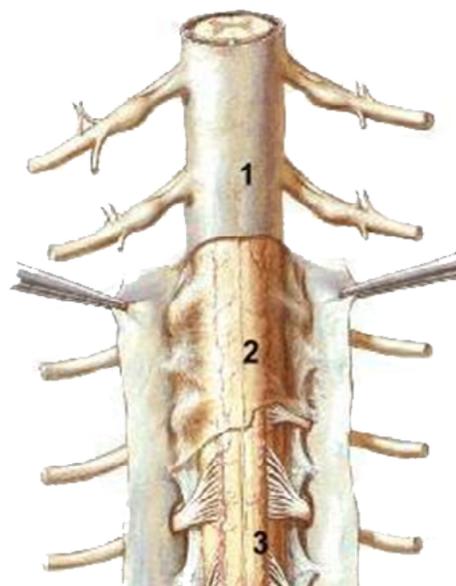


## ¡Datos!

1. Mientras que la duramadre meníngea o raquídea, no posee el componente perióstico y se define como la continuación de la duramadre craneana.
2. Se encuentra extendida en forma de tubo cerrado desde el agujero magno hasta la segunda vértebra sacra.

A diferencia de la duramadre craneana, esta no se encuentra adherida al periostio, sino que, por el contrario, forma un espacio con las paredes óseas del conducto vertebral llamado espacio epidural (Gartner y Hiatt, 2011).

Figura 17. Izquierda. Prolongaciones dúrales con los senos venosos que se forman. Los senos venosos dúrales reciben las venas corticales o superficiales del encéfalo  
Fuente: (UNAL, 2014)



1. Duramadre
2. Aracnoides
3. Piamadre



### Líquido cefalorraquídeo

LCR: líquido incoloro, acuoso circulante en el sistema nervioso central. Tiene función amortiguadora protegiendo al cerebro de golpes, también posee función metabólica debido a que es rico en potasio, cloro, calcio, sales inorgánicas como los fosfatos y orgánicos como la glucosa.

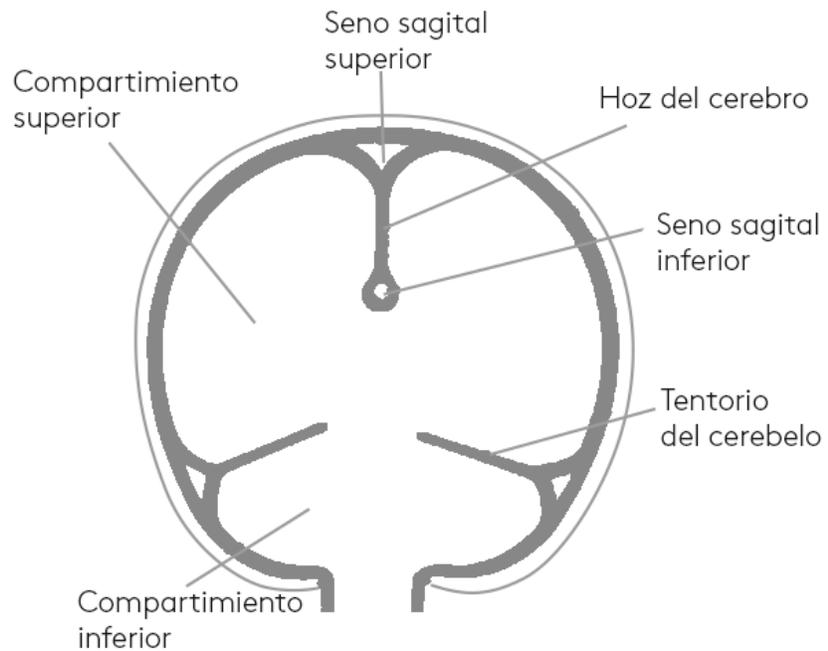


Figura 18. Duramadre espinal.

Fuente: <http://www.anatomiahumana.ucv.cl/morfo1/foto1/meninmedu.jpg>

## Piamadre

Es la capa más interna, además, la capa que se encuentra más vascularizada entre las meninges. Se encuentra directamente adherida al neuroeje y por lo tanto ajustada a todos sus contornos. De todas formas, desde una mirada microscópica se evidencia que la piamadre, aunque se encuentra muy junta al tejido nervioso, esta se encuentra separada por completo por células neurogliales.

