

FUNDAMENTOS DE NEUROPSICOLOGÍA

# INTRODUCCIÓN A LAS NEUROCIENCIAS

Mireya Frausto Rojas



# Índice

Introducción	11
CAPÍTULO 1. Introducción a las neurociencias	13
Definición de neuropsicología	13
Antecedentes	17
Asuntos que interesan a la neuropsicología	22
La neuropsicología en México	24
La neuropsicología como ciencia aplicada	25
Panorama actual y futuro de la neuropsicología	31
Aportaciones de la neuropsicología al estudio de la psicopatología	32
Principales campos de aplicación	36
CAPÍTULO 2. Fundamentos de neuroanatomía	41
Organización anatómica, funcional y unicelular del sistema nervioso	41
Embriología del sistema nervioso	46
Histología del sistema nervioso	48
Plasticidad neuronal	50
CAPÍTULO 3. Neurofisiología: La neurona como unidad funcional del sistema nervioso	51
Neurona	51
Componentes de la neurona	52
Neuroglía	56
Mielina: composición, función y alteraciones	59

Transmisión del impulso nervioso	60
Conducción nerviosa	61
Sinapsis	64
Teoría de la selección del grupo de neuronas	65
Acto reflejo y arco reflejo	69
Inervación muscular	72
Neurotransmisores	73
CAPÍTULO 4. Sistema nervioso central	77
Encéfalo	77
Cerebro	80
Corteza cerebral	94
Barrera hematoencefálica (BHE)	98
Lóbulos cerebrales	99
Cuerpo estriado	117
Prosencéfalo	117
Mesencéfalo	123
Rombencéfalo	124
Médula espinal	130
Disposición de los haces de fibras nerviosas	133
Meninges	137
Líquido cefalorraquídeo	137
Irrigación	138
CAPÍTULO 5. Sistema nervioso periférico	141
Circuito cerebro-músculo	141
Clasificación de los nervios periféricos	144
Nervios espinales	148
Nervios craneales	158
Glosario	171
Bibliografía	197
Acerca de la autora	217

## CAPÍTULO 2

# Fundamentos de neuroanatomía

### ORGANIZACIÓN ANATÓMICA, FUNCIONAL Y UNICELULAR DEL SISTEMA NERVIOSO

El cuerpo humano está compuesto de numerosos tejidos —muscular, óseo, vascular, glandular, cartilaginoso—, el conjunto de tejidos forma, a su vez, sistemas bien delimitados, —sistema respiratorio, circulatorio, endocrino—. Todos estos sistemas están bajo el control del sistema nervioso, que regula sus funciones y trata de adaptarlos a los cambios que ocurren dentro y fuera del organismo —incremento de la frecuencia cardíaca y respiratoria cuando corremos, aumento de la actividad gastrointestinal después de comer, aumento de la frecuencia cardíaca y de la sudoración ante una situación extrema—. Un ejemplo es cualquier situación de estrés, ya sea por problemas sociales, económicos, laborales o familiares.

El sistema nervioso es el conjunto de estructuras funcionalmente especializadas, mediante el cual el organismo responde de manera adecuada a los estímulos que recibe tanto del medio externo como del interno. De dicha adecuación depende la posibilidad de adaptación al ambiente y, por lo tanto, la supervivencia. En este, la recepción de los estímulos es la función de unas células sensitivas especiales: los receptores. Los elementos conductores son unas células llamadas neuronas que pueden desarrollar una actividad lenta y generalizada o ser unidades conductoras rápidas, muy eficientes. La respuesta específica de la neurona se llama impulso nervioso; esta respuesta y su capacidad para ser estimulada hacen de dicha célula una unidad de recepción y emisión capaz de transferir información de una parte a otra del organismo.

El sistema nervioso: *a)* recibe, procesa y genera información, *b)* regula la conducta.

Dicho sistema está formado por células muy especializadas, como las neuronas y las células gliales, que constituyen el tejido nervioso. En el tejido nervioso se organizan vías nerviosas, nervios, tractos y estructuras nerviosas, como núcleos y ganglios o capas o láminas de células nerviosas, formados por la acumulación de neuronas.

