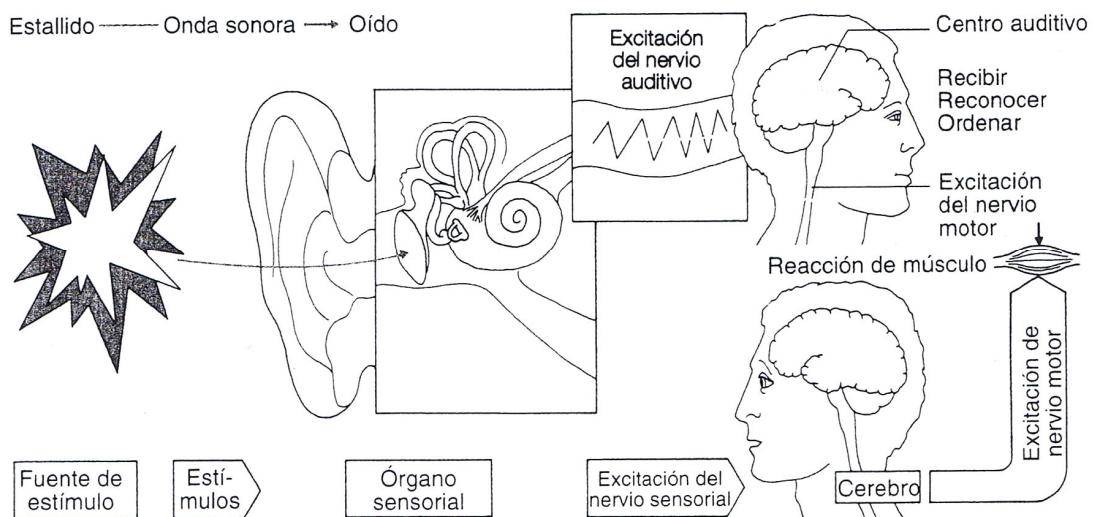


## TEMA 8. EL SISTEMA NERVIOSO

### 1. INTRODUCCIÓN.

En la mayoría de los organismos animales, incluido el humano, existen receptores externos e internos, como los órganos sensoriales, que detectan los estímulos o cambios que se producen, respectivamente, en el exterior y en el interior de su cuerpo. Las informaciones captadas son impulsos o estímulos nerviosos que se transmiten a través de nervios sensitivos (formados por neuronas) hasta el encéfalo. Éste elabora una respuesta transmitida también por nervios motores en este caso (formados también por neuronas) hasta el órgano efector. Existen dos grandes tipos de respuesta: respuesta motora, si el órgano efector es un tejido muscular, y respuesta secretora, si se trata de una glándula exocrina o endocrina. También son efectores los órganos del sistema inmunitario. El siguiente esquema es un ejemplo del circuito señalado:

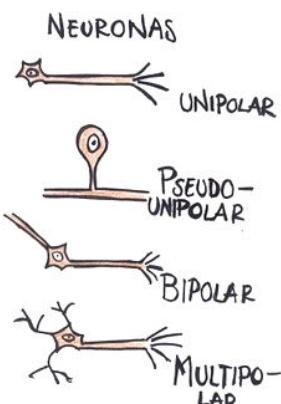


### 2. LA NEURONA.

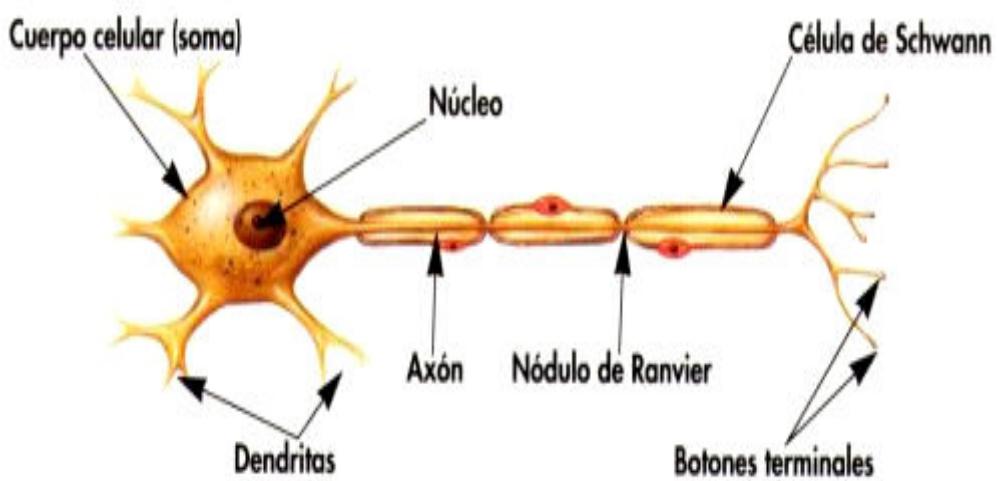
La neurona es la unidad anatómica y funcional del sistema nervioso. Se compone de un cuerpo celular o soma del que sale una ramificación alargada llamada axón. Del soma, que contiene el núcleo, pueden o noemerger varias ramificaciones cortas que reciben el nombre de dendritas.

Si no hay dendritas, la neurona se llama monopolar; si presenta una dendrita, se denomina bipolar, y en caso de que aparezcan más de una se dice multipolar. El axón suele presentar una vaina de mielina (químicamente una lipoproteína) entre la que hay espacios sin mielina llamados nódulos de Ranvier. Esta vaina está formada por células llamadas oligodendrocitos, en el sistema nervioso central, abreviadamente SNC (encéfalo y médula espinal), o por células

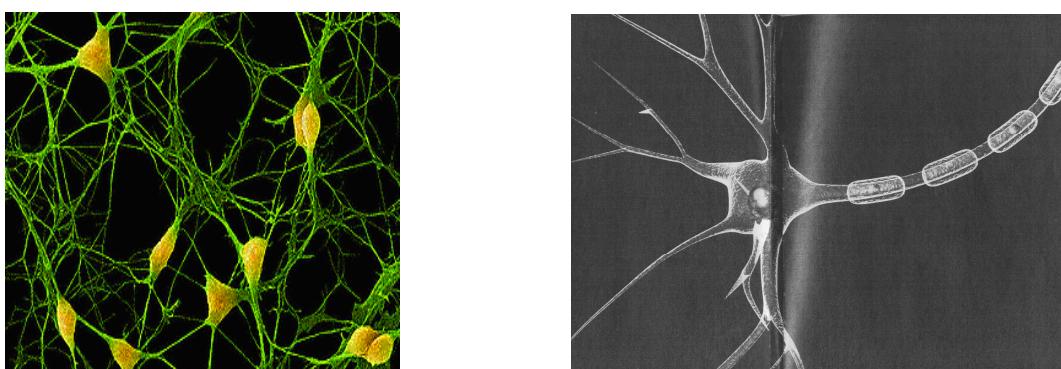
de Schwann, en el caso del sistema nervioso periférico, SNP (resto del sistema nervioso). Al final del axón hay varias ramificaciones en las que se encuentran los botones terminales o sinápticos, que transmiten el impulso nervioso. También las dendritas presentan derivaciones llamadas espinas. La asociación de axones forma nervios (en el SNC y SNP) mientras que la agrupación de somas forma la sustancia gris (en el SNC, responsable de las funciones superiores como la conciencia, la memoria, etc.) o los ganglios nerviosos (en el SNP).



Tipos de neuronas según su morfología



Esquema de una neurona multipolar (del sistema nervioso periférico, al contener células de Schwann)



Neuronas multipolares al microscopio electrónico (la de la derecha del sistema nervioso periférico, al contener células de Schwann)

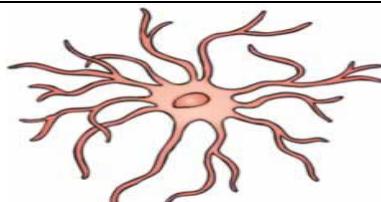
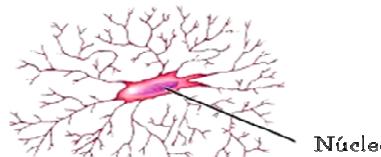
A medida que se sube en la escala evolutiva, los animales tienen menos nervios amielínicos y más mielínicos. Los mielínicos forman la sustancia blanca, ya que la mielina tiene ese color. La tabla adjunta muestra diferencias entre ambos tipos de nervios:

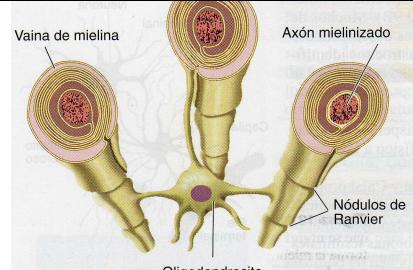
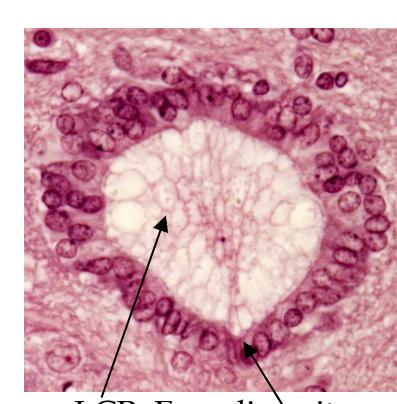
NERVIOS MIELÍNICOS	NERVIOS AMIELÍNICOS
Un solo oligodendrocito mieliniza varios axones (SNC) o varias células de Schwann mielinizan un mismo axón (SNP)	Sin vaina de mielina
Son más gruesos debido a la vaina de mielina	Son más delgados
El impulso nervioso pasa de nódulo de Ranvier a nódulo de Ranvier, al recorrer el impulso nervioso una menor longitud la conducción es más rápida	La conducción del impulso nervioso es más lenta, ya que al no tener vaina de mielina el impulso nervioso tiene que recorrer toda longitud del axón

