

Neurofisiología – cátedra 1

Prof. Reg. Adj. a cargo: Nancy China

Anatomía del sistema nervioso humano

Primer cuatrimestre de 2024

Índice

Preguntas para guiar la lectura.....	página 3
Divisiones del sistema nervioso.....	página 4
Sistema nervioso periférico.....	página 4
Sistema nervioso central.....	página 5
Ejes y planos de orientación en el sistema nervioso.....	página 6
Las siete grandes regiones del sistema nervioso central humano.....	página 7
Corteza cerebral.....	página 12
Sustancia blanca hemisférica.....	página 16
Formaciones grises.....	página 16

Preguntas para guiar la lectura

A continuación, se plantea una serie de preguntas para dirigir la lectura del presente material; léelas atentamente. Es posible que no tengas los conocimientos suficientes para responder algunas (o muchas de ellas). Sin embargo, podés reflexionar sobre qué se está preguntando y anotar las ideas que te van surgiendo, aunque no constituyan una respuesta formal.

Activar los conocimientos previos, aunque sean insuficientes, es una parte muy importante para aprender nuevos conceptos. ¿Por qué? Porque aprender conceptos implica asociar nuevas ideas a las ideas preexistentes, estructurarlas y darles una nueva organización.

1. ¿Cuáles son las dos divisiones del sistema nervioso humano?
2. ¿Dónde se localiza el sistema nervioso central?
3. ¿Qué elementos constituyen el sistema nervioso periférico?
4. ¿Cuál es la función de la división autónoma del sistema nervioso periférico?
5. ¿Cuál es la función de la división somática del sistema nervioso periférico?
6. ¿Cuáles son las siete grandes regiones del sistema nervioso central?
7. ¿Qué regiones forman el tronco cerebral?
8. ¿Cuál es la diferencia entre encéfalo y cerebro?
9. ¿De qué está formada la sustancia gris en el sistema nervioso central?
10. ¿De qué está formada la sustancia blanca en el sistema nervioso central?
11. ¿Dónde se ubica la sustancia gris en el cerebro?
12. ¿Qué tipos de corteza cerebral existen?
13. ¿Cuáles son los lóbulos de la corteza?

Anatomía del sistema nervioso humano

La neuroanatomía suele desalentar a los no iniciados y parecer superflua para quienes se interesan principalmente por la conducta. Sin embargo, los conocimientos neuroanatómicos estudiados desde y para una perspectiva funcional, y encarados de manera no estática, aportan nociones importantes. El conocimiento de las funciones nerviosas superiores depende en gran medida de un refinado mapeo de los circuitos neuronales y no puede abordarse sin una adecuada base anatómica.

Divisiones del sistema nervioso

Dentro del sistema nervioso (SN) se distinguen dos partes: el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP). El procesamiento más complejo y las funciones de coordinación se llevan a cabo en el SNC, que está conectado con cada uno de los rincones del cuerpo a través del SNP en una comunicación de ida y vuelta (figura 1). El SNC también está conectado químicamente con los tejidos del organismo a través del sistema neuroendócrino.

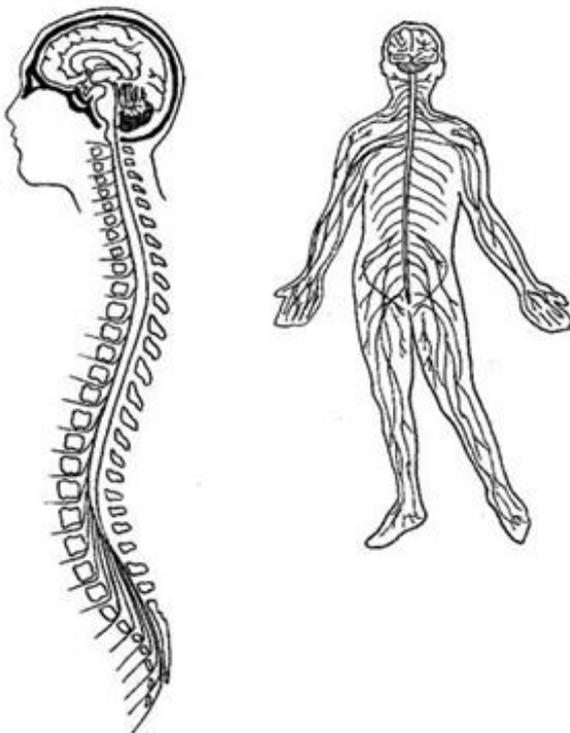


Figura 1. El sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP)

El SNC ocupa el interior del cráneo y de la columna vertebral. El SNC está comunicado con todo el organismo a través del SNP.

Sistema nervioso periférico

El SNP periférico es la división del SN que se localiza fuera de las cavidades óseas y está formado por nervios y ganglios. Los nervios están formados por axones de neuronas; los ganglios son formaciones abultadas, ubicadas en el trayecto de los nervios y están

formados por cuerpos neuronales, dendritas y sinapsis. El SNP tiene dos divisiones anatómicas funcionalmente diferenciadas: el SNP somático y el SNP autónomo.

La división somática del SNP incluye a los nervios craneales (12 pares), que salen por agujeros del cráneo, y a los nervios raquídeos (31 pares), que salen por agujeros de la columna.

Los nervios somáticos conducen al SNC información aferente proveniente de los órganos sensoriales especializados (ojos, oído, gusto, olfato), de la piel, los músculos, los tendones, los huesos y las articulaciones, y conducen comandos eferentes desde el SNC a los músculos esqueléticos de la cabeza, el tronco y los miembros.

La división autónoma o autonómica conecta al SNC con las vísceras y las glándulas. El sistema nervioso autónomo (SNA) posee nervios y ganglios mediante los cuales controla la actividad contráctil cardíaca y respiratoria, la musculatura lisa del intestino, de los vasos sanguíneos y la asociada a los pelos de la piel, y la actividad de las glándulas de secreción externa. Tiene dos divisiones anatómicas y funcionales: simpática y parasimpática. La división simpática participa en la preparación del organismo para la acción y es psicológicamente activadora. La división parasimpática tiene una función de conservación y reparación de las reservas y tejidos del organismo, actúa durante el reposo y es psicológicamente relajadora. La mayoría de los órganos recibe inervación de ambas divisiones, que tienen un efecto opuesto sobre los mismos. El SNA trabaja conjuntamente con el sistema endócrino en el mantenimiento de la homeostasis (estabilidad del medio interno). La respuesta autonómica es más rápida que la endócrina y se ejerce mediante conexiones nerviosas con las vísceras, en tanto que la actividad endócrina se ejerce mediante la secreción de hormonas que, llevadas por la sangre, modifican la actividad de los tejidos.

Sistema nervioso central

El SNC es la división del SN que está contenida dentro de cavidades óseas. Está envuelto por las meninges y flota en el líquido cefalorraquídeo, de modo que es la estructura más protegida del organismo. La médula espinal está localizada dentro de la columna vertebral. La porción mayor del SNC es el encéfalo, que se ubica dentro del cráneo y está constituido por el cerebro, el tronco cerebral y el cerebelo.