A pesar de que algunos animales carecen de sistema nervioso —por ejemplo, las esponjas—, la mayoría de ellos lo presentan. Podemos distinguir tres modelos básicos de sistemas nerviosos: *a)* reticular, *b)* ganglionar o segmentado y *c)* encefálico, propio de los vertebrados.

El sistema reticular se presenta en animales simples como los cnidarios (hidras, anémonas de mar, corales y medusas) y es una red de nervios ubicada en el cuerpo del animal y a través de la cual fluye la información que se genera al aplicar un estímulo en cualquier punto del cuerpo del animal. El sistema ganglionar se presenta en animales con cuerpo alargado y segmentado (lombrices y artrópodos), en los que los cuerpos neuronales se agrupan (centralización) y forman ganglios que se ubican por pares en los segmentos. Los ganglios se comunican entre sí por haces de axones y hacia el extremo cefálico del cuerpo constituyen un cerebro primitivo.

El sistema encefálico es más complejo y está representado por un encéfalo —cerebro, cerebelo y médula oblongada— encerrado en una estructura ósea o cráneo y por un órgano alargado, la médula espinal, encerrada en la columna vertebral. Al encéfalo y a la médula espinal entra o sale la información a través de los nervios llamados pares craneanos y nervios raquídeos, respectivamente.

La organización de la estructura del sistema nervioso refleja una clara funcionalidad. La información entra por los receptores sensoriales y a través de vías sensoriales específicas va hasta los centros nerviosos, donde es procesada. De este procesamiento surgen la sensación y la percepción, pero también la información que llega a los centros nerviosos, la cual, al ser procesada en los sistemas cognitivos, genera conocimiento (aprendizaje), parte del cual se almacena (memoria). De esta manera se genera un conocimiento del medio ambiente y del medio interno. En respuesta al conocimiento se producen programas motores que se expresan en forma de diversas conductas que permiten la adaptación de los individuos a su medio.

Todos esos procesos se identifican estructuralmente con sistemas neuronales propios (sistemas motores, sensoriales y cognitivos); además, existen sistemas moduladores que son capaces de modificar el flujo de información en los otros sistemas, entre los que se encuentran: *a)* el sistema noradrenér-

gico del *locus ceruleus*, b) el sistema serotoninérgico del rañé y c) los sistemas dopaminérgicos.

En las figuras 3 y 4 se presentan cortes sagitales medios a través del cráneo y de la columna vertebral. Anatómicamente en el sistema nervioso se distinguen dos grandes divisiones: el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico. El primero está alojado en dos estructuras óseas: la caja craneana o cráneo y la columna vertebral, y el segundo es el conjunto de estructuras nerviosas que están fuera del sistema nervioso central.

En el cráneo se encuentra el encéfalo —formado por el cerebro, el cerebelo y algunos órganos del tronco cerebral (médula oblongada o bulbo raquídeo y el puente de Varolio o protuberancia anular—; en la columna vertebral se aloja la médula espinal, y entre los huesos del cráneo y de la columna vertebral y el tejido nervioso se halla un sistema de membranas que envuelven al sistema nervioso central: las meninges. Como se observa en la figura, cada hemisferio cerebral (aquí se muestra el hemisferio cerebral derecho) aparece envuelto por una membrana. La que aquí se ve es la meninge más externa o duramadre, la cual mira a la membrana del hemisferio opuesto y ambas ocupan la cisura interhemisférica, constituyendo una estructura llamada la hoz del cerebro.

En las regiones posterior e inferior y debajo de ambos hemisferios se ubica el cerebelo, y por delante de él se encuentra la porción encefálica del tronco. De la médula oblongada continúa hacia abajo la médula espinal