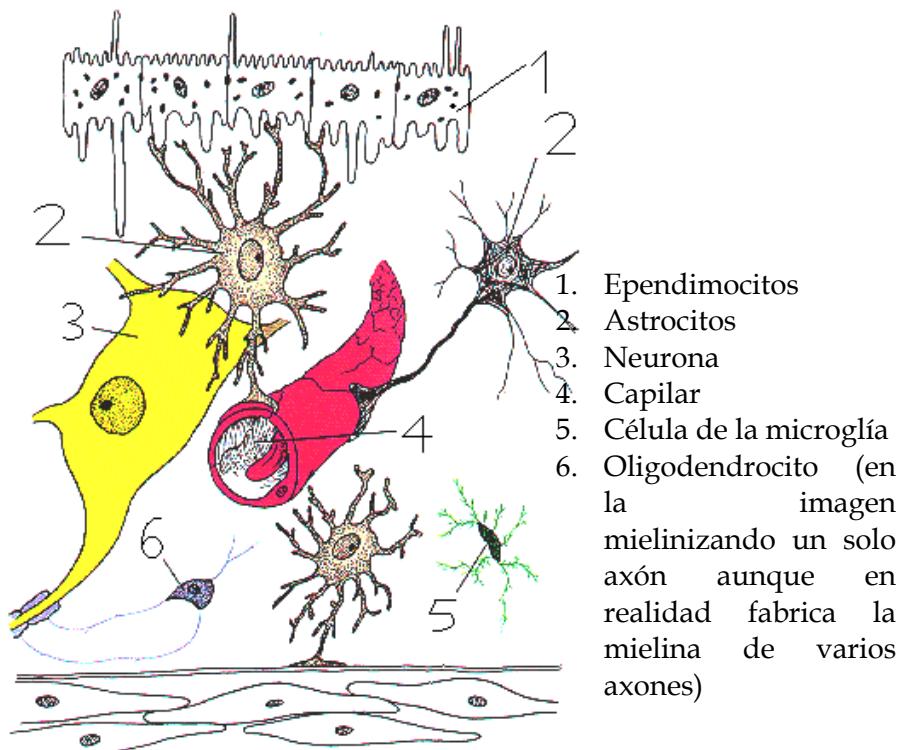
El núcleo, diploide, no suele presentar mitosis, por lo que la mayoría de las neuronas no presentan división celular y durante el crecimiento cubren el aumento de tamaño del organismo alargando sus prolongaciones.

El científico español Santiago Ramón y Cajal está considerado el padre de la neurociencia (ver Anexo).

### 3. CELULAS GLIALES O ACOMPAÑANTES DE LAS NEURONAS.

Nombres	Funciones	Imágenes
<u>Astrocitos o celulas perivasculares</u>	Obtienen y conducen el alimento desde los capilares sanguíneos hasta las neuronas para la alimentación de éstas. Las neuronas solo usan glucosa como fuente de energía	
<u>Microglía</u>	Presentan función inmunitaria porque: (1) se comportan como macrófagos, eliminando neuronas y otras células muertas o deterioradas. (2) segregan sustancias capaces de combatir infecciones pero estas sustancias pueden	

	<p>matar a otras células del sistema nervioso y en exceso causan patologías.</p> <p>También segregan una serie de factores de crecimiento, especialmente importantes para los fetos a la hora de desarrollar su sistema nervioso central</p>	
<u>Celulas de Schwann</u>	<p><u>Localizadas en el SNP, se encargan de fabricar la vaina de mielina alrededor de un solo axón</u></p>	
<u>Oligodendrocitos</u>	<p><u>Localizados en el SNC, se encargan de fabricar la vaina de mielina alrededor de varios axones</u></p>	
<u>Ependimocitos</u>	<p>Células cúbicas o cilíndricas que sintetizan líquido cefalorraquídeo (LCR), encargado de llenar los espacios en el epéndimo (hueco de la médula espinal -en la imagen-) y los espacios de los cuatro ventrículos (huecos del encéfalo). Los ependimocitos poseen cilios en contacto con el interior de estos espacios para que su movimiento facilite el flujo del LCR.</p>	

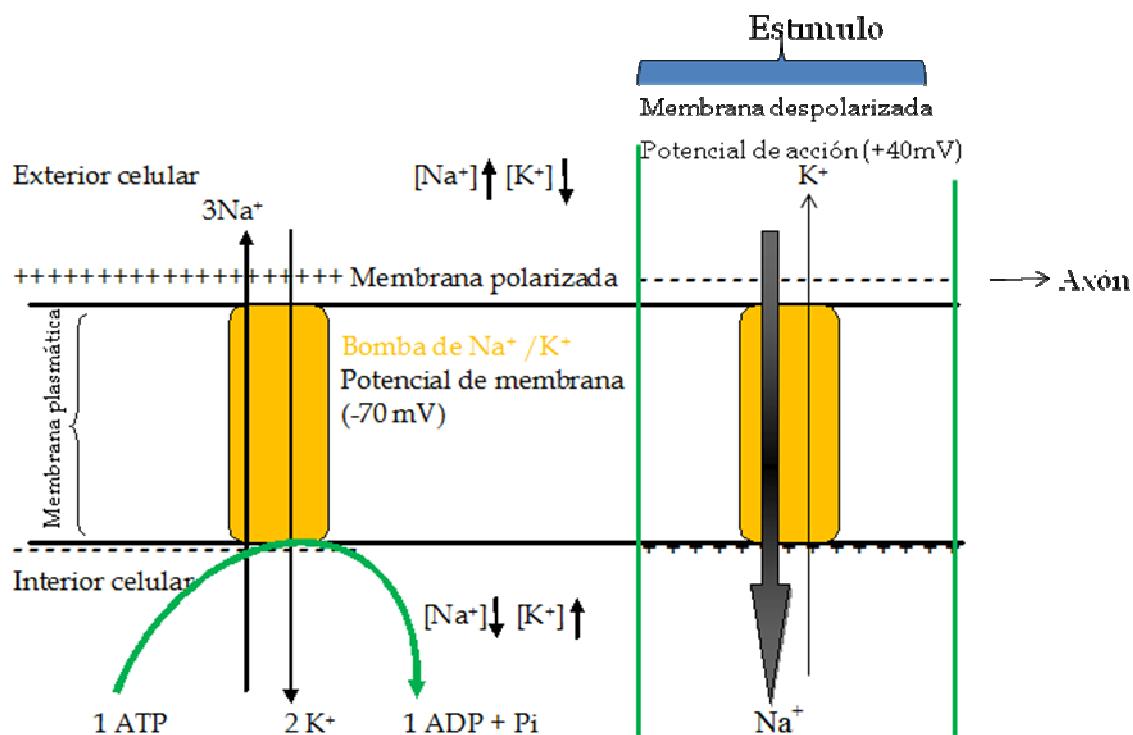


Disposición de las células gliales en el SNC

#### 4. EL IMPULSO NERVIOSO.

Cualquier tipo de célula, y la neurona que no haya sido estimulada, presenta en su membrana plasmática un sistema de transporte activo llamado bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , que por cada ATP gastado (el ATP se transforma en ADP y Pi), introduce en la célula 2  $\text{K}^+$  y expulsa 3  $\text{Na}^+$ . De esta forma, la membrana plasmática queda polarizada, es decir, la membrana tiene un polo positivo en su superficie exterior y otro negativo en su superficie interior. La diferencia de potencial entre ambas caras de la membrana plasmática se llama potencial de membrana o de reposo y su valor es de -70 mV.

Por otra parte, solo las neuronas (y las células del tejido nodal del endocardio, Tema 4) pueden recibir un estímulo, procedente del exterior o interior del organismo, lo que hace que la bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  funcione de manera opuesta a la antes explicada. Este funcionamiento contrario consiste en la entrada en la célula de grandes cantidades de  $\text{Na}^+$  y la salida de cantidades menores de  $\text{K}^+$ . En el lugar de la membrana donde se ha recibido el estímulo cambian las cargas, es decir, queda el interior positivo y el exterior negativo. Ahora esa parte de la membrana no está polarizada sino despolarizada; y dejará de tener un potencial de reposo para tener un potencial de acción. Este potencial de acción es la diferencia de potencial entre ambas caras de la membrana plasmática y su valor es de +40 mV. Así comienza, en ese tramo estimulado de la membrana plasmática, el impulso nervioso.

