



Escuela Normal Superior  
“Maestros Argentinos”





*Disculpe... ¿Cómo dice?*  
*El abc del*  
*Sistema Nervioso*

Instituto Superior de Formación Docente  
Escuela Normal Superior “Maestros Argentinos”  
Corral de Bustos - Córdoba

Sabrina Silva  
Griselda Fabro  
María Josefina Defendi  
María del Valle Marchesi  
(Coordinadoras)

Lourdes Alvarado  
Jeremías Bergia  
Ma. Cristina Peiretti  
Carla Salvay  
Nicolás Torres  
Florencia Volpini

Disculpe... ¿cómo dice? el abc del sistema nervioso / Sabrina Silva ... [et.al.] ;  
coordinado por Sabrina Silva ; Josefina Defendi ; Griselda Fabro; María del Valle Marchesi.  
- 1a ed. - Corral de Bustos: Escuela Normal Superior Maestros Argentinos, 2013.  
78 p. ; 24x17 cm.

ISBN 978-987-25368-4-8

1. Biología. 2. Enseñanza Secundaria. I. Silva, Sabrina II. Silva, Sabrina, coord.  
III. Defendi, Josefina, coord. IV. Griselda, Fabro, coord. V. Marchesi, María del  
Valle, coord.

CDD 570.712

Fecha de catalogación: 01/11/2013

Disculpe... ¿Cómo dice? El abc del Sistema Nervioso  
1º. Edición. Noviembre de 2013

©De esta edición, ENS Maestros Argentinos, 2013  
25 de Mayo 747 – (2645) Corral de Bustos – Córdoba – Argentina  
escnormsup@futurnet.com.ar

Diagramación: Carla Gentili; Diseñadora Gráfica

Arte de tapa: Profesora Adriana Galeazzi  
“Armonías Nerviosas”  
Técnica mixta- laca al agua, óleo al agua-acrílicos-delineados metalizados

Impreso en Pandora's Box

ISBN N°

Fecha de publicación: Octubre de 2013  
Queda hecho el depósito que establece la Ley 11.723  
LIBRO DE EDICIÓN ARGENTINA

*Reservados todos los derechos. Quedan rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluido la reprografía y el tratamiento informático.*

*PROYECTO DE MEJORA INSTITUCIONAL*

*III CONVOCATORIA 2012-2013*

*“Entrecruzando puentes...*

*Contextos y espacios de aprendizajes”*

**INSTITUTO SUPERIOR DE FORMACIÓN DOCENTE  
ESCUELA NORMAL SUPERIOR “Maestros Argentinos”**

**Corral de Bustos- Córdoba**

*Para aquellos formadores de formadores  
que cada día se involucran en la enseñanza y en el aprendizaje de los jóvenes;  
abriendo universos maravillosos de incertidumbre y dinamismo.*

## **Autoridades**

### **Ministro de Educación de La Nación**

Prof. Alberto Estanislao Sileoni

### **Instituto Nacional de Formación Docente**

#### **Directora Ejecutiva**

Lic. Verónica Piovani

### **Plan de Mejora Institucional**

#### **Referente**

Prof. Dora Candás

### **Dirección General de Educación Superior de la Provincia de Córdoba**

#### **Director**

Lic. Magister Santiago Lucero

### **Inspección de Educación Superior**

#### **Inspector**

Prof. y Lic. Ariel A. Zecchini

### **ISFD de la Escuela Normal Superior “Maestros Argentinos”**

#### **Directora**

Prof. Zully Monge

Introducción	10
Capítulo 1	
<i>Algunos conceptos para introducirnos al Sistema Nervioso</i>	
1.1- Sistema Nervioso. Estructura	13
1.2- Células del Sistema Nervioso Central (SNC)	14
Neuronas	15
Células de la Glía	20
1.3- Comunicación en el Sistema Nervioso	22
Tipos de sinapsis	22
Capítulo 2	
<i>Sistema Nervioso Central</i>	29
2.1- Capas meníngeas y líquido cefalorraquídeo	32
2.2- Encéfalo	35
2.3- Cerebro	37
Funciones de la corteza cerebral	
2.4- Tronco encefálico	45
2.5- Cerebelo	47
2.6- Médula Espinal	49
Capítulo 3	
<i>Sistema Nervioso Periférico</i>	
3.1- Estructura y función del SNP	55
3.2 Nervios raquídeos	57
3.3- Nervios craneales	60
3.4- Estructura y función del SNA	65
Capítulo 4	
<i>Integración del Sistema Nervioso.</i>	
4.1- Vías sensitivas generales	69
4.2- Vía Motora.	71
Bibliografía	76

Esta propuesta surge en el marco del Proyecto de Mejora Institucional planificado en el año 2012. A través del mismo, pretendimos instalar un espacio de intercambio y desarrollo en torno al acompañamiento de experiencias de enseñanza situadas en las escuelas asociadas, con la intencionalidad de asumir una actitud y actuación reflexivas para la toma de decisiones curriculares que lleven a prácticas de enseñanzas inclusivas y de calidad. Se intentó favorecer una mirada crítica sobre la enseñanza cotidiana en las aulas, con la finalidad de revisarla y fortalecerla, a partir de instancias de diálogo entre profesores disciplinares, profesores de las didácticas y las prácticas. Por un lado, se esperó posibilitar el abordaje de ciertos problemas de la enseñanza, estimulando la resignificación de los enfoques desde los que se piensan cuestiones disciplinares y didácticas. La lectura de bibliografía actualizada permitió construir marcos teóricos sólidos para interpelar las prácticas. Se favoreció así la producción de materiales para la enseñanza, proceso que estuvo atravesado por una apropiación paulatina del Nuevo Diseño Curricular Provincial por

parte de los participantes de esta propuesta.

Bajo este encuadre, la iniciativa que nos llevó a la realización de la escritura de la presente publicación, fue la discrepancia que existe en la bibliografía del nivel secundario y del nivel universitario, en lo referido al desarrollo de contenidos que involucran la enseñanza y el aprendizaje de la Biología. En la mayoría de los casos, recurrimos a textos muy sencillos o bien a bibliografía universitaria, relacionada con las ciencias médicas.

También hemos observado, desde nuestra mirada como profesoras, la dificultad que existe entre los estudiantes de los Institutos Superiores de Formación Docente (ISFD) para apropiarse de algunos contenidos complejos del campo de la formación específica. Por ello, en el marco del Plan de Mejora Institucional (PMI), los docentes a cargo del Taller Integrador III (Práctica Docente III, Sujetos de la educación, Didáctica de las Ciencias Naturales y Biología Humana) propusimos a los estudiantes de 3° año del Profesorado de Educación Secundaria en Biología, generar un material didáctico narrativo que se

encuentre intermedio al nivel secundario y universitario. Es decir, un material que pueda ser entendido, manejado, trasladado y modificado, para luego, poder ser utilizado como mediador entre la enseñanza y los aprendizajes en las aulas del nivel secundario. Que sea de fácil distribución y acceso, pero que al mismo tiempo tenga todos los elementos necesarios para un andamiaje efectivo y facilitar la comprensión del contenido.

De este modo, los estudiantes seleccionaron como recorte temático el “Sistema Nervioso”, a fin de profundizar sus saberes y producir un material adecuado para la enseñanza. Así con el asesoramiento de los profesores que conforman el Taller Integrador de 3° año, iniciamos esta escritura.

El libro permite acercarnos al tema con claridad y sensatez, utilizando bibliografía específica a la Biología y a su Didáctica. También, podremos encontrar diversas páginas web que ayudarán a ampliar el contenido explicitado en el texto. Como así también, para tener una mejor comprensión, colocamos imágenes que hacen referencia a situaciones, estructuras y organización del Sistema Nervioso.

El libro está organizado en cuatro capítulos. En el primero

*Algunos conceptos para introducirnos al Sistema Nervioso*, se desarrollan los contenidos claves para describir la organización general del sistema. Al mismo tiempo, brindamos el desarrollo de contenidos básicos, que permitirán profundizar en cada capítulo la estructura y funcionalidad de las partes que conforman al respectivo sistema.

Seguidamente, en el capítulo dos denominado *Sistema Nervioso Central*, hacemos foco en la composición, diferenciación y caracterización de las capas meníngeas que le otorgan cierta protección al cerebro propiamente dicho. Ubicamos y describimos cada una de las partes que conforman el tronco encefálico y la médula espinal.

El *Sistema Nervioso Periférico* está desarrollado en el capítulo tres. Iniciando el mismo, encontramos una situación que muchísimas veces escuchamos o vivimos. Tratamos de relacionar los acontecimientos de la vida diaria, explicándolos desde el punto de vista sistémico y funcional de los nervios. Nos centramos en ampliar la mirada crítica y reflexiva de los hechos que sabemos que ocurren, pero no sabemos por qué suceden.

Es decir, focalizamos sobre las justificaciones que nos brindan diversos medios de comunicación, pero no logramos comprender su origen.

Para finalizar, en el capítulo cuatro *Integración de Sistema Nervioso*, brindamos una visión general e integral del sistema en relación a otros sistemas y con el mismo, posibilitando un abordaje del contenido teórico desde diversas perspectivas, ya sean funcionales, estructurales y dinámicas.

Deseamos aclarar que no es un material que delimita estrategias y actividades para el aula, sino que se constituye en una fuente de información actualizada para pensar itinerarios didácticos que requieren contextualización por parte de cada profesional docente.

Esperamos que este libro les resulte útil en las prácticas profesionales.

Sabrina Silva  
Griselda Fabro  
María Josefina Defendi  
María del Valle Marchesi  
(Docentes coordinadoras)

---

## ALGUNOS CONCEPTOS PARA INTRODUCIRNOS AL SISTEMA NERVIOSO (SN)

*Según las neurociencias (disciplina que investiga nuestro sistema nervioso en todos sus aspectos), cada una de nuestras experiencias crea una sinapsis, un cableado de neuronas. Éste se instala en el cerebro como recuerdo o aprendizaje. Y queda indisolublemente ligado a una emoción. En el momento de la experiencia (puede ser física o intelectual) se genera en nuestro organismo un fenómeno químico: determinados neurotransmisores (hormonas que llevan información de una neurona a otra y también a células de músculos y órganos) estimulan una reacción frente a lo que estamos viviendo.*

**Sergio Sinay. Diálogos del alma. Revista La Nación. 30 de junio de 2013**

### **1.1 Sistema Nervioso.**

#### **Estructura**

Comenzar el estudio del Sistema Nervioso (SN) implica entender y comprender uno de los milagros de la biología, porque como veremos a lo largo de todo el escrito en el estudio de este sistema aparecen notoriamente las propiedades emergentes. El SN es mucho más que un conjunto de células, como podemos sospechar ante la lectura del texto precedente. Es quien nos ayuda a regular, integrar, ordenar cada una de las funciones que están siendo

realizadas en el organismo de cada uno de nosotros en este mismo momento.

Sabemos que la unidad fundamental de la biología es la célula, y son estas células, diferenciadas, especializadas en el SN quienes adquieren capacidad para recibir estímulos, procesarlos y producir una respuesta.

Conocemos a un *tejido* como una agrupación de células que tienen una misma función. Es así, que podemos puntualizar al *tejido*

*nervioso* como un conjunto de células unidas que tienen como función la recepción de estímulos, interpretación de los mismos y, en base a eso, la elaboración de una respuesta.

## **1.2 Células del Sistema Nervioso Central (SNC)**

¿Cuáles son las células que encontramos en el tejido nervioso? ¿Son ellas diferentes en otro tipo de animales? Podemos decir que el tejido nervioso está compuesto por las mismas células en todos los animales y solo con fines didácticos las congregamos en dos grandes grupos. Uno, formado por, *neuronas*, y el otro, por las llamadas *células de la glía*, a las que volveremos más adelante. Sin duda, las células más importantes son las neuronas, pero no pueden coexistir sin las otras, que las acompañan en su función. Si bien hasta hace muy poco se pensaba que las neuronas habían perdido su capacidad de división, trabajos realizados en 1998 por Fred Gage, del Instituto Salk en California, Estados Unidos, ha descubierto que en el cerebro humano adulto existen células madres y es a partir de estas células, que tienen la capacidad de dividirse indefinidamente, que algunas de sus progenies pueden permanecer

indiferenciadas mientras que otras pueden diferenciarse en neuronas maduras (Campbell, 2011).

Llamamos célula madre a una célula progenitora, autopertuante, capaz de generar uno o más tipos celulares diferenciados. Existen muchos tipos diferentes de células madre, cada uno de ellos con un potencial muy distinto para tratar las enfermedades. Las llamadas células madre adultas provienen de cualquier órgano, desde un feto hasta un adulto. También se denominan células madres tisulares. Las llamadas células pluripotentes, con capacidad de formar todas las células del cuerpo, pueden ser células embrionarias o células madre pluripotentes inducidas (iPS, por sus siglas en inglés). Todas las células madre, ya sean tisulares o pluripotentes, tienen la capacidad de dividirse y crear una copia idéntica de ellas mismas. A este proceso se le denomina autorrenovación. Las células también pueden dividirse para formar células que siguen desarrollándose en tipos de tejido maduro de hígado, pulmones, cerebro o piel.

Estas células no son todas iguales sino que estructuralmente son diferentes basadas en su patrón de conexiones, su arquitectura dendrítica, los mediadores que son utilizados en la comunicación. Como ya dijimos, son las mismas células las que componen en cualquier animal el tejido nervioso como por ejemplo en una mosca, en un ratón, en un perro y en nosotros. Pero entonces, ¿tenemos alguna diferencia con ellos? No en el tipo de las células, como ya dijimos, pero sí en los circuitos, es decir en la forma en que se organizan las neuronas. Ellas no trabajan en forma aislada, sino que lo realizan en

conjunto, con una forma particular de relación a lo que llamaremos *circuitos neuronales*. Es decir los caminos o circuitos de comunicación que se generan entre las neuronas son diferentes en algunos organismos. Podríamos decir que nuestros circuitos son más complejos. Solo basta con pensar en la forma en que se establecen las conexiones para permitirnos recordar, hablar, pensar y, en

Para ampliar el conocimiento sobre las células madre, ingresa a <http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/clonembrion.htm>

definitiva realizar las funciones superiores de nuestro intelecto. Comenzaremos con la descripción de las células que conforman el tejido nervioso, que como ya dijimos las dividiremos en neuronas y células de la glía.

## Neuronas

Las *células nerviosas* o *neuronas* están caracterizadas, como ya mencionamos, por dos propiedades fundamentales, irritabilidad y conductividad. Queremos decir que son células especializadas en recibir o captar estímulos y en base a esa interpretación elaborar una respuesta y conducirla a través de diferentes

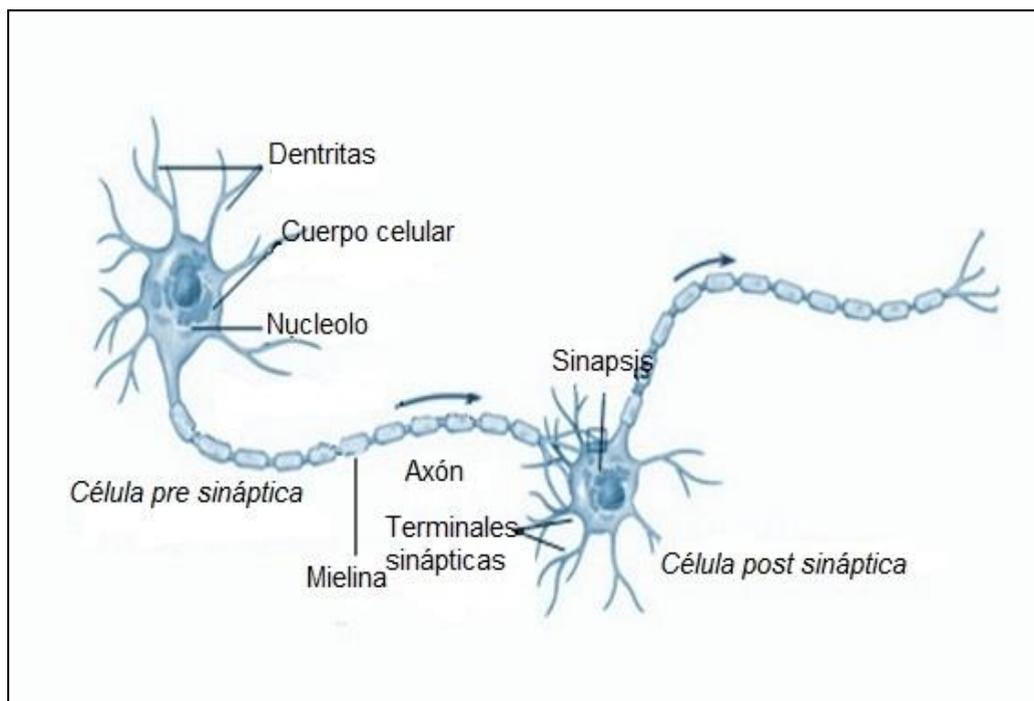
estructuras. Tienen propiedades que les permiten ser únicas, ya que estas neuronas están organizadas en el tejido nervioso para formar diferentes órganos que se establecen en el desarrollo embrionario. Sin embargo, pueden cambiar luego del nacimiento, capacidad que conocemos como *remodelación*, o simplemente plasticidad neuronal, respondiendo a circuitos relacionados con las sinapsis, como veremos más adelante.

Distan mucho de ser uniformes, ya que pueden presentar variedad morfológica: esférica, oval, poliédrica y su tamaño puede ser entre 6 y 100 micras. Podemos esbozar sus partes en la figura 1-1. Y, como dijimos anteriormente nuevos estudios indican la posibilidad de diferenciación celular a partir de células madres en el cerebro adulto. En forma esquemática podemos decir que cada neurona es una célula separada formada por:

- Un cuerpo celular, llamado *soma*.
- Prolongaciones citoplasmáticas que se extienden por una corta distancia desde la célula, llamadas *dendritas*.
- Un *cilindroeje* o *axón*, cuya longitud varía desde algunos milímetros hasta más de un metro. Por medio de las

terminaciones nerviosas los axones establecen contacto con las dendritas o los cuerpos celulares de otras neuronas o con células llamadas efectoras como las musculares, por ejemplo.

Todas las neuronas se originan de células embrionarias llamadas *neuroblastos*, y cada uno de ellos en un proceso de diferenciación celular, produce una sola célula nerviosa adulta.



**Figura 1-1 Estructura de una neurona** (tomada y adaptada de Campbell, 2007).

Podemos decir que las neuronas, al igual que todas las células eucariotas que encontramos en nuestro organismo, poseen organelas comunes a todas ellas. Es así que identificamos el núcleo, que puede tener tamaño variable, un nucléolo generalmente de gran tamaño, mitocondrias, agrupadas en el cuerpo celular y en las prolongaciones axónicas y

especialmente concentradas en las llamadas regiones sinápticas, es decir en las zonas donde las células se ponen en comunicación, unas con otras. Podemos preguntarnos: ¿Cuál es el sentido de esta mayor concentración? Una forma de asociar la estructura con la función es pensar por qué necesitamos mitocondrias en regiones de comunicación entre las células. Encontramos además,

retículo endoplásmico, liso y rugoso y en este caso, esos ribosomas que son vistos con tinciones especiales dan a veces a la vista un aspecto atigrado, y es conocido como *sustancia de Nissl*. Es interesante describir que esta cantidad de ribosomas la encontramos por todo el cuerpo celular, en las prolongaciones dendríticas pero nunca llega hasta el cilindroeje. Localizamos canales y cisternas sin ribosomas adheridos que se conectan para formar el aparato de Golgi. Podemos observar además, microtúbulos como parte del citoesqueleto que proporcionan un sistema de transporte rápido entre regiones distantes de la célula. Proteínas especiales, como polipéptidos, aminos o enzimas que pueden ser sintetizadas dentro del citoplasma de las células nerviosas y transportadas por los axones para ingresar en la corriente sanguínea por medio de pies terminales sobre los capilares o para estimular órganos llamados efectores u otras neuronas en las uniones sinápticas.

En el SN existen millones de neuronas, cuyo tamaño, forma y características funcionales son muy variables. Como ya expresamos anteriormente, poseen prolongaciones en número variable y las podemos esquematizar en dos tipos, unas prolongaciones

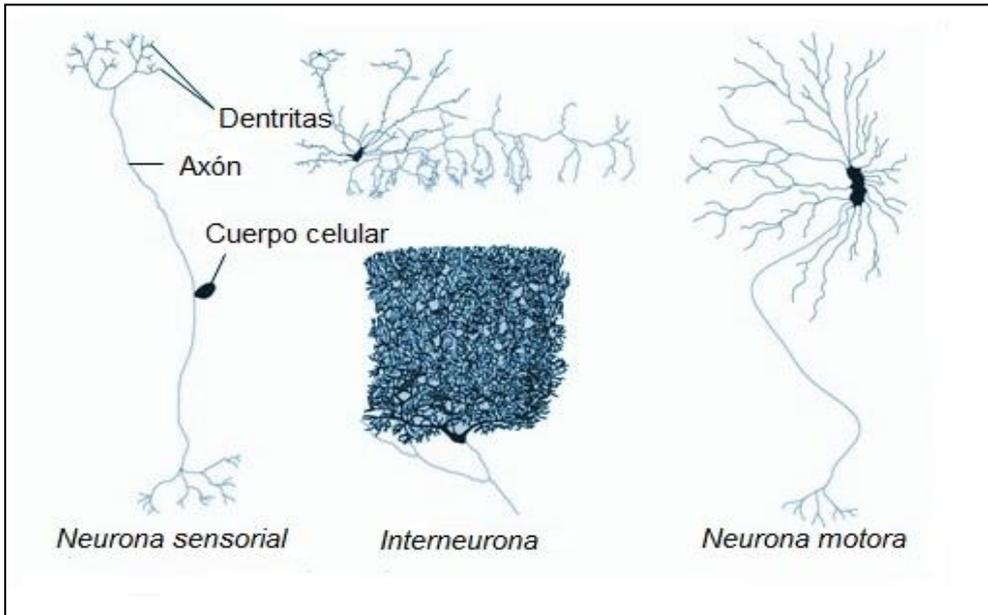
citoplasmáticas, llamadas *dendritas*, generalmente múltiples, aunque en algunas ocasiones únicas y un *axón* siempre único. El origen de estas prolongaciones se lo conoce como polo. A modo esquemático, a las neuronas se las puede subclasificar teniendo en cuenta su estructura en monopolares, bipolares y multipolares. Las neuronas monopolares tienen una única prolongación que parte del cuerpo celular, pero se ramifica para dar lugar a una prolongación que se dirige al SNC y otra que lo separa del mismo. Son fundamentalmente aferentes, es decir que conducen información hacia el SNC y desde las terminaciones receptoras hacia él. Las encontramos en los ganglios espinales de las raíces dorsales, que como veremos en este escrito es el sitio topográfico por donde ingresa la información sensitiva en los nervios que encontramos en la médula espinal, llamados *nervios raquídeos*.