Sustancia gris y sustancia blanca

A simple vista, es posible distinguir en el SNC zonas claras denominadas sustancia blanca y zonas más oscuras de color parduzco denominadas sustancia gris. En la sustancia gris se agrupan los cuerpos neuronales y elementos de sostén. La sustancia blanca está formada por fibras, es decir, los axones de las neuronas. Los axones están recubiertos por una capa

lipídica llamada mielina que es la que da el color blanco. En el encéfalo, hay dos variedades de sustancia gris: la corteza y núcleos. La corteza es una estructura estratificada (posee entre 3 y 6 capas) que tapiza los hemisferios del cerebro y del cerebelo. Los núcleos son agrupaciones de cuerpos neuronales, no estratificadas, que están en la profundidad del cerebro y del tronco cerebral, en medio de la sustancia blanca. Hay verdaderas colecciones de núcleos como el tálamo, el complejo amigdalino, o el cuerpo estriado, y núcleos diminutos como el locus niger en el tronco cerebral. En la médula espinal, la sustancia gris ocupa una posición central con una forma típica de mariposa, y la sustancia blanca una posición periférica.

Aferencia y eferencia

Los términos “aferencia” y “eferencia” se refieren a la dirección en que se transmite la información. Las fibras (o vías) que transmiten información hacia el SNC se denominan aferentes y las fibras (o vías) que transmiten información desde el SNC hacia la periferia se denominan eferentes. Los términos también pueden emplearse en relación con una estructura determinada, por ejemplo, las aferencias y eferencias del tálamo se refieren a la información que ingresa y que sale del tálamo, respectivamente.

Ejes y planos de orientación en el SN

Para localizar estructuras en el SN, se utilizan 3 ejes: longitudinal, antero-posterior y latero-medial (figura 2). El ***eje longitudinal o rostro-caudal*** sigue el eje principal del cuerpo, que va de la cabeza a la cola. En la inmensa mayoría de los animales es un eje recto, pero en los humanos y otros primates, la posición erguida del cuerpo se acompaña de una curvatura hacia delante de la porción anterior del SNC. Esta flexión se produce durante el desarrollo embrionario. El ***eje postero-anterior o dorso-ventral*** va de la espalda al pecho y vientre del animal. El ***eje latero-medial*** va de la línea media hacia los lados del cuerpo.

El SNC es un cuerpo tridimensional y la descripción de las estructuras internas recurre al uso de cortes que se practican según tres planos de orientación: ***frontal, horizontal y sagital***.

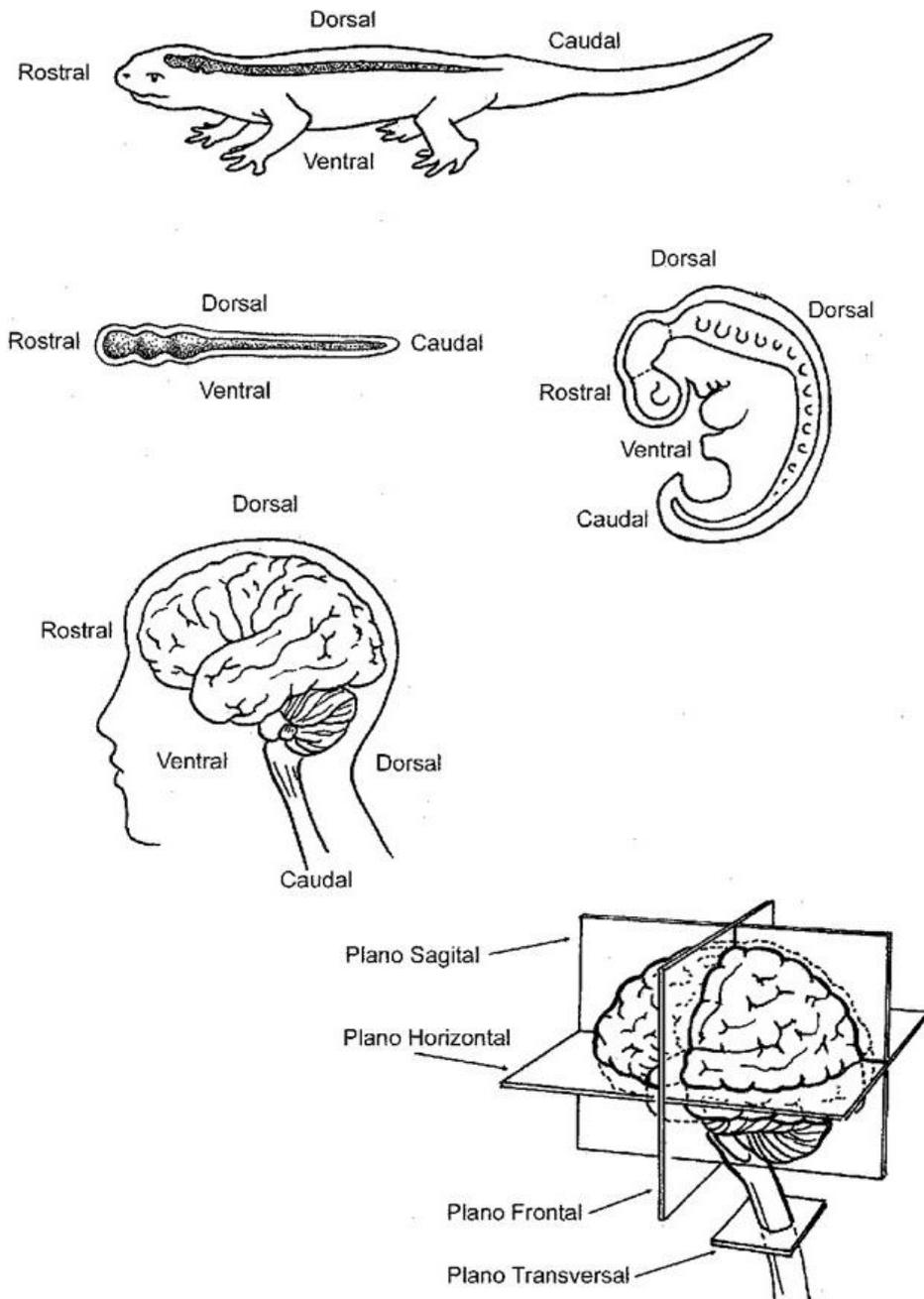


Figura 2. Ejes y planos de orientación en el SNC.

Arriba, los ejes en un reptil. A continuación, los ejes en el SNC humano. Se muestran dos etapas del desarrollo embrionario y el cerebro adulto luego de las curvaturas que modifican la forma lineal simple durante el desarrollo embrionario humano.

Abajo, los planos de orientación en el SNC humano.