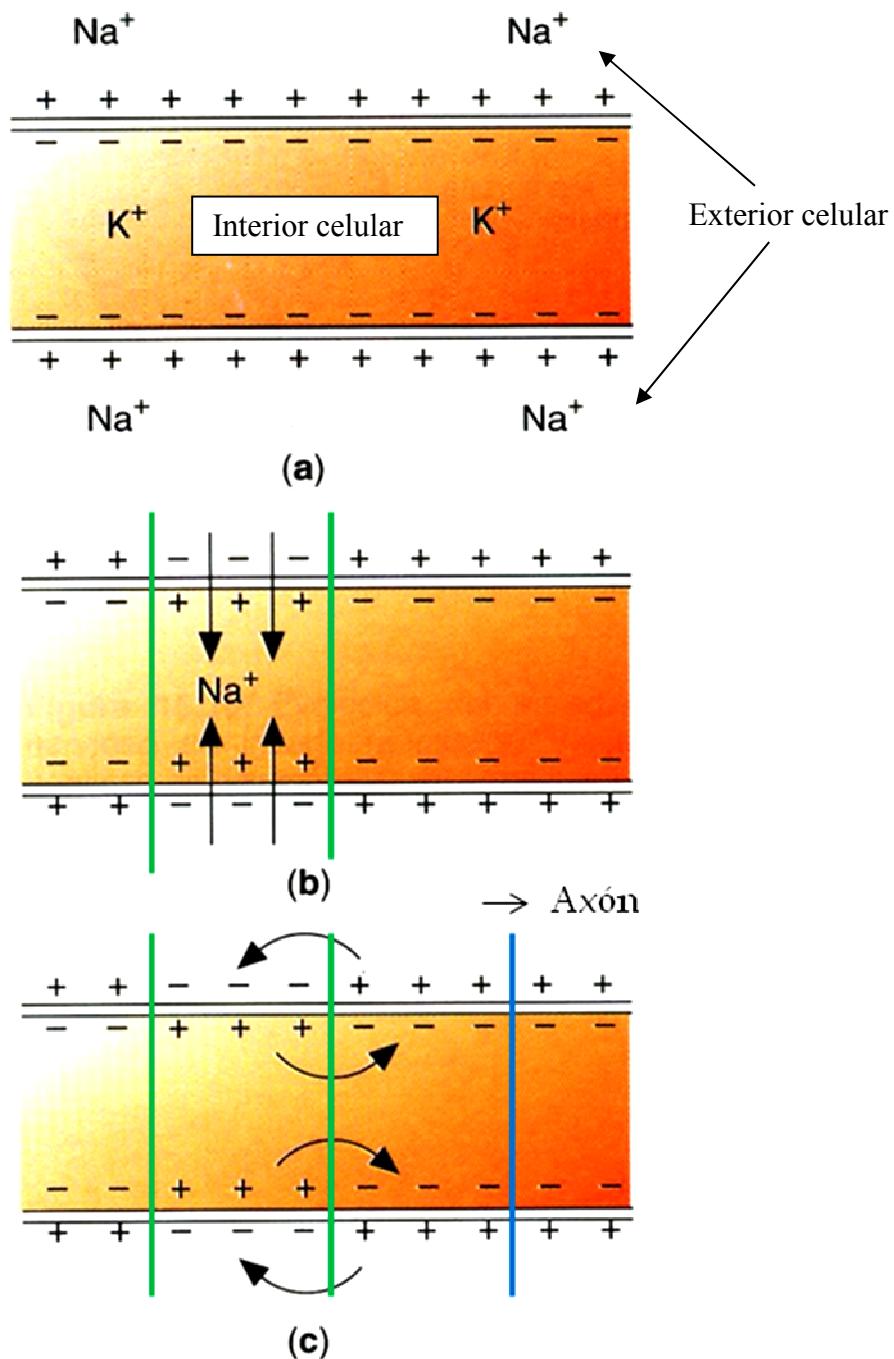


Tramo de la membrana plasmática de una neurona no estimulada (izquierda) y parte de la misma membrana con estímulo (entre las dos líneas verdes)

## 5. PROPAGACIÓN DEL IMPULSO NERVIOSO A LO LARGO DE UNA NEURONA.

Una vez producido el potencial de acción, intervienen la zona de la membrana plasmática que está despolarizada y el tramo vecino de esa membrana, polarizado, más próximo al final del axón, donde las cargas positivas son atraídas por las cargas negativas. Debido a este mecanismo, el impulso nervioso viajará a través de la neurona hacia el final del axón. Es decir, la propagación del impulso nervioso consiste en el avance de la despolarización y éste se transmite siempre unidireccionalmente en sentido dendritas-axón.

Si la membrana neuronal está despolarizada y recibe otro estímulo no se produce un nuevo impulso, este estado se denomina periodo refractario o acomodación. Esto se evidencia por ejemplo cuando tras estar tiempo expuesto a un olor éste se deja de percibir con la misma intensidad que la del principio.



(a) Membrana polarizada. Potencial de reposo (-70mV). (b) En el trozo de membrana identificado entre las líneas verticales verdes se produce un estímulo, que dará lugar a que la membrana en ese tramo esté despolarizada y presente un potencial de acción (+40mV). (c) Se transmite el potencial de acción a lo largo de la neurona hasta alcanzar el final del axón. En el dibujo la zona entre líneas verdes pasará de despolarizada a polarizada. Ocurre lo contrario en la zona vecina localizada hacia el final del axón (entre las líneas verde y azul), porque las cargas positivas son atraídas por las negativas

## 6. LA SINAPSIS.

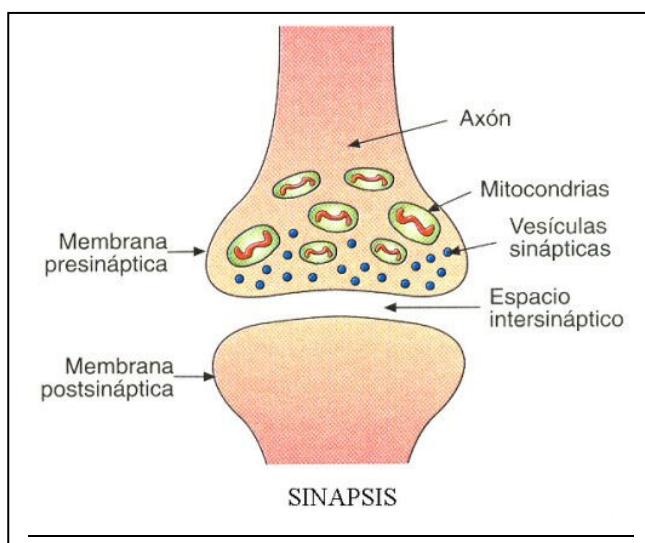
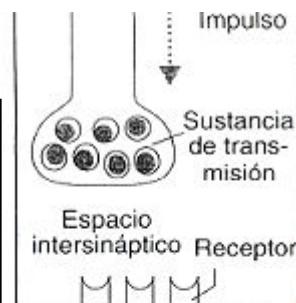
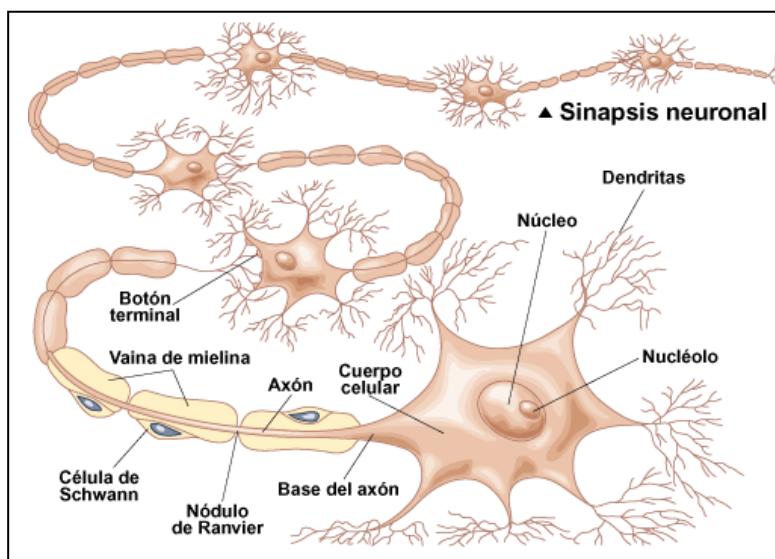
La sinapsis es la transmisión del impulso nervioso de una neurona a otra neurona, o de una neurona a un órgano efector (músculo, glándula exocrina o endocrina y sistema inmunitario).

Se ha calculado que en el sistema nervioso humano hay un mayor número de sinapsis que estrellas en el Universo que conocemos.

Existen dos tipos de sinapsis:

- ☒ Sinapsis eléctrica: la transmisión del impulso nervioso se produce a través de uniones de tipo gap que conectan físicamente a ambas neuronas. En concreto, existe un complejo proteico que conecta los citoplasmas de las neuronas implicadas. Estas uniones también ocurren en el músculo cardíaco, para igualmente transmitir el impulso nervioso, y en casi todas las células del cuerpo para otros fines.
- ☒ Sinapsis química: es el tipo de sinapsis más extendido. En este caso no existe una unión física entre neuronas sino que éstas están separadas por una estrecha hendidura llamada espacio sináptico (ver dibujo de la página siguiente).