## Aracnoides

Es la capa intermedia entre las meninges, en vez de estar vascularizada, se encuentra formada por varias regiones de células planas y fibras de colágeno. A través de ella cruzan vasos sanguíneos, pero no forman parte de ella. La primera región es

una membrana plana adherida a la duramadre, mientras que la segunda región (espacio subaracnoideo) está conformada por células trabeculares aracnoideas que se encuentran formando una especie de telaraña que se encuentra en contacto con la piamadre. La función principal de esta meninge, es transportar el líquido cefalorraquídeo del espacio subaracnoideo al sistema venoso, al igual que la protección del sistema nervioso contra golpes.



### Vídeo

Vídeo Disección de las meninges (idioma inglés con subtítulos en inglés).

Stensaas, S.

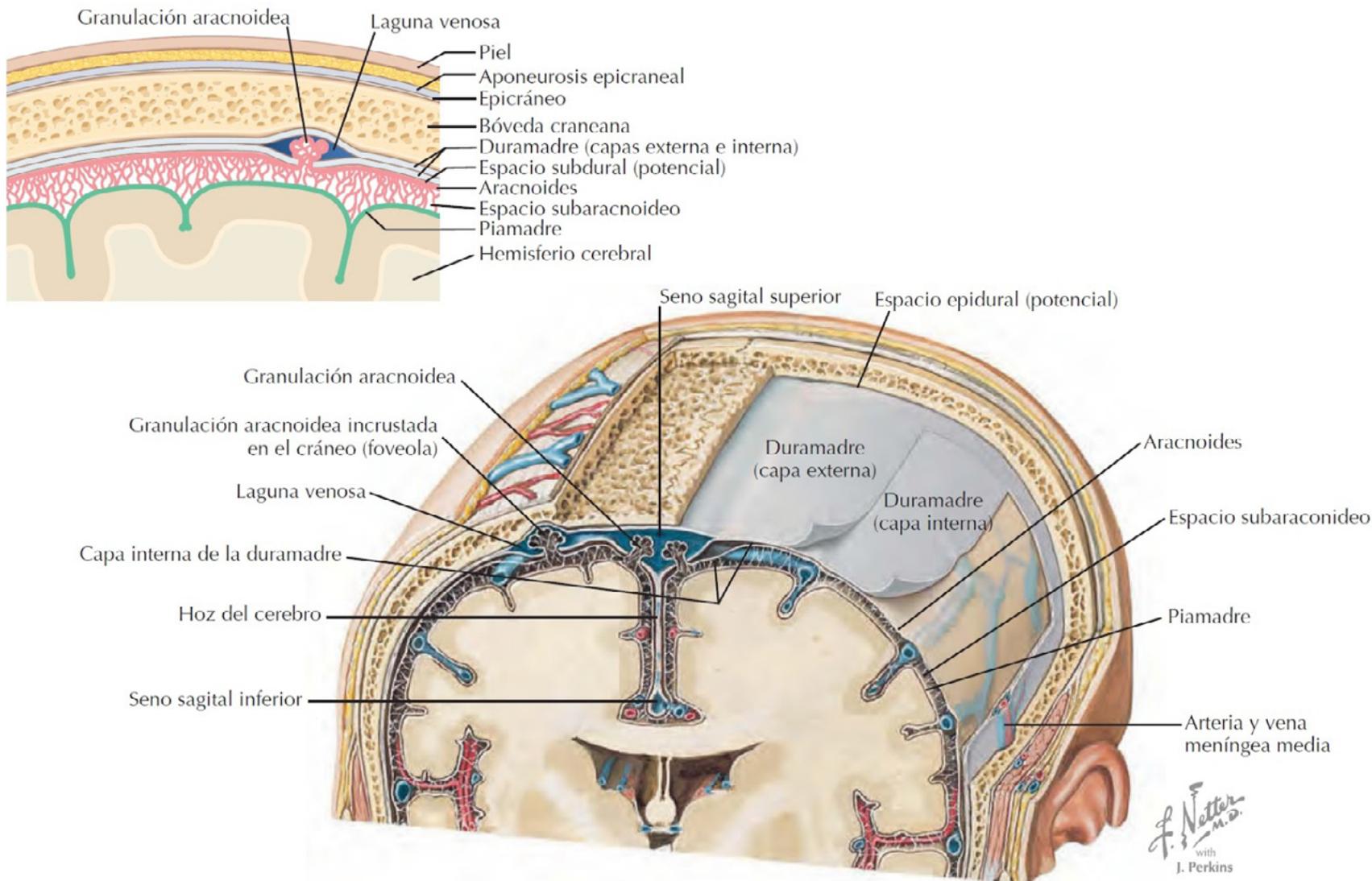


Figura 19.