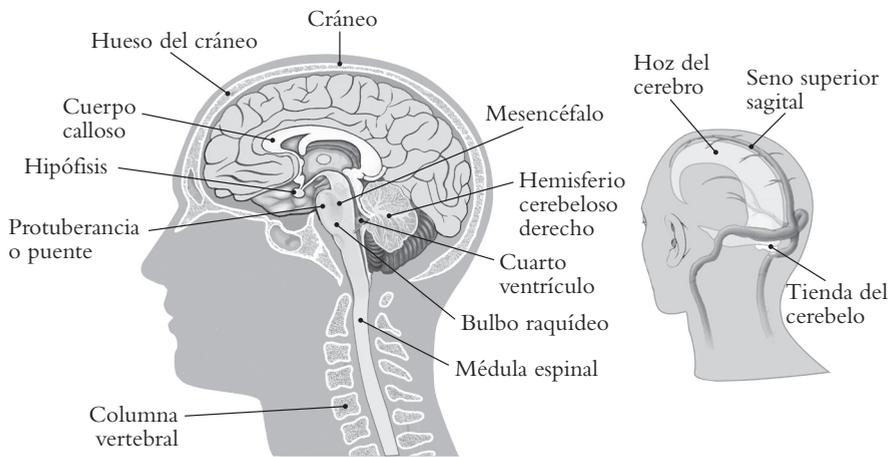


Figura 3. Organización anatómica del sistema nervioso central.

en la columna vertebral. De ella emergen, entre las vértebras los nervios raquídeos, cada uno de los cuales está formado por la unión de la raíz anterior (que nace de la cara anterior de la médula) con la raíz posterior de la médula (que nace de la cara posterior de esta).

La raíz posterior se distingue de la anterior por presentar un engrosamiento: el ganglio sensitivo de la raíz posterior del nervio raquídeo. El sistema nervioso periférico está formado por ganglios, nervios y plexos nerviosos ubicados fuera del sistema nervioso central, en las diferentes cavidades del cuerpo.

Los ganglios son agrupaciones de cuerpos neuronales y pueden estar unidos entre sí, formando cadenas ganglionares. Los ganglios más representativos del sistema nervioso periférico pertenecen al sistema nervioso autónomo.

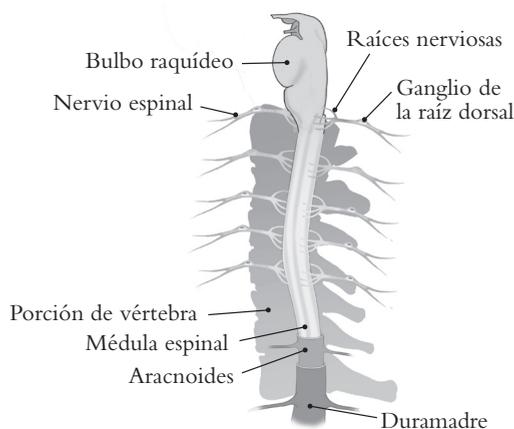


Figura 4. Organización en la columna vertebral.

El sistema nervioso se divide como sigue:

- a) Sistema nervioso central (SNC): encéfalo y médula espinal.
- b) Sistema nervioso periférico (SNP): nervios espinales y nervios craneales, ambos con vías aferentes y eferentes (tanto somáticas como viscerales).
- c) Sistema nervioso neurovegetativo o autónomo (SNA) (componentes viscerales del sistema nervioso periférico y ganglios anexos): simpático y parasimpático.

En neuroanatomía hay términos especiales que se emplean para localizar determinada estructura. La nomenclatura de orientación para humanos y

## CAPÍTULO 4

# Sistema nervioso central

### ENCÉFALO

El cráneo se localiza al principio de la columna vertebral y delante de esta; es una estructura ósea que encierra al encéfalo, ya que su función consiste en protegerlo y proporcionar un sitio de adhesión para los músculos faciales. Las dos regiones del cráneo son la craneal y la facial.

El encéfalo es la porción superior del sistema nervioso central, situado en el interior de la cavidad craneal, y se adapta a la forma de esta. Su peso oscila entre 1 245 y 1 375 g y varía según los factores siguientes: talla, peso corporal, sexo, raza y edad (crece hasta la edad adulta, luego se mantiene