Al final del axón se encuentra el botón sináptico, que contiene vesículas exocíticas con sustancias químicas denominadas neurotransmisores. Éstos son químicamente aminoácidos o derivados de éstos o bien se trata de hormonas. Algunos de los más conocidos son la adrenalina, la noradrenalina y la acetilcolina. La membrana del axón que transmite el impulso nervioso se denomina presináptica. Desde ésta se liberan los neurotransmisores, contenidos en dichas vesículas exocíticas, a la hendidura sináptica hasta alcanzar la membrana postsináptica (membrana plasmática de la neurona que recibe el impulso nervioso). Los neurotransmisores se unen a los receptores de la membrana postsináptica provocando su despolarización. La despolarización se propagaría hasta el final del axón de la neurona postsináptica, repitiéndose este proceso. Hay tres tipos de transmisión: axodendrítica (se produce entre el axón de la neurona presináptica y la dendrita de la neurona postsináptica), axosomática (se da entre el axón y el soma neuronal) y axoaxónica (tiene lugar entre dos axones).



Diferentes tipos de sinapsis química. Izquierda: sinapsis entre neuronas. Derecha: conexión entre neurona y músculo (órgano efector)

## 7. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO.

Las funciones generales del SN son:

- Conectar los receptores sensoriales y los órganos efectores con los centros nerviosos.
- Conducir los impulsos nerviosos.

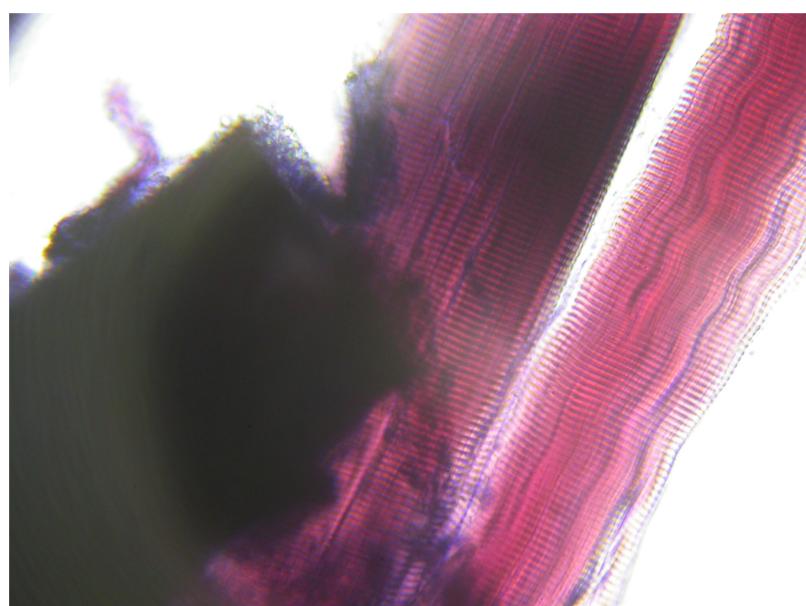
- Integrar los estímulos sensitivos para que se efectúe la respuesta más correcta.

El sistema nervioso se compone de los Sistemas Nerviosos Central (SNC) y Periférico (SNP). El SNP incluye el Sistema Nervioso Autónomo (SNA).

S.N.C.	S.N.P.	S.N.A. (parte del S.N.P)
<u>Encéfalo (masa nerviosa situada en el interior de la cabeza)</u>	<u>Nervios craneales (12 pares). Estos nervios entran o salen del encéfalo.</u>	<u>Simpático: se encarga de la actividad, por ejemplo acelera el ritmo cardíaco (taquicardia)</u>
<u>Médula espinal (masa nerviosa situada en el interior de la columna vertebral)</u>	<u>Nervios raquídeos o espinales (31 pares). Estos nervios entran o salen de la médula espinal.</u>	<u>Parasimpático. Es antagonico del SNA Simpático. Se encarga de la relajación (por eso se llama también vago), por ejemplo disminuye el ritmo cardíaco.</u>

Se pueden diferenciar tres tipos de nervios (o fibras) y de neuronas:

- Nervios o neuronas aferentes o sensitivas: van desde el receptor hasta el SNC, informando sobre cualquier estímulo (cambio interno o externo). Por ejemplo, el nervio óptico.
- Nervios o neuronas eferentes o motoras: van desde el SNC hasta los órganos efectores, transportando la respuesta elaborada por el SNC. Por ejemplo, un nervio que inerva un músculo.

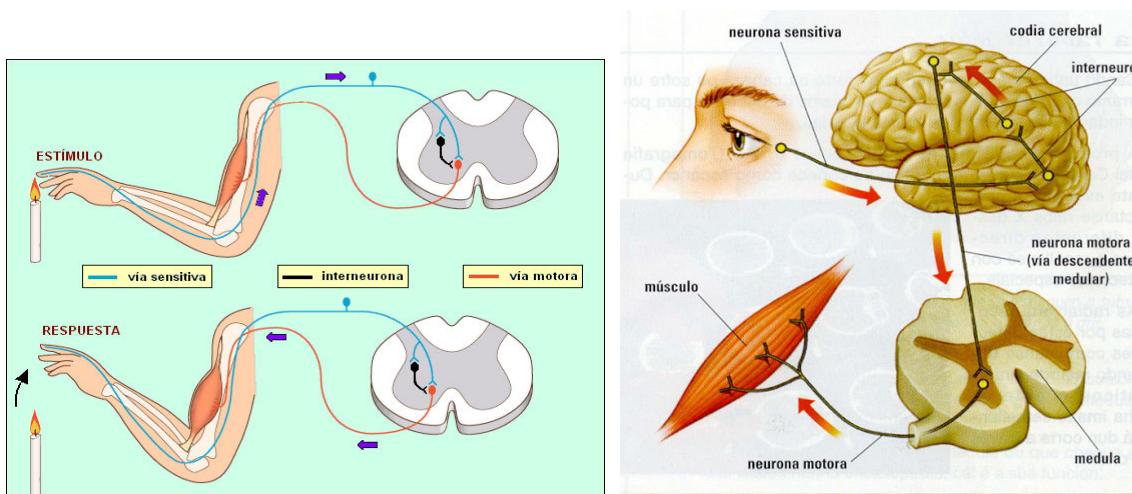


Sinapsis entre neurona y célula muscular esquelética o estriada. El nervio está teñido de negro con osmio

- Neuronas de asociación o interneuronas: conectan las neuronas aferentes con las eferentes; estas interconexiones permiten las funciones complejas.

## 8. EL ARCO REFLEJO.

En las respuestas reflejas el estímulo recorre el camino más corto posible desde el receptor hasta el efector. Este circuito neuronal se denomina arco reflejo. El arco reflejo está formado por: un receptor, una neurona sensitiva, la médula espinal, una neurona motora y un efector, además de una o varias interneuronas. No interviene el encéfalo, ya que el nervio sensitivo lleva el impulso nervioso a la medula y de esta sale directamente el nervio motor con la respuesta hacia el órgano efector.



Comparativa entre las respuestas refleja (izquierda) y consciente (derecha)

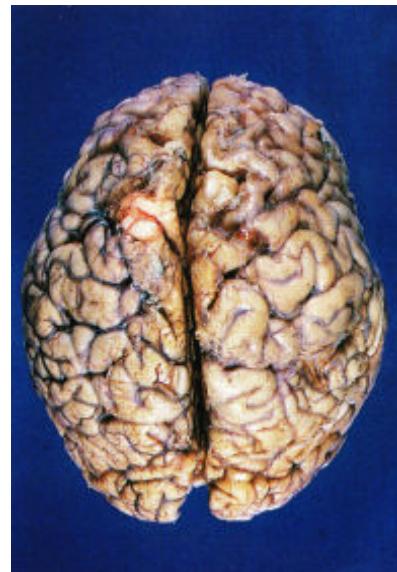
## 9. EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

Está formado por el encéfalo y la médula espinal.

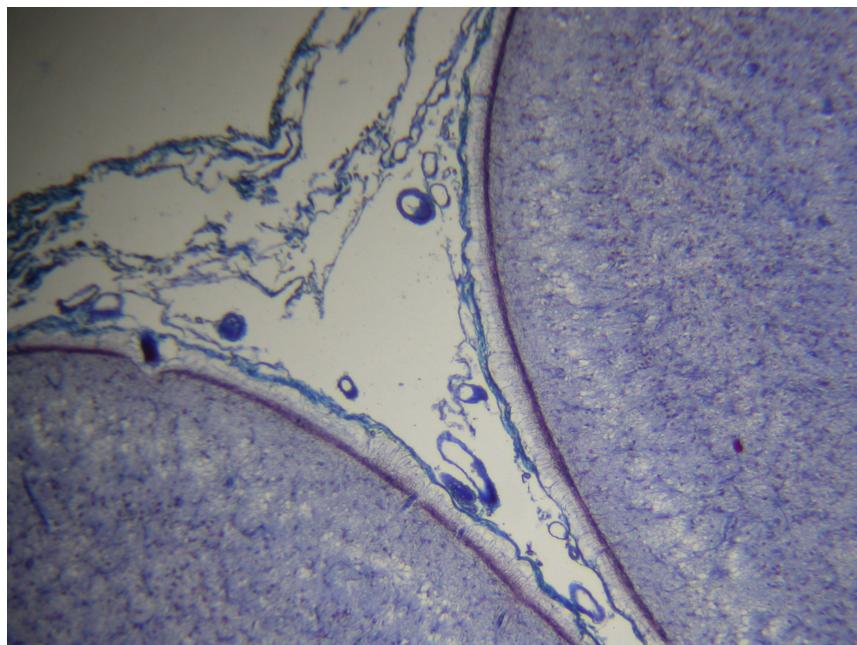
(A) El encéfalo. Tiene dos hemisferios que contienen rugosidades llamadas circunvoluciones, cuyo objetivo es aumentar la superficie de la sustancia gris. El cuerpo calloso es un haz de fibras nerviosas cuya función es la de servir como vía de comunicación entre ambos hemisferios cerebrales para que trabajen de forma coordinada y complementaria.