Las siete regiones principales del SNC humano

Hay siete regiones en el SNC humano que se pueden distinguir macroscópicamente. En dirección caudo-rostral son: 1) la médula espinal, 2) el bulbo raquídeo, 3) la protuberancia, 4) el mesencéfalo, 5) el cerebelo, 6) el diencefalo y 7) los hemisferios cerebrales (figura 3). Analizaremos la disposición general de cada una de estas regiones y mencionaremos sus principales funciones.

- 1 Hemisferio Cerebral
- 2 Diencefalo
 - a Talamo
 - b Hipotalamo
- 3 Mesencéfalo
- 4 Protuberancia
- 5 Bulbo
- 6 Carebelo
- 7 Medula

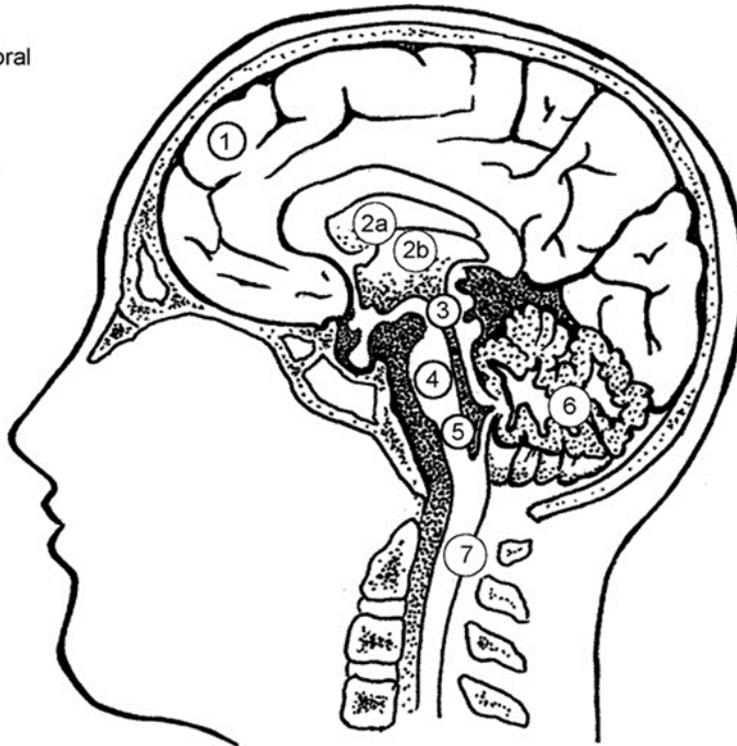
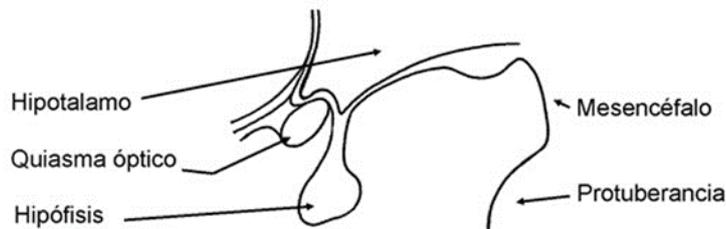


Figura 3.

Arriba, las 7 regiones del SNC.

Abajo, detalle que muestra a la glándula hipófisis y su relación con el hipotálamo.



Médula espinal

Es la parte más caudal del SNC y está localizada dentro de la columna vertebral, aunque no la ocupa en toda su extensión porque es más corta que su envoltura ósea. Se extiende desde la base del cráneo hasta la primera vértebra lumbar (figura 1). La médula tiene una organización en segmentos, cada uno de los cuales se relaciona con un segmento corporal. Hay 31 pares de nervios raquídeos, uno por cada segmento medular. Cada nervio se une a la médula por una raíz sensitiva posterior y una raíz motora anterior (figura 4). A través de ellos, la médula recibe información sensitiva desde la piel, los músculos, las articulaciones y las vísceras, y emite fibras motoras destinadas a inervar los músculos y las fibras eferentes de las divisiones simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo.

La sustancia gris en la médula tiene una posición central, con forma de alas de mariposa. Las neuronas del asta anterior tienen una función motora, las del asta posterior tienen función sensitiva (somática y visceral), y en el asta lateral, hay neuronas que originan las fibras eferentes viscerales para las divisiones simpática y parasimpática del SN autónomo. El reflejo miotático es un ejemplo del patrón segmental de organización funcional de la médula (ver inserción 1 al final del texto).

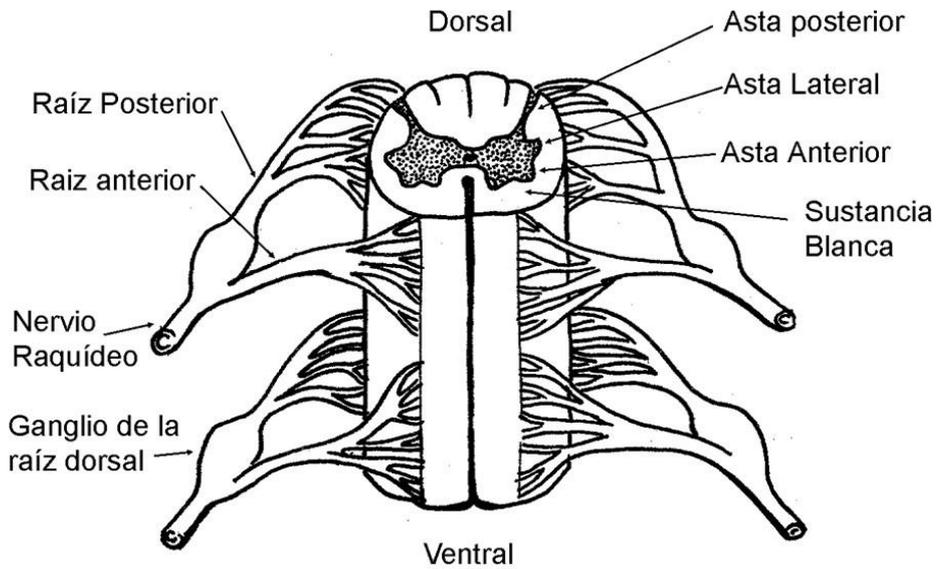


Figura 4. Segmento medular

Cada segmento medular recibe fibras aferentes sensitivas que se originan en el ganglio dorsal e ingresan a la médula por la raíz posterior; también emite fibras eferentes originadas en las neuronas motoras del asta anterior, que emergen por la raíz anterior. Ambas raíces se unen para formar el nervio raquídeo.