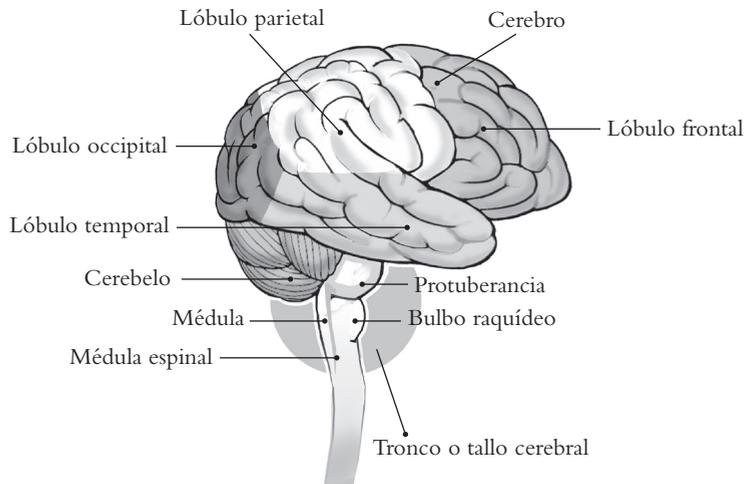


Figura 15. Encéfalo.

y disminuye al alcanzar la senectud). No existe ninguna relación entre el peso del encéfalo y el grado de inteligencia del individuo. Su forma es distinta según la posición en que lo estudiemos:

Visión lateral: podemos observar todas las partes que lo constituyen: cerebro, cerebelo, tronco del encéfalo formado por el mesencéfalo, protuberancia o puente y bulbo raquídeo.

Visión superior: presenta una forma ovoide, con un eje mayor ventro-dorsal y dos polos: uno anterior o frontal y otro posterior u occipital, así como una hendidura en la línea media llamada hendidura interhemisférica, que permite dividirlo en dos partes: hemisferio derecho e izquierdo. En esta visión solo observamos el cerebro, ya que este oculta las demás partes.

Visión basal: la cara basal del encéfalo está en contacto con la base de la cavidad craneal; presenta tres porciones: una occipital (alojada en el departamento occipital de la base de la cavidad craneal), otra esfenotemporal (ubicada en departamento medio) y otra frontal (que se halla en el departamento frontal).

El encéfalo humano tiene tres componentes estructurales básicos: los grandes hemisferios (parte integrante del cerebro) con forma de bóveda (arriba), el cerebelo, más pequeño y con cierta forma esférica (más abajo a la derecha), y el tronco cerebral (centro). Desde el exterior el encéfalo aparece dividido en tres partes conectadas: el cerebro, el cerebelo y el tronco cerebral.

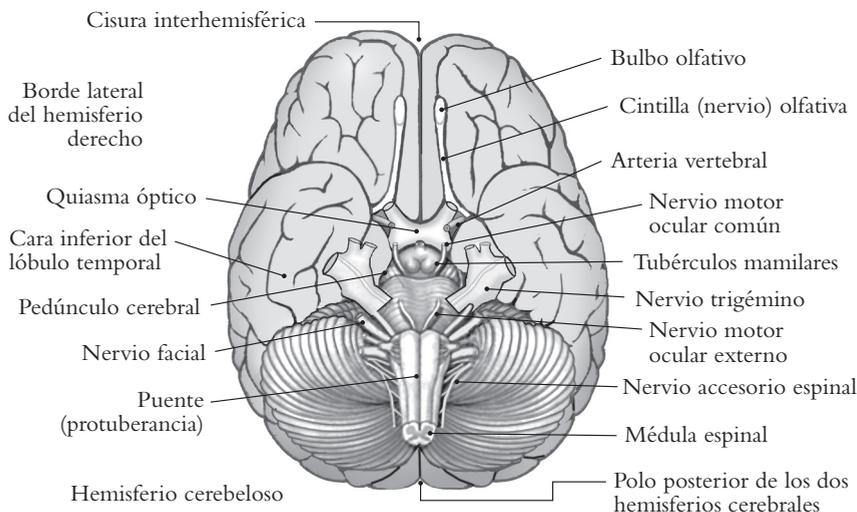


Figura 16. El encéfalo visto desde su cara basal.

El término tronco o tallo cerebral se refiere, en general, a las estructuras que se localizan entre el cerebro y la médula espinal, es decir, el mesencéfalo o cerebro medio, el puente de Varolio o protuberancia y el bulbo raquídeo o médula oblongada. El encéfalo está protegido por el cráneo y cubierto por tres membranas denominadas meninges; la más externa, la duramadre, es dura, fibrosa, brillante y está adherida a los huesos del cráneo, por lo que no hay espacio epidural, como ocurre en la médula; además, cuenta con prolongaciones que mantienen en su lugar las distintas partes del encéfalo y contiene los senos venosos, que es donde se recoge la sangre venosa del cerebro.