El encéfalo está protegido externamente por los huesos craneales (Tema 7) y por tres meninges, e internamente por el líquido cefalorraquídeo. Las meninges, de fuera a dentro, se llaman: duramadre, aracnoides y, unida a la superficie encefálica, piamadre. En una sección del encéfalo se distinguen dos partes, una externa, la sustancia gris, donde se sitúan los cuerpos neuronales, y otra interna, la

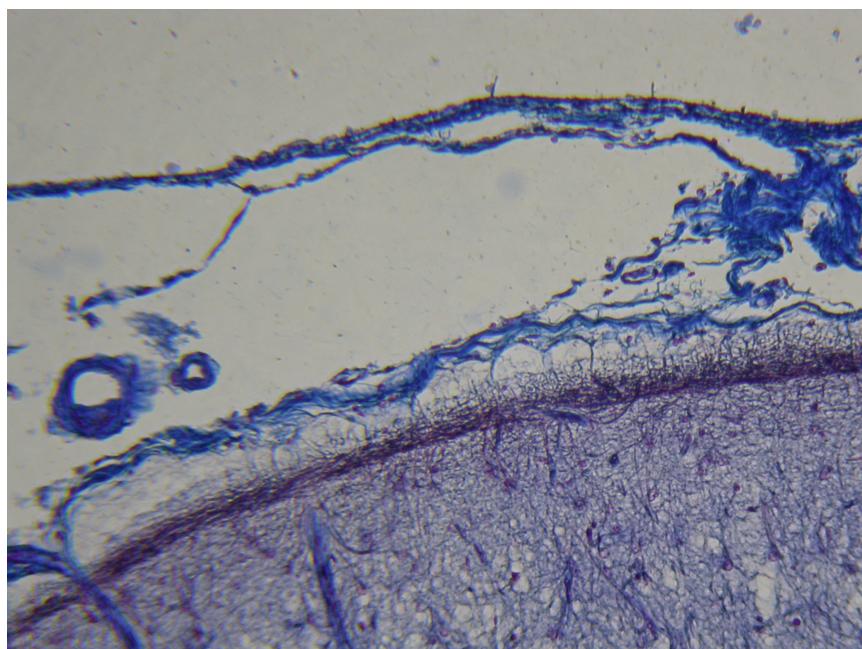
sustancia blanca, formada por los axones de las neuronas. La sustancia gris de la circunvolución controla la actividad del lado opuesto del organismo.



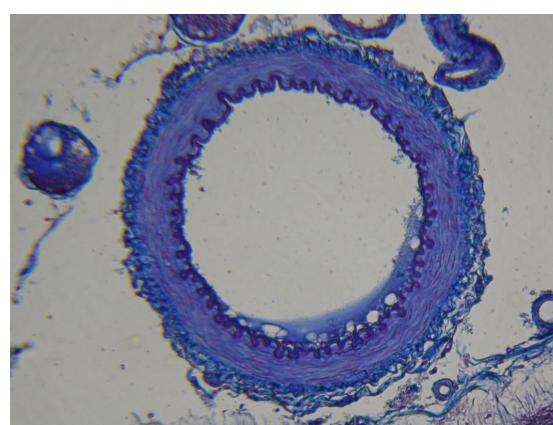
Hemisferios cerebrales



Detalle de una circunvolución encefálica al microscopio óptico fotografiada en su superficie (imagen superior) y en su zona profunda (siguiente). Se observan las meninges, fuertemente vascularizadas, con la piamadre en el interior de la circunvolución y adherida a la sustancia gris bajo la cual se localiza la sustancia blanca

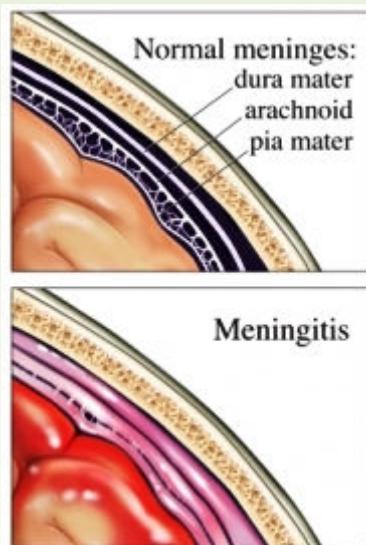


Superficie cerebral con meninges y sustancia gris. Abajo, una de las arterias de las meninges



## Meningitis.

Inflamación de las meninges que recubren el encéfalo o la médula espinal. Está producida por un virus, una bacteria (meningococo), priones, agentes químicos o células tumorales. Los síntomas son fiebre, vómitos y rigidez de la nuca. Para detectarla se realiza una punción lumbar y posteriormente un TAC. Después se administrarán antibióticos en caso de que la causa sea bacteriana u otras sustancias en caso de diferente etiología. Para la meningitis existe un método de prevención fundamental, la vacunación.



En el encéfalo se diferencian tres regiones:

1. Encéfalo anterior o prosencéfalo, que se divide a su vez en:

- Telencéfalo o cerebro: dentro del cerebro se distingue la corteza motora, que es la zona que controla los actos voluntarios y donde las sensaciones se hacen conscientes; y las áreas de asociación, que se encargan de las facultades intelectuales (memoria, lenguaje,...). El cerebro incluye el hipocampo, cuyas funciones se relacionan con la memoria, el manejo del espacio y la inhibición (así los animales con lesiones en el hipocampo presentan dificultades para inhibir respuestas y tienden a ser hiperactivos).
- Diencéfalo: está formado por el tálamo, encargado de regular y coordinar las manifestaciones externas de las emociones, y por el hipotálamo, que controla los sistemas simpático y parasimpático e induce la secreción de hormonas (regula el sistema endocrino). En concreto, el hipotálamo segregá 7 u 8 factores liberadores, llamados

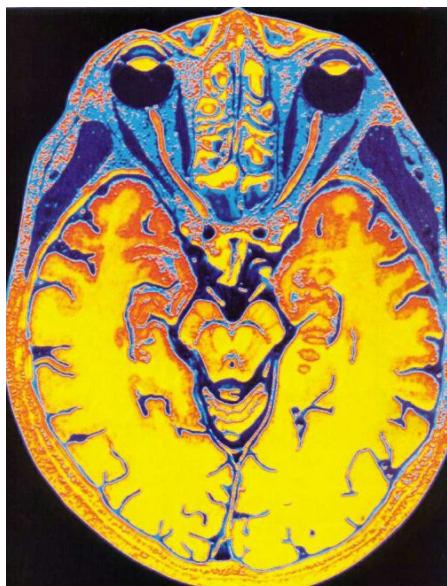
neurohormonas, que contralan la hipófisis, la glándula endocrina que regula al resto del sistema endocrino (Tema 10). Entre las neurohormonas segregadas por el hipotálamo están la oxitocina, que estimula la contracción uterina durante el parto, y la vasopresina, que aumenta la presión arterial.

2. Encéfalo medio o mesencéfalo, que se divide en:

- Tubérculos cuadrigéminos, que intervienen en los reflejos visuales y auditivos.
- Pedúnculos cerebrales que conectan el encéfalo y la médula espinal y coordinan los movimientos oculares con la cabeza y el cuello.