Las neuronas bipolares son las que tienen un axón y una dendrita. Estas neuronas, relativamente primitivas, están circunscriptas prácticamente a todos los órganos de los sentidos vinculados con el olfato, la audición, el equilibrio.

Sin embargo la gran mayoría de las neuronas que encontramos en el tejido nervioso son del tipo

multipolar, más complejo, con múltiples dendritas y un solo axón o cilindroeje. A menudo estas células se agrupan en conglomerados de función uniforme al que denominamos *núcleo*, como por ejemplo el núcleo motor en el asta

anterior de la médula o el núcleo motor del nervio motor ocular externo que nos permite alguno de los movimientos con nuestros globos oculares, como veremos en los sucesivos capítulos.



**Figura 1-2 Esquema con diferentes tipos de neuronas**

(tomada y adaptada de Campbell, 2005)

Otra forma de clasificar a las neuronas, esta vez teniendo en cuenta su función, es según al sentido en que conducen los impulsos. Podemos así hablar de *neuronas aferentes*, cuando son neuronas que transmiten impulsos hacia la médula espinal o el encéfalo, y son siempre neuronas sensitivas. Denominamos, en

cambio, *neuronas eferentes* cuando dirigen la información desde el SN hacia la periferia, y son las neuronas motoras. A modo esquemático invitamos a observar la figura 1-2.

Otro tipo de neuronas son las llamadas *interneuronas* que comunican las neuronas aferentes con las eferentes, están dentro del SNC, y forman parte, por ejemplo,

de lo que se conoce como arco reflejo, que será desarrollado dentro de Sistema Nervioso Periférico (SNP). Son también estas neuronas las que conectan los estímulos que recibe el SN con las respuestas motoras, formando parte de importantes circuitos de regulación y control.

Podemos agregar que, por lo general, las dendritas neuronales son cortas e invariablemente ramificadas, formando a veces una estructura que por su similitud se parece a un árbol y se la conoce como árbol dendrítico. Podemos encontrar en ellas retículo endoplásmico, microtúbulos, neurofilamentos, pero a diferencia de los axones nunca están mielinizadas. Tienen un contorno liso, generalmente un diámetro constante y están rodeadas por la membrana plasmática. Su citoplasma contiene mitocondrias, retículo endoplásmico y muchos neurofilamentos, pero escasos microtúbulos. Las proteínas, enzimas, hormonas, y sin duda los neurotransmisores son sintetizados en el cuerpo celular, pero se desplazan por el axón.

En el SNP, que será tratado en capítulos siguientes, todas las dendritas y los axones se hallan rodeados por vainas celulares especializadas. Los axones de más

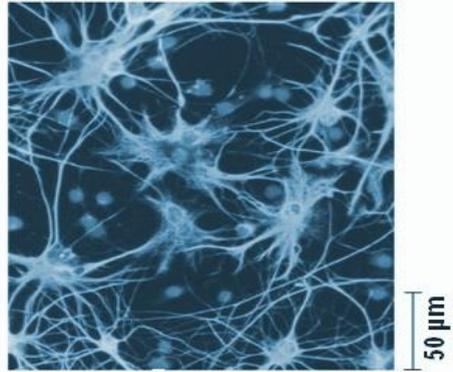
de 1 a 2 micras de diámetro están envueltos por unas células especiales, llamadas *células de Schwann* cuyas prolongaciones forman y envuelven una compleja lipoproteína llamada *mielina*. A intervalos regulares se producen separaciones cortas en la vaina de mielina, designados como *nódulos de Ranvier*, a través de los que tiene lugar la nombrada *conducción saltatoria*, que será ampliada en los próximos capítulos. Por fuera de estas células de Schwann encontramos la lámina basal, y fibras de colágeno y reticulina. Los axones y sus vainas están unidos por tejido conectivo, formando como veremos luego, las *fibras nerviosas*, elementos constitutivos de los nervios raquídeos, por ejemplo.

Pensemos que, como dijimos anteriormente, la mayoría de las neuronas que encontramos en el SN son multipolares, es decir múltiples dendritas y un único axón, ¿cuál es el propósito de este tipo de estructura? Y otra vez ¿cómo se relaciona la estructura con la función en este caso particular? Un hecho interesante es que la recepción de múltiples estímulos se integra en el cuerpo celular y su respuesta es transmitida en una única dirección y sentido.

## Células de la glía

Ya hemos presentado a una de las células del SN, como son las neuronas. Es hora de presentar a las conocidas en su conjunto como *células de la glía*, o células gliales, que han tardado mucho en hacerse visibles. Fue hacia finales del siglo XIX, cuando un biólogo italiano, Camilo Golgi (quien describió el aparato de Golgi) dejó caer por accidente, en una muestra de tejido cerebral, un baño de nitrato de plata. Pudo ver, entonces, una red de células que estaban entre las neuronas. En ese momento se tomaron estas células como un mero relleno, y en consecuencia el nombre que se les dio (glía) etimológicamente significa pegamento. Es decir que a partir de un hecho fortuito se descubre una red de células entre las neuronas a las que solamente se les da la importancia de ser de relleno (Thibodeau, 2007). A modo de ejemplo veremos en la figura 1-3 una imagen con astrocitos. Estas células han cobrado importancia fundamental a la luz de los conocimientos de la neurobiología. Son células que apoyan la función neuronal, ayudan a mantener la homeostasis en el SNC, forman parte de la barrera hematoencefálica.

Son células que, además, mantienen su capacidad de división durante toda su madurez.



**Figura 1-3 Astrocitos**  
(tomada y adaptada de Campbell, 2007)

Las principales células de la glía son:

- ***Astrocitos:*** son las células más abundantes, las más grandes y tienen forma de estrella. Son conocidos como las estrellas del sistema nervioso (Thibodeau, 2007) Múltiples son las funciones que se les atribuyen, captan la glucosa de la sangre y las ofrecen a las neuronas para poder cumplir con sus funciones metabólicas. Además con sus prolongaciones forman estructuras que podemos comparar con telas alrededor de los capilares sanguíneos contribuyendo a formar la barrera hematoencefálica. Esta barrera está formada por

las células de los capilares sanguíneos, que llegan al tejido cerebral a través de las membranas que lo recubren y las prolongaciones de los astrocitos. Las sustancias que desde la sangre alcanzan a las células cerebrales, las neuronas, deben atravesarla, lo que permite que se regule la entrada de sustancias al SN. De tal modo que, existen moléculas que difunden fácilmente a través de las membranas, como por ejemplo los gases, pero existen otras moléculas más grandes en las que intervienen los astrocitos permitiendo o no su paso. De hecho existen sustancias que no atraviesan la barrera hematoencefálica,

podríamos, entonces, hablar de una regulación en el pasaje de sustancias, y esto es posible gracias a los astrocitos.

- Microglía: son células más pequeñas, si las comparamos con los astrocitos. Su función principal es la de fagocitosis. Actúan como fagocitos de proteínas, fragmentos celulares.
- Células endimarias: son células parecidas a las células

epiteliales<sup>1</sup> y son las que recubren las cavidades del SNC. Algunas de ellas producen líquido cefalorraquídeo.

- Oligodendrocitos: son menores que los astrocitos y como su nombre lo dice tienen menos prolongaciones que ellos. Algunos están arracimados alrededor de las fibras nerviosas, mientras que otros se disponen en fila entre las fibras nerviosas, siendo necesarios para mantenerlas unidas. Además presentan una función importante que es la producción de la vaina de mielina.
- Células de Schwann: sólo las encontramos en el SNP y son equivalentes a los oligodendrocitos, soportando a las fibras nerviosas y formando una vaina de mielina a su alrededor. Los espacios entre una y otra célula de Schwann se

---

<sup>1</sup> Las células endimarias forman parte de las denominadas células de la glía, y, como hemos visto, actúan como sistema de sostén de las neuronas, tienen importancia en la reparación de las mismas, en mantener su equilibrio hídrico y su metabolismo energético. En el caso particular de estas células recubren la cavidad interna del tubo neural y se parecen a la vista en el microscopio a un epitelio cilíndrico, es decir células juntas, sin sustancia fundamental.

denomina nódulo de Ranvier y tiene importancia en la conducción del impulso nervioso.

La sola mención de las células que componen el SNC nos lleva a la discusión sobre la complejidad de las funciones que realiza, son millones de fragmentos de información por minuto que se llevan a cabo en toda su estructura, procedente de diferentes estímulos sensitivos para integrar la información y generar respuestas motoras que impliquen la coordinación de las funciones corporales. Una cuestión que debe ser analizada es el diseño del SN. Hemos discutido que la unidad básica es la neurona. Pensemos que en el Sistema Nervioso existen más de 100.000 millones de neuronas (Guyton, 2007) que las señales aferentes llegan a ella a través de las dendritas neuronales y que son procesadas en el cuerpo celular. Una vez que la información ha sido procesada, la respuesta viaja en un único sentido a través del axón. ¿Sólo una neurona le brinda información a otra? Podemos afirmar que cada neurona recibe aferencias sensitivas desde unos cientos hasta 200.000 neuronas (Guyton, 2007), y es en esa riqueza de interconexiones neuronales, que podemos llamar circuitos, que se

desarrolla el complejo mundo de la integración de sensaciones, respuestas motoras, recuerdos, memoria, olvido, patrones de comportamiento y todo el maravilloso mundo del SN.

Hemos visto, entonces, como los estímulos llegan a la neurona, son procesados y se elabora una respuesta. Ahora bien: ¿de qué manera se comunican las neuronas? ¿Cuál es la forma en que se transmite la información en los circuitos neuronales? Es hora de introducirnos en el impulso nervioso.

### **1.3 Comunicación en el Sistema Nervioso**

La información recorre el SN bajo la forma de potenciales de acción, conocidos como *impulsos nerviosos*. Cada uno de los impulsos originados puede quedar bloqueado, integrarse con otros potenciales de acción, o convertirse en una serie de estímulos repetitivos. A esta forma de transmisión la denominamos *sinapsis*.

#### **Tipos de sinapsis**

Podemos decir que existen dos tipos principales de sinapsis. Una de ellas es la conocida como *sinapsis química*. Forma parte de la mayoría de las sinapsis en nuestro organismo.

En este tipo la neurona produce y segrega un producto químico, llamado *neurotransmisor*, que es conducido a través del axón, en vesículas, y es liberado en el espacio existente entre el axón y la estructura de la célula a la que le está siendo transmitido el impulso, pudiendo tratarse de una dendrita, otra célula, o una fibra muscular. Este neurotransmisor, se une a receptores de la llamada *membrana post sináptica* y según el neurotransmisor y su proteína receptora transmite el impulso nervioso pudiendo excitar, inhibir o modificar la respuesta en la célula siguiente.

Otro tipo de sinapsis son las *eléctricas*. En ellas el impulso nervioso se conduce a través de uniones estrechas entre las células, que permiten el movimiento de iones de una célula a otra. Estas formas de transmisión del impulso las encontramos en el músculo cardíaco, por ejemplo. Pensemos que la estructura tiene que ver con la función, y en este caso si pensamos en la contracción del músculo cardíaco, debe ser rápida, coordinada y todas sus células deben ser excitadas para su contracción en un mismo momento, de manera que la transmisión de célula a célula, como si las membranas celulares no existieran es una forma beneficiosa

para la transmisión en el impulso nervioso.

Nuevamente la estructura se relaciona con la función.

Solo para ordenarnos trataremos de esquematizar cuál es la estructura anatómica que permite la ocurrencia de las sinapsis químicas.

Las estructuras que encontramos en las sinapsis son:

- El botón sináptico
- La hendidura sináptica
- La membrana plasmática de la neurona post sináptica, como veremos en la figura 1-4.

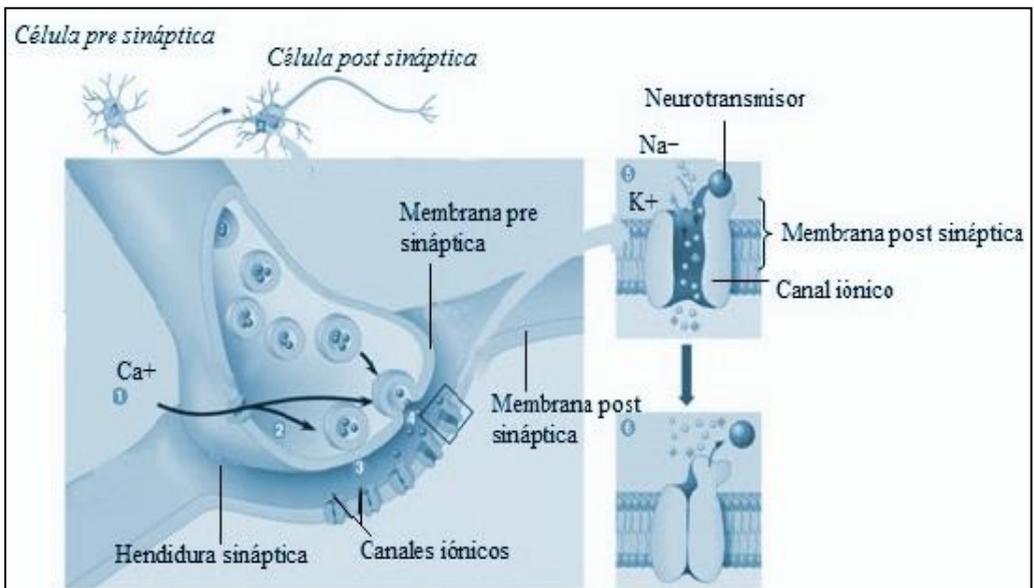
Se conoce como *botón sináptico* a la parte final del axón de la neurona pre sináptica, en la que encontramos múltiples vesículas con compuestos químicos, llamados neurotransmisores, porque como su nombre lo indica se ocupan de producir señales celulares que producen un cambio en la célula post sináptica que permiten la transmisión del impulso nervioso. Esta comunicación se produce a través de cambios que los trataremos como potencial de acción.

La *hendidura sináptica* es el espacio que encontramos entre la membrana pre sináptica y la post sináptica. En ella se vuelcan los neurotransmisores, además hay enzimas, moléculas de adherencia y otros productos químicos.

La membrana llamada *post sináptica* puede ser una membrana en una dendrita, o en el cuerpo celular o en el axón. Al unirse el neurotransmisor a receptores de esa membrana post sináptica ocurren cambios en ella que modifican su permeabilidad, permitiendo que se desencadene lo que conoceremos como potencial de acción. Es decir que, el impulso nervioso, la forma en que se transmite la información entre las neuronas, se realiza a través del llamado *potencial de acción* que es simplemente una serie de cambios electroquímicos que permiten que ocurran diferencias en la concentración de iones dentro de la célula, y son estas diferencias las que ocasionan cambios en las proteínas de membrana, como por

ejemplo las proteínas de los canales, que poseen las mismas.

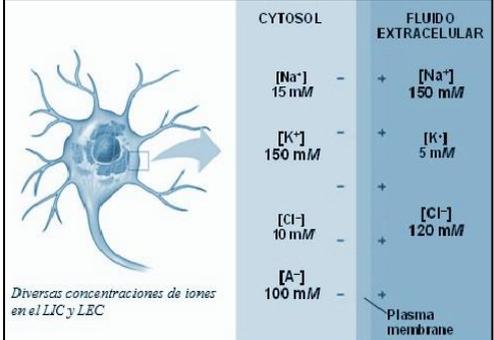
Creemos que para comprender el potencial de acción, debemos recordar que las concentraciones de los diferentes iones, dentro y fuera de la membrana celular, son diferentes. Eso significa que si pudiésemos medir con un voltímetro encontraríamos que el interior de la célula nerviosa es negativa con respecto al exterior. La causa de esta polaridad está dada en la diferente concentración de los iones que encontramos en ella, vale decir en las diferentes concentraciones de iones a ambos lados de la membrana celular, como podemos ver en la figura 1-5 Diferencia en la concentración de iones entre el líquido intra y extracelular.



**Figura 1-4 Esquema de la sinapsis**  
(tomada y adaptada de Campbell, 2007)

Podemos agregar que una célula nerviosa en reposo tiene un potencial de membrana de  $-70$  mV. Significa que la diferencia de concentración de iones de uno y otro lado de la membrana da una discrepancia de potencial de menos de  $70$  milivoltios del interior con respecto al exterior de la célula. Esto es posible gracias a complejos mecanismos conocidos como *transporte a través de membrana*, incluyendo los canales y la bomba sodio potasio. Cuando una neurona se excita o se estimula se produce la apertura brusca de los canales de sodio (Na). Estos canales se abren dependiendo del voltaje. Cuando los iones sodio ingresan desde el exterior al interior de la célula, la polaridad de la misma se transforma en menos negativa y cuando se alcanza un cierto valor, al que llamaremos *potencial umbral*, se produce la apertura brusca de todos los canales de Na, permitiendo la entrada de ese catión intempestivamente desde el exterior al interior celular transformando entonces, a este espacio en positivo con respecto al exterior celular. Esta espiga llamada potencial de acción ocasiona algunos cambios. Como podemos razonar el interior, en este momento, por la entrada de Na es positivo con respecto al exterior. Como los canales son dependientes

de voltaje, cuando el interior es muy positivo la entrada de Na cesa porque los canales se cierran, y al mismo tiempo se comienzan a abrir los canales que permitan que el potasio (K) comience a salir del interior al exterior celular, transformando entonces a la célula, que está perdiendo cargas positivas en menos positiva. El potencial de acción, es decir el cambio de cargas entre el interior y el exterior celular, vuelve a hacerse menos positivo hasta alcanzar nuevamente la cifra que encontrábamos en la célula en reposo.



Diversas concentraciones de iones en el LIC y LEC

	CYTOSOL		FLUIDO EXTRACELULAR
	[Na <sup>+</sup> ] 15 mM	-	+ [Na <sup>+</sup> ] 150 mM
	[K <sup>+</sup> ] 150 mM	-	+ [K <sup>+</sup> ] 5 mM
	[Cl <sup>-</sup> ] 10 mM	-	+ [Cl <sup>-</sup> ] 120 mM
	[A <sup>-</sup> ] 100 mM	-	+ Plasma membrane

**Figura 1-5 Diferencia en la concentración de iones entre el líquido intra y extracelular** (tomada y adaptada de Campbell, 2007)

Es importante tener en cuenta que el llamado potencial de acción se alcanza una vez que llegamos al potencial umbral, es decir cuando cambia la concentración iónica, se llega a un valor que si se logra se abren los canales, permitiendo, como dijimos el ingreso abrupto de

los iones Na. Esto es importante porque de esta manera el potencial de acción se conduce o no se conduce. Es decir es un estímulo de todo o nada. Si alcanzamos el potencial umbral el estímulo se transmite, y si no, no se produce. Este mecanismo es de suma importancia porque permite que el estímulo siempre se transmita con la misma intensidad. Un estímulo táctil por ejemplo la sensación, es siempre la misma, a lo largo del tiempo, no disminuye, no se hace más débil, a pesar de las diferentes distancias que debe recorrer, esto es por las características de la transmisión del potencial de acción. ¿Podemos comparar a la comunicación del SN con la electricidad? ¿Podríamos encontrar diferencias y similitudes entre ellas?

Debemos resaltar, además, que en este potencial de acción, existe un período que se denomina *período refractario*, en el cual, siempre dependiendo de la permeabilidad de las membranas, no responde la

célula a otro estímulo. Es otro mecanismo que permite la conducción del potencial de acción. A modo esquemático ilustramos la figura 1-6.

La permeabilidad de la membrana, la activación de los canales dependientes de voltaje, el período refractario permiten que la conducción del potencial de acción sea unidireccional, no pueda retroceder. Una estructura ayudará a transmitir estos estímulos en forma adecuada y veloz, es la capa aislante de mielina, que como ya hemos descrito precedentemente, es producida por las células de Schwann, en los nervios periféricos y que permite el aislamiento de esos axones optimizando la conducción.

Recordemos que este potencial recorre los axones en lo que llamaremos *conducción saltatoria*, estrategias que son utilizadas para mejorar la conducción y aumentar la velocidad. Si bien los axones de las diferentes neuronas no son iguales en su tamaño, podemos decir que los axones de las células nerviosas encargadas de la motricidad voluntaria de nuestro cuerpo pueden alcanzar una velocidad de transmisión del impulso nervioso de 70 metros por segundo. ¿Podemos tomar dimensión de la rapidez en la transmisión del impulso nervioso?

Podemos observar animaciones referidas al potencial de acción en:

<http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120107/anim0015.swf>

[http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120107/bio\\_d.swf](http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120107/bio_d.swf),

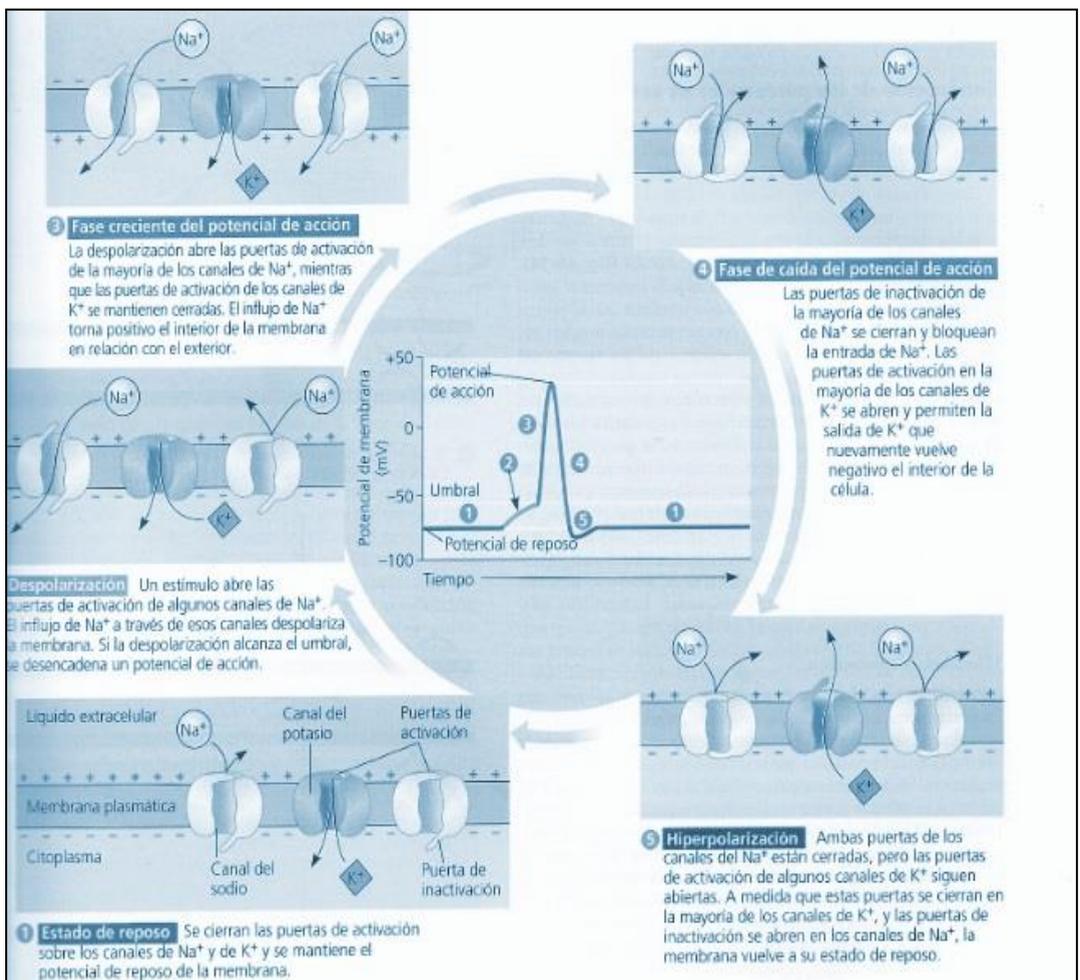
[http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120107/bio\\_c.swf](http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120107/bio_c.swf)

Recuperada de la página web de la editorial mcgraw-hill, consultada el 2 de agosto de 2013.