Fuente: <http://teamworkmedicalnurse.blogspot.com.co/2016/09/craneo-y-meninges.html>

## Anatomía del Sistema Nervioso

Teniendo en cuenta lo aprendido en cuanto a la histología del sistema nervioso sus componentes, la función de las meninges y la barrera hematoencefálica, se finaliza el eje con el componente anatómico a nivel de macroestructuras, en donde será más fácil estudiar y entender dichas funciones debido a que ya existe un previo conocimiento de la composición de las estructuras y como en conjunto, pueden formar lóbulos u otras partes que se comunican por medio de neuronas y por ende por medio de impulsos eléctricos que intercambian sin parar diferentes neurotransmisores.

El sistema nervioso, se define como una red compleja de estructuras que se encuentran especializadas y tienen como función controlar y regular el funcionamiento de otros órganos y sistemas del cuerpo, esto con el fin de lograr la detección de cambios en el medio externo e interno del organismo y la relación misma que presentan ambos, así como la ejecución del comportamiento como uno de los productos del funcionamiento del sistema nervioso (Guyton y Hall, 2006).

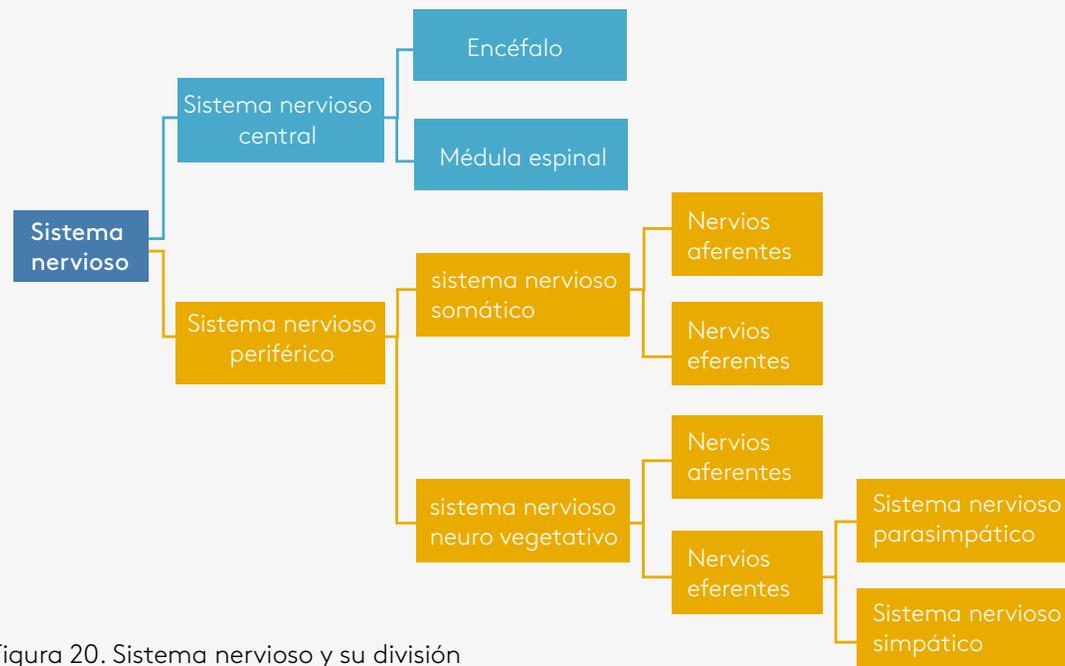
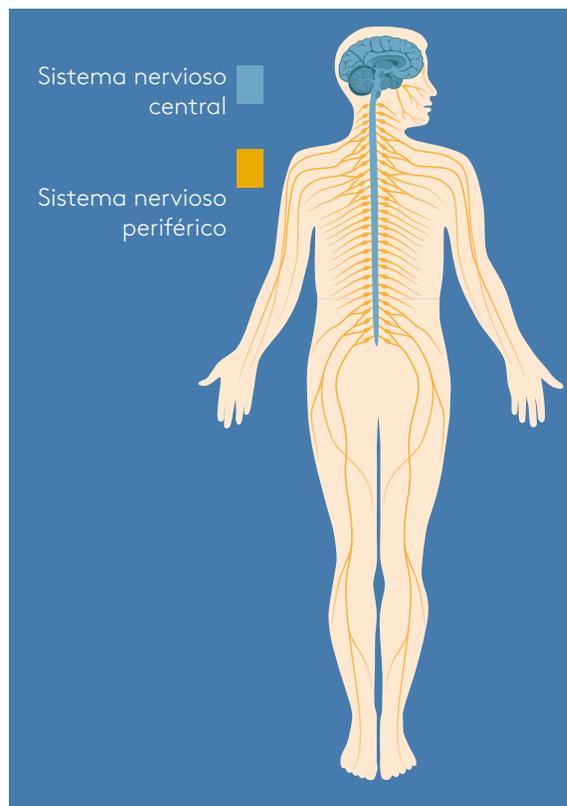