Tronco cerebral: bulbo, protuberancia y mesencéfalo

Las tres estructuras que siguen, bulbo, protuberancia y mesencéfalo, reciben la denominación conjunta de tronco cerebral o tronco encefálico (figura 5). La forma del tronco en su extremo caudal recuerda a la de la médula espinal, pero constituye una verdadera transición entre ésta y el cerebro y su disposición anatómica y sus funciones se acompletean sensiblemente. Al estar localizado en el cráneo, la información sensitiva que recibe el tronco proviene de la piel, los músculos y las articulaciones de la cabeza, el cuello y la cara. También recibe la información sensorial de sentidos especiales como la audición, el gusto y el equilibrio (la visión y el olfato no ingresan al SNC por el tronco, sino que ingresan directamente al cerebro). La cabeza y el cuello poseen grupos musculares con funciones motoras muy específicas (movimientos cefálicos, oculares, alimenticios, articulatorios, gesticulación facial). El tronco está atravesado por vías ascendentes y descendentes que transportan la información sensorial y motora hacia y desde el cerebro, con la particularidad de que la mayor parte de estas vías se decusa (es decir, cruza al lado opuesto) en este nivel. Por detrás del tronco se sitúa el cerebelo, que también se comunica profusamente con el resto del SNC mediante fibras que hacen conexiones en núcleos del tronco o lo atraviesan.

Bulbo

Localizado por encima de la médula espinal, el bulbo contiene núcleos grises que participan en la regulación de la presión sanguínea y la respiración, y contiene parte de los núcleos que participan en el gusto, la audición y el equilibrio.

Protuberancia o puente

Es la porción media del tronco, está localizada entre el bulbo y el mesencéfalo y tiene al cerebelo por detrás. Contiene núcleos que sirven para el intercambio de información sobre el movimiento y la sensibilidad entre el cerebro, el cerebelo y la médula espinal. Contiene una parte de los núcleos que coordinan la motilidad ocular y los núcleos que controlan los movimientos de la cara.

Mesencéfalo

También denominado pedúnculo cerebral, el mesencéfalo une el tronco al cerebro. Contiene parte de los núcleos que coordinan la motilidad ocular y núcleos importantes que forman parte de circuitos que intervienen en el control motor general (como el locus niger y el núcleo rojo). La sustancia reticular, verdadera red de núcleos pequeñísimos, se extiende a lo largo de todo el tronco, pero alcanza mayor desarrollo en el nivel del mesencéfalo. La sustancia reticular participa en la regulación del alerta, la atención, el sueño y en el control del tono de los músculos esqueléticos. Es también una estación de relevo de las vías visual y auditiva.

Cerebelo

Se localiza por detrás de la protuberancia y el bulbo. Tiene una superficie muy plegada, la corteza cerebelosa, que está dividida en lóbulos. El cerebelo recibe entradas sensoriales desde la médula espinal, información motora que le llega desde la corteza cerebral e información del sentido del equilibrio proveniente de los órganos vestibulares del oído. La convergencia de todos estos tipos de información le permite al cerebelo jugar un papel esencial en la coordinación de los músculos esqueléticos durante el mantenimiento de la postura y el movimiento, y en el aprendizaje de hábitos motores complejos. Juega un papel importante en la automatización de procesos motores y cognitivos.

Diencefalo

Está formado por dos estructuras, el tálamo y el hipotálamo. El tálamo es una gran formación gris localizada en la parte central de cada hemisferio, que contiene numerosos núcleos con funciones sensitivas, motoras y cognitivas. El tálamo procesa, modula y distribuye la mayor parte de la información sensorial y motora que entra o sale de la corteza cerebral. Todas las vías sensoriales, excepto el olfato, tienen un relevo (sinapsis) en el tálamo antes de su proyección a la corteza sensorial primaria; en el tálamo, también tienen un relevo las vías motoras. El tálamo está vinculado con la sustancia reticular del tronco encefálico y participa en la regulación del alerta y la atención. También está vinculado al procesamiento emocional y de la memoria.

El hipotálamo está ubicado ventralmente a la porción anterior del tálamo. Es una estructura importante en el control de la conducta motivada (regulación de la ingesta de agua y alimentos, aspectos de la conducta sexual y maternal). Ejerce algunas de sus acciones mediante el control de la glándula pituitaria (hipófisis) que cuelga de su extremo anterior.

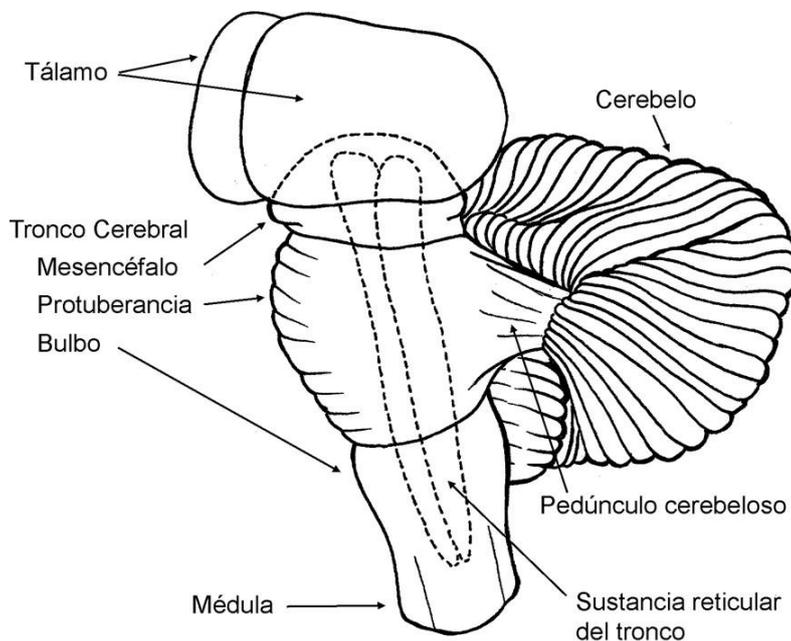


Figura 5. Vista anterolateral del tronco cerebral y parte del diencefalo

Se observan las 3 regiones que forman el tronco: bulbo, protuberancia y mesencéfalo. Por detrás está el cerebelo conectado a la protuberancia por los pedúnculos cerebelosos. Por encima del tronco se visualizan los tálamos, una de las estructuras diencefálicas. La sustancia reticular recorre todo el interior del tronco y continúa dentro del tálamo.

Hemisferios cerebrales

Separados por la cisura interhemisférica y ubicados a cada lado de la línea media, los hemisferios cerebrales son la región encefálica más grande y ocupan la mayor parte del cráneo. Se relacionan con las funciones sensoriales, cognitivas, mnésicas y emocionales, así como con la planificación, el monitoreo y el control de la conducta. En cada hemisferio se distinguen: la corteza cerebral, la sustancia blanca subcortical y las formaciones grises profundas.

Asimetría anatómica y funcional

A pesar de su semejanza, los hemisferios no son idénticos: hay diferencias anatómicas macro y microscópicas conocidas como asimetrías. Pero las diferencias más evidentes son funcionales (dominancia del hemisferio izquierdo para el lenguaje, del hemisferio derecho para las habilidades espaciales, etc.).

Dada la importancia de los hemisferios cerebrales para la conducta, describiremos sus estructuras con mayor detalle.