La transmisión de estímulos por neuronas motoras que son las encargadas de la elaboración de movimientos, son las neuronas con axones de mayor diámetro. Esta característica estructural, junto con su importante vaina de mielina que los recubre permite alcanzar la máxima velocidad en la conducción del impulso nervioso. A nivel macroscópico el diámetro de los axones, la vaina de mielina, a nivel microscópico la membrana celular,

su permeabilidad selectiva, sus canales dependiente de voltaje todo se relaciona con la estructura que evolutivamente ha sido favorecida para la función que debe realizar.

Esta estructura de tejido nervioso, sus células, su forma de comunicación, su estructura, se agrupa formando órganos y entre ellos constituyen un sistema: el SN, que será tratado en los próximos capítulos.



### **Figura 1-6 Potencial de acción**

(tomada y adaptada de Campbell, 2007)

1- en el estado de potencial de reposo las puertas de los canales de activación están cerradas. 2- Un estímulo abre algunos de los canales de Na, el pasaje de sodio del exterior al interior depolariza la membrana. Si esta depolarización alcanza el potencial umbral se desencadena el potencial de acción. 3- La depolarización abre la mayoría de los canales de Na, mientras que los canales de potasio permanecen cerrados. El flujo de Na hacia el interior de la célula la torna positiva en relación con el exterior. 4- Los canales de Na se cierran bloqueando su entrada. Se abren los canales de K, permitiendo su salida desde el interior al exterior celular, volviendo el interior celular menos positivo y volviendo a los niveles de estado de reposo. 5- Los canales de Na están cerrados, pero continúan abiertos algunos canales de K por lo que la célula es más negativa que en el estado de reposo.

## SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)

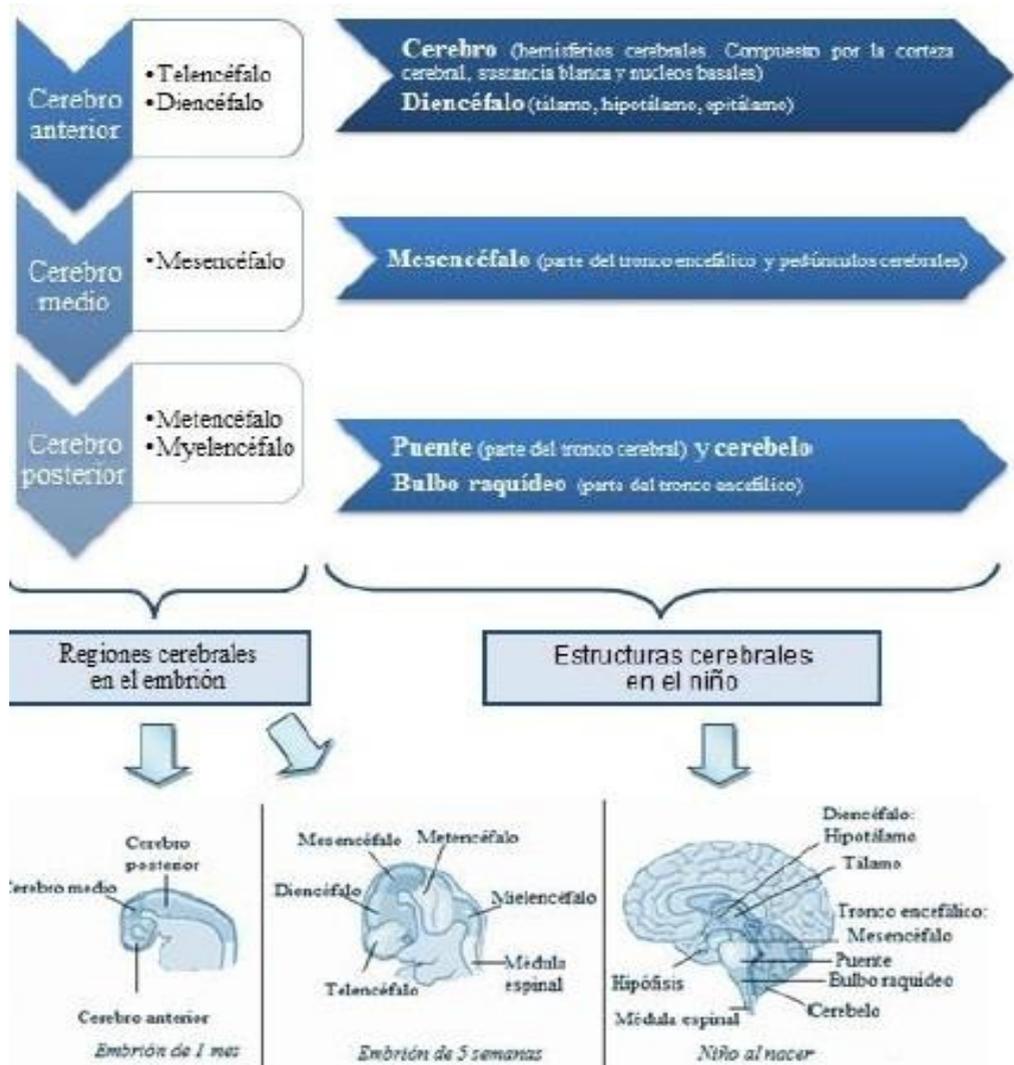
*Si recibiéramos un trasplante de corazón nuestra personalidad no se modificaría. No obstante, si el trasplante recibido sería de nuestro cerebro, se producirían modificaciones importantes, ya que éste define nuestro carácter, capacidades, gustos y decisiones.*

Teniendo en cuenta los niveles de jerarquización biológicos, las células, caracterizadas en el capítulo anterior, se agrupan entre sí formando tejidos, los cuales, a su vez, constituyen los órganos, que nuevamente se ordenan estableciendo sistemas que dan como resultado organismos complejos, como el cuerpo humano. Teniendo en cuenta esto, debemos conocer que el SN es, junto al sistema endócrino, uno de los principales del cuerpo que se encarga de coordinar, integrar y comunicar todas las funciones del organismo, como la regulación y funcionamiento de los órganos internos y temperatura corporal, emociones, actos reflejos y demás actividades necesarias para nuestra supervivencia. Para lograr éstas acciones, el SN recibe información del medio externo y de los órganos, procesa dicha información y emite una respuesta. Esto se logra, a través de las interacciones que existen entre células nerviosas que, mediante

impulsos electroquímicos, ocasionan las respuestas motoras, sensitivas y/o mixtas.

### ¿Cómo se organiza el SN?

Es importante tener en cuenta cómo se organiza nuestro SN para poder estudiarlo y analizarlo en profundidad a medida que avanzamos en la lectura. Por otro lado, y dado que es muy confuso el lenguaje utilizado para denominar cada una de sus partes según se lo realice desde el punto de vista embriológico, ontológico, o funcional creemos que es importante conocer que en todos los vertebrados el tubo neural, que aparece en el embrión se observan tres dilataciones o vesículas que se llaman vesícula anterior, media y posterior. A medida que avanza el desarrollo se subdividen cada una de ellas, para llegar a constituir las estructuras que finalmente forman parte del SN. El siguiente cuadro, sintetiza estos conceptos.

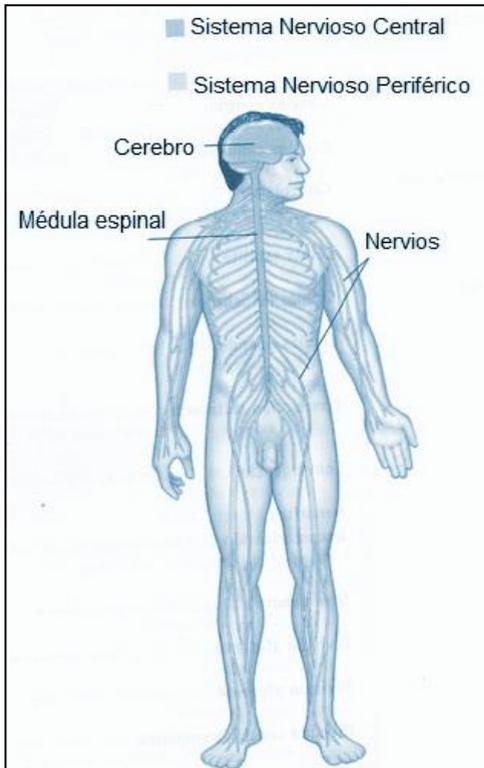


(Imagen sobre el desarrollo cerebral, tomada y modificada Campbell, 2005)

Para empezar, debemos conocer que el SN posee dos grandes organizaciones: El Sistema Nervioso Central (SNC) y el Sistema Nervioso Periférico (SNP). El primero incluye al encéfalo y la médula espinal,

mientras que el segundo, está formado por estructuras, llamadas *nervios* (ver figura 2-1). Éstos últimos comunican al SNC con la periferia, y esquemáticamente lo podemos dividir en:

- *Nervios craneales*, son aquellos que se originan en el encéfalo.
- *Nervios raquídeos o espinales*, son aquellos que se extienden desde la médula espinal.



**Figura 2-1 El Sistema Nervioso**  
(tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007):

las características anatómicas principales del sistema nervioso humano incluyen encéfalo, médula espinal y todos los nervios individuales. El encéfalo y la médula espinal constituyen el SNC y todos los nervios y sus ramas forman el sistema nervioso periférico. Los nervios que se originan en el encéfalo se clasifican como nervios craneales, los que proceden de la médula espinal nervios espinales.

A pesar de la distinta localización en su origen, podemos decir, que ambos tipos de nervios parten de órganos pertenecientes al SNC, lo que nos permite analizar que el SNP comunica el central con todos los órganos del cuerpo, tal como el nervio olfatorio, el auditivo, los plexos lumbares y cervicales, entre otros nervios que detallaremos en los próximos capítulos.

Ahora bien, dentro del SNP, encontramos dos subdivisiones más, relacionadas al control de órganos efectores. Esquemáticamente lo podemos dividir en:

- *El sistema nervioso somático* o sistema nervioso de la vida en relación es el encargado de llevar información a todos los efectores somáticos, es decir, a los músculos esqueléticos, encargándose, de esta manera, de las sensaciones y movimientos voluntarios, como el sentido del tacto o realizar actividad física.
- *El sistema nervioso autónomo*, controla y lleva información a los efectores autónomos viscerales u órganos internos, tal como lo son el músculo cardíaco, las glándulas y los intestinos, entre otros. A diferencia del Sistema

Nervioso Somático (SNS), este sistema es independiente del control voluntario, es decir, que no depende de sensaciones o movimientos voluntarios, sino que es totalmente independiente. El sistema nervioso autónomo posee dos tipos de divisiones:

- División simpática, que agrupa a los nervios que parten de la médula espinal y es el que “se activa” para preparar al cuerpo para la huida o la lucha, dilatando las pupilas y aumentando el pulso cardíaco por ejemplo.
- División parasimpática, los nervios parten del encéfalo o de las porciones bajas de la médula, y se encargan de coordinar las actividades normales de un cuerpo en reposo.

Manos a la obra...

Es hora de trabajar...

es hora de ponerse a aplicar conceptos...

Les proponemos que analicemos la siguiente imagen: ¿Qué diagnóstico se prevé frente a esta reacción positiva? ¿Por qué? y si la reacción no es correspondida, ¿qué presume el profesional?



## 2.1- Capas menínges y líquido cefalorraquídeo

Los órganos que componen al SN son muy frágiles y delicados. A causa de esto, deben poseer algunas estructuras que los sostengan y protejan, a las que llamamos *capas menínges*. Éstas son membranas de tejido conectivo, que en su conjunto se denominan *meninges*. Les proponemos visualizar la figura 2-2 para lograr comprender e imaginarse a las capas menínges.

Estas membranas recubren todo el SNC, es decir el cerebro, cerebelo, tronco encefálico, médula espinal y también envuelven a las raíces de los nervios espinales inferiores y la parte correspondiente al filum terminal, pertenecientes al SNP.

Para conocer más acerca a cada una de las capas menínges, que recubren el SNC, les proponemos

desarrollar sus características principales.

Comenzaremos con la más superficial de ellas, denominada *duramadre*. Ésta está formada por un resistente tejido conectivo fibroso de color blanco. Se encuentra unida a la cara interna de los huesos como los que recubren la cavidad craneal. A su vez, proporciona, vías de acceso a los vasos sanguíneos que irrigan al SN. Y es una barrera mecánica que protege al tejido nervioso de las infecciones. Entre la duramadre y las cubiertas óseas se encuentra el espacio epidural que contiene una capa de grasa y de otros tejidos conjuntivos. En este espacio, como veremos más adelante, encontramos las raíces nerviosas de los nervios espinales, y es un lugar donde se utiliza la colocación de drogas anestésicas para cirugías que lo requieran. Nos referimos a la llamada “anestesia epidural”. En este tipo de anestesia quedan anuladas las funciones motoras y sensitivas de los nervios raquídeos situados de la cintura para abajo, por lo tanto, no compromete la conciencia, tema que será desarrollado más adelante.

Como característica primordial podemos decir que, la duramadre, posee tres importantes prolongaciones interiores, éstas son:

- la *hoz del cerebro* que se proyecta dentro de la cisura longitudinal y forma una especie de tabique entre ambos hemisferios, derecho e izquierdo.
- la *hoz del cerebelo* separa a los dos hemisferios que lo forman.
- la *tienda del cerebelo* divide el encéfalo en un grupo superior y otro inferior, como detallaremos más adelante.

La segunda capa meníngea que conforma la protección al SNC, es la

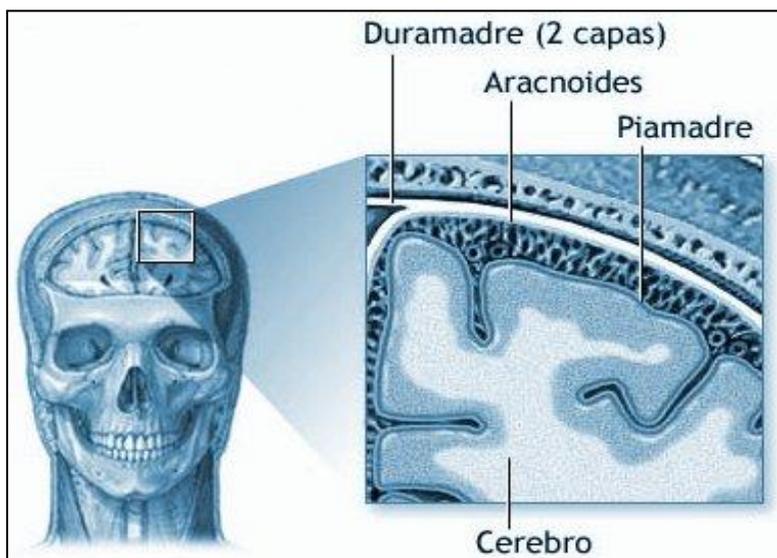
Para más información ingresa a <http://www.importancia.org/sistema-nervioso.php>

que denominaremos *aracnoides*. Esta capa la encontramos entre la duramadre, en contacto con el espacio subdural, que contiene un líquido seroso lubricante, y la piamadre en contacto con el espacio subaracnoideo. Para diferenciarla del resto de las capas, podemos expresar que la aracnoides, se parece a una tela de araña, a la cual se la caracteriza por una delicada textura. Por último, adherida estrechamente al tejido encefálico y a la médula espinal, se encuentra la *piamadre*. Ésta membrana es muy delgada y se constituye de tejido conectivo, que es el encargado de recubrir a todo el

SNC, proporcionándole nutrientes a partir de numerosas ramificaciones vasculares. La superficie externa de esta membrana está unida a la aracnoides por trabéculas de tejido conjuntivo que limitan con un espacio llamado subaracnoideo, mencionado anteriormente, por donde circula el líquido cefalorraquídeo.

<http://escuela.med.puc.cl/paginas/departament os/anatomia/cursoenlinea/down/irriga.pdf>

[https://www.youtube.com/watch?v=HW5y5s\\_ AHk4](https://www.youtube.com/watch?v=HW5y5s_ AHk4) (flujo del líquido cefalorraquídeo)



**Figura 2-2 Capas menínges**

(tomada y adaptada de A.D.A.M, 2010)

A parte de las cubiertas, huesos, músculos, entre otros mecanismos de protección, el cerebro está protegido por una amortiguación líquida. Este líquido que circula alrededor y dentro de los órganos, se llama *líquido cefalorraquídeo*, nombrado en el párrafo anterior. El mismo, no sólo es un mecanismo de protección, sino que también funciona como un monitor de posibles alteraciones que puedan

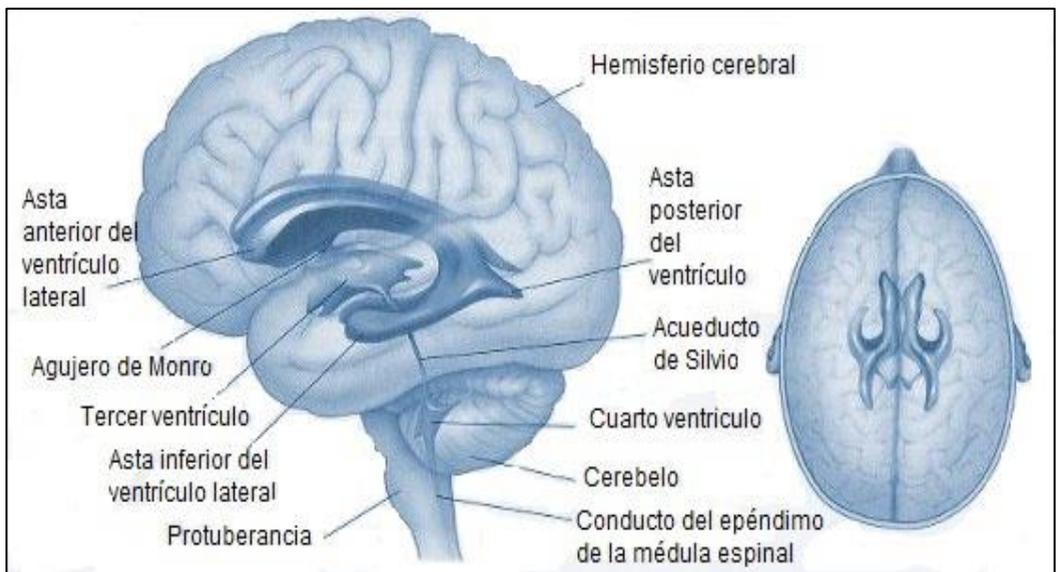
surgir en el medio interno. Un dato muy interesante es la pequeña cantidad de la que dispone cada individuo, que es aproximadamente 140 ml de líquido.

El líquido cefalorraquídeo se encuentra en el espacio subaracnoideo, circulando dentro de las cavidades y conductos del encéfalo y la médula espinal. Se produce a partir de la separación de líquido de la sangre en los plexos

coroideos, que son una red de capilares que salen desde la piamadre hacia las cavidades, expulsado por las células endoteliales que revisten la pared de los capilares. Luego llega al espacio subaracnoideo recorriendo todo el encéfalo y la médula. Finalmente el líquido es absorbido por granulaciones de Pacchioni que lo devuelven a la sangre.

Cuando hablamos de cavidades nos referimos a los cuatro

ventrículos. Podemos mencionar los *ventrículos laterales*, ubicados uno en cada hemisferio cerebral. Luego, por debajo de estos últimos se encuentra el *tercer ventrículo* que posee una forma similar a la de una pequeña bolsita y finalmente, el *cuarto ventrículo* caracterizado por su forma romboide que se encuentra próximo a la cara posterior del tronco del encéfalo. Ver figura 2-3



**Figura 2-3 Ventrículos cerebrales**  
(tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007)

## 2.1 - Encéfalo

Continuando con la explicación del SNC, sus características y funciones le toca el turno al encéfalo.

Denominamos encéfalo a casi toda la porción del SNC, exceptuando a la médula espinal, que se encuentra alojada en el conducto vertebral. Éste último, está formado por células denominadas

neuronas que forman la *sustancia gris* (materia gris) y se comunican mediante fibras denominadas axones, que son los que constituyen la *sustancia blanca* (materia blanca). Además, está recubierto por una capa exterior de hueso, denominado *huesos craneales*<sup>2</sup> y las cubiertas interiores denominadas *membranas meníngeas* con sus correspondientes prolongaciones de la membrana duramadre (Hoz del cerebro, Hoz del cerebelo y tienda del cerebelo) de las cuales hablamos más detalladamente en el apartado anterior.

El encéfalo es un órgano de gran tamaño en un ser humano adulto, éste llega a pesar 1,4 kg. Crece rápidamente durante los primeros nueve años de edad, llegando a su máximo desarrollo a los 18 años aproximadamente. Sus células se dividen mitóticamente de manera prenatal y los primeros meses postnatales, luego solo aumentan su tamaño.