La membrana intermedia, la aracnoides, cubre el encéfalo laxamente y no se introduce en las circunvoluciones cerebrales, mientras que en la membrana interior o piamadre hay gran cantidad de pequeños vasos sanguíneos y linfáticos y está unida estrechamente a la superficie cerebral. El líquido cefalorraquídeo sirve para mantener húmedos el cerebro y la médula espinal, así como para protegerlos de los cambios de presión y que estén en condiciones adecuadas; además, circula libremente por los espacios subaracnoideos, transparente e incoloro, es alcalino y contiene agua, glucosa y algunas sales, proteínas y células mononucleares, pero no tiene fibrinógeno, por lo cual no se coagula.

El líquido cefalorraquídeo se produce en los plexos coroideos mediante un proceso de filtración y secreción; estos plexos son capilares dilatados que se encuentran en las paredes de los ventrículos. Dicho líquido se renueva constantemente, a la vez que produce y reabsorbe diariamente entre 400 y 500 mL, a través de las vellosidades aracnoideas.

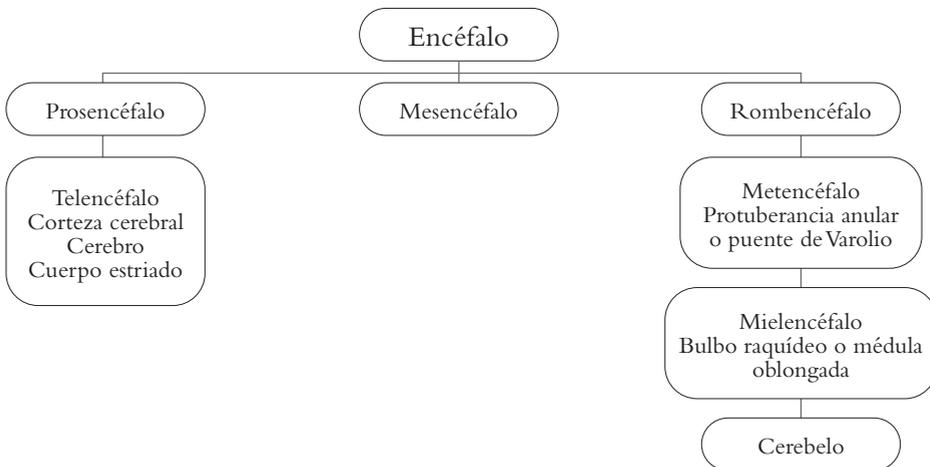


Figura 17. Componentes del encéfalo.

## CEREBRO

Todo comenzó con una pregunta: ¿qué lugar del cuerpo produce los pensamientos? Los estudios del cerebro comenzaron hace mucho tiempo y el tema es quizá la primera controversia científica de la historia. Numerosos textos de actualidad se refieren al cerebro como la base de los conocimientos, los comportamientos conductuales y la estructura psicológica humana. El cerebro ha pasado de ser una caja negra en la que entraban determinados datos sensoriales para salir transformados en hechos conductuales a convertirse en un sustrato propio del conocimiento científico y la base de la función mental. Nos hemos alejado de los modelos estrictos de conducta (psicoanálisis, conductismo) para adentrarnos en el estudio de la función cerebral como base de esa conducta. En la actualidad las neurociencias de la conducta sostienen que los procesos mentales, emocionales y de comportamiento nacen de la actividad neuronal.

¿Es posible reducir la actividad del hombre al resultado de las conexiones neuronales? Nos situamos ante la incógnita del hombre, que es la de un ser que con su inteligencia es capaz de transformar el medio donde vive, la de un ser hábil para la creación artística y que penetra en la naturaleza para descubrir sus leyes.