Figura 20. Sistema nervioso y su división  
Fuente: (Pinel, 2001)

El sistema nervioso se divide en dos grandes partes: el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico (Pinel, 2001) (fig.20).

## Sistema Nervioso Central (SNC)

A grandes rasgos, el sistema nervioso central consta de dos partes: el encéfalo y la médula espinal. Esta división se realiza de acuerdo a la localización de estas estructuras, por lo cual el encéfalo se encontraría dentro del cráneo y la médula espinal por fuera de este, situada en el interior de la columna vertebral. De igual manera, **ambas estructuras se encuentran revestidas por meninges tanto craneales (encéfalo) como espinales (médula).**

### Médula espinal

Esta estructura, es la parte más caudal del SNC, se divide en regiones cervical, dorsal, lumbar y sacra. Se encarga de procesar la información sensitiva de la piel y también la información motora, controlando el movimiento de las extremidades y el tronco, además, de recibir y enviar información a los músculos y articulaciones. En la parte de arriba, la médula espinal se continúa con el tronco encefálico (bulbo raquídeo, protuberancia y mesencéfalo), donde llega información sensitiva de la piel, además del control motor de los músculos de la cabeza. **La médula también transmite información al encéfalo y viceversa cumpliendo principalmente funciones de regulación de vigilia y conciencia (formación reticular) (Kandel, Schwartz y Jessel, 2002).**

Como se había mencionado anteriormente, la médula se encuentra ubicada anatómicamente dentro de la estructura ósea de la columna vertebral. Si se realiza un corte transversal, es posible observar a grandes rasgos que posee dos zonas diferentes: sustancia gris (parte interna, formando una H) y sustancia blanca (parte externa) (fig. 21). La sustancia gris se encuentra formado por los somas neuronales y la sustancia blanca por axones **mielinizados**. Los brazos más pequeños de la "H" se denominan astas dorsales y están encargados de toda la parte sensitiva, mientras que los brazos más gruesos, denominados astas ventrales, encargados de la parte motora.



#### Mielina

Sustancia grasa que envuelve las fibras nerviosas o axones y tiene como función principal el aumento de velocidad de los impulsos nerviosos.

## Encéfalo

El encéfalo está conformado por estructuras como el cerebelo, tronco del encéfalo, en donde se encuentran el bulbo raquídeo, protuberancia y mesencéfalo, también se encuentra conformado por estructuras como el diencéfalo y hemisferios cerebrales. Para efectos de este eje solo se explicará a fondo las funciones y anatomía de los hemisferios cerebrales, lóbulos y corteza. Las demás estructuras se retomarán más a fondo en el eje II.