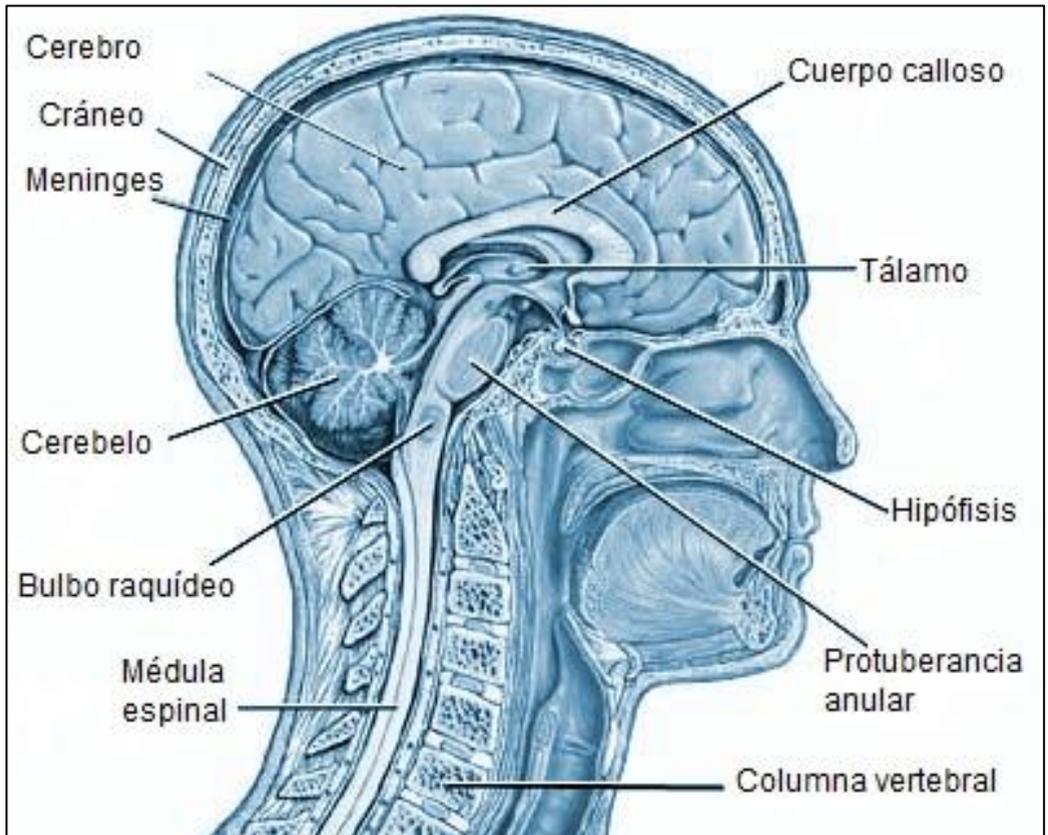
Como se muestra en la figura 2-4, el encéfalo está dividido en dos grupos de elementos unidos entre sí por un estrecho pedúnculo, llamado *istmo*. El grupo inferior está separado del grupo superior por la tienda del cerebelo, que como hemos

visto es una prolongación de la duramadre y comprende de abajo hacia arriba: el bulbo, también llamado médula oblonga, el puente, los pedúnculos cerebrales y el cerebelo. Pocas regiones del SN han dado lugar a tal confusión terminológica (Rouviere, 2007), y es por ello que a partes iguales en diferentes bibliografías se los nombra diferente. Sólo para dar un ejemplo a los pedúnculos cerebrales, que conectan al tronco encefálico con el cerebelo, junto con los colículos cerebrales, se lo conoce como *mesencéfalo*. Estos nombres están relacionados con el desarrollo del encéfalo y fueron dados por embriólogos.

El grupo superior está integrado por el cerebro propiamente dicho, originando una estructura par y media, conocida como *diencéfalo*, o cerebro del medio, formada por el tálamo y los llamados *núcleos de las base* y por encima de ellos dos partes pares y simétricas que corresponden a los hemisferios cerebrales.

---

<sup>2</sup> Los huesos que forman la calota craneal son: frontal, parietales, temporales y occipital.



**Figura 2-4 Esquema del encéfalo**  
 (tomada y adaptada de Nicolás Silvera Hernández, 2012)

Simplemente, para asociar el desarrollo del encéfalo con la historia evolutiva podemos mencionar que al tálamo junto con los núcleos de la base se lo llama *paleoencéfalo*, porque es anterior en su aparición, es más antiguo. Por otro lado a los hemisferios cerebrales se los llama *neoencéfalo*, porque es de aparición más reciente evolutivamente hablando.

A continuación desarrollaremos cada una de estas partes en las que se divide el encéfalo, que es

simplemente un recurso en la descripción, pero su estructura permite el funcionamiento como un todo.

### 2.3- Cerebro

Por arriba de la tienda del cerebelo encontramos al cerebro propiamente dicho. Este cerebro está dividido en tres partes: una impar y media llamada *cerebro intermedio o diencéfalo* y otras dos partes, pares y

simétricas que forman los hemisferios cerebrales, *el telencéfalo*.

El diencéfalo comprende el conjunto de estructuras situadas alrededor del tercer ventrículo, y está colocado profundamente en el encéfalo a ambos lados de la línea media, como podemos observar en la figura 2-5.

Describiremos como constituyentes: el tálamo y los núcleos estriados derivados de los hemisferios cerebrales como son el núcleo caudado y el lenticular. Son regiones de sustancia gris que intervienen formando estaciones de relevo diferentes en vías encargadas de llevar la sensibilidad consciente, como así también en regulación de vías motoras. Para realizar una descripción más detallada diremos que sus estructuras son:

- Tálamo: Es una masa ovoidea de sustancia gris formado por numerosos grupos de neuronas, llamados núcleos y sustancia blanca llamada *lámina medular interna* que está formada por múltiples haces de axones que participan de diferentes vías de conducción nerviosa. El tálamo es el principal centro para la información sensorial en su viaje hacia la corteza cerebral. Todas las vías

sensoriales conscientes hacen una sinapsis en el tálamo desde donde son enviadas a los centros cerebrales apropiados.

- Hipotálamo: se encuentra por debajo del tálamo y está compuesto de varias estructuras formadas de sustancia gris y haces de sustancia blanca que conectan los núcleos entre sí. Su función es ser eslabón entre la mente y el cuerpo, unir el sistema endócrino con el SN originando lo conocido como *secreción neuroendócrina*. Encontramos el centro regulador de la temperatura corporal, o termostato, así como el llamado reloj biológico. Por su control a la glándula hipófisis el hipotálamo regula el hambre y la sed, y, además tiene un rol importante en los comportamientos sexuales, de apareamiento, de lucha o huida y el placer (Campbell, 2005). Es también la fuente de hormonas en la adenohipófisis posterior, tema de otro capítulo en el cuerpo humano.
- Epitálamo: incluye la glándula pineal que se encuentra por encima de los

tubérculos cuadrigéminos del mesencéfalo, su forma es circular y pequeña y es considerada una reliquia filogenética que se encuentra en los animales vertebrados inferiores, es una glándula endócrina que produce melatonina. Su secreción sigue patrones de luz-oscuridad. Además incluye un grupo de capilares, llamado plexo coroideo encargado de la producción o secreción de líquido cefalorraquídeo, a partir de la sangre.

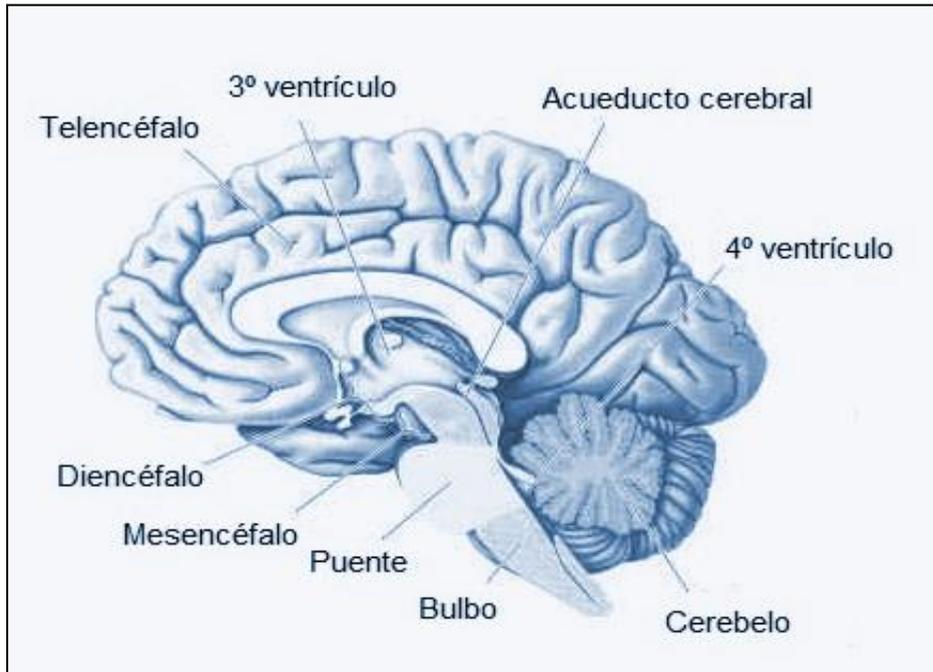
El cerebro consta de una superficie delgada denominada *corteza cerebral* que está formada por seis capas de neuronas que corren tangencialmente a la superficie encefálica (Campbell, 2005). Esta corteza, es conocida como *neocorteza*, ya que evolutivamente hablando, se originó cuando los mamíferos se separaron de los reptiles. En los seres humanos tiene una superficie mayor, y es por ello que se plegó formando circunvoluciones. En esta corteza cerebral podemos localizar además gran cantidad de fibras, axones, ya sea de tractos ascendentes, descendentes o simplemente fibras de asociación. Éstos haces son los que comunican una circunvolución con la

otra del mismo hemisferio mientras que los tractos, llamados *comisurales*, se extienden de la circunvolución de un hemisferio a la del otro y son los que forman el *cuerpo calloso*, el cual tiene una forma curva, y no es otra cosa que un conjunto de fibras nerviosas que funcionan como puente entre los hemisferios. Todas estas vías de asociación permiten transmitir y recibir información de un lugar u otro para poder realizar acciones de complejidad creciente, como por ejemplo pensar.

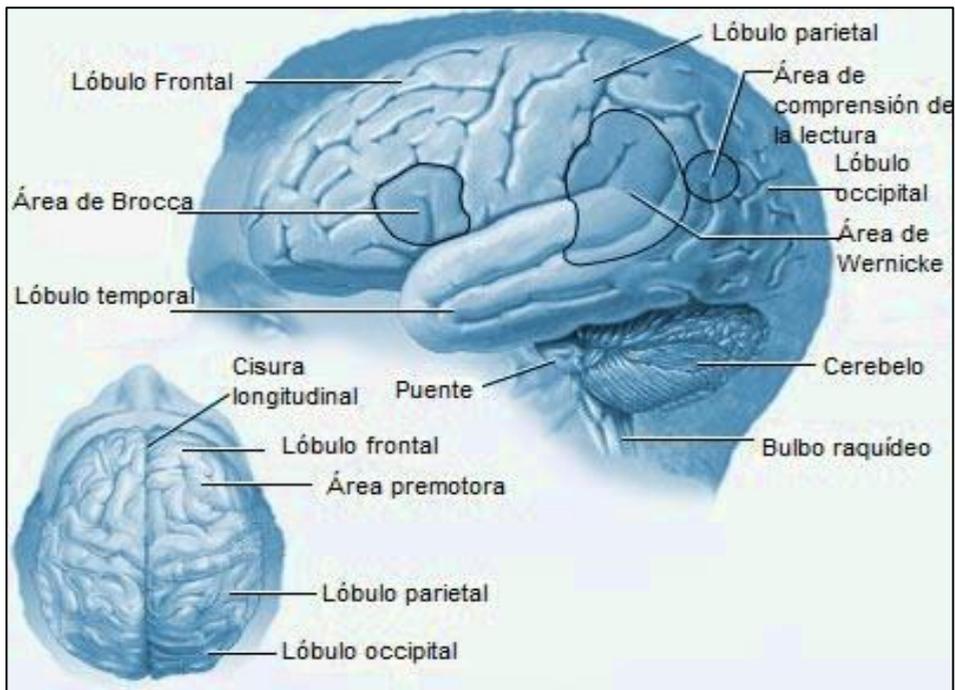
Entre las circunvoluciones se pueden encontrar los surcos que son ranuras superficiales que dividen a cada hemisferio cerebral en cinco lóbulos (parietal, temporal, frontal, occipital e ínsula), como lo observamos en la figura 2-6.

Las ranuras más importantes son: interhemisférica (es la más profunda y divide al cerebro en dos hemisferios), Rolando (divide al lóbulo frontal del parietal), Silvio (divide al lóbulo temporal del parietal y frontal) y Perpendicular externa (divide el lóbulo occipital del parietal).

[https://www.facebook.com/TEDxRiodeLaPlata?v=app\\_174132606050150&app\\_data=zONDGowt51w](https://www.facebook.com/TEDxRiodeLaPlata?v=app_174132606050150&app_data=zONDGowt51w)



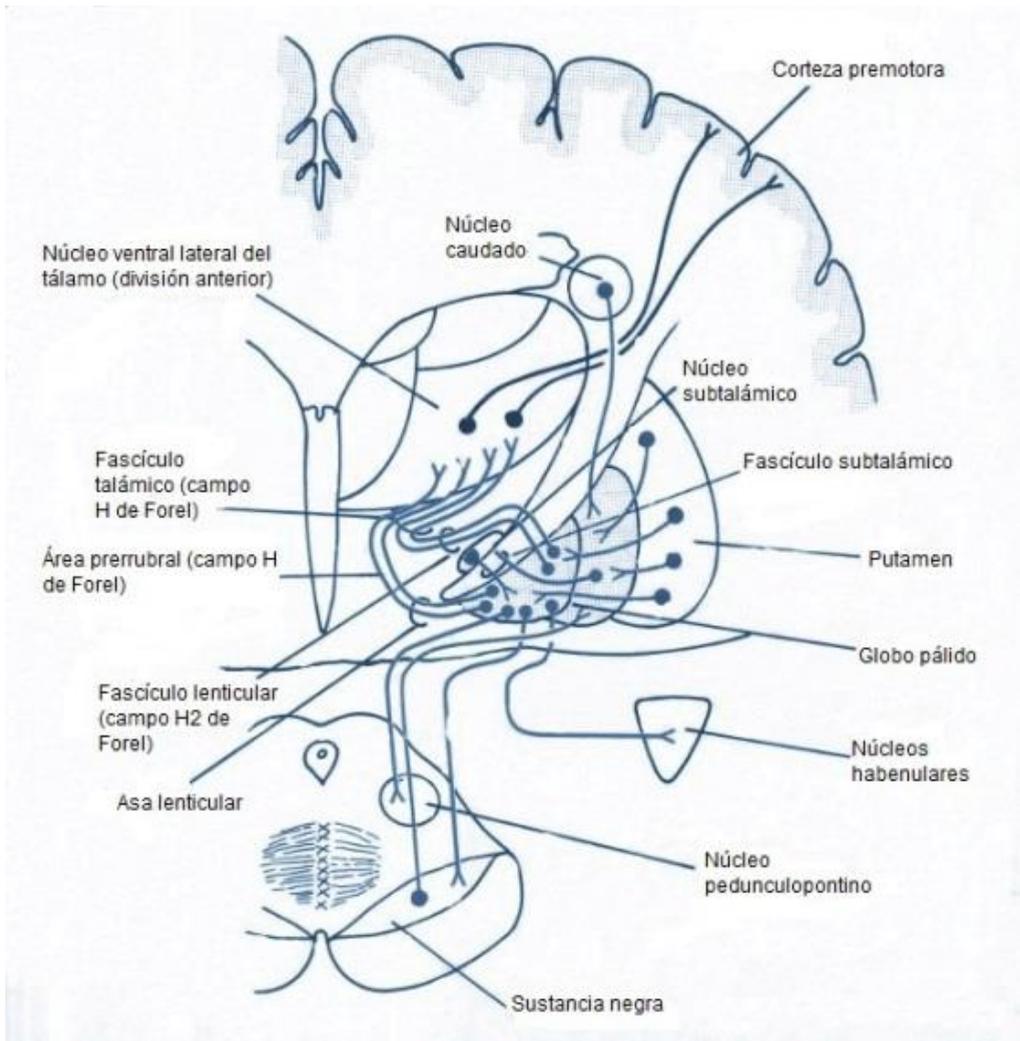
**Figura2-5 Cerebro**  
(tomada y modificada de Internet)



**Figura 2-6 Lóbulos del cerebro**  
(tomada y adaptada de A.D.A.M, 2013)

Además en el cerebro encontramos formaciones de sustancia gris denominada *núcleos basales*, que podemos observar en la figura 2-7 y que se llaman: *núcleo caudado*, *núcleo lenticular* con sus dos formaciones (putamen y globo pálido) y el *núcleo amigdalino* que intervienen en la coordinación de los movimientos voluntarios e

involuntarios a través de múltiples vías que permiten la armonía en el movimiento fino, como por ejemplo el de escribir. Estos núcleos están topográficamente situados en el límite de una estructura denominada *cápsula interna*, por donde pasan tanto las vías aferentes como las eferentes, es decir las que bajan de la corteza como las que suben a ella.

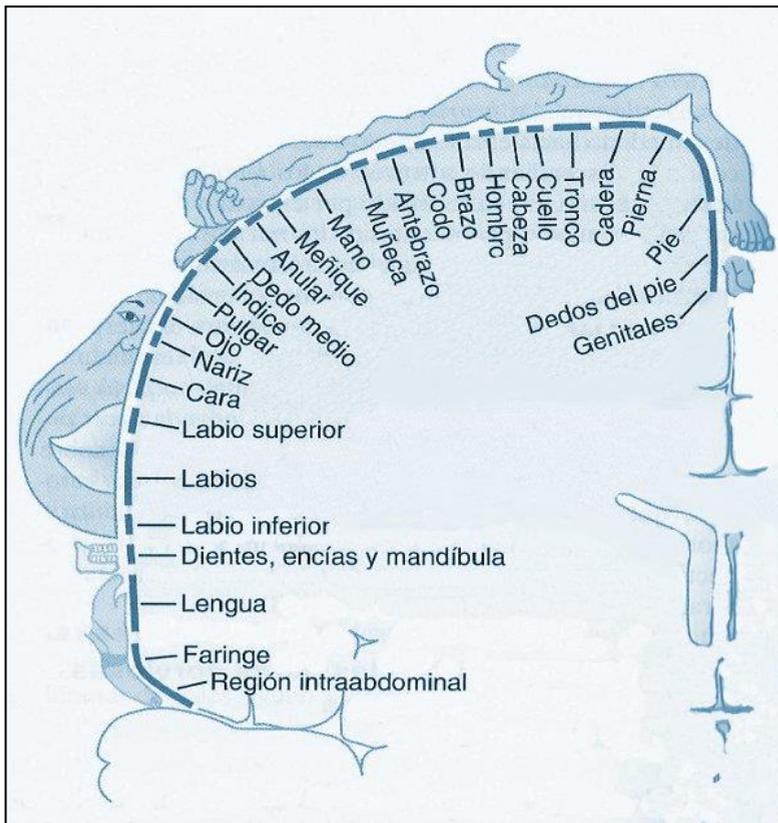


**Figura 2-7 Núcleos basales, núcleo caudado, núcleo lenticular y núcleo amigdalino**  
(tomada y adaptada de Guyton, 2007)

Los hemisferios se dividen en izquierdo y derecho. Mucho se ha hablado e investigado sobre sus funciones específicas, sin embargo en numerosos casos funcionan complementándose. El hemisferio izquierdo esta más relacionado con el desarrollo de los conocimientos matemáticos y del lenguaje, mientras que el derecho se especializa en la percepción de ciertos estímulos auditivos y relaciones espaciales.

Como dijimos anteriormente y podemos observar en la figura 2-6, los hemisferios están divididos en lóbulos y en cada uno de ellos se encuentran funciones de la corteza.

Por ejemplo, caminar y mover los músculos para ello implica la intervención del lóbulo frontal en el control del movimiento voluntario de los músculos. Otra función que podemos nombrar es la del lóbulo parietal, en el cual finalizan las vías de sensibilidad consciente, como por ejemplo el tacto, la temperatura y el dolor. En estos dos lóbulos podemos decir que la topografía de las regiones responsables de la sensibilidad y motricidad general de nuestro cuerpo muestra diferente extensión, como podemos ver en la figura 2-8 del homúnculo sensitivo y motor.

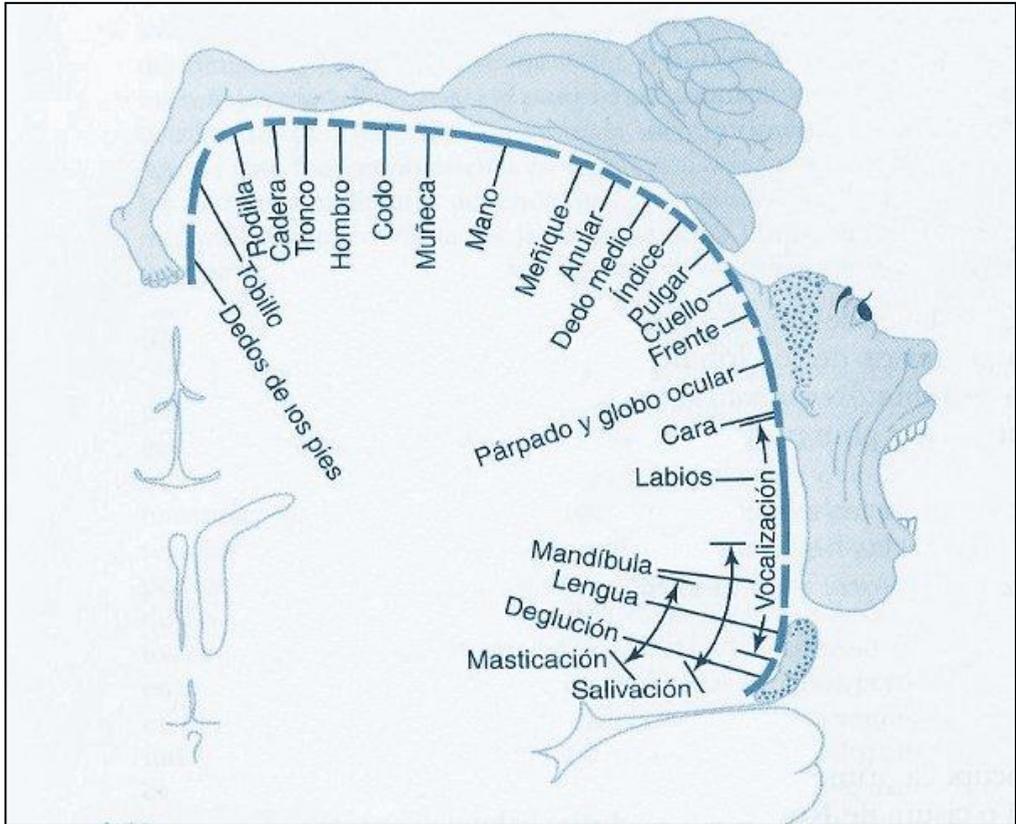


**Figura 2-8**  
**Región de la**  
**corteza sensitiva**  
 (tomada y adaptada de Campbell, 2005)

Las funciones del lóbulo temporal están asociadas a lo auditivo y el lóbulo occipital a lo visual.