3. Encéfalo posterior o rombencéfalo, que se divide en:

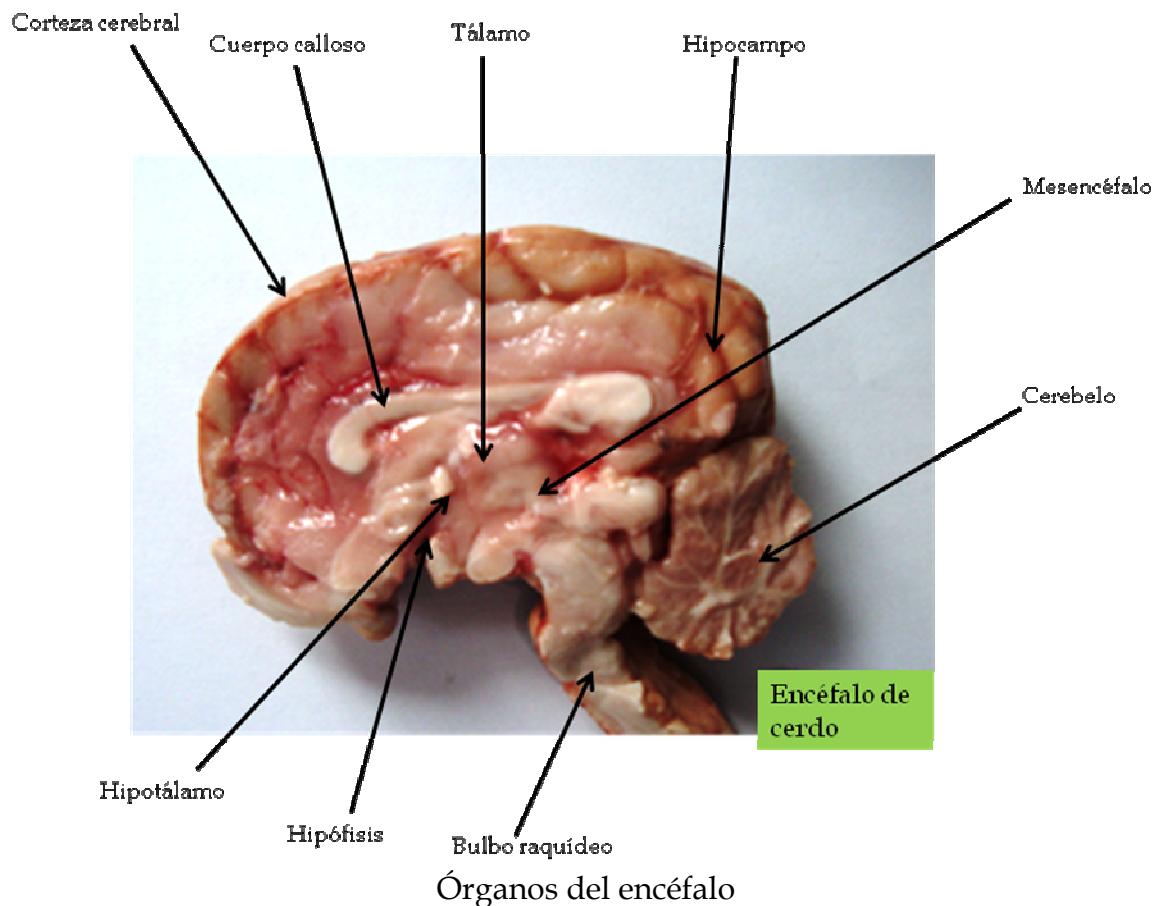
- Metencéfalo: formado por el cerebelo, que mantiene el equilibrio, coordina movimientos y regula el tono muscular en las diferentes posturas. El metencéfalo también contiene el puente de Varolio, que conecta los dos hemisferios mediante fibras que rodean el bulbo y coordina los movimientos musculares.
- Mielencéfalo: el bulbo raquídeo controla el sueño y los ritmos respiratorios y cardíacos.



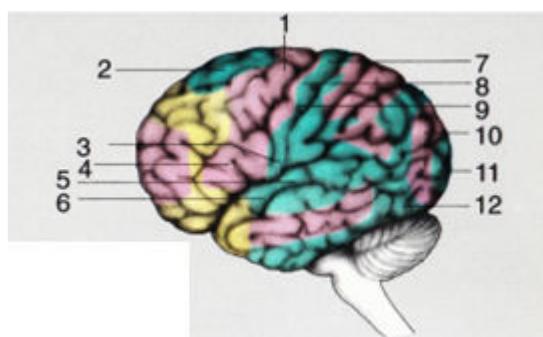
Corte transversal del cráneo



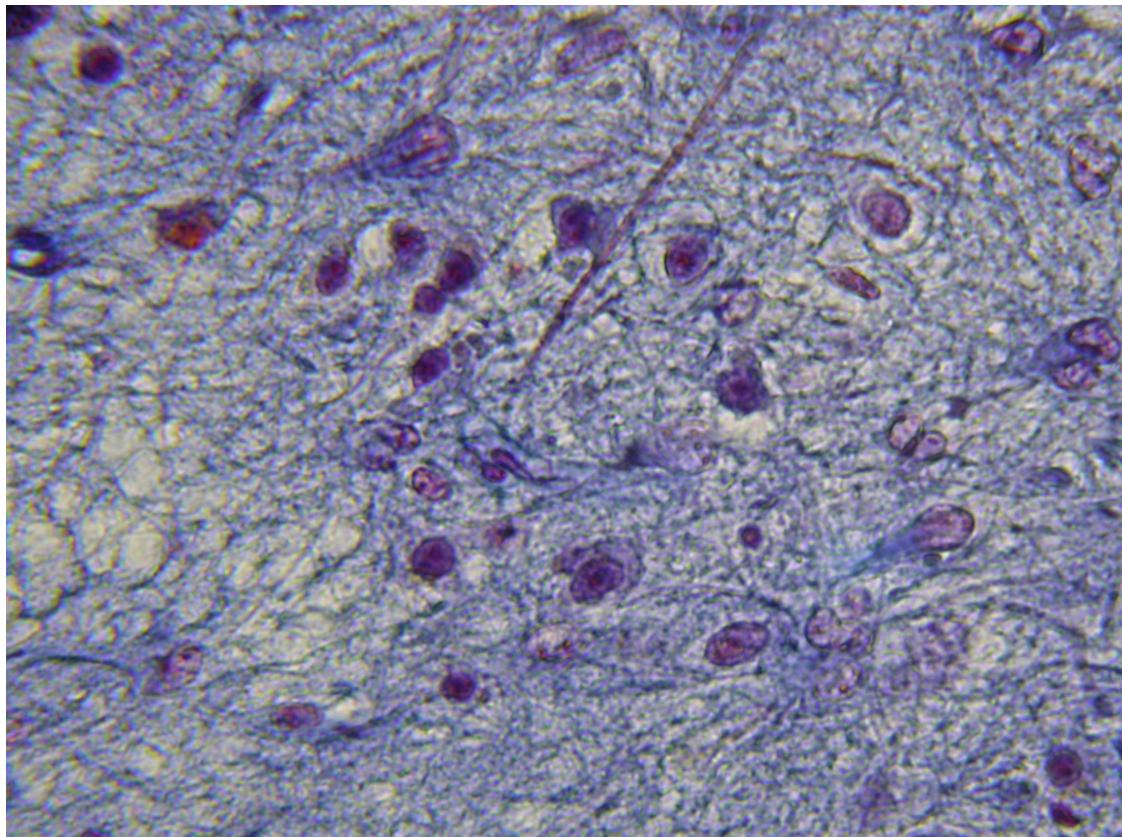
Corte longitudinal del encéfalo



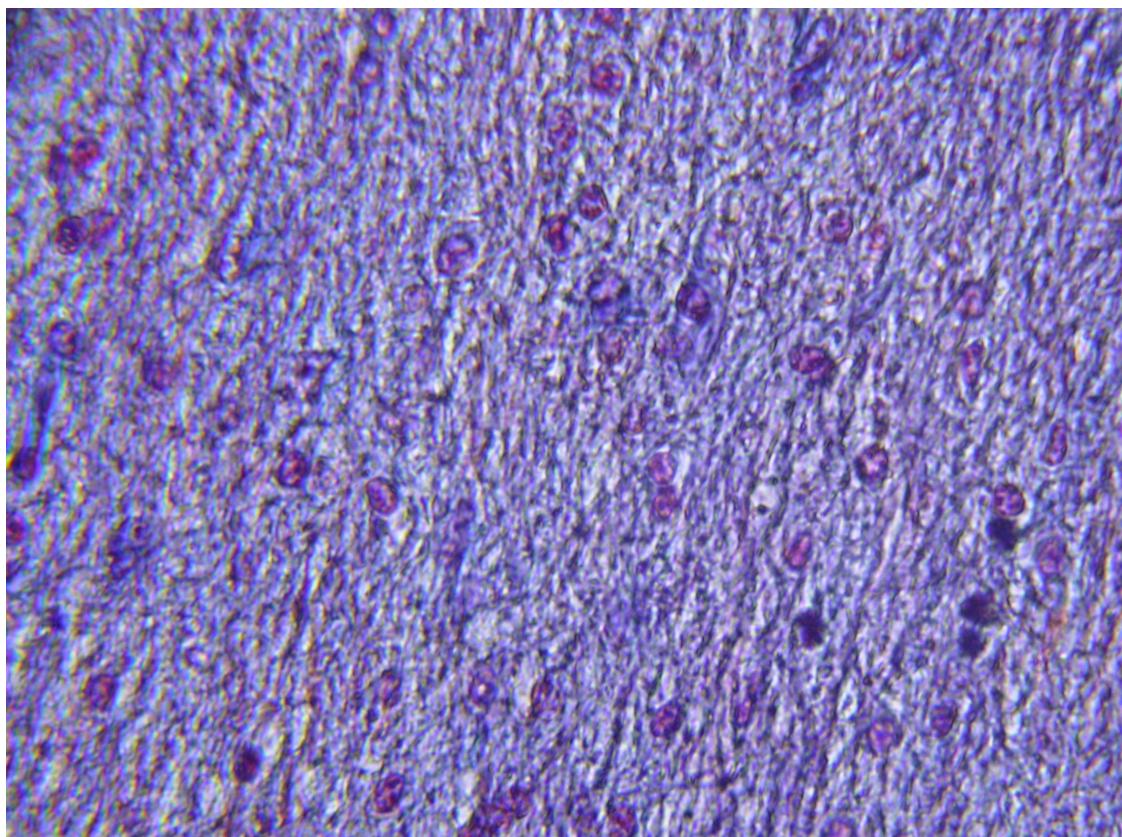
Las distintas funciones cerebrales están asociadas a áreas concretas, como puede verse en la figura siguiente.



1: Movimientos corporales. 2: Sensaciones espaciales y de translación. 3: Gusto. 4: Habla. 5: Tacto (yemas de los dedos). 6: Oído. 7: Olfato. 8: Temperatura. 9: Tacto (resto del cuerpo). 10: Movimientos reflejos. 11: Vista. 12: Distinción de colores.