Corteza cerebral

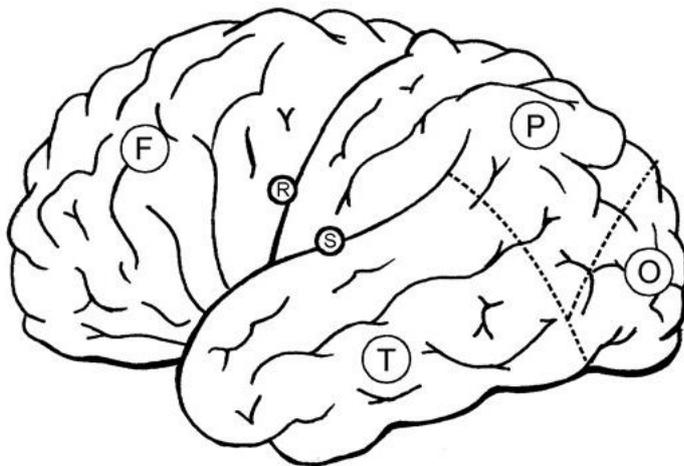
La característica más sobresaliente del cerebro humano es el enorme desarrollo de los hemisferios cerebrales y la cantidad de repliegues de su corteza cerebral. Es por eso que ha sido el blanco predilecto de los estudios relacionados con las funciones psicológicas superiores.

La corteza cerebral es un manto de sustancia gris de unos 5 mm de espesor que recubre los hemisferios. Aunque en los mamíferos inferiores la corteza es lisa, a partir de los primates muestra un aspecto arrugado debido a que el cerebro evolucionó más rápido que el cráneo. Si la corteza humana se desplegara, ocuparía una superficie de 1,5 m². La corteza presenta depresiones llamadas surcos o cisuras que separan regiones más elevadas llamadas circunvoluciones. Los surcos pequeños varían entre individuos, pero los surcos mayores son constantes en la especie y permiten dividir a la corteza en lóbulos llamados como los huesos del cráneo que los cubren: lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital (figura 6). En la cara externa de la corteza hay dos surcos bien notorios, el que tiene dirección horizontal es la cisura de Silvio y separa al lóbulo temporal de los lóbulos frontal y parietal, la cisura de Rolando tiene dirección oblicua y separa al lóbulo frontal del parietal. En la cara externa no hay un surco que marque nítidamente el límite anterior del lóbulo occipital, por lo que se utiliza una línea imaginaria. Un corte frontal como el de la figura 7 permite visualizar el lóbulo de la ínsula, que se localiza en la profundidad de la cisura de Silvio y que no es visible desde la superficie del cerebro porque está tapado por pliegues de los lóbulos frontal, temporal y parietal. Para visualizar la cara interna de los hemisferios se debe practicar un corte sagital (antero-posterior) que pase por la línea media, seccionando el cuerpo calloso, y un corte a nivel del hipotálamo que separe el cerebro del tronco cerebral. Este último corte permite visualizar con comodidad la cara interna del lóbulo temporal. La corteza de los lóbulos frontal, parietal y occipital se continúa en la cara interna de los hemisferios donde también se localiza una circunvolución que rodea el cuerpo calloso denominada circunvolución del cíngulo. La prolongación interna del lóbulo temporal, área también denominada lóbulo temporal medial, contiene la formación hipocámpica y la circunvolución parahipocámpica.

Áreas corticales histológicas y funcionales

Áreas citoarquitectónicas: desde un punto de vista histológico, la corteza cerebral no es homogénea, en su mayor parte muestra una estructura de 6 capas, pero en otras tiene 3 o 5 capas. El grosor relativo de cada capa y la composición celular varían de una región a otra, lo que ha servido de base para diferenciar áreas y trazar mapas citoarquitectónicos. Uno de los mapas citoarquitectónicos más conocidos y utilizados es el de Brodmann (figura 8). Algunas áreas citoarquitectónicas coinciden con áreas funcionales, por ejemplo, las áreas

motora y sensoriales primarias, pero en otros casos la coincidencia no es tan estricta o simplemente no la conocemos.



R, S: cisuras de Rolando y de Silvio. CC: cuerpo caloso.
Cing: circunvolucion del cíngulo. H: hipocampo.
F, T, O, O: Lóbulos frontal, temporal, parietal y occipital

Figura 6. Corteza cerebral

Vistas de las caras externa (arriba) e interna (abajo). En la cara interna se observa el cuerpo caloso, el haz de fibras blancas que une ambos hemisferios, seccionado.

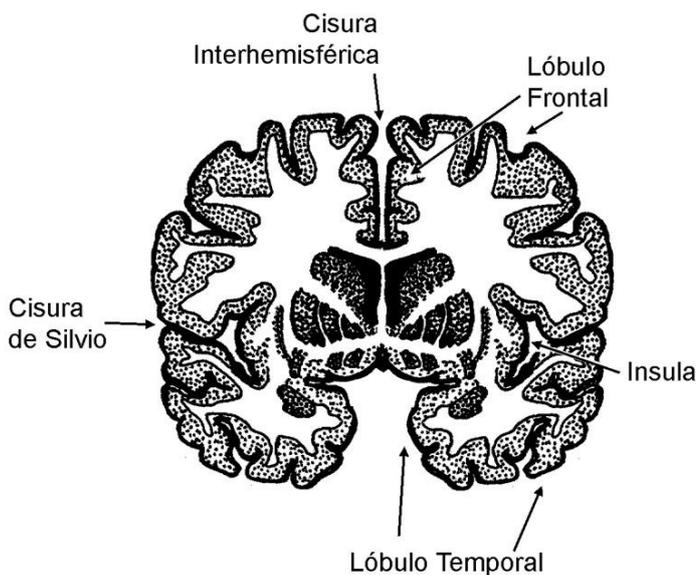
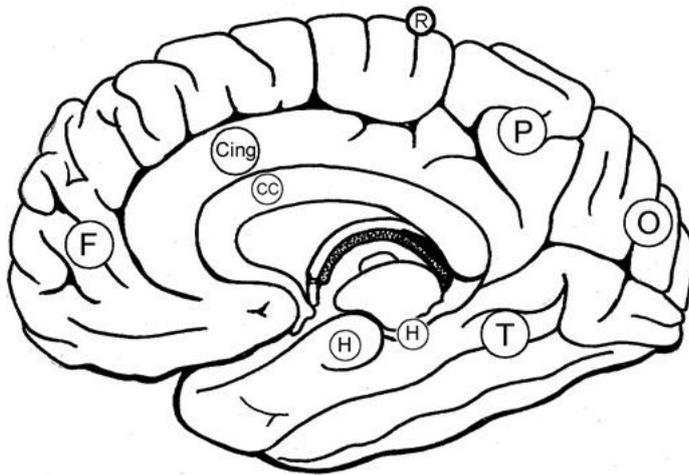


Figura 7. Corte frontal del cerebro.

Se observa la profundidad de la cisura de Silvio, que separa los lóbulos frontal, temporal y de la ínsula. También se observa la prolongación interna de los lóbulos frontal y temporal. Comparar con la vista de la cara interna de la figura 6.