Existen otras áreas que se caracterizan por brindar la posibilidad de adaptación

disminuyendo las alteraciones en nuestro cerebro, al momento de poseer alguna lesión, ellas son las de asociación que integra información motora y sensorial. Observemos la figura 2-9 para analizar detenidamente la imagen.



**Figura 2-9 Región de la corteza motora**  
(tomada y adaptada de Campbell, 2005)

## Funciones de la corteza cerebral

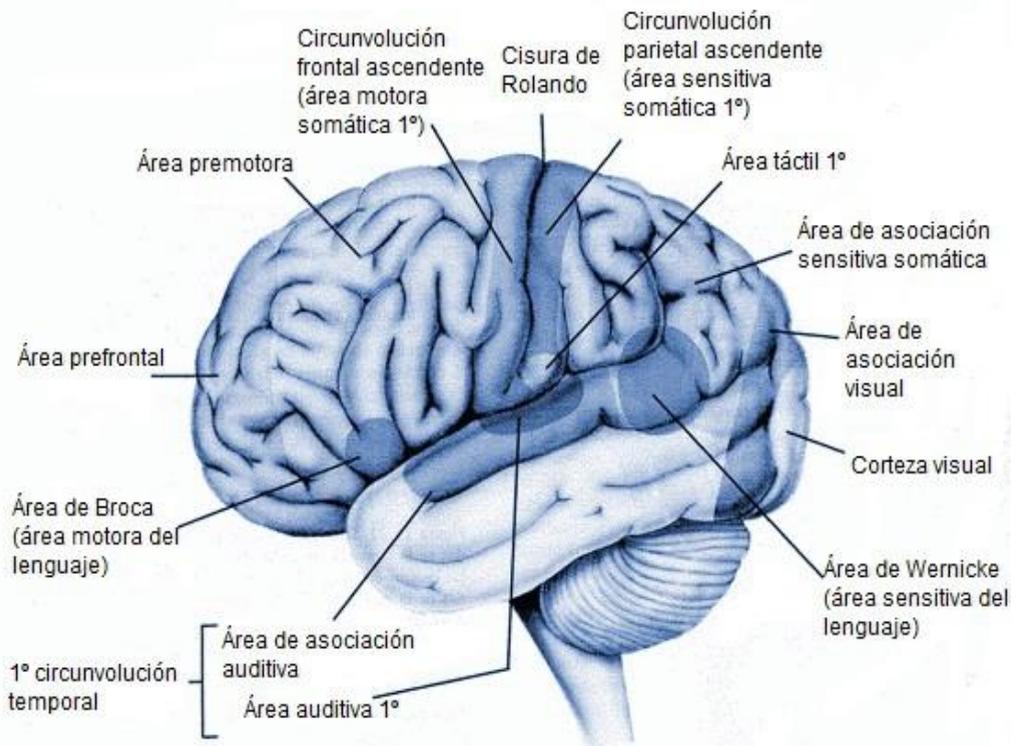
La corteza cerebral se fragmenta en áreas encargadas de determinadas funciones dependiendo de las estructuras con las que se

comunica. Existen áreas que son las encargadas de las funciones sensitivas, es decir, del funcionamiento de los sentidos

somáticos, como el tacto, la presión, la temperatura, la posición corporal y también son las que hacen funcionar al sentido de la vista y la audición, como de otras tantas percepciones que requieran de órganos sensoriales complejos. El área primaria de los sentidos somáticos generales es la *circunvolución parietal ascendente*, que transmite su información a las áreas de asociación sensitivas y a otras partes del encéfalo en donde es evaluada, finalmente la corteza integra toda la información en una percepción total. Como veremos en la figura 2-10, existen las áreas

encargadas de las funciones motoras como: *la circunvolución frontal ascendente*, que constituye el área motora somática primaria y la *circunvolución intermedia anterior* a la frontal ascendente, que cumplen con la realización de diversas funciones, como por ejemplo, controlar el movimiento de los músculos estriados.

Para ampliar estos temas invitamos a visitar la página web <http://cedoc.infed.edu.ar/upload/5cerebroy memoria.pdf>, que se corresponde con material realizado INFED en el año 2010.



**Figura 2-10 Áreas funcionales de la corteza Cerebral**  
(tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007)

Las funciones integradoras de la corteza cerebral comprenden actividades mentales de todo tipo, tal como la consciencia, el lenguaje, las emociones y la memoria. Es decir, son funciones que integran las funciones motoras y las sensitivas mencionadas anteriormente.

## **2.4- Tronco encefálico**

Se denomina *tronco del encéfalo* o *tronco encefálico* al conjunto de bulbo o médula oblonga, protuberancia y pedúnculos cerebrales. Cada una de estas partes está unida por estructuras llamadas *pedúnculos cerebelosos* al cerebelo. Estructuralmente estas vías permiten la aferencia y eferencia de los circuitos neuronales desde y hacia este órgano. Todo el tronco encefálico está recorrido por el sistema ventricular del SNC.

Como podemos ver en la figura 2-11, el bulbo raquídeo es la parte del encéfalo que se une a la médula espinal. Éste es una prolongación de la médula que mide 2,5 cm aproximadamente. El bulbo raquídeo, se compone de sustancia blanca y una red de sustancia gris y blanca llamada *formación reticular*. En ésta última, formación reticular, podemos encontrar cuerpos celulares de neuronas, algunos de los cuales se denominan *centros de control* como por ejemplo cardíaco, respiratorio y

vasomotor, funciones vitales del organismo. Por encima del mismo, del bulbo raquídeo, ubicamos a la protuberancia y superior a ella los pedúnculos cerebrales.

En conjunto, en el tronco encefálico, encontramos haces de circuitos neuronales que ascienden desde la médula espinal, o descienden de los hemisferios cerebrales, diencefalo o cerebelo. Estos circuitos ascendentes se corresponden, como veremos más adelante como vías sensitivas en su ascenso hacia la corteza, mientras que dentro de los descendentes una estructura que determina la cara anterior del tronco encefálico es el haz piramidal, que corresponde a la vía motora originada en la corteza cerebral.

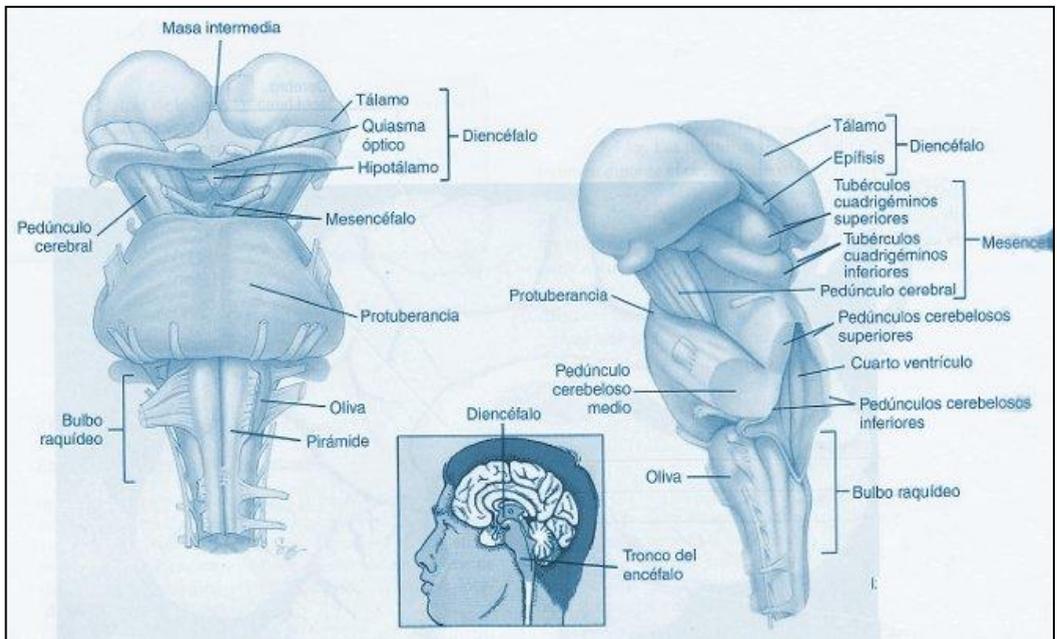
Además de estos múltiples grupos de axones de diferentes conexión y dirección, encontramos sustancia gris, es decir grupos de neuronas que forman los núcleos de origen de los llamados *pares craneales*, como por ejemplo el nervio facial, el glossofaríngeo y el trigémino; pero no nos apresuremos ya que estos nervios serán desarrollados en los próximos capítulos. Otras neuronas forman los núcleos de varios centros llamados *reflejos*, muchos de ellos vitales para nuestro organismo, como por ejemplo centro de la respiración, el

centro cardíaco, que nos controla permanentemente el tono de nuestro sistema vascular, permitiendo realizar ajustes ante necesidades o cambios. Otros centros reflejos, no son vitales, pero son igualmente importantes, como por ejemplo el centro de la deglución.

Sin embargo no son los únicos grupos de neuronas encontrados. Otra estructura, llamada en general *sustancia reticular*, formada por neuronas distribuidas en todo el tronco cerebral es la encargada de emitir estímulos constantes a la corteza. Esta sustancia reticular activante es la que nos permite por ejemplo el despertar.

Demás estructuras que debemos mencionar a nivel de los pedúnculos cerebrales son por un lado los *tuberculos cuadrigéminos*, situados en su cara posterior relacionados con las vías auditivas y visuales, cumpliendo un rol fundamental en la interpretación de los sonidos y la visión y un grupo de neuronas llamadas *sustancia negra* (ver figura 2-7) y núcleo rojo que forman parte de complejos circuitos entre la corteza, el cerebelo y la médula espinal que permiten el control del tono muscular.

Las *pirámides* son dos proyecciones abultadas de sustancia blanca que se encuentran en la cara ventral del bulbo y formadas por fibras.



**Figura 2-11 Esquema del tronco encefálico** (tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007).

Son accidentes anatómicos resultantes del paso de vías nerviosas motoras, llamada *vía piramidal*, como veremos más adelante. La oliva es otra proyección que se encuentra en la cara ventral del bulbo raquídeo pero está ubicada en forma lateral a las pirámides, formada de sustancia gris.

Para más información puedes dirigirte a la siguiente página extraída de la Universidad Nacional de Asunción Facultad de Ciencias Médicas: <http://www.slideshare.net/lalistef/troncoceflico-13926464>

## 2.5- Cerebelo

El cerebelo, como órgano perteneciente al encéfalo, se encuentra ubicado por debajo del cerebro, separados entre sí por una fisura transversa. Si estudiamos o analizamos su estructura, el cerebelo tiene más neuronas que el resto de los órganos del SNC. Es importante reconocer que este órgano está compuesto externamente, por la corteza o sustancia gris ubicada de manera tal que le permite rodear a la sustancia blanca, la cual forma parte

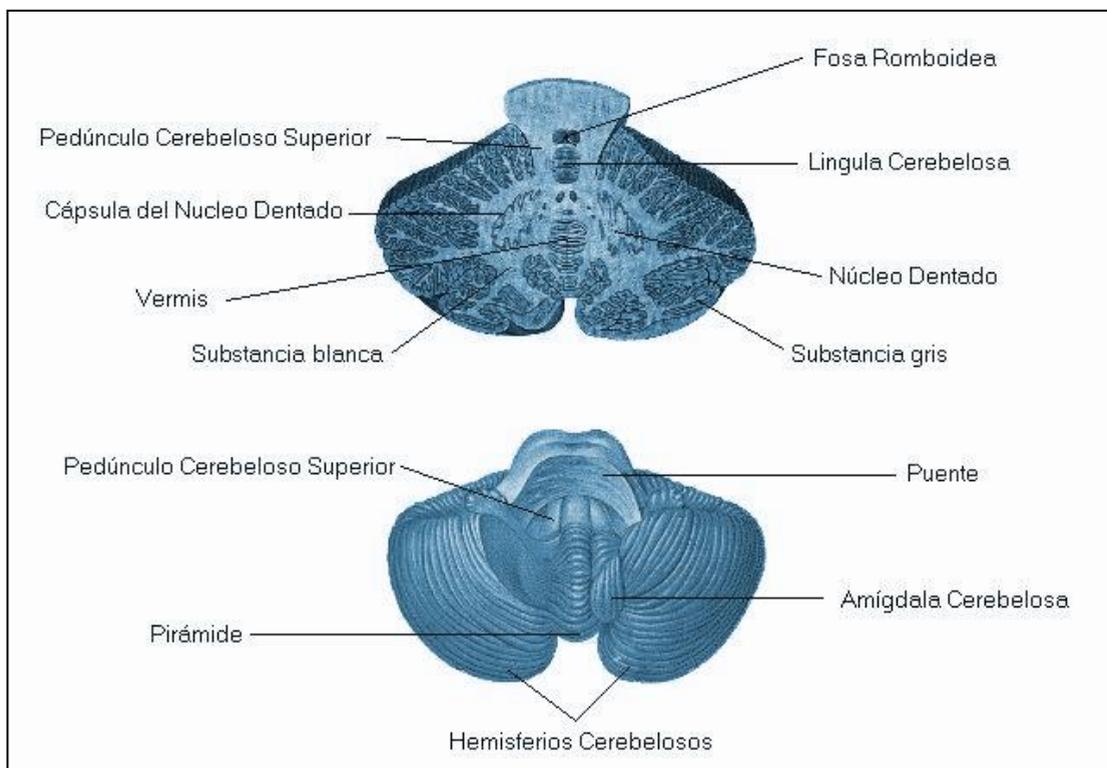
de la estructura interna del cerebelo o también llamado: *árbol de la vida*. El cerebelo, posee surcos y elevaciones, denominadas *circunvoluciones*, muy similares a las del cerebro pero más delgadas y pequeñas, conocidas con el nombre de folia, que significa “hoja”. Topográficamente, el cerebelo se encuentra dividido en dos hemisferios, separados por una región central llamada *vermis*. Observar figura 2-12.

La sustancia blanca interna del cerebelo está formada por las prolongaciones de los axones de sus neuronas, agrupadas en estructuras que se denominan *tractos*, los que conducen impulsos desde y hacia el cerebelo.

Estas vías de conducción llegan y salen del mismo a través de pedúnculos que simplemente permiten la comunicación de otras estructuras del SNC con el cerebelo. Se pueden distinguir:

- *Pedúnculos inferiores*: Constituidos por tractos provenientes del bulbo y la médula espinal. Evolutivamente hablando, esta región es la más antigua o longeva y está relacionada con la función del equilibrio.

- Pedúnculos medios: Están compuestos por tractos o conjuntos de axones neuronales que llegan al cerebelo desde la protuberancia, comunicándose entre sí y está relacionado con vías que informan sobre el tono muscular.
- Pedúnculos superiores: es a través de él que ingresan grupos de axones provenientes de la corteza cerebral y el tálamo. Estos son los encargados, en conjunto con el resto del encéfalo, de coordinar los movimientos finos, como escribir, pintar o tocar el piano.



**Figura 2-12 Hemisferios del cerebelo**  
(tomada y adaptada de PsicoActiva® on-line, 1998-2013)

Ahora que ya hemos estudiado la estructura del cerebelo, es importante que describamos las funciones que éste órgano posee, que nos permitirán

analizar muchas de nuestras actividades diarias.

A grandes rasgos y teniendo en cuenta la aparición evolutiva del

cerebelo, podemos decir que la región más antigua se encarga del equilibrio, mientras que las regiones más nuevas, como los pedúnculos superiores, son las responsables de la coordinación de los movimientos finos. Para que esto sea posible, numerosos circuitos desde la corteza motora en su área pre-frontal se comunican haciendo sinapsis en el cerebelo para que éste, luego de comprobar la posibilidad de efectuar el movimiento, envía nuevamente la información a la corteza, con los ajustes que deberían realizarse. Y es, luego de este circuito, que la orden motora acontece.

Resumiendo, las funciones del cerebelo son complementarias a las del cerebro, ya que por ejemplo, actúa conjuntamente con la corteza cerebral para producir movimientos hábiles, coordinando las actividades de grupos musculares. Además, el cerebelo interviene para controlar la postura, mantener el equilibrio y coordinar la información sensitiva entrante.

Cuando estas funciones cerebelosas resultan alteradas, originan enfermedades o patologías, como por ejemplo la incoordinación muscular o ataxia, que ocasiona trastornos en la marcha y en el equilibrio, dependiendo los grupos musculares que se vean afectados. Una prueba sencilla para diagnosticar

la ataxia, es realiza lo siguiente: llevar el dedo hacia la nariz, de esta forma se demuestra si las funciones cerebelosas están alteradas o no.

¿Cuántos de nosotros nos hemos referido al cerebelo y al cerebro como un mismo órgano, tomándolos como sinónimos? Ahora es momento de repensar y analizar la estructura y funciones de cada uno de ellos, no sólo para poder lograr diferenciarlos entre sí, sino que además resultaría interesante que puedan comprender y relacionar la manera en la que ambos funcionan conjuntamente con el resto de los órganos del SN.

## 2.6- Médula espinal

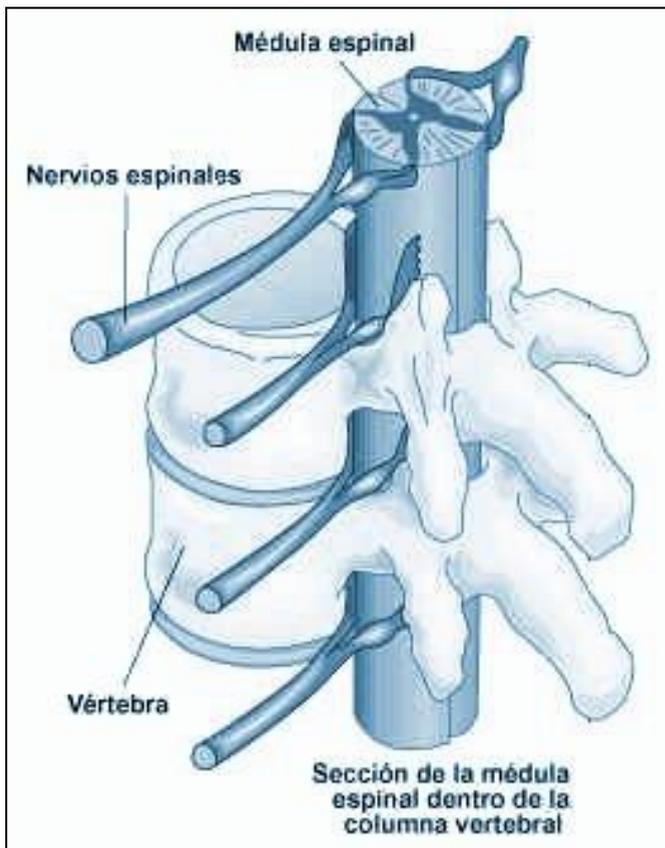
*- ¡La médula espinal es la que se encuentra en el interior de los huesos!*

*- ¡No! ¡La que se encuentra en el interior de los huesos se llama Médula Ósea, la médula espinal, es la que se ubica en el interior de las vértebras, en el conducto vertebral! ¿Acaso no lo viste en el secundario?*

Seguramente muchos de nosotros hemos pasado alguna vez por este “debate” relacionado a las médulas, por eso y para eso, en este apartado haremos referencia a la médula del SN que forma parte, como dijimos anteriormente, del

SNC junto al encéfalo, ya que fue tratado anteriormente en la página 35 de este libro. La médula espinal, como bien se menciona en el diálogo anterior, se ubica dentro del conducto vertebral (ver figura 2-13), extendiéndose desde la base cerebral hasta la región lumbar de nuestra columna, específicamente hasta la vértebra L1 (ver figura 2-14). Es importante conocer que nuestra médula posee un grosor similar al tamaño del dedo meñique, y se adelgaza ligeramente de arriba abajo, con sólo dos engrosamientos: el

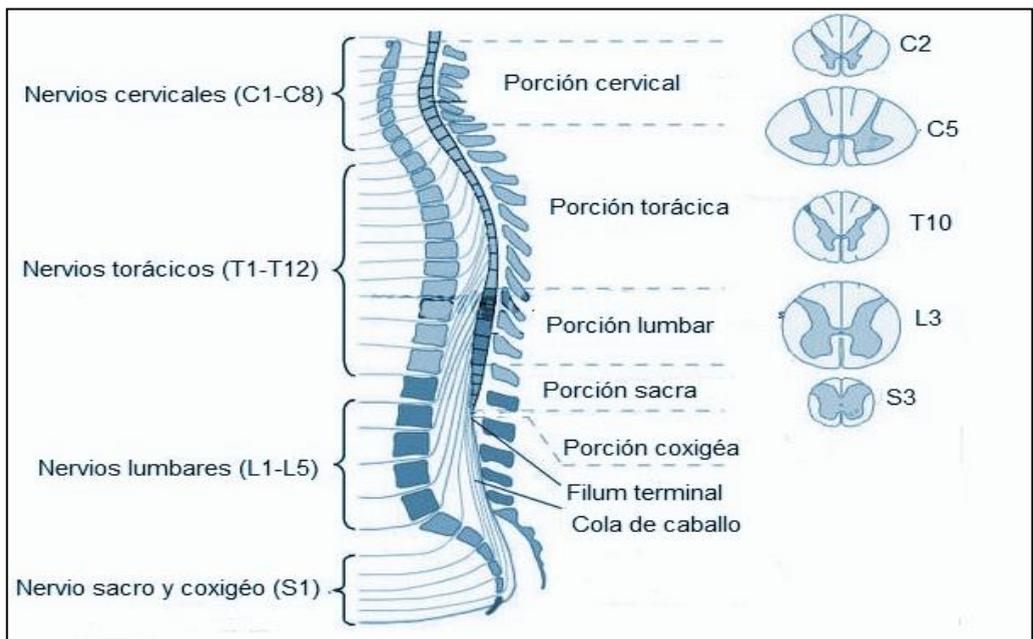
primero en la zona cervical y la última en la región lumbar. Por ella y a través del conducto endodimario o epéndimo, circula y transita el líquido cefalorraquídeo que mencionamos al principio del capítulo. Cabe destacar que la médula no llena por completo el conducto vertebral en el cual se encuentra, sino que además, está acompañada por las meninges, una almohadilla de tejido adiposo o grasa, (como comúnmente lo conocemos) y vasos sanguíneos.