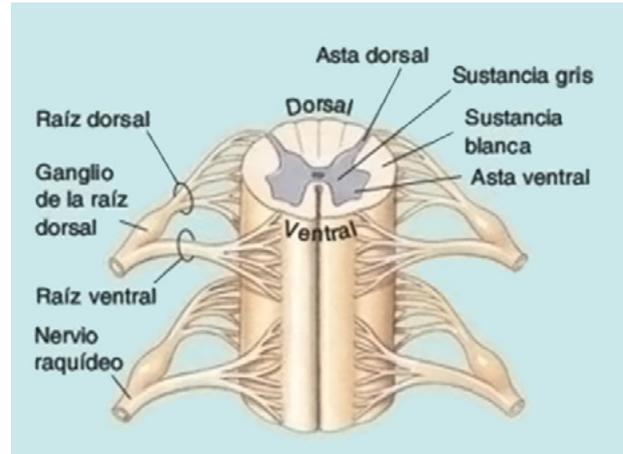
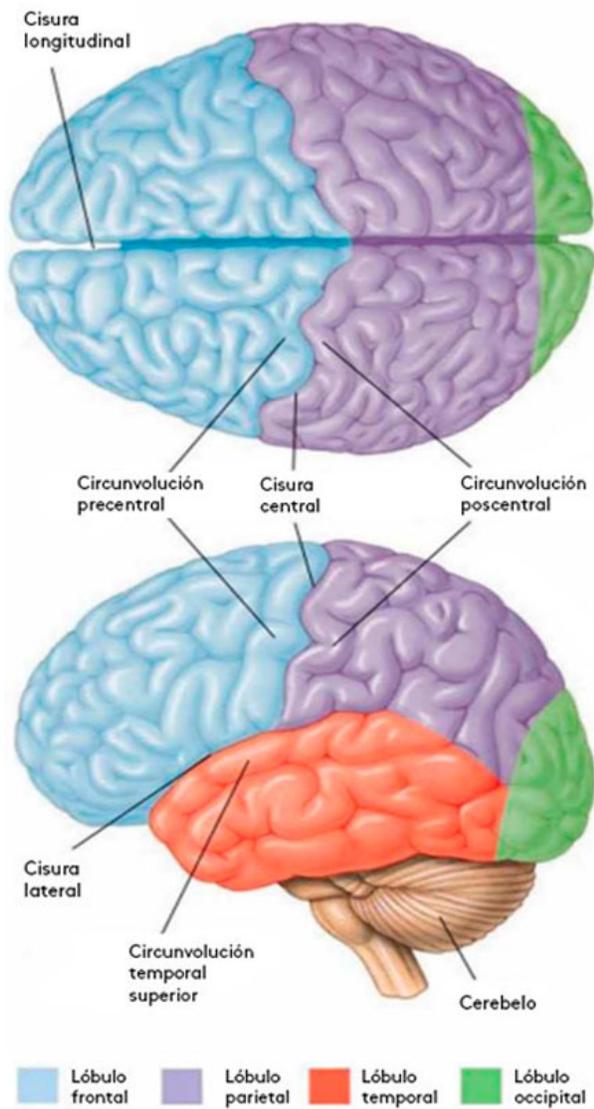


Figura 21. Médula espinal  
Fuente: (Pinel, 2001)

## Hemisferios cerebrales: corteza cerebral

Los hemisferios cerebrales comprenden tanto la capa más externa del cerebro (corteza), como la más interna (estructuras subcorticales: ganglios basales, hipocampo y núcleos de la amígdala).

En la parte más externa, se puede apreciar que la corteza se encuentra muy plegada, formando circunvoluciones las cuales permiten que aumente la cantidad de corteza cerebral sin que aumente el volumen. Es importante aclarar que las hendiduras más pronunciadas de la corteza son denominadas cisuras o surcos y los giros circunvoluciones.

Figura 22. Corteza cerebral. Lóbulos, principales cisuras, principales circunvoluciones  
Fuente: (Pinel, 2001)

Por ejemplo, una de las cisuras más importantes es la cisura longitudinal pues es la que está dividiendo ambos hemisferios. Por ende la comunicación entre ambos hemisferios estaría mediada por el **cuerpo calloso**, el cual se encuentra constituido por fibras axonales que atraviesan la misma cisura longitudinal y reciben también el nombre de comisuras cerebrales.

Cuando se observa el cerebro en una cara lateral externa, es posible diferenciar los lóbulos gracias a las cisuras más pronunciadas que son la cisura central o de Rolando y la cisura lateral o de Silvio. Estas cisuras dividen cada hemisferio en 4 lóbulos: frontal, parietal, temporal y occipital. De igual manera, la cisura central o de Rolando se encuentra dividiendo dos circunvoluciones principales: la circunvolución precentral o prerolándica (**corteza motora primaria**) y la circunvolución poscentral o posrolándica (**corteza sensitiva primaria**).