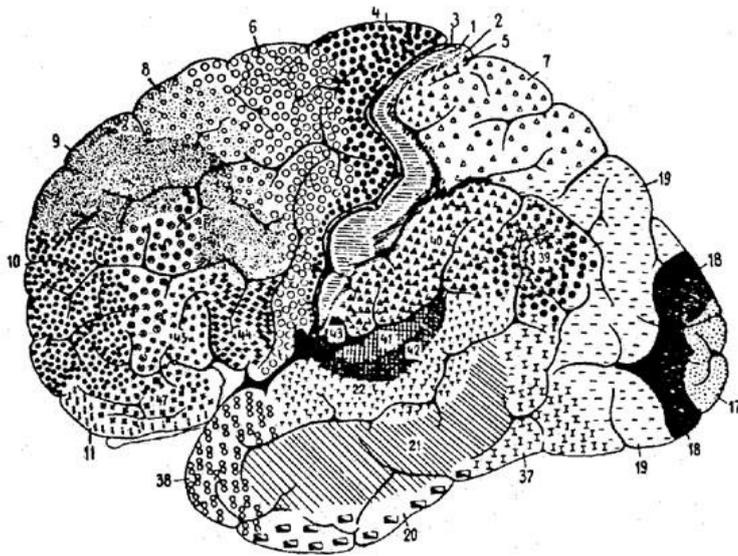


Figura 8. Mapa citoarquitectónico de Brodmann

Trazado sobre la base de la prominencia relativa de cada cada cortical y de los tipos de neuronas de las mismas, observados en cortes microscópicos.

Áreas funcionales: la corteza cerebral está altamente diferenciada desde un punto de vista funcional; hay áreas corticales principalmente relacionadas con el procesamiento sensorial y otras con la actividad motora. A su vez, y en función de su proximidad con las vías motoras o sensoriales periféricas, y con la complejidad del procesamiento que realizan, se distinguen áreas primarias, de asociación unimodal (secundarias) y de asociación heteromodal (terciarias).

La función de las distintas áreas de la corteza ha sido investigada mediante técnicas de estimulación y registro eléctrico, analizando los efectos de las lesiones controladas en animales experimentales y los efectos de las lesiones espontáneas en humanos.

Áreas corticales primarias: cada vía sensorial se origina en los receptores sensoriales específicos localizados en la periferia y recorre el SNC hasta llegar a la corteza cerebral. La región cortical en la que termina una vía sensorial se denomina área de proyección sensorial primaria. En los humanos se distinguen tres: el área primaria visual localizada en la cisura calcarina del lóbulo occipital, el área primaria auditiva localizada en el lóbulo temporal por debajo de la cisura de Silvio y el área primaria somatosensitiva localizada en el lóbulo parietal, por detrás de la cisura de Rolando. Por su parte, el área motora primaria, localizada en la parte posterior del lóbulo frontal por delante de la cisura de Rolando, es la región donde la vía motora abandona la corteza para dirigirse hacia abajo, al tronco cerebral y la médula espinal, y finalmente a los efectores musculares de la periferia (figura 9). Una lesión en la corteza motora primaria producirá parálisis en los músculos del lado opuesto del cuerpo, mientras que la estimulación eléctrica producirá su contracción (la parálisis y la respuesta contráctil son contralaterales porque la vía motora es cruzada). Una lesión en el área primaria visual produce pérdida de la visión en una parte contralateral del campo visual y una lesión en el área primaria somatosensitiva produce pérdida de la sensibilidad en una parte contralateral del cuerpo. Estímulos aplicados a los receptores en la periferia (retina, oído, piel) producirán potenciales eléctricos que se pueden registrar en

las áreas sensoriales primarias (visual, auditiva y somatosensitiva, respectivamente). Si se estimula eléctricamente la corteza de personas despiertas, pueden reportar sus sensaciones visuales. Las áreas primarias ocupan sólo el 16% de la superficie cortical, el 84% restante corresponde a áreas de asociación unimodal y heteromodal.

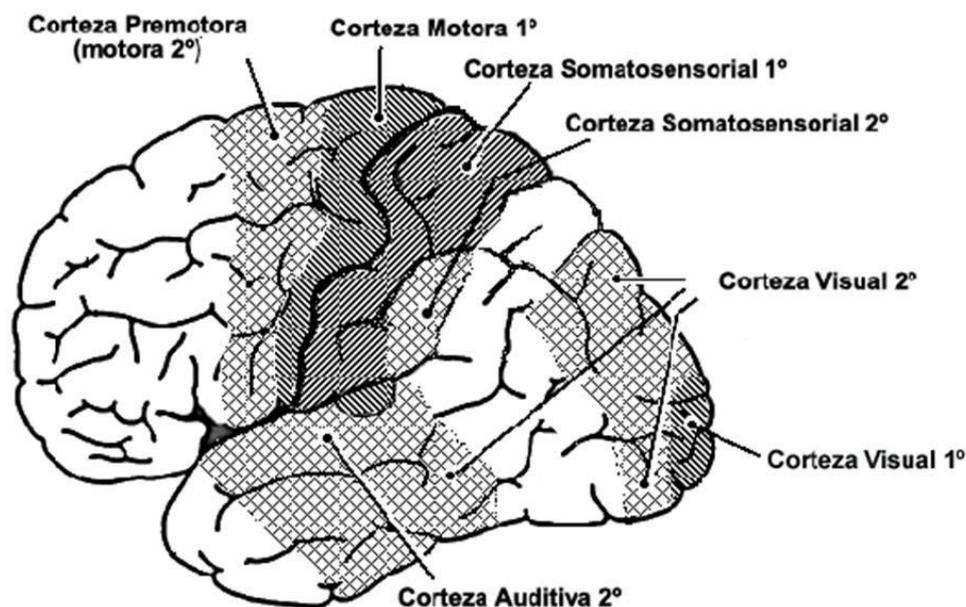


Figura 9. Áreas funcionales de la corteza cerebral.

Áreas corticales primarias, de asociación unimodal (secundarias) y, en blanco, de asociación multimodal o heteromodal (terciarias). Parte del área de asociación terciaria límbica no se observa porque se ubica en la cara interna del hemisferio.

Las *áreas corticales secundarias (de asociación unimodal)* se localizan alrededor de las áreas primarias, un paso más allá del ingreso sensorial (o un paso previo a la salida motora). Llevan a cabo el segundo nivel de procesamiento de la información sensorial recibida desde la corteza sensorial primaria (o los procesamientos premotores previos a su envío a la corteza motora primaria). La lesión de un área de asociación unimodal sensorial no produce déficits elementales (pérdida sensorial), sino déficits más complejos: el paciente conserva la sensación elemental (por ejemplo, dice que siente un objeto que toca su piel), pero tiene la percepción alterada (no puede reconocer el objeto por palpación); algo similar sucede cuando se lesiona el área premotora, el paciente tiene fuerza, pero no puede producir adecuadamente una secuencia de movimientos.