**Figura 2-13 Ubicación de la médula espinal en el conducto vertebral**  
(tomada y adaptada de Proyecto Biosfera)

La médula espinal actúa como conector principal entre el cerebro y el SNP (que desarrollaremos más adelante) ya que de ella se desprenden fibras nerviosas que están dispuestas en conjuntos y reciben nombres específicos según la ubicación vertebral en la que se encuentren, conociéndolos así como *nervios raquídeos*, los cuales pueden ser sensitivos, motores o mixtos, (que se estudiarán con más detalle y en profundidad en el capítulo 3). Son los responsables de transmitir la información sobre el tacto, el dolor, la temperatura, la contracción y relajación muscular y la posición de

las articulaciones, por ejemplo en el momento de una caminata. Por estas cuestiones y muchas más, se conoce a la médula espinal como el centro reflejo del cuerpo. En síntesis, la función principal y esencial de la médula espinal es recibir la información procesada en el cerebro y emitir respuestas motoras y sensitivas a través de las fibras nerviosas logrando la conexión con el resto de los órganos del cuerpo, quienes serán los encargados de desarrollar la respuesta final, como por ejemplo, retirar la mano de un objeto caliente para evitar quemarnos.



**Figura 2-14 Ubicación de las vértebras y los nervios raquídeos**  
(tomada y adaptada de IMAIOS-Antoine Micheau, 2013).

Ahora necesitamos conocer la estructura de la médula espinal, para luego poder entender sus funciones más importantes.

Si realizamos un corte transversal, es decir, un corte similar al que le haríamos a una fruta teniendo en cuenta su plano horizontal y observándola desde arriba, podríamos vislumbrar dos regiones bien diferenciadas dentro de la médula espinal: un área central en forma de H llamada *materia gris* que está compuesta por los cuerpos o somas de las células neuronales y otra área externa, la *materia blanca*, que está constituida por los axones o fibras nerviosas. Dos grandes surcos dividen a la médula en dos partes casi simétricas: el surco anterior y el surco posterior. ¿Cómo podemos reconocer y diferenciar uno del otro? Sencillo...el surco anterior es mucho más profundo y ancho que el posterior, detalle que no podemos dejar pasar a la hora de esbozar la estructura de la médula. Como mencionamos anteriormente, la médula relaciona al SNC con el SNP, por ello, de cada lado salen dos haces o conjuntos de fibras nerviosas, denominadas *raíces nerviosas*.

La *raíz nerviosa dorsal* es un conjunto de fibras nerviosas ascendentes, es decir, compuestas por neuronas sensitivas. Mientras que la *raíz nerviosa ventral* sustrae de la médula información motora, siendo así, una raíz descendente con neuronas de tipo motoras. Ambas neuronas parten de la sustancia gris, y en ella se adhieren a una tercer neurona, llamada *interneurona*, formando en conjunto un nervio mixto o nervio raquídeo (ver figura 2-15), unidad funcional del SNP que se profundizará más adelante.

La sustancia blanca, a su vez, posee cordones o columnas compuestos por haces de fibras nerviosas (axones) subdivididas en haces menores llamados *tractos*. Estos tractos reciben nombres específicos relacionados a las regiones que unen: por ejemplo, el tracto espino-talámico está formado por axones de neuronas localizadas en la médula espinal que desembocan en el tálamo (estructura del encéfalo que ya analizamos).

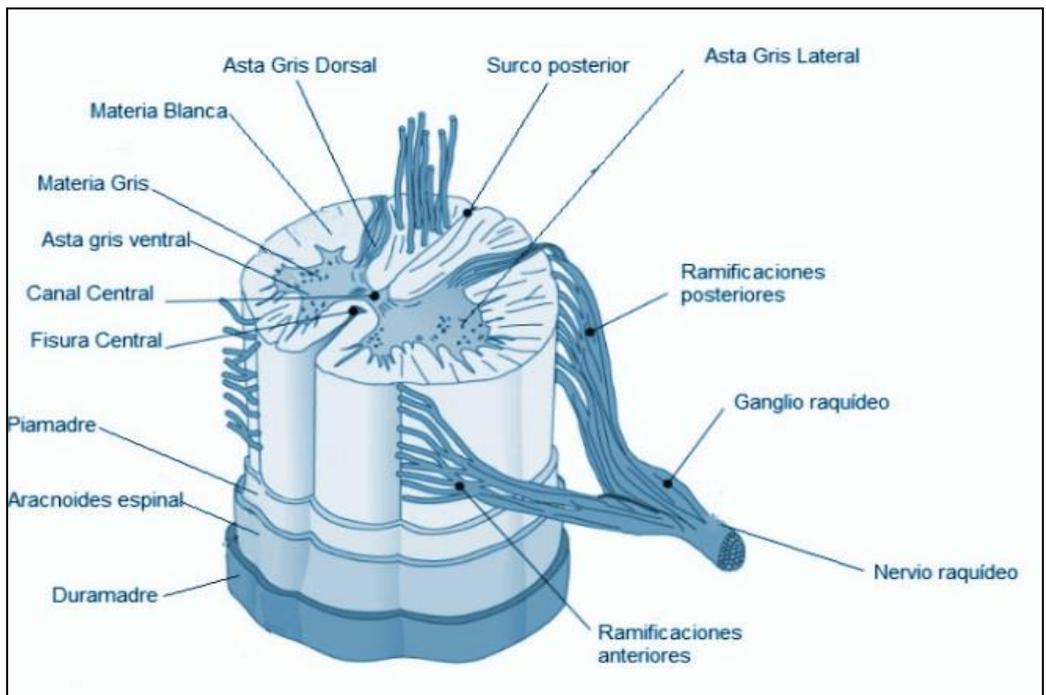
Sitios web relacionados:

<http://medulaespinal.org/anatomia/>

<http://medulaespinal.org/>

<http://escuela.med.puc.cl/paginas/Departamentos/Anatomia/Cursoenlinea/down/medula.pdf>

<http://med.unne.edu.ar/enfermeria/catedras/fisio/2011/020.pdf>



**Figura 2-15 Corte transversal de la médula espinal con el nervio raquídeo**  
(tomada y adaptada de Picstopin)

**SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO (SNP)**

*Imagínense a un deportista... seguramente, se les vendrá a la cabeza la imagen de algún jugador de fútbol... bien, ahora conocerán que esa persona, se encuentra en perfecto estado físico, que recorre la cancha durante los 90 minutos de juego, usando sus piernas para impulsarse y siguiendo por detrás a una pelota para marcar goles...*

*Ahora, imagínense a esa misma persona, ese futbolista, que agarra su auto para ir a la cancha a practicar durante el trayecto, un colectivo cargado de pasajeros accidentalmente lo choca de costado.*

*El futbolista permanece varios días internado en el hospital. El médico que lo atiende, le comunica: “el accidente fue tan grave, que el choque afectó el movimiento de las piernas, por lo que quedó parapléjico de por vida...”*

Como vimos en el capítulo anterior, conocimos y ubicamos las diferentes partes que componen el SNC. Haciendo memoria, podemos encontrar al cerebro, que se halla recubierto por unas capas membranosas, las meninges y que envía información al resto del organismo. Por otro lado, hablamos del cerebelo como el responsable de regular el equilibrio y permitir el ajuste de la motricidad fina del organismo. Como última estructura del SNC, nombramos a la médula espinal que es una prolongación del mismo cerebro, que permite el impulso de información electroquímica desde éste hacia los

otros órganos que componen el SNP, que a continuación veremos. Recordemos que tanto el SNC como el SNP se relacionan, y es esta relación la que permite la interconexión de ambos, utilizando como medio a las raíces nerviosas.

Es así que los nervios, se presentan como una gran prolongación de señales electroquímicas que abrazan a una columna de soporte. Esta representación, nos permite decir que los nervios raquídeos se conectan a lo largo de toda la médula espinal.

En total son 31 pares de nervios que emergen desde las raíces anteriores o posteriores, a lo largo de

la médula espinal que está contenida en el conducto vertebral. Estos nervios, no tienen nombres específicos. Sin embargo, se los llaman de acuerdo al lugar donde nacen, indicados a partir de la vértebra superior desde la cual emergen. En total son 8 pares de nervios cervicales, denominados, de arriba hacia abajo: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 Y C8. Luego continúan los 12 pares dorsales, que se nombran desde D1 a D12, respectivamente. Así siguen los 5 pares de nervios lumbares, enumerados desde L1 a L5. Después le siguen los 5 pares de nervios sacros, denominados desde S1 a S5, y por último un solitario par coccígeo.

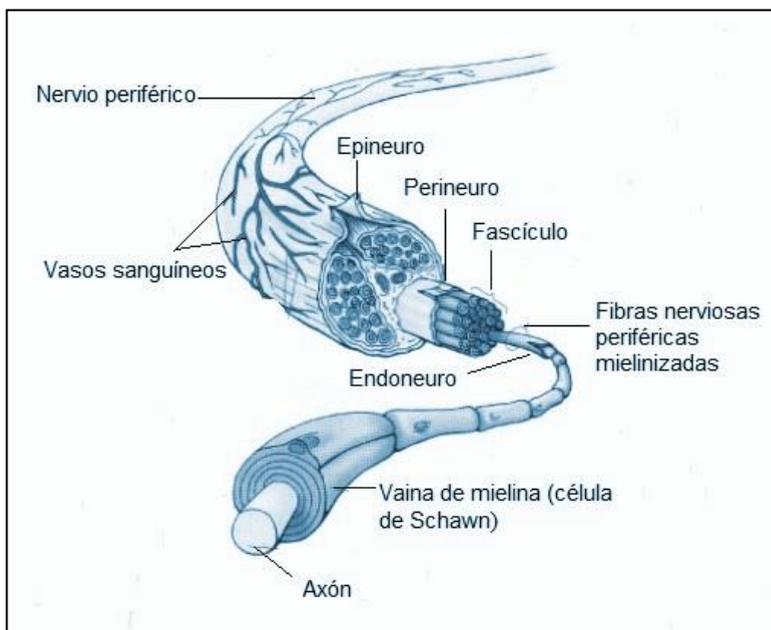
### **3.1- Estructura y función**

El principal componente estructural del nervio periférico es la *fibra nerviosa*: un axón con sus células de Schwann y su vaina de mielina. Como observamos en la imagen 3-1, un nervio consta de numerosas fibras agrupadas en fascículos por vainas de tejido conectivo. En el seno del fascículo

están mezcladas fibras mielíticas y amielínicas.

Los axones que están mielinizados lo hacen por segmentos, separados por los llamados *anillos de Ranvier*. Una única célula de Schwann proporciona la mielina para cada segmento entre los anillos. Podemos decir, que el espesor de la vaina de mielina es directamente proporcional al diámetro del axón, cuanto más diámetro posee, mayor es la vaina de mielina que lo recubre. Esta vaina de mielina es una adaptación evolutiva en la estructura que se relaciona con la velocidad de conducción del estímulo electroquímico en el sistema nervioso periférico.

Cada nervio raquídeo se une a la médula espinal a través de dos pequeñas raíces. Como hace referencia el esquema 3-2, encontramos *la raíz dorsal*, que la reconocemos muy fácilmente debido a que en ella se localizan estructuras engrosadas llamadas *ganglios* y, como vimos en capítulos precedentes corresponde con la raíz sensitiva del asta posterior de la médula espinal. Por otro lado, hallamos la *raíz ventral*, que emerge del asta anterior de la médula espinal correspondiendo axones de las neuronas motoras allí localizadas.

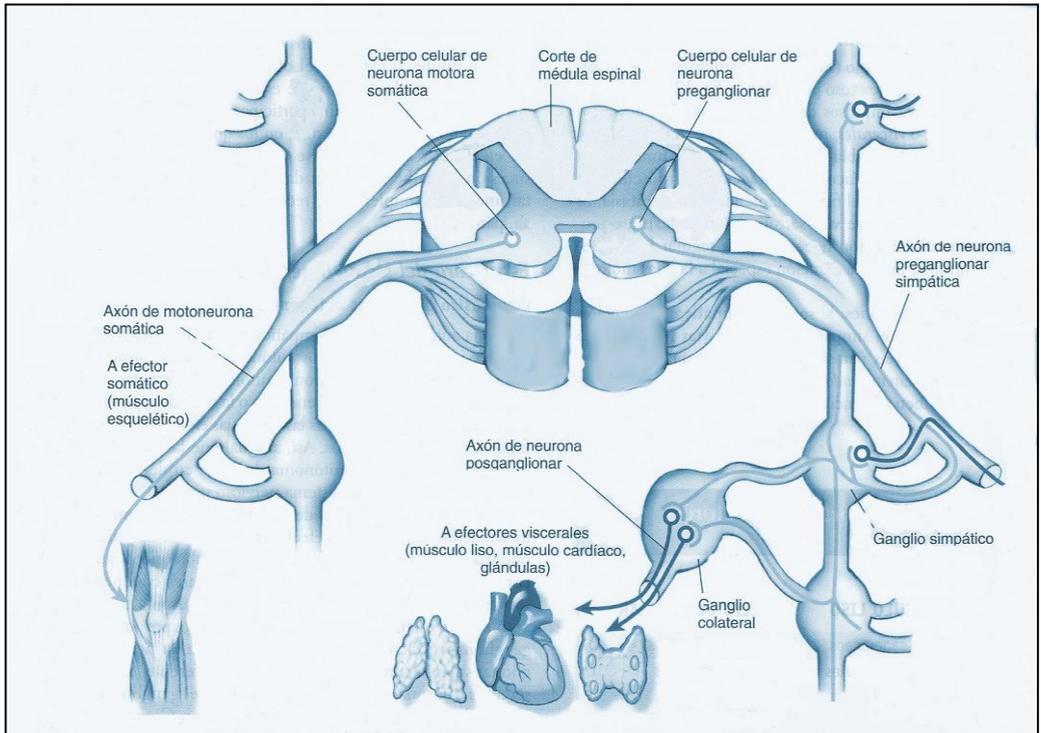


**Figura 3-1**  
**Nervio periférico**  
 (tomada y adaptada de ANATOMIA.OG.C R, 2010)

Luego, cada uno de estos nervios sale del conducto raquídeo, formando grandes prolongaciones nerviosas, denominadas *ramos*. Así, se distinguen dos grandes ramos, el *ramo dorsal*, que se dirige a la parte posterior o dorsal de nuestro cuerpo y que aporta una buena cantidad de fibras motoras y sensitivas, que se extienden a pequeños nervios que llegan a la superficie de la piel de nuestra cara, cuello y tronco. En el caso del *ramo ventral* da la sensibilidad y motricidad a la parte anterior o ventral de nuestro

organismo. Los trayectos de las ramas anteriores de los nervios raquídeos son compartidos con fibras del SNA, como veremos luego, para poder dirigirse utilizando esta misma vía a diferentes órganos en nuestro organismo.

Podemos decir que cada nervio raquídeo, con sus fibras motoras y sensitivas, es responsable de la motricidad y sensibilidad de una región topográfica en nuestro cuerpo, como puede verse en la siguiente figura 3-2, nombrada anteriormente.



**Figura 3-2 Raíz dorsal y raíz ventral de un nervio raquídeo**  
(tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007)

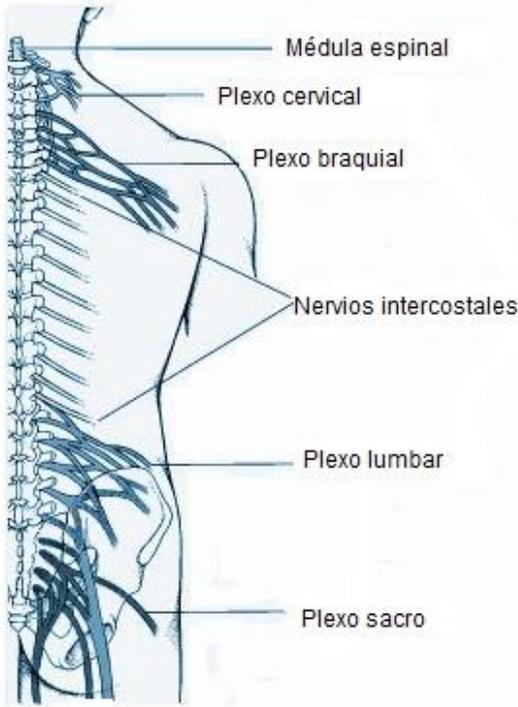
### 3.2- Nervios Raquídeos

Los ramos ventrales de casi todos los nervios raquídeos, exceptuando los nervios D2 a D12, se subdividen y unen para formar redes complejas que se llaman *plexos*. En la imagen 3-3, observamos 4 grandes plexos, el *plexo cervical* (que se encuentra a nivel del cuello, específicamente

ubicados del lado posterior del mismo), el *plexo braquial* (se ubica a nivel de los hombros, del lado posterior de los mismos), el *plexo lumbar* (ubicado debajo de la espalda, del lado posterior de la misma) y el *plexo sacro* (ubicado a nivel de la cola, lado posterior de la misma).

Algo que es importante aclarar y, como expresa Thibodeau – Patton: “Cada región del cuerpo está inervada por fibras que se originan en varios nervios raquídeos

diferentes, la lesión de un nervio raquídeo no significa una total pérdida de función en una región.” (Thibodeau – Patton; 2007: 518)



**Figura 3-3 Plexos**

(Imagen tomada y modificada de Merck Sharp & Dohme Corp., 2012)

### **Plexo cervical**

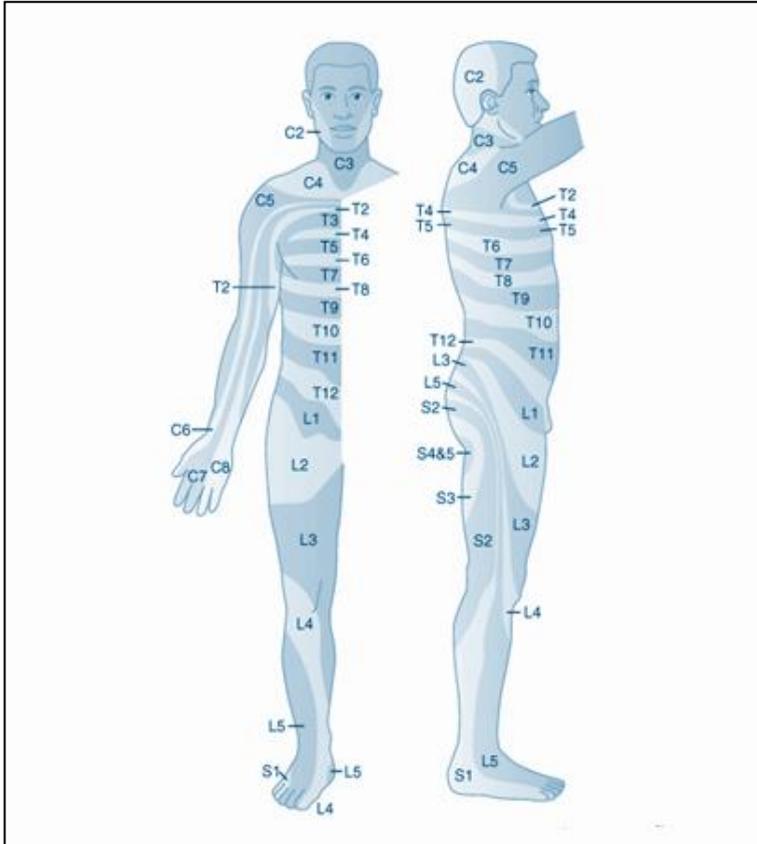
Como mencionamos anteriormente, el plexo cervical se encuentra localizado en la zona del cuello, observemos la figura 3-4. Los nervios raquídeos que están involucrados son los nervios de C1 a C4, junto con una rama ventral de C5. Las partes que inervan los nervios de este plexo se corresponden con la parte superior

del cuello, la parte superior de los hombros y la cabeza.

El nervio más importante de todos en este plexo, es el nervio frénico. La importancia de este nervio radica en que es el responsable de la contracción de nuestro diafragma, que es un músculo que interviene en la respiración, y de ahí, nuestra capacidad para respirar. En caso que

una persona tuviera un accidente, y el plexo cervical se encontrara comprometido, es muy probable que

el diafragma presente dificultades en su contracción, comprometiendo su función respiratoria.



**Figura 3-4**  
**Ubicación en el cuerpo de la zona topográfica que corresponde a las raíces de los nervios raquídeos**  
(tomada y adaptada de Guyton, 2007)

### **Plexo braquial**

En este plexo, se involucran los nervios raquídeos cuyas raíces emergen de las vértebras cervicales de C5 a C8 como las 2 vértebras dorsales (también llamadas torácicas) D1 y D2. Las partes que se inervan de este plexo incluyen: parte del diafragma, músculos superficiales de la escápula y músculos pectorales.

Las raíces restantes que emergen desde las vértebras D3 a D12 no forman un plexo, estos nervios

directamente se conectan con los músculos localizados entre las costillas y la piel del tórax. Ellos inervan: músculos del tórax, brazos, (como los bíceps y tríceps), de la mano y nervios sensitivos para las manos, dedos y corazón.

### **Plexo Lumbar**

Están formados por nervios raquídeos que emergen de las vértebras L1 a L5, donde el nervio más importante es el nervio crural, que se divide en muchas ramas,

inervando a los músculos que se encuentran en los muslos y las piernas. Otras ramas nerviosas del plexo brindan ramos sensitivos que se dirigen a la pared anterior del abdomen, genitales y región inguinal.

De esta manera, también podemos tomar como referencia a la situación problemática que planteamos al principio: si una persona sufre un accidente en la zona lumbar, corre el riesgo de perder sensibilidad y motricidad en las piernas, de tener alteración en el control de esfínteres causando además, problemas de índole sexual afectando la erección en los hombres.

### **Plexo Sacro**

Los nervios raquídeos que se involucran son el S1 a S5. El nervio más conocido, el nervio ciático, que inerva en toda la piel de las piernas, los glúteos y algunos músculos inferiores. También, es el responsable del famoso dolor de ciático, que más de uno lo hemos sufrido alguna vez.

Las inervaciones que emergen en este plexo son: nervios motores de los aductores, y motores y sensitivos para la pantorrilla y planta del pie.

### **Plexo Coccígeo**

Este plexo, conformado por un solo par raquídeo, denominado C1, inerva en varias partes: nervios

motores para la región detrás de los muslos, nervios motores para los músculos de las nalgas, nervios sensitivos para la piel de las nalgas, nervios motores para los músculos y nervios sensitivos de la zona del perineo.