Sustancia gris encefálica



Sustancia blanca encefálica

## Cefaleas.

Consisten en dolores de cabeza intensos y frecuentes, que pueden llegar a ser crónicos. Pueden tener diversas causas, como la disminución del oxígeno en el encéfalo (anoxia), la lesión de células encefálicas, la inflamación del encéfalo (encefalitis), meningitis, dificultad en el riego sanguíneo (isquemia), hipertensión arterial y motivos psicológicos como el estrés. Como tratamiento se utilizan analgésicos y tranquilizantes.

Los dos tipos de cefaleas más extendidos son la migraña o jaqueca y la cefalea tensional.

La migraña es un dolor pulsátil, el de la cefalea tensional es un dolor opresivo (como un casco sobre la cabeza). La migraña usualmente afecta a una mitad de la cabeza, mientras que la cefalea tensional afecta a las dos mitades y comienza en la frente. No existen causas conocidas de la migraña, mientras que la cefalea tensional es frecuentemente causada por el estrés, que produce tensiones musculares. Los ruidos o la luz afectan especialmente a los enfermos de migraña.

## Cefaleas

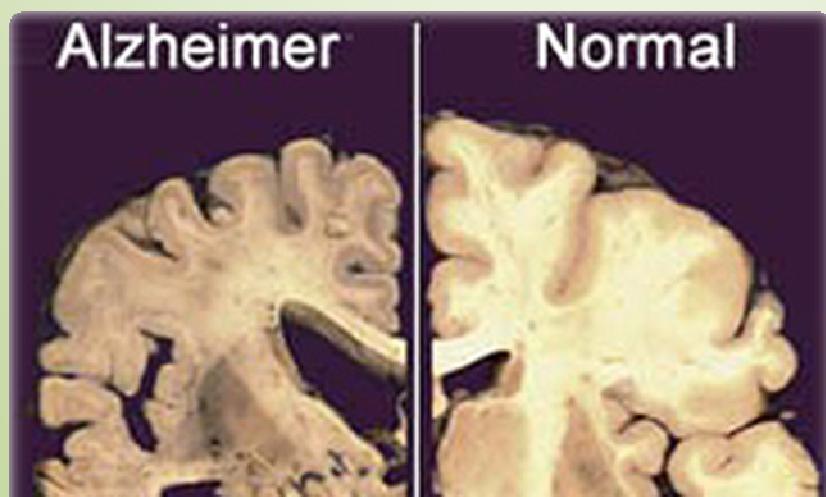
<b>Sinusitis:</b> se presenta dolor detrás del hueso de la ceja y/ o los pómulos	<b>Cefalea en racimos:</b> el dolor se concentra en y alrededor de un ojo	<b>Por tensión:</b> el dolor es como una banda que aprieta la cabeza	<b>Migraña:</b> dolor, náuseas y cambios visuales son típicos de la migraña clásica
			

### Enfermedad de Alzheimer.

Es una enfermedad neurodegenerativa, es decir se produce un deterioro progresivo e irreversible de las funciones mentales. Es la mayor causa de demencia entre las personas mayores. Causa pérdida de neuronas. No se conocen sus causas, pero existen factores de riesgo:

- Neuroquímicos: deficiencia de neurotransmisores como la acetilcolina o la noradrenalina.
- Infecciosos: infecciones cerebrales y de la médula espinal. Causada por priones (proteínas alteradas, patógenas y transmisibles que se caracterizan por producir enfermedades que afectan al S.N.C, denominadas encefalopatías espongiformes (producen oquedades en el encéfalo) transmisibles, como la encefalopatía espongiforme bovina o "mal de las vacas locas" y su variante humana, la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob.
- Hereditarios: existe predisposición genética.

Se produce un deterioro de la memoria y una progresiva pérdida de las funciones intelectuales. Puede haber también cambios de humor, exacerbación de la personalidad y alteración en el lenguaje. Existe dificultad o incapacidad de realizar movimientos voluntarios y de usar objetos adecuadamente. Como se ha dicho, no existe cura; el tratamiento consiste en aliviar y proteger al enfermo mediante métodos paliativos. Los inhibidores de la enzima colinesterasa son eficaces para la enfermedad de Alzheimer leve a moderada. Este enzima cataboliza el neurotransmisor acetilcolina por lo que sus inhibidores refuerzan la sinapsis entre las neuronas.



### Enfermedad de Parkinson.

Es, como la enfermedad de Alzheimer, una patología neurodegenerativa. Consiste en una alteración de la transmisión de los impulsos nerviosos cuyo origen es desconocido, aunque existen etiologías de sospecha como la contaminación ambiental. Se relaciona también con una deficiencia del neurotransmisor dopamina en el cerebro. No hay tratamiento curativo. La administración de dopamina tiene la dificultad de que este neurotransmisor no pasa de la sangre al cerebro. El paciente manifiesta temblores en las manos, pero la enfermedad se puede extender produciendo el fallo de diversos músculos (como los implicados en la respiración). En ocasiones esta enfermedad puede producir demencia.



### Epilepsia.

Se caracteriza por convulsiones y alteraciones sensoriales de corta duración. Los ataques se inician con descargas eléctricas. La epilepsia puede ser causada por trastornos metabólicos, infecciones, tumores... lo más normal es que sea de etiología desconocida. Para el tratamiento se utilizan fármacos que rebajan la excitabilidad neuronal.

Se suelen recomendar las siguientes pautas en caso de presenciar un ataque epiléptico:

- Conservar la calma y no intentar evitar las convulsiones.
- Eliminar del entorno del enfermo utensilios y cualquier objeto que pudiera provocarle daños. No introducir nada en la boca, ya que podría causarle aún más daños.
- Aflojar las ropa y todo lo que pueda oprimir o dificultar al enfermo.
- Poner la cabeza del paciente hacia un lado y colocar una almohada bajo la cabeza.
- Esperar a que pase la crisis, si dura más de 10 minutos o la persona está embarazada, no recobra la conciencia o tiene dificultades respiratorias, avisar a los servicios sanitarios.

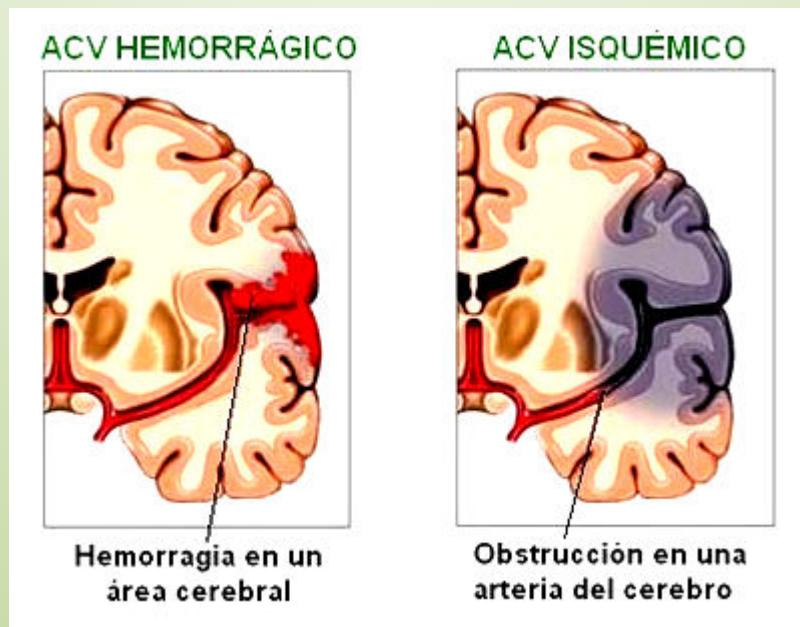
### Esclerosis múltiple.

Esta es muy probablemente una enfermedad autoinmune, es decir la causa es un fallo del sistema inmunitario que ataca a su propio organismo. En concreto, el sistema inmunitario deteriora o destruye las vainas de mielina. Esto provoca que los impulsos nerviosos no sean plenamente eficaces, por lo que aparecen déficits neurológicos. La alteración dependerá del lugar en el que aparezcan las fibras desmielinizadas. Algunos síntomas son: dificultad en la coordinación, problemas para hablar, temblor,...

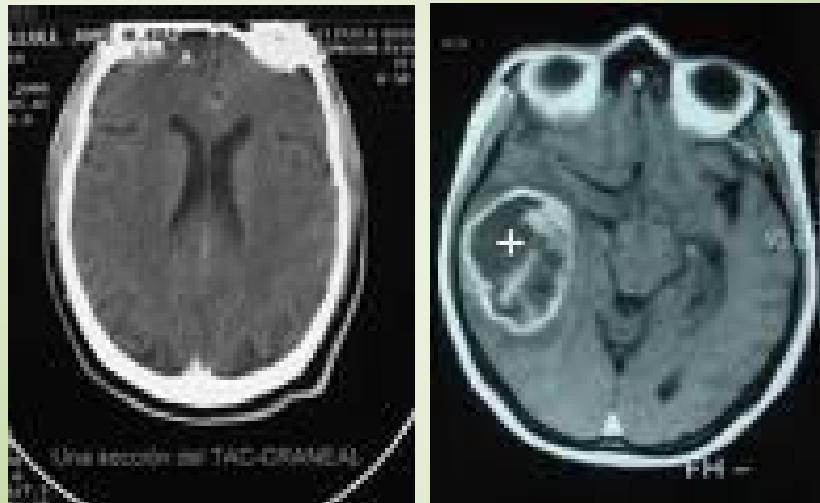
### Accidente cerebrovascular (ACV).