Las *áreas de asociación multimodal o heteromodal* no son específicas de una modalidad sensorial y sus células pueden activarse por estímulos de diversa modalidad. Varios datos indujeron a pensar que estas áreas estaban involucradas en funciones complejas. En primer lugar, la estimulación eléctrica no produce efectos motores o sensitivos obvios. En segundo lugar, en humanos, las lesiones (infartos, traumatismos) en estas áreas no producen déficits elementales, sino déficits en funciones cognitivas tales como el lenguaje, la memoria, la planificación, el control de la conducta, etc. Finalmente, estas áreas son las que evolucionaron más tardía y recientemente hasta llegar a ocupar la mayor parte de la corteza de los primates. En los humanos, el área de asociación heteromodal anterior

(prefrontal) alcanza un gran volumen y es la estructura que madura más tardíamente durante la ontogenia. En estas áreas se llevan a cabo los procesamientos más complejos, se integra la información sensorial con la motora y con la información emocional y motivacional. Hay tres áreas de asociación heteromodal o terciaria: 1) la posterior o parieto-témporo-occipital, localizada en la zona de confluencia de estos lóbulos, está relacionada con la integración sensorial compleja, la atención, la orientación del cuerpo en el espacio y el lenguaje, 2) la prefrontal, localizada por delante del área premotora, está relacionada con la planificación, el control y la ejecución de acciones voluntarias complejas y 3) la límbica, que abarca el polo y la cara interna del lóbulo temporal, la ínsula y la base del lóbulo frontal, está relacionada con la memoria y con aspectos motivacionales, emocionales y sociales de la conducta. Es importante aclarar que, aunque la integridad de estas áreas sea imprescindible para el buen funcionamiento de las funciones cognitivas y emocionales complejas, no debe deducirse de ello que las funciones cognitivas se localicen allí. El concepto actual de “localización” es mucho más complejo que el de asignar simplemente una función psicológica a un área del SNC.

Sustancia blanca hemisférica

Las áreas corticales están conectadas entre sí y con el resto de la sustancia gris del SNC a través de los axones mielinizados que constituyen la sustancia blanca. Hay tres tipos de fibras: 1) las fibras de proyección, que conectan la corteza con los núcleos de la base, el tálamo, el tronco encefálico y la médula espinal; 2) las fibras de asociación, que conectan áreas corticales del mismo hemisferio y 3) las fibras comisurales, que conectan áreas corticales ubicadas en diferentes hemisferios. La mayor parte de las fibras comisurales forman el cuerpo calloso, estructura que relaciona los lóbulos de un hemisferio con los del hemisferio contralateral. La función cerebral intacta depende tanto de la integridad de las neuronas de la corteza como de los axones de sustancia blanca que las conectan entre sí.

Formaciones grises

Las tres principales formaciones grises que veremos son el cuerpo estriado, el complejo amigdalino y el hipocampo (figura 10).

Los núcleos de la base (o ganglios de la base) son formaciones grises (contienen cuerpos neuronales) ubicadas en la profundidad de los hemisferios cerebrales. La denominación abarca al cuerpo estriado, al complejo amigdalino y al claustró (estructura a la que no nos referiremos).

El cuerpo estriado está formado por los núcleos putamen, globo pálido y caudado. Estos grandes núcleos, ubicados en la base de los hemisferios cerebrales, están atravesados por las fibras blancas que entran y salen de la corteza, lo que les da su aspecto estriado y

justifica la denominación conjunta de cuerpo estriado. Los núcleos del cuerpo estriado tienen funciones principalmente motoras.

El complejo amigdalino es un núcleo ubicado en la profundidad del polo del lóbulo temporal que se relaciona con la conducta emocional, sobre todo el miedo y la furia.

El hipocampo no es un núcleo sino un repliegue de corteza antigua (de tres capas) localizado en la cara interna del lóbulo temporal y que se relaciona con la memoria.

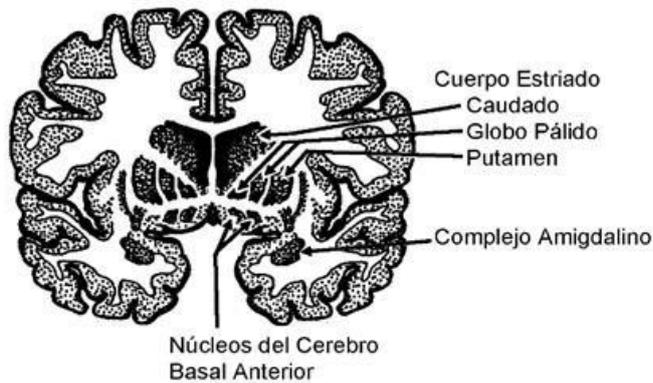
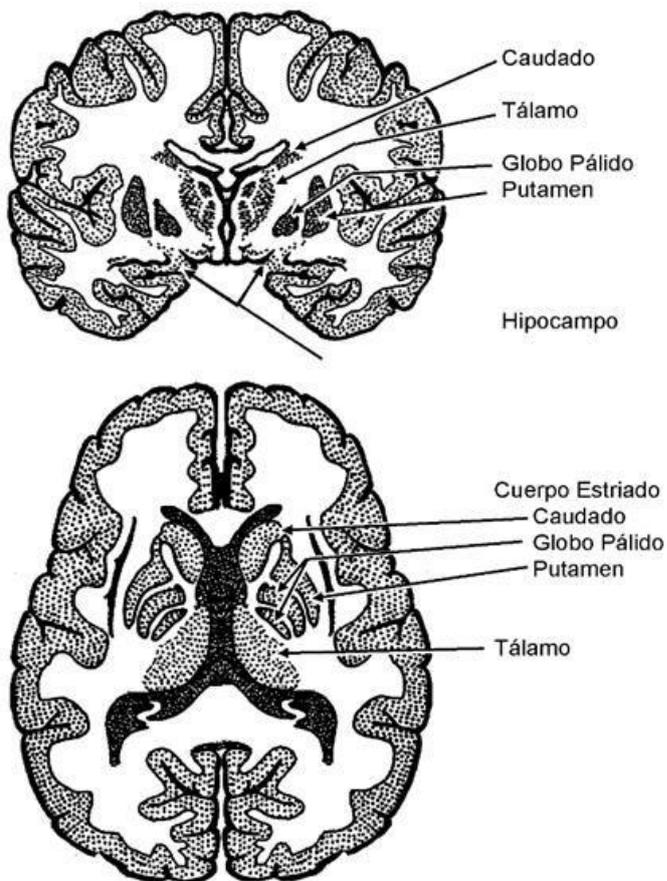


Figura 10. Formaciones grises

Arriba, corte frontal a nivel del cuerpo estriado. En el centro, corte frontal a nivel del tálamo. Abajo, corte frontal a nivel del tálamo y los núcleos de la base.