El porqué del hombre es el objeto de la filosofía y durante siglos se ha intentado dar una explicación; en cambio, la ciencia se pregunta por el cómo de ese ser humano. No obstante, el cómo ha resultado ser tan complejo y apasionante que nos ha alejado del porqué. Ha llegado un momento en que la gran cantidad de árboles (datos científicos) no nos ha dejado contemplar el bosque (la realidad humana). Así, los descubrimientos de los años recientes han llevado a científicos como Cajal a expresar asertos como el siguiente: “La época de la filosofía dogmática ha pasado. O mucho me equivoco o la filosofía del porvenir se reducirá a una síntesis luminosa de las magnas teorías científicas”.

Es cierto que los filósofos necesitan conocimientos de la ciencia y en particular de neurología, pero la filosofía no puede reducirse a la ciencia. Como veremos más adelante, la neurología no puede explicar la compleja realidad humana; de hecho, cuanto más estudiamos el funcionamiento cerebral, mejor comprendemos que existe algo que se nos escapa. La visión científicista del hombre y del mundo reduce todo a la materia; pero cuanto más estudiamos la anatomía y la fisiología del cuerpo humano, más pronto llegamos a puntos donde comienza lo inexplicable, el problema que plantea un ser capaz de

## CAPÍTULO 5

# Sistema nervioso periférico

La función primordial del sistema nervioso periférico consiste en conducir la información que recoge por medio de los receptores periféricos: temperatura, presión, tacto, etc., hacia el sistema nervioso central y proporcionar la información procesada a los músculos y vísceras. Este sistema ayuda a la comunicación entre el sistema nervioso central y el medio ambiente y está compuesto por todos los nervios que se hallan fuera del sistema nervioso central (cerebro y médula espinal); además, forman parte del sistema nervioso periférico los nervios craneales que conectan el cerebro directamente con la cabeza y la cara, los cuales a su vez se conectan con los ojos y la nariz, y los nervios que conectan la médula espinal con el resto del organismo.

### CIRCUITO CEREBRO-MÚSCULO

Los nervios están conectados entre sí y sus señales se comunican a través de las sinapsis. El movimiento de un músculo implica dos complejas vías nerviosas: la del nervio sensitivo al cerebro y la del nervio motor al músculo. Los pasos básicos que constituyen este circuito y que se indican a continuación son doce:

1. Los receptores de los nervios sensitivos en la piel detectan las sensaciones y transmiten una señal al cerebro.
2. La señal recorre el nervio sensitivo hasta la médula espinal.
3. Una sinapsis en la médula espinal conecta el nervio sensitivo con un nervio de la médula espinal.
4. El nervio cruza al lado opuesto de la médula espinal.

5. La señal asciende por la médula espinal.
6. Una sinapsis en el tálamo conecta la médula espinal con las fibras nerviosas que llevan la señal a la corteza sensorial.
7. La corteza sensorial percibe la señal e impulsa a la corteza motora a generar una señal de movimiento.
8. El nervio que lleva la señal cruza al otro lado en la base del cerebro.
9. La señal desciende por la médula espinal.
10. Una sinapsis conecta la médula espinal con el nervio motor.
11. La señal sigue a lo largo del nervio motor.
12. La señal alcanza el final de la placa motora, donde estimula el movimiento muscular.

El cerebro se comunica con la mayor parte del organismo a través de 31 pares de nervios espinales que salen de la médula espinal. Cada par de nervios espinales consta de un nervio en la cara anterior de la médula espinal, que conduce la información del cerebro hasta los músculos, y de un nervio en su cara posterior, que lleva la información de las sensibilidades al cerebro. Los nervios espinales se conectan entre sí y forman los llamados plexos, que existen en el cuello, hombros y pelvis, y luego se dividen nuevamente para proporcionar los estímulos a las partes más distantes del cuerpo.