## Instrucción

Lo invitamos a realizar la actividad de aprendizaje "complete los párrafos" que se encuentra disponible en la página principal del eje 1.



## Lectura recomendada

*Organización motora del córtex cerebral y el papel del sistema de las neuronas espejo. Repercusiones clínicas para la rehabilitación*

Sallés, Gironés y Lafuente



### Cuerpo calloso

Es la comisura interhemisférica de mayor tamaño. Conecta transversalmente ambos hemisferios. Conformado por 200 millones de axones aproximadamente que proceden de las células piramidales de la corteza principalmente.

### Corteza motora primaria

Su función principal es la generación de los impulsos neuronales encargados de controlar la ejecución del movimiento. Trabaja en conjunto con áreas pre motoras para planificar los movimientos. Conformada por células de Beltz quienes dirigen sus axones a la médula espinal y hacer sinapsis con las motoneuronas alfa quienes a su vez se encuentran conectadas a los músculos.

### Corteza sensitiva primaria

Recibe información de los sentidos en general del lado contralateral del cuerpo, específicamente de los receptores sensitivos. Puede distinguir los tipos específicos de sensación en regiones discretas del cuerpo, mientras que el área secundaria interpreta las señales sensitivas.

- Afifi, A. y Bergman, R. (2006). *Neuroanatomía funcional (2a edición)*. Madrid: Mc-GrawHill.
- Bustamante, J. (2007). *Neuroanatomía funcional y clínica (4a edición)*. Bogotá: Celsus.
- Cardinali, D. (1992). *Manual de Neurofisiología*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Carlson, N. (2006). *Fisiología de la conducta (8a edición)*. Madrid: Pearson, Addison Wesley.
- Corbella, J., Carbonell, E., Moyá, S., y Sala, R. (2000). *SAPIENS: El largo camino de los homínidos hacia la inteligencia*. Barcelona: Península.
- Cummings, B. (2004). *Interactive Physiology*. Washington D.C.: Pearson education.
- DeFelipe, J. (20 de febrero de 2015). *Frontiers in Neuroanatomy*. Recuperado de [http://www.frontiersin.org/Journal/Abstract.aspxs=742&name=neuroanatomy&ART\\_DOI=10.3389/fnana.2011.00029](http://www.frontiersin.org/Journal/Abstract.aspxs=742&name=neuroanatomy&ART_DOI=10.3389/fnana.2011.00029)
- Gartner, L. y Hiatt, J. (2011). *Texto Atlas de Histología (3a edición)*. Barcelona: Elsevier.
- Guyton, A. y Hall, J. (2006). *Tratado de fisiología médica (11a edición)*. Barcelona: Elsevier.
- Kaku, M. (2014). *El futuro de nuestra Mente*. México: Debate.
- Kandel, E., Schwartz, J., y Jessel, T. (2002). *Principios de Neurociencia*. Madrid: McGraw-Hill.
- Moore, K. y Persaud, T. (2003). *The developing Human: Clinical Oriented Embriology*. New Jersey: Saunders.
- Noback, C., Strominger, N., Demarest, R. y Ruggiero, D. (2005). *The Human Nervous System (6a edición)*. New Jersey: Human Press.
- Pimienta, H (2004). La corteza cerebral más allá de la corteza. *Revista colombiana de psiquiatría*. 33. pp. 58-75.
- Pinel, J. (2001). *Biopsicología*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Rosales, M., Juárez., P. y Barros. (2015). Evolución y genómica del cerebro humano. *Neurología*, 1(1). pp. 1-12.

Tresguerres, J., Ariznavarreta, C., Cachofeiro, V., Cardinali, D., Escrich, E., Gil-Loizaga, P. y Tamargo, J. (2010). *Fisiología Humana*. Madrid: Mc-GrawHill.

Netter, F. (2015). *Atlas de anatomía humana* (6a edición). Madrid: Masson.

Valdez, J. (4 de julio de 2016). Sistema respiratorio Neomédico. Recuperado de <http://neomedico.blogspot.com.co/2016/07/>

Stensaas, S. [e-channel]. (2015, julio 6). The Meninges: Neuroanatomy Video Lab - Brain Dissections [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/UkffBv4sh4U>

Vera, J. [juliovera]. (2015, septiembre 7). Barrera hematoencefálica [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/pllzenyMaRQ>