En resumen, el sistema nervioso se divide en dos componentes: el sistema nervioso central, que consiste en la médula espinal y encéfalo, y el sistema nervioso periférico compuesto por los ganglios y los nervios periféricos. El SNP lleva información hacia el

sistema nervioso central y ejecuta comandos motores y viscerales generados en el SNC. El SNP tiene una parte eferente somática y otra visceral o autónoma que a su vez está compuesta por las divisiones simpática y parasimpática. En el SNC se distinguen siete regiones: médula, bulbo, protuberancia, mesencéfalo, cerebelo, diencefalo y hemisferios. Los hemisferios y particularmente la corteza tienen un gran desarrollo en los humanos. La corteza tiene áreas citoarquitectónicas y funcionales, de estas últimas hay tres tipos, primarias, de asociación unimodal y de asociación heteromodal que se conectan entre sí y con el resto del SNC a través de los axones mielinizados que forman la sustancia blanca (figura 11).

SN	SNC	Encéfalo	Cerebro	<i>Hemisferios cerebrales</i>	Corteza
					Sustancia blanca
					Formaciones grises
				<i>Diencefalo</i>	Tálamo
				Hipotálamo	
			Tronco cerebral	<i>Mesencéfalo</i>	
				<i>Protuberancia</i>	
	<i>Bulbo</i>				
	<i>Cerebelo</i>				
	<i>Médula espinal</i>				
SNP	Somático	Nervios craneales			
		Nervios raquídeos			
	Autónomo	Simpático			
		Parasimpático			

Figura 11. Divisiones del SN.
En cursiva y negrita, los nombres de las 7 regiones principales del SNC:

Inserción 1: el reflejo miotático

En el reflejo miotático, los receptores propioceptivos de tensión muscular activados por el golpe del martillo de reflejos, envían información hacia el ganglio de la raíz dorsal. Luego, las fibras aferentes sensitivas ingresan por el asta posterior. Algunas de estas fibras ascienden por la sustancia blanca hacia niveles más altos del SNC, mientras que otras hacen sinapsis directa, o por medio de interneuronas, con las neuronas motoras del asta anterior. Los axones eferentes de estas neuronas motoras cuyos axones terminan en los músculos.

Las sinapsis directas son activadoras, de manera que el músculo estirado por el golpe del martillo del examinador, se contrae para mantener su longitud. Las sinapsis mediadas por interneuronas son inhibitorias y relajan los músculos antagonistas, que ejercen una

acción opuesta a la del músculo agonista.¹ La conexión sensitivo-motora no queda restringida al segmento medular, sino que asciende hacia niveles más altos del SNC. Esto permite que se lleven a cabo procesamientos más complejos, incluida la percepción consciente del golpe del martillo. También hay influencias descendentes que modulan el reflejo miotático (figura 12).

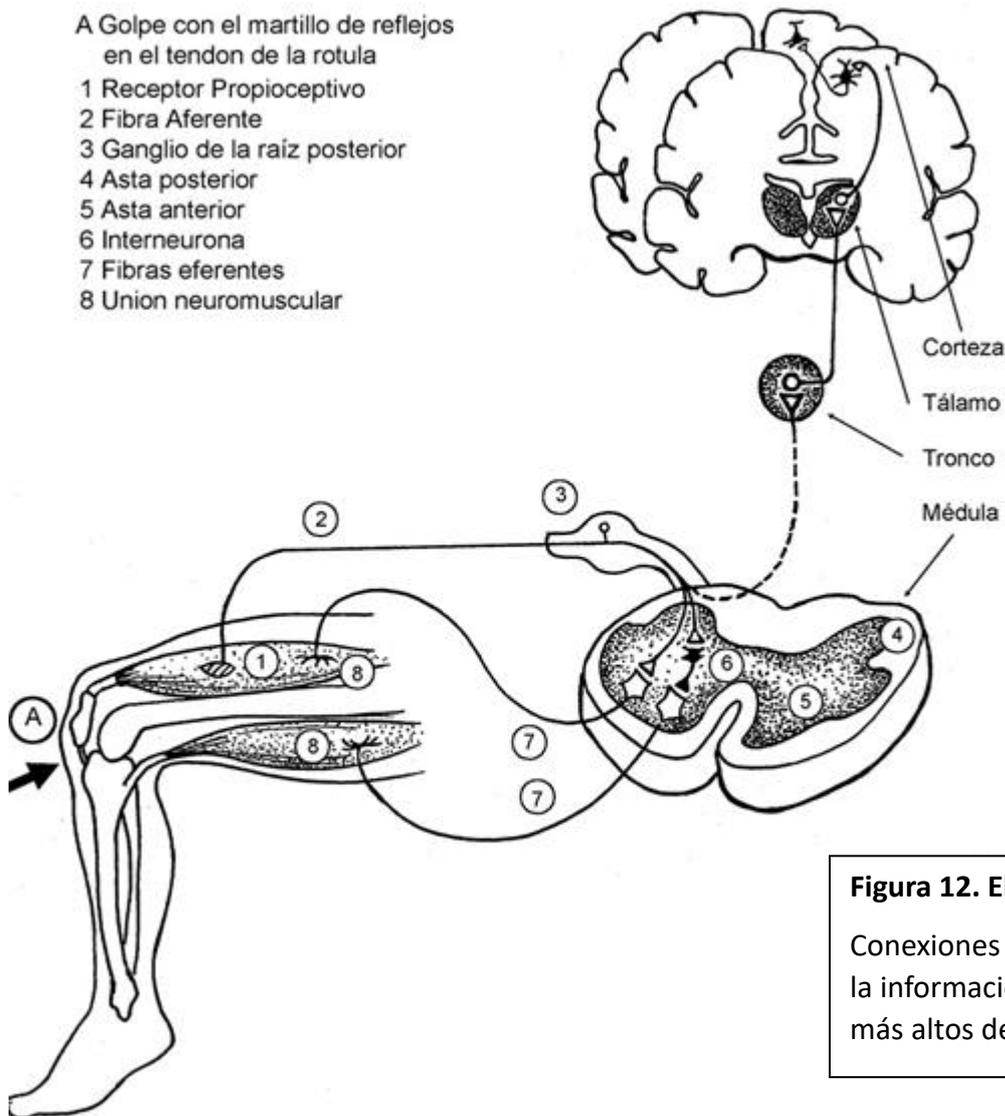


Figura 12. El reflejo miotático

Conexiones medulares y aferencia de la información propioceptiva a niveles más altos del SNC.

¹ Los músculos agonistas son los que tienen el rol principal en la producción de un movimiento determinado. En el caso del reflejo rotuliano que se muestra en la figura 12, como ejemplo de un reflejo miotático, el músculo agonista es el cuádriceps, cuyo tendón es estirado por el martillo del examinador y cuya contracción tiene el efecto de extender la pierna. El músculo antagonista es el isquiotibial, cuya contracción tiene el efecto de flexionar la pierna.