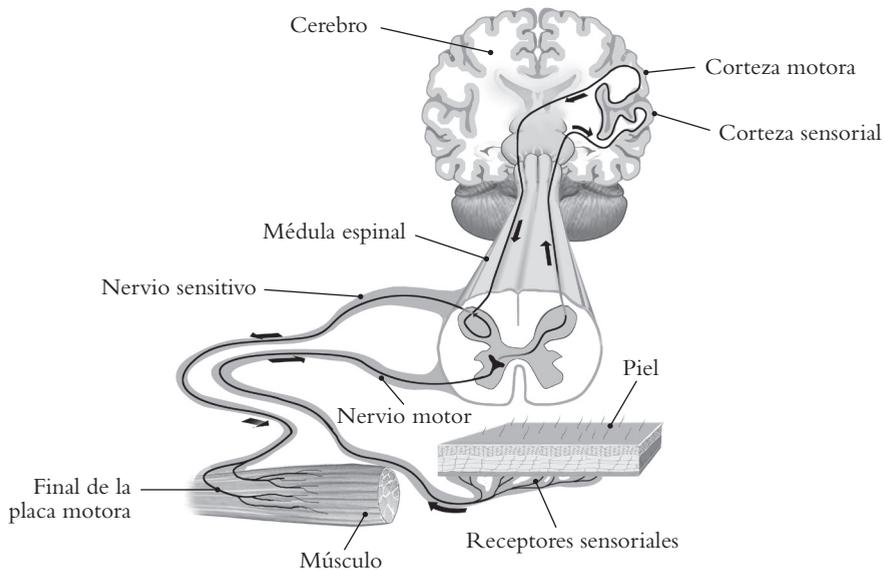


Figura 40. Circuito cerebro-músculo.

Los nervios periféricos son en realidad haces de fibras nerviosas con un diámetro que oscila entre 0.4 (las más finas) y 6 milímetros (las más gruesas). Estas últimas conducen los mensajes que estimulan a los músculos (fibras nerviosas motoras) y la sensibilidad táctil y de la posición (fibras nerviosas sensitivas).

Las fibras sensitivas más finas conducen la sensibilidad al dolor y a la temperatura y controlan las funciones automáticas del organismo, como la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la temperatura (sistema nervioso autónomo). Las células de Schwann envuelven cada una de las fibras nerviosas y forman muchas capas de aislante graso conocidas como vaina de mielina.

La disfunción de los nervios periféricos puede deberse a lesiones de las fibras nerviosas, del cuerpo de la célula nerviosa, de las células de Schwann o de la vaina de mielina. Cuando se produce una lesión en la vaina de mielina que ocasiona la pérdida de esta sustancia (desmielinización), la conducción de los impulsos es anormal; sin embargo, la vaina de mielina suele regenerarse con rapidez, lo cual permite el restablecimiento completo de la función nerviosa.

A diferencia de la vaina de mielina, la reparación y nuevo crecimiento de la célula nerviosa lesionada se produce muy lentamente o incluso no ocurre en absoluto. En ocasiones el crecimiento puede generarse en una dirección errónea, ocasionando conexiones nerviosas anormales, por ejemplo: un nervio puede conectarse a un músculo equivocado y causar contracción y espasticidad o, si se trata del crecimiento anormal de un nervio sensitivo, la persona no sabrá reconocer dónde la tocan ni dónde se origina un dolor.

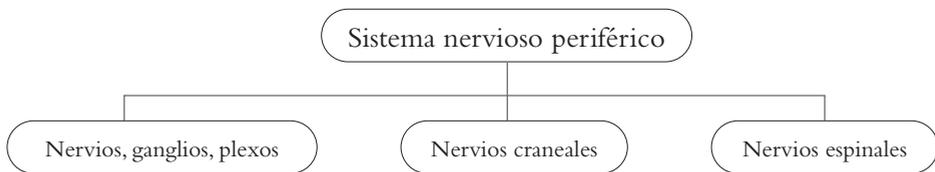


Figura 41. Nervios del sistema nervioso periférico.

El sistema nervioso periférico está constituido por el conjunto de nervios y ganglios nerviosos; se llaman nervios los haces de fibras nerviosas que se encuentran fuera del neuroeje y ganglios unas agrupaciones de células nerviosas intercaladas a lo largo del recorrido de los nervios o en sus raíces.

Los ganglios están formados por corpúsculos de dimensiones variables, del volumen de una alubia o una lenteja e incluso más pequeños, hasta llegar

a dimensiones microscópicas, como los que se encuentran a lo largo del curso de determinados nervios y en las mallas de las redes nerviosas. Cabe distinguir entre ganglios espinales y ganglios simpáticos o del sistema neurovegetativo.

Casi todos los nervios del cuerpo son pares y están distribuidos de manera simétrica sobre cada lado del cuerpo. Existen 31 pares de nervios espinales y 12 de nervios craneales, a los cuales se deben añadir los dos troncos del simpático.