Es una alteración del encéfalo. Puede ser isquémico (debido a una disminución del riego sanguíneo) o hemorrágico (debido a la rotura de un vaso sanguíneo en el encéfalo). Los síntomas pueden ser transitorios o mortales (hemorragias cerebrales o derrames cerebrales). Los factores de riesgo son los propios de las ECV, la hipertensión, el tabaco y el alcohol, etc. Se distingue del infarto cerebral en que éste consiste en la muerte de neuronas y en el ACV el órgano únicamente resulta afectado. Es posible que el ACV sea el antecedente del infarto cerebral.

Un tipo de ACV es la apoplejía. Consistente en la suspensión generalmente brusca de algunas funciones cerebrales (pérdida de la conciencia o del movimiento o del habla) debida a una disminución de la circulación de la sangre en el cerebro.



### Tumor cerebral.



Encéfalo normal izquierda. Derecha: encéfalo con tumoración (+)

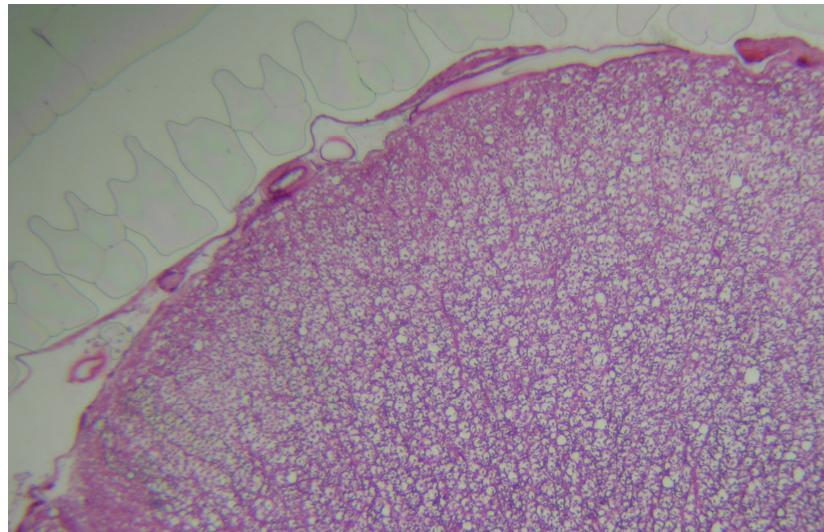
### Enfermedades mentales.

Además de las antes señaladas enfermedades de Alzheimer y de Parkinson, destacan la depresión y la esquizofrenia.

La depresión incluye un estado de tristeza, falta de energía y apatía generalizada.

La esquizofrenia es una enfermedad poligenética que produce una alteración de la percepción y un trastorno de la personalidad y del pensamiento. La alteración de la percepción incluye ver y oír estímulos inexistentes. Los pacientes pueden tener el sentimiento de estar controlados por fuerzas extrañas y poseer ideas delirantes, aislamiento, etc. La enfermedad puede ser controlada con una medicación adecuada.

(B) La médula espinal. Es la parte del sistema nervioso central situada en el interior de la columna vertebral. Está protegida externamente por las vértebras y por las meninges, e internamente por el líquido cefalorraquídeo contenido en un canal llamado epéndimo.



Detalle de las meninges de la médula espinal

En la médula espinal se pueden distinguir:

- Sustancia blanca (en la parte externa de la médula): está compuesta por los axones de las neuronas. Las vías ascendentes y descendentes se entrecruzan en la médula o en el encéfalo, de manera que el lado derecho del cerebro controla la parte izquierda del cuerpo y viceversa.
- Sustancia gris (en la parte interna de la médula): formada por los cuerpos de las neuronas y con forma de "H".

A la médula llegan o parten de ella los nervios espinales o raquídeos, que tienen dos raíces (una ventral y otra dorsal). Las raíces dorsales son las vías de entrada de estímulos sensitivos y las raíces ventrales son las vías de salida de estímulos motores. En la sustancia gris se efectúa la conexión entre neuronas sensitivas y motoras, por medio de neuronas intercalares.

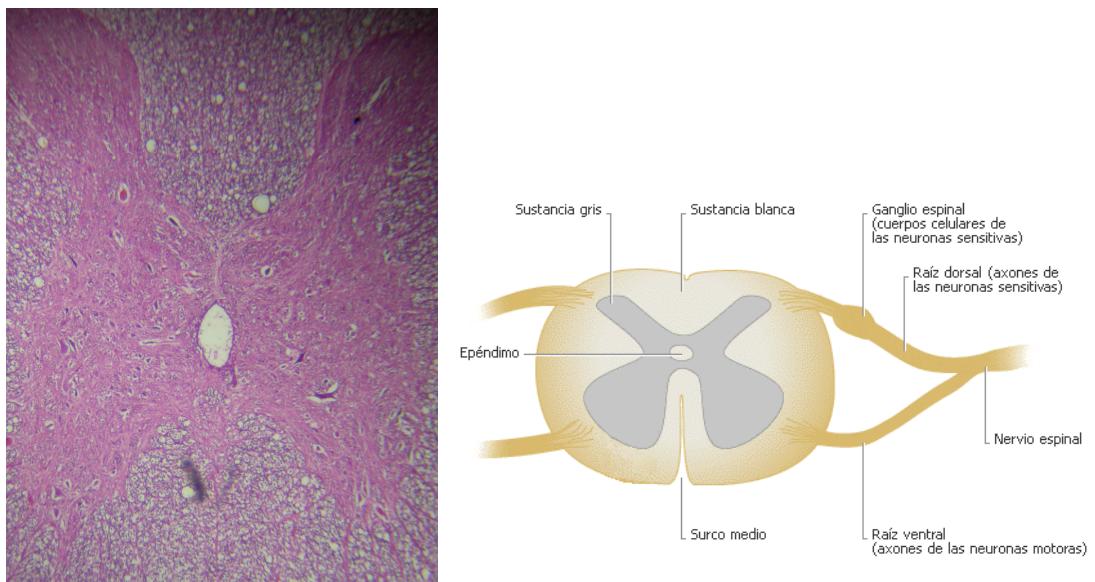
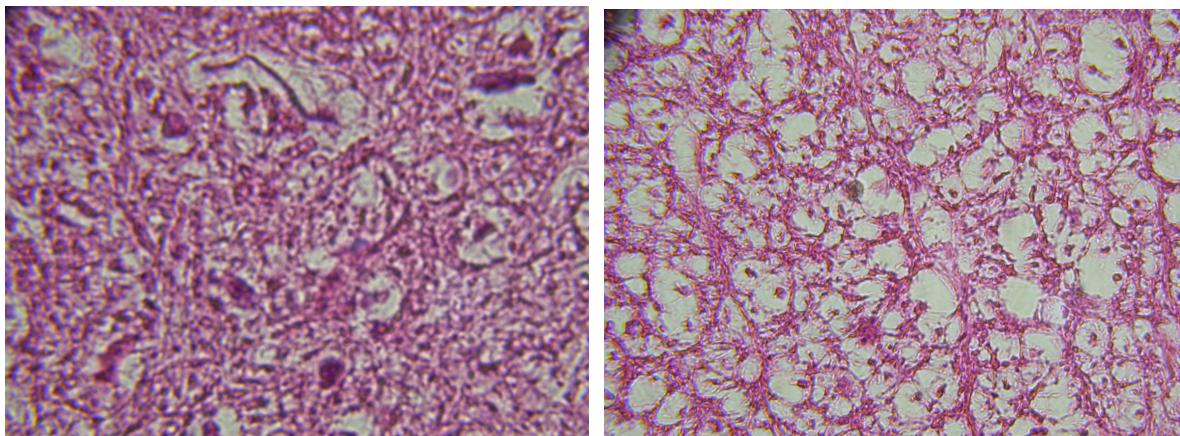
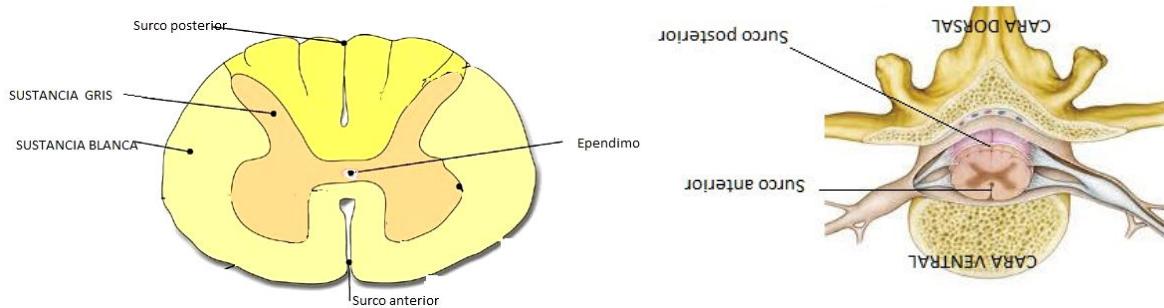