Con esto podemos darnos una idea de por qué es importante el hueso cóccix. Ya que, seguramente hemos oído que el cóccix (o coxis)<sup>3</sup> es uno de los órganos vestigiales del cuerpo humano. Además escuchamos expresiones como “el cóccix no sirve”. Bueno, aquí les mostraremos que el cóccix, pese a ser un huesito al cual no le damos demasiada importancia por su tamaño, tiene conexiones nerviosas que son de semejante grado.

### **3.3- Nervios Craneales**

Como hemos visto el SNP es el que se encarga de comunicar al SNC con la periferia. La estructura que lo permite son los nervios raquídeos, ya tratados en el apartado anterior y los llamados nervios craneales<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> El cóccix es el órgano vestigial, que representa la cola en los vertebrados.

<sup>4</sup> Son equivalentes a los nervios raquídeos, pero su origen está en el tronco encefálico. Son pares porque uno inerva la región derecha y otro la región izquierda; y son craneales porque sus fibras emergen por orificios presentes en la bóveda craneal.

Como podemos observar en la figura 3-5, existen 12 pares de nervios craneales que constituyen los *nervios periféricos del encéfalo*. Estos nervios se originan, o tienen sus núcleos de origen en la base del cerebro, a nivel del tronco encefálico y abandonan el cráneo por medio de orificios para distribuirse a sus respectivos destinos periféricos. Los nervios craneales, al igual que todos los nervios, están formados por haces de axones, según éstos se diferencian en *nervios craneales mixtos* los cuales contienen axones de neuronas sensitivas y motoras. *Nervios craneales sensitivos*, sólo tienen axones sensitivos y los *nervios craneales motores* tienen en su mayoría fibras nerviosas motoras, y contienen un pequeño número de fibras sensitivas llamadas *propioceptivas*.

Los nervios craneales se pueden identificar tanto por el nombre o por el número. En la siguiente tabla se ofrecen cada uno de los 12 pares de nervios con sus respectivos nombres, números y clasificación funcional.

<i>Nombre</i>	<i>Número</i>	<i>Clasificación funcional</i>
<b>Olfatorio</b>	I	Sensitivo
<b>Óptico</b>	II	Sensitivo
<b>Motor ocular común</b>	III	Motor
<b>Troclear o Patético</b>	IV	Motor
<b>Trigémino</b>	V	Mixto
<b>Motor ocular externo o Abducens</b>	VI	Motor
<b>Facial</b>	VII	Mixto
<b>Auditivo o Vestíbulo coclear</b>	VIII	Sensitivo
<b>Glossofaríngeo</b>	IX	Mixto
<b>Vago o Neumogástrico</b>	X	Mixto
<b>Accesorio espinal o raquídeo</b>	XI	Motor
<b>Hipogloso</b>	XII	Motor

(tomado y adaptado de Thibodeau-Patton, 2007)

### **Nervio olfatorio (I)**

Este nervio es puramente sensitivo y está compuesto por axones de neuronas, en los cuales las dendritas y cuerpos celulares se ubican en la mucosa nasal a lo largo de la sección superior del tabique. Las células olfatorias presentan diferentes receptores químicos y son las encargadas de transformar ese estímulo químico en electroquímico, lo que permite realizar la conducción de las sensaciones al SNC. Cada axón, de estas neuronas, interviene en la formación de pequeñas fibras que atraviesan la lámina cribosa y

el bulbo olfatorio llevando información del sentido del olfato al tálamo y desde allí al encéfalo para poder interpretar e integrar los diferentes olores.

### **Nervio óptico (II)**

Es un nervio sensitivo. Está compuesto por los axones de neuronas sensitivas más internos de la retina. Transfieren la información visual de los ojos hacia el encéfalo. Los nervios ópticos entran en la cavidad craneal por los agujeros ópticos, luego se unen y algunas fibras se cruzan hacia el lado opuesto en el quiasma óptico continuando por la cintilla óptica terminando en el tálamo. Un nuevo grupo de fibras siguen su recorrido dirigiéndose hacia el área visual de la corteza del lóbulo occipital. y por último unas pocas fibras sinapsan con fibras motoras dando función e interrelacionándose con los nervios craneales III, IV y VI.

### **Nervio motor ocular común (III)**

Es un nervio motor y lleva además fibras del SNA. Las fibras de este nervio se origina en células del núcleo oculomotor común en la protuberancia y se dirige a los músculos oculares externos. Estos músculos son los encargados de los movimientos oculares. Por sus fibras autonómicas permite la regulación

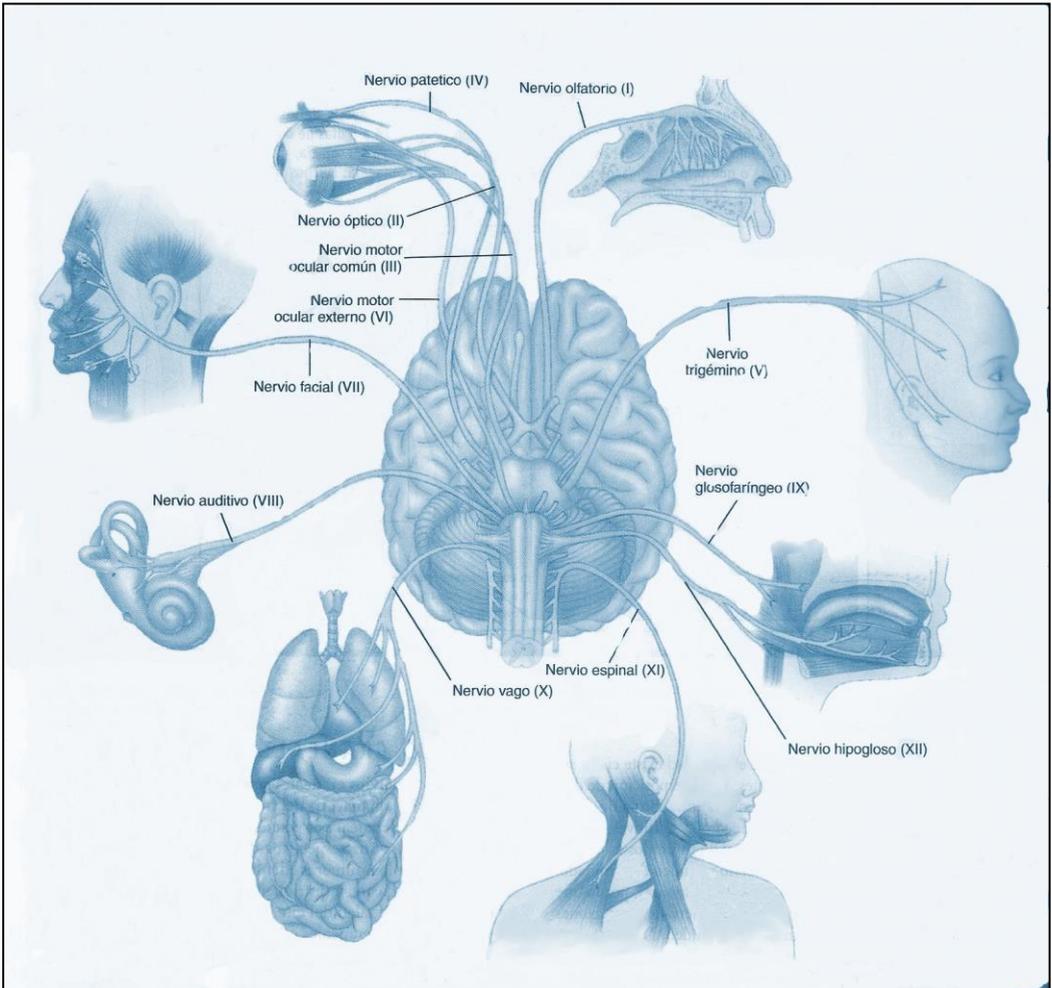
del tamaño de la pupila, (acomodación para la visión cercana), y regular la entrada de luz en el ojo.

### **Nervio Patético (IV)**

Sus fibras motoras tienen su origen en células de la protuberancia y se dirigen a los músculos oblicuos mayores del ojo, pasando por un ligamento en forma de polea y por eso también se lo conoce a este nervio con el nombre de troclear. Su función principal es la de los movimientos oculares.

### **Nervio Trigémino (V)**

Es un nervio motor y sensitivo. Se denomina de esta manera porque cada uno de ellos, es decir el derecho y el izquierdo, se divide en tres grandes ramas, nervio oftálmico, nervio maxilar superior y el nervio maxilar inferior. Por sus fibras sensitivas se recoge la sensibilidad de la piel, mucosa de la cabeza y de los dientes. Desde sus receptores, hacen sinapsis en un ganglio sensitivo, desde allí se dirigen a la protuberancia y luego al encéfalo, al área parietal, donde la sensibilidad se hace consciente. Sus fibras motoras, que se originan en el núcleo masticador ubicado en la protuberancia, son las que inervan a los músculos encargados de los movimientos de la masticación.



**Figura 3-5 Nervios craneales**  
(tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007)

### Nervio motor ocular externo (VI)

Es un nervio motor. Las fibras del nervio motor ocular externo se originan en la protuberancia y se desplazan hasta los músculos rectos externos de los ojos. Este nervio también es llamado *abducens* debido a que el músculo recto externo abduce, o lleva el globo ocular hacia la parte externa en el ojo en el que se inserta.

### Nervio facial (VII)

Es un nervio mixto. Las fibras motoras de este nervio, se originan al igual que el nervio (VI) en un núcleo situado en la protuberancia, desde allí se extienden hasta los músculos superficiales de la cara y el cuero cabelludo. Es un nervio que permite el movimiento de nuestros músculos faciales, y es por ello conocido como el músculo de la mímica. Es el que

permite por ejemplo fruncir la frente, reír, cerrar los ojos, besar, silbar. Sus fibras autónomas se dirigen a las glándulas salivales y a las glándulas lagrimales siendo las encargadas por circuitos complejos, relacionados con la vista y el olfato la secreción de la saliva ante la vista de un alimento, cuya función queda al descubierto cuando decimos “se me hace agua la boca”, ante la vista o el olor de un alimento. Por otra parte las fibras sensitivas del nervio facial son las encargadas de permitir discriminar los sabores por parte de las papilas gustativas de los dos tercios anteriores de la lengua. Estas fibras se extienden hasta el núcleo del bulbo y desde allí a la corteza parietal, donde las sensaciones se hacen conscientes.

### **Nervio auditivo (VIII)**

Es un nervio sensitivo. El nervio auditivo se divide en dos nervios distintos, el vestibular y el coclear. El nervio vestibular transmite impulsos desde los conductos semicirculares del oído a la protuberancia y el bulbo, desde donde los axones se dirigen al cerebelo interviniendo en el mantenimiento del equilibrio. Estas fibras por múltiples circuitos se relacionan tanto con fibras motoras de la corteza frontal como con circuitos espinales en la regulación de movimientos. Por otra parte el

nervio coclear es el encargado de la audición desde el órgano de corti en el oído medio, hasta el encéfalo permitiendo la discriminación de los diferentes sonidos.

### **Nervio glossofaríngeo (IX)**

Es un nervio sensitivo, motor y autónomo. Cumple una función importante en el control de la presión arterial. Las fibras sensitivas recogen la sensibilidad de la faringe y del tercio posterior de la lengua y las fibras motoras se originan en el bulbo e inervan el músculo de la faringe, por lo tanto este nervio es encargado de varias funciones como son la percepción de las sensaciones en la lengua, movimientos de deglución. Por sus fibras autonómicas se permite la secreción de saliva por la glándula parótida y en el control reflejo de la presión arterial y la respiración.

### **Nervio vago (X)**

Es un nervio motor y sensitivo. Sus fibras recogen la sensibilidad y dan la motilidad a prácticamente todos los órganos de nuestro cuerpo, como por faringe, laringe, tráquea, corazón, cuerpo carotideo, pulmones, bronquios, esófago, estómago, intestino y vesícula biliar. Es el nervio que forma parte de la división parasimpática del sistema nervioso autónomo, donde a través de

diferentes mediadores forma, como veremos a continuación diferentes plexos, localizados en nuestros órganos, como por ejemplo el plexo mesentérico, responsable de los movimientos peristálticos de nuestro aparato digestivo.

### **Nervio espinal (XI)**

Es un nervio motor que se originan en células del bulbo. Algunas de sus fibras se unen al nervio vago, actuando como accesorio del mismo, innervando a vísceras torácicas, abdominales, a la faringe y laringe. El resto de sus fibras se originan en la médula espinal cervical, llevando innervación al músculo trapecio y esternocleidomastoideo interviniendo por lo tanto en el movimiento de la cabeza, flexión del cuello, movimiento de elevación del tronco.

### **Nervio hipogloso (XII)**

Es un nervio motor y sensitivo. Sus fibras motoras permiten la motilidad de la lengua, requerida tanto para la función deglutoria, como para la fonación, mientras que sus fibras sensitivas nos permiten la sensibilidad de la misma.

## **3.4- Sistema Nervioso Autónomo (SNA)**

El SNA es la porción o la parte del SNP que se encarga de transmitir la sensibilidad y motilidad de los órganos de nuestro cuerpo, como podemos observar en la figura 3-6 (inerva a todos los órganos del cuerpo). En este sistema encontramos centros a lo largo de todo el SNC, desde el diencéfalo hasta el extremo inferior de la médula espinal.

Éste sistema, se divide en dos porciones, una de ellas es la *porción simpática*: que ocupa neuronas centrales situadas en el asta lateral de la médula cervical, torácica y lumbar. Esta parte forma un sistema de cadenas de ganglios escalonados a lo largo de la columna vertebral unidas entre sí por un cordón fibroso y filetes nerviosos que se extiende desde estos ganglios hacia otros ganglios, de forma y tamaño variable. De estos últimos, parten ramas que forman plexos que terminan en ramificaciones destinadas a órganos.

En el SNP las fibras que se originan desde la médula y hasta el ganglio vertebral o periférico, se llaman *preganglionares* y son mielíticas. Los axones de las células de estos ganglios forman las fibras *postganglionares* y son amielínicas, que pueden ser somáticas o

autónomas. En el caso de que sean somáticas alcanzan el nervio espinal correspondiente, forman el conducto comunicante gris y van junto con el nervio espinal asegurando la inervación a todos los órganos que se encuentran en el recorrido de ese nervio. Las fibras autonómicas, simplemente, se dirigen al órgano que estén destinadas.

La *porción parasimpática* se compone también de dos categorías de elementos, unos se originan en el cráneo, donde sus cuerpos celulares se encuentran en los núcleos de origen de muchos de los pares craneales motores o en la sustancia medular de la región sacra, y desde allí los impulsos se conducen para alcanzar ganglios situados en la porción nerviosa de los órganos, conocidos como plexos viscerales.

La porción parasimpática craneal es responsable, por ejemplo de la contracción de la pupila, en el ojo, ante la luz. Desde el nacimiento, neuronas del SNA, en su división parasimpática, utiliza los axones del nervio craneal motor ocular común, para llegar al ganglio ciliar y de allí a la pupila permitiendo su contracción. Por otro lado las fibras autonómicas que se encuentran en el núcleo del nervio facial son las encargadas de inervar las glándulas lagrimales y permitir la consecuente emisión de lágrimas. Además estas fibras

estimulan la secreción de glándulas salivales.

La comunicación de las células del SNA, se realiza a través de sinapsis químicas. En todas las sinapsis preganglionares, tanto del SN en su división simpática como parasimpática el neurotransmisor es el mismo: la acetilcolina, mientras que en las sinapsis postganglionares el neurotransmisor liberando cambia por uno de los siguientes: noradrenalina o acetilcolina, las primeras se llaman *fibras adrenérgica* y a las segundas *fibras colinérgica*.

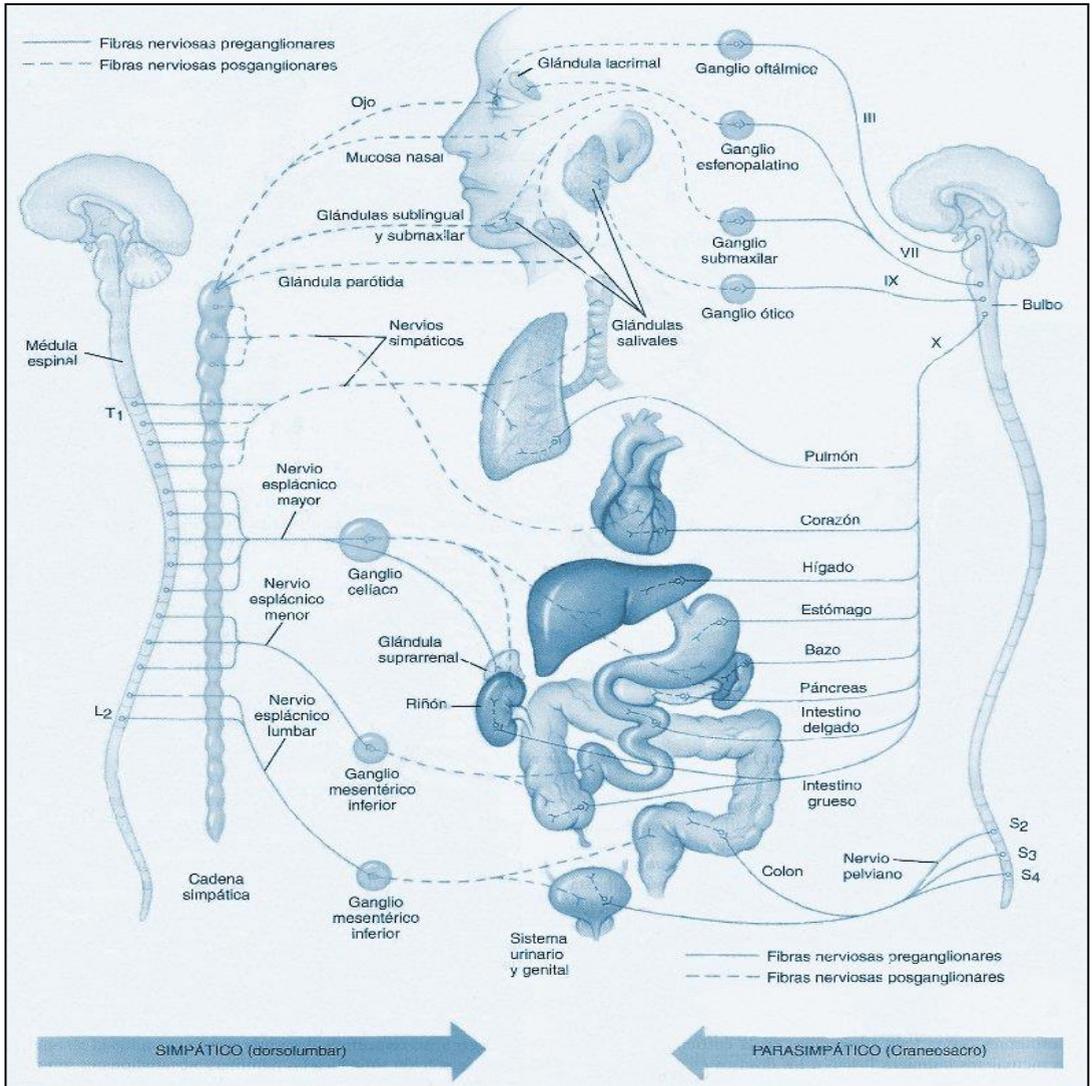
Las fibras adrenérgicas, que corresponden a la división simpática del SNA actúan sobre sus órganos efectores uniéndose a dos tipos posibles de receptores conocidos como *Alfa* ( $\alpha$ ) o *Beta* ( $\beta$ ). En general los receptores  $\beta$  tienen efecto sobre el corazón siendo responsables del aumento de la frecuencia y de la fuerza cardíaca, como así también el aumento de la respiración. Podemos decir entonces, que todos los receptores adrenérgicos son estimulantes y aumentan las funciones corporales, sin embargo estos mismos receptores permiten la relajación del músculo bronquial en casos de broncoespasmos.

Los receptores  $\alpha$  son responsables de la contracción de los músculos en las arteriolas, por

ejemplo. Además, la acetilcolina, neurotransmisor principal de la división parasimpática del SNA, tiene también dos tipos de receptores conocidos como nicotínicos y muscárinicos.

En líneas generales, se puede decir que, este sistema, tiene el efecto

contrario al sistema simpático, es decir, disminuye la frecuencia cardíaca, disminuye la fuerza de contracción miocárdica; pero sin embargo estimula la contracción de los músculos del sistema digestivo.



**Figura 3-6 SNA y SNP con la inervación de los órganos** (tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007)

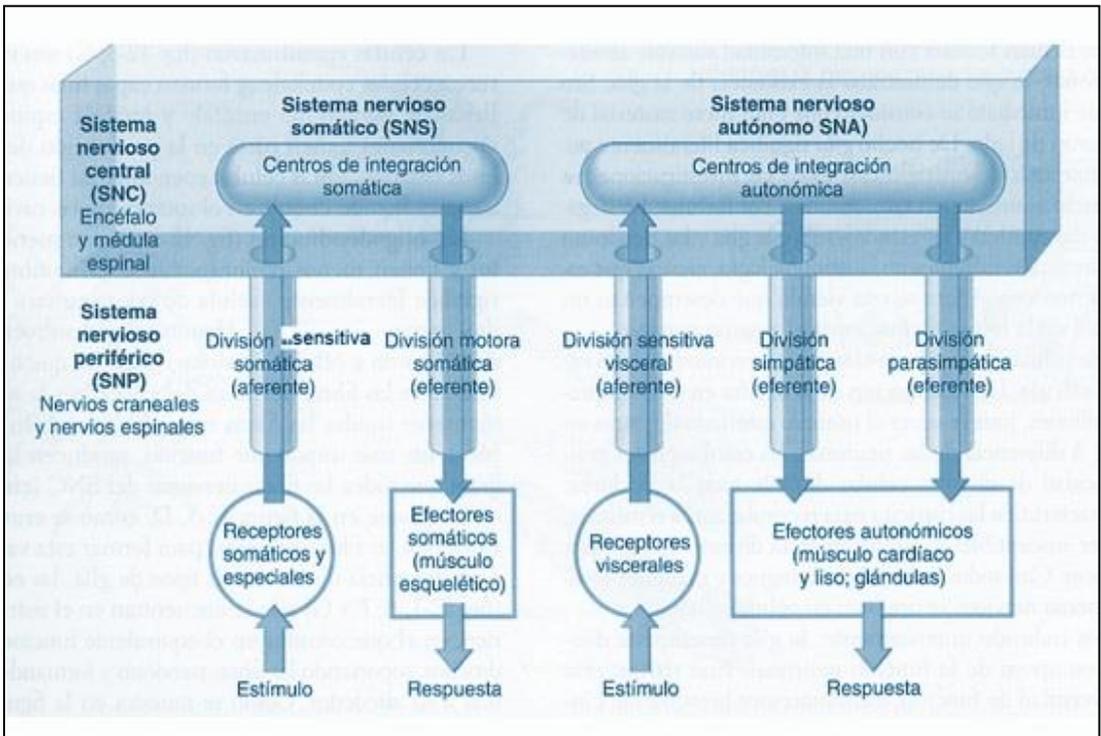
## INTEGRACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

En el tratamiento de este tema hemos desarrollado la estructura y la función del SNC y SNP. Pudimos transitar por la forma en que se comunican sus células y esbozamos la relación ontogénica de algunas de sus partes. Pues bien, una pregunta que ha quedado sobrevolando el panorama es ¿De qué manera se integran estos circuitos neuronales para que cada uno de nosotros sea capaz, por ejemplo, de discriminar mediante el tacto las cualidades de un objeto al que estamos tocando, aún si no lo vemos? ¿Cómo llegan estas sensaciones al SNC, que, como dijimos es el que se encarga de integrar la información recibida para emitir luego una respuesta?