Las fibras sensitivas contenidas en los nervios craneales y espinales son prolongaciones de determinadas células nerviosas (células en T), agrupadas en pequeños cúmulos situados fuera del neuroeje: los ganglios cerebroespinales.

Los ganglios anexos a los nervios espinales son iguales entre sí en forma, dimensiones y posición; de ellos parte la raíz posterior de cada nervio, siempre en la proximidad del agujero intervertebral que recorre el nervio para salir de la columna vertebral.

Por el contrario, los ganglios de los nervios craneales tienen una forma, dimensiones y posición mucho más variables; sin embargo, las funciones y la constitución histológica son muy similares para ambos tipos de ganglios.

En el nivel de las extremidades, las ramas anteriores de los nervios espinales forman complejas redes nerviosas, llamadas plexos, en las cuales se intercambian fibras nerviosas. De cada uno de estos plexos resultan los troncos nerviosos, que se extienden luego periféricamente y que poseen fibras nerviosas que derivan de diferentes nervios espinales.

## CLASIFICACIÓN DE LOS NERVIOS PERIFÉRICOS

Los nervios periféricos se clasifican según el tipo de impulsos que transportan, como sigue:

- Nervio sensitivo somático: nervio que recoge impulsos sensitivos relativos a la “vida de relación”, es decir, no referentes a la actividad de las vísceras.
- Nervio motor somático: nervio que transporta impulsos motores a los músculos voluntarios.
- Nervio sensitivo visceral: es el nervio que recoge la sensibilidad de las vísceras.
- Nervio elector visceral: nervio que transporta a las vísceras impulsos motores, secretores, etcétera.

Cuadro 8. Nervios sensitivos y motores

<i>Nervios sensitivos</i>	<i>Nervios motores</i>
Craneales	Craneales
<p>Olfatorio: proviene del epitelio olfatorio.</p> <p>Óptico: proviene del ojo.</p> <p>Trigémينو: es mixto y recibe sensaciones de la cabeza.</p> <p>Facial: es mixto y recibe sensaciones de la cara.</p> <p>Auditivo: proviene del oído.</p> <p>Glosofaríngeo: es mixto y recibe sensaciones de la lengua y la laringe.</p> <p>Vago: es mixto y recibe sensaciones de la cabeza y las vísceras.</p>	<p>Motor ocular común: inerva parte de los músculos del ojo.</p> <p>Patético: inerva el músculo oblicuo del ojo.</p> <p>Trigémينو: inerva los músculos mandibulares.</p> <p>Motor ocular externo: inerva el músculo que le da nombre.</p> <p>Facial: inerva los músculos de la cara.</p> <p>Glosofaríngeo: inerva la lengua y la faringe.</p> <p>Vago: inerva la cabeza y las vísceras.</p> <p>Espinal: accesorio del vago.</p> <p>Hipogloso: inerva la lengua.</p>
Espinales	Espinales
<p>Discurren junto a los nervios motores y provienen de todo el cuerpo.</p>	<p>Motores somáticos: inervan los músculos esqueléticos y entran en la médula junto a los motores viscerales. Estos nervios estimulan el músculo, pero no lo inhiben y están relacionados con los estímulos ambientales.</p> <p>Motores viscerales: controlan los músculos lisos, el cardíaco y las glándulas. Están formados por dos neuronas: una preganglionar, que tiene su cuerpo neuronal en la médula y otra posganglionar, cuya acción estimula o inhibe el órgano, con estímulos internos.</p> <p>Parasimpático: forma parte de las zonas craneal y sacra, donde se establece la sinapsis entre las dos neuronas; además, está relacionado con la digestión y el reposo.</p> <p>Simpático: Forma parte de las zonas cervical, torácica y lumbar de la médula espinal y está relacionado con las reacciones de lucha o huida.</p>

Además, los nervios que desarrollan una sola de las cuatro funciones anotadas arriba se llaman nervios puros, mientras que aquellos que son simultáneamente sensitivos somáticos y motores somáticos (o que son también al mismo tiempo somáticos y viscerales) se llaman nervios mixtos. Sin embar-