Debemos introducirnos para aclarar este punto en lo que se conoce como *vías neuronales*, que son simplemente los caminos que siguen los circuitos neuronales para alcanzar su destino. Es así, que para dar una idea de magnitud en la complejidad de las interconexiones de estas vías mencionamos que en *el Sistema Nervioso Central existen aproximadamente 100.000 millones de neuronas rodeadas de células*

*gliales y estas neuronas establecen 100 billones de sinapsis.* (Ojeda, 2007)

Podemos decir, sin pretender ser un tratado de anatomía y en forma simplificada, que existen generalidades en las diferentes vías o circuitos. Las células involucradas son neuronas, que se comunican con señales electroquímicas a través de lo que conocemos como sinapsis. Cada una de las vías presenta estaciones de relevo, formadas por distintas neuronas o sitios sinápticos que están situadas dentro y fuera del SNC. Todas las vías o circuitos conscientes que van al SNC o que se originan en él se entrecruzan en algún sitio de su eferencia o aferencia, de manera tal que el hemisferio derecho se ocupa de la sensibilidad y motricidad del hemicuerpo izquierdo y nuestro hemisferio izquierdo de la motricidad y sensibilidad de nuestro hemicuerpo derecho (ver figura 4-1 tomada de Thibodeau). Trataremos en forma esquemática dos de las vías principales: el circuito que se encarga de llevar la sensibilidad general de nuestro cuerpo y el que se encarga de la motricidad voluntaria del mismo.



**Figura 4-1 Plan organizativo del SN**

(tomada y adaptada de Thibodeau-Patton, 2007):

el diagrama resume el esquema que utilizan la mayoría de los neurobiólogos. Tanto el sistema somático como el autónomo incluyen elementos del sistema nervioso central y periférico. Las vías sensitivas somáticas conducen la información hacia centros integradores del sistema nervioso central y las vías motoras somáticas lo hacen hacia los efectores somáticas. En el sistema nervioso autónomo las vías sensitivas viscerales conducen la información hacia los centros integradores del SNC, en tanto que las vías simpáticas y parasimpáticas la llevan a los efectores autónomos.

#### **4.1- Vías sensitivas generales**

Estos circuitos se corresponden con las vías o caminos que llevan la información del mundo que nos rodea y de nuestro propio organismo al SNC. Nos referiremos a vías sensitivas generales, dejando de lado los llamados sentidos especiales, dentro de los cuales podemos mencionar al sentido de la vista o la audición entre otros.

Todas las vías sensitivas generales, y también las especiales, comienzan con una célula que actúa como receptora de estímulos. Estos receptores son diferentes en forma y estructura y, además, responden a estímulos disímiles pero todos ellos responden a estos estímulos modificando su potencial eléctrico de membrana, lo que permite

transformarlos en impulsos nerviosos. Existen receptores que responden a estímulos del medio externo y otros al medio interno. Un ejemplo de los primeros son los que nos permiten desarrollar el sentido del tacto, por ejemplo, mientras que dentro de los profundos podemos mencionar receptores que nos permiten conocer la posición de nuestras articulaciones o la tensión de nuestros músculos, todos ellos necesarios para poder realizar un movimiento armónico.

Otra forma de clasificar a los receptores es en base al estímulo al que responden. En este sentido algunos responden a estímulos químicos como los receptores del gusto y del olfato, otros a estímulos mecánicos como los del tacto, los auditivos, los vestibulares o los que testean el tono del músculo de las arterias de nuestro cuerpo.

Independientemente de los receptores que utilicen, en todas las vías sensitivas la información es conducida por los axones de las neuronas para encontrar la estación de relevo en el ganglio de la raíz nerviosa posterior de la médula espinal, que, como hemos visto, se corresponde con el abultamiento que encontramos en la raíz posterior de los nervios raquídeos.

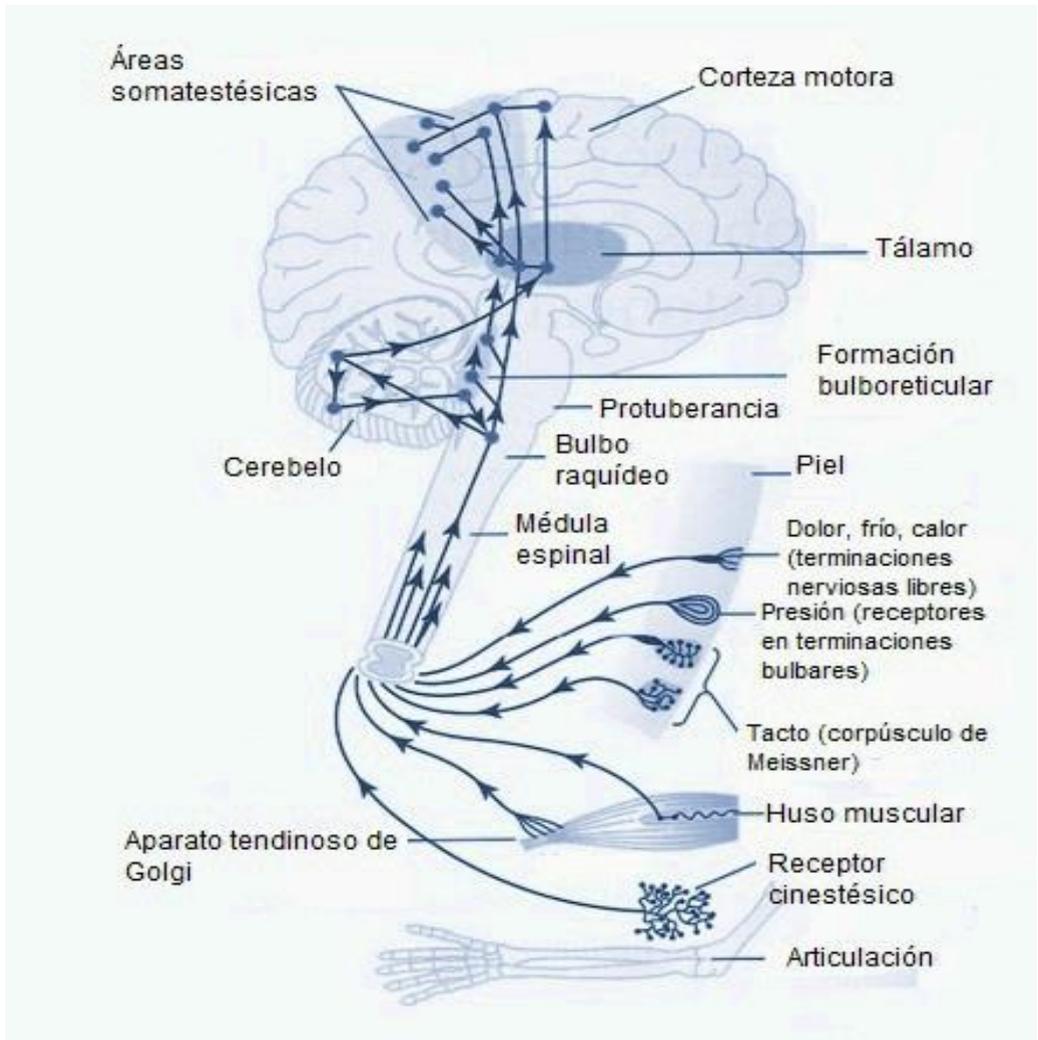
Desde este ganglio su axón penetra por la raíz posterior. Hace

allí sinapsis con la segunda neurona que se corresponde con las del asta posterior de la médula, que corresponde a la zona topográfica donde se localizan las neuronas sensitivas. Desde allí comienza su ascenso por cordones de haces situados en la sustancia blanca de la médula espinal para alcanzar su tercera neurona que está en el tálamo. Antes de llegar a este sitio, como hablamos de sensibilidad consciente, los haces que se llaman *espinotalámicos*, (porque comienzan en la médula y llegan hasta el tálamo) se cruzan. Y desde allí ascienden hacia la corteza cerebral, al área parietal, en la corteza cerebral, para poder interpretar el estímulo que está siendo conducido.

Estas estaciones de relevo pueden transmitir el impulso, pero también inhibirlo, y, además se desprenden circuitos hacia otras zonas del encéfalo como el tronco encefálico, el cerebelo o los núcleos de la base, en una forma de complejización que es lo que permite la coordinación en la respuesta. Esto permite que se realicen ajustes, correcciones y asociaciones. Un ejemplo puede ser entre las sensaciones percibidas y las emociones. Algunas veces la percepción de un aroma nos genera un recuerdo afectivo remoto, generando emociones que desencadenan respuestas corporales

(nostalgia, alegría, llanto, y hasta podemos sentir los olores y revivir la situación).

Podemos observar en forma esquemática y a modo de resumen la figura 4-2.



**Figura 4-2 Vías sensitivas**  
(tomada y adaptada de Gayton, 2007)

## 4.2- Vía Motora

Los estímulos sensoriales, como vimos en el esquema precedente alcanzan la corteza cerebral y gracias a múltiples sinapsis se generan las respuestas motoras adecuadas. A la

vía motora central de los movimientos voluntarios se la conoce con el nombre de vía piramidal. Se origina en la corteza cerebral, en el área frontal. En esta zona topográfica

la estimulación de sus neuronas causa la contracción de diferentes músculos estriados encargados de la motilidad. Sin embargo el realizar un movimiento, como por ejemplo el de la mano para escribir, no solamente se involucran los músculos de la mano sino que intervienen otros, que son responsables de realizar movimientos que deben acompañar esta acción, como tener en determinada posición los hombros, el tronco o las piernas. Esto es posible porque dentro del área motora del lóbulo frontal un grupo de neuronas anticipa el movimiento, creando una imagen motora que precede al envío de señales para iniciar la acción, y estas neuronas por conexiones con otras estructuras del sistema nervioso central, como el tálamo, los núcleos de la base o el cerebelo ajustan con precisión el movimiento. Pensemos cuánta coordinación debe existir para poder caminar, por ejemplo, unos músculos se deben contraer mientras que otros se deben relajar, de otra manera no podríamos avanzar con nuestras piernas en forma armónica. Además la intensidad o fuerza del movimiento debe ser regulado, como también la longitud de la acción. Si al caminar, debemos subir una escalera, nuestras piernas deben subir los peldaños, que están a una distancia determinada, no podemos levantar la pierna un metro, ni tampoco

extenderla más que lo que el escalón necesita. Para todo esto deben controlarse las fuerzas de los diferentes grupos musculares, sus tensiones, su amplitud. Si el movimiento que se origina fuese solamente una vía directa desde el área motora de la corteza hasta la médula, estos ajustes serían imposibles de realizar. Es por ello que en organismos superiores han sido favorecidos por la evolución una serie de vías, que desde la corteza frontal, pasando por los núcleos de la base, la protuberancia y el cerebelo vuelven luego a la corteza con los chequeos necesarios para la coordinación del movimiento.

Podemos decir que la salida más importante de la corteza motora es la vía piramidal. Los axones de esta vía descienden desde esta zona topográfica hasta alcanzar la médula espinal. En su recorrido atraviesan las estructuras que encontramos en el sistema nervioso central como la cápsula interna y el tronco encefálico. La mayoría de estos axones se cruzan en algún momento de su descenso, de manera tal que la mitad izquierda de nuestra corteza es responsable de la motilidad de nuestro hemicuerpo derecho, mientras que la corteza derecha se encarga del hemicuerpo izquierdo.

*Tal vez lo más importante en esta vía es una gran población de fibras*

*mielínicas, que nacen de células piramidales gigantes llamadas células de Betz, que debido al diámetro del axón, el grosor de su vaina de mielina entre otros, puede alcanzar una velocidad de hasta 70 metros por segundo (Guyton, 2007) y es el ritmo de conducción más rápida desde el encéfalo hasta la médula.*

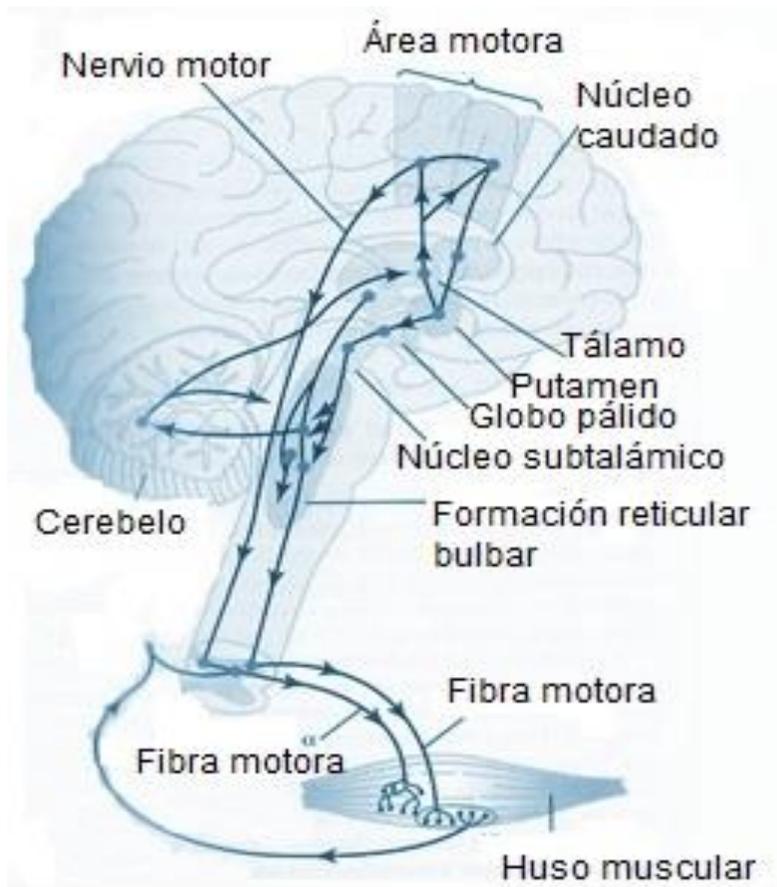
Sin embargo no todas las fibras de esta vía piramidal se cruzan sino que algunas permanecen sin hacerlo para realizar su sinapsis con neuronas laterales de la médula espinal permitiendo activar estímulos inhibitorios o excitatorios a las neuronas motoras para proporcionar la mejor coordinación de los movimientos.

Debemos recordar además, que desde la corteza motora algunos axones de la vía piramidal se desprenden hacia los núcleos de la base, a la protuberancia y al cerebelo, en un complejo circuito que se encarga de devolver precisión y ajuste al movimiento.

Una pregunta que deberíamos contestarnos es si solamente en esa zona se originan los movimientos motores. Los movimientos voluntarios tienen su sitio de inicio en el área frontal, sin embargo, podemos reconocer múltiples movimientos a los que llamaremos *involuntarios*, como por ejemplo los que realizamos cuando estamos

perdiendo el equilibrio en un tropezón. Si bien nos damos cuenta de que hemos movido alguna parte de nuestro cuerpo, no fue una acción realizada por nuestra voluntad. Globalmente a todas las áreas del SNC que se encargan del movimiento por fuera de la vía piramidal, se la conoce como vía *extrapiramidal*. Las neuronas de inicio de estas vías se encuentran en los llamados *núcleos de la base* y en porciones del tronco encefálico.

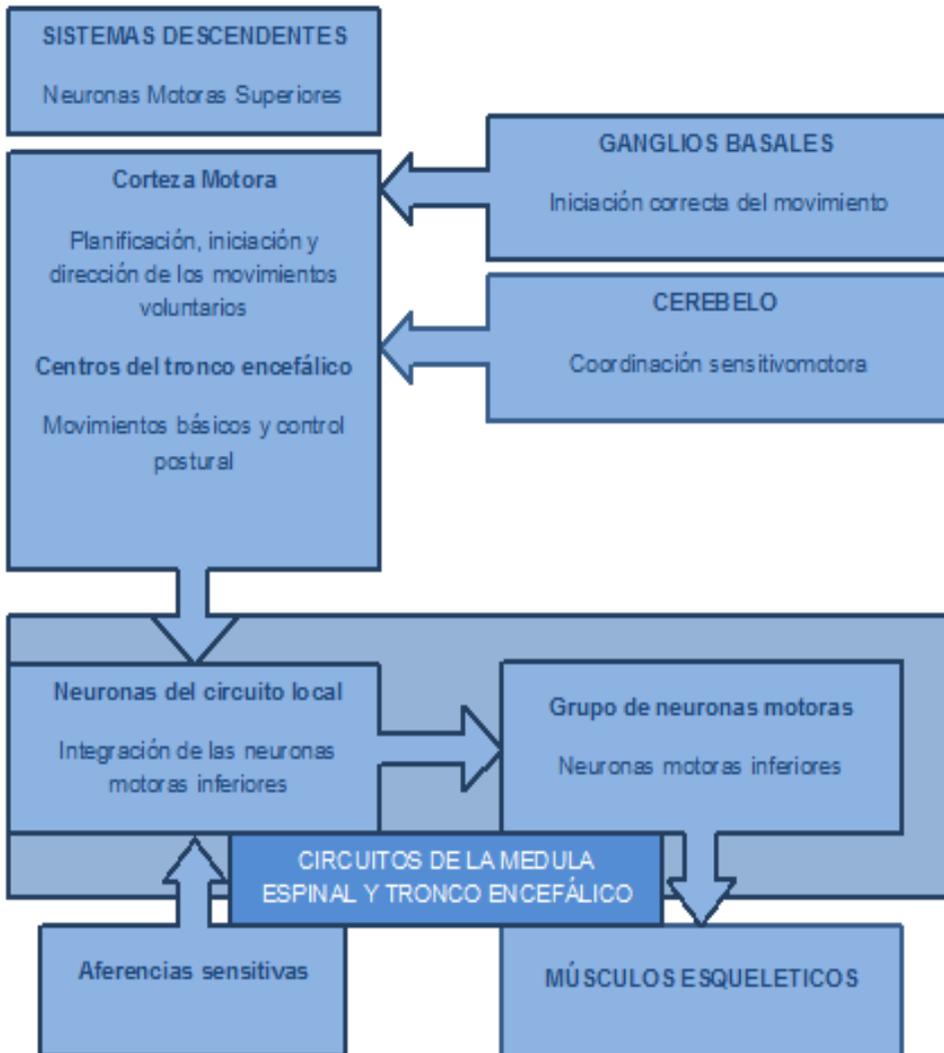
A modo de resumen diremos que la vía nerviosa motora, llamada piramidal se origina en la corteza motora y sus axones viajan transmitiendo el estímulo hasta las neuronas motoras del asta anterior medular. Desde allí, en esa vía final común, se origina la transmisión del impulso por la raíz anterior de los nervios espinales que son los encargados de realizar la sinapsis en el músculo estriado que corresponda según su metámera. Sin embargo para que nuestros movimientos sean armónicos, finos, continuos deben ser influidos por múltiples señales tanto excitatorias como inhibitorias que son posibles gracias a otras múltiples vías o circuitos neuronales en los que intervienen los núcleos de la base, el cerebelo y el tronco encefálico. En la figura siguiente podemos observar un esquema de esta vía.



**Figura 4-2 Vía piramidal y accesorias para el control motor. Relación con el cerebelo.**  
 (tomada y adaptada de Gayton, 2007)

En el siguiente esquema, tomado de Neurociencia, Purves, 2007,

podemos interpretar las integraciones planteadas en este capítulo.



**Figura 4-3 Integración del Sistema Nervioso Central.**

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alberthine, Tracey, Baume. (2008). *Enciclopedia visual del cuerpo humano*. (Tomo 3 y 10). Barcelona: Editorial Multiactiva Creación y Servicios Editoriales, SL.
- Campbell, N. y Reece, J. (2007). *Biología*. (7a. ed.). Panamericana. Buenos Aires. Argentina.
- Camaño, A.; Huero, A. (2002). *Orientaciones generales para la elaboración de Unidades didácticas*. Ministerio de Educación y ciencia. España.
- Curtis, H. y Barnes, N.S. (2008). *Biología*. (7a. ed.). Buenos Aires: Panamericana.
- Espinosa, Ana; Casamajor, A; Pitton, E. (2009). *Enseñar a leer textos de ciencia*. 1a. ed.). Paidós. Buenos Aires.
- Golombek, D. (2011). *Cavernas y Palacios*. (2a. ed.). Colección ciencia que ladra, serie mayor. Buenos Aires: Siglo XXI editores.
- Guyton, A. y Hall, J. (2007). *Tratado de fisiología médica*. (11a. ed.). España: Elsevier.
- Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. Secretaría de Educación. Dirección General de Educación Superior. (2010). *Diseño Curricular para el Profesorado de Educación Secundaria en Biología*. Córdoba, Argentina.
- Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. Secretaria de Educación. Dirección General de Educación Media. (2010). *Diseño Curricular de la Educación Secundaria 2011-2015*. Tomo 4: Ciencias Naturales. Córdoba, Argentina.
- Reece, J., Urry, L., y Campbell R. (2011). *Biology*. (9a.ed.).San Francisco: Pearson education. inc.
- Thibodeau, G. y Patton, K. (2008). *Anatomía y fisiología*. (6a. ed.). España: Elsevier.

## Medios electrónicos

- *Definición de células madres* (2008, Setiembre), [en línea]. California: California Institute for Regenerative Medicine. Disponible en: <http://www.cirm.ca.gov/our-progress/definiciones-de-c%C3%A9lulas-madre> [2013, 13 de Octubre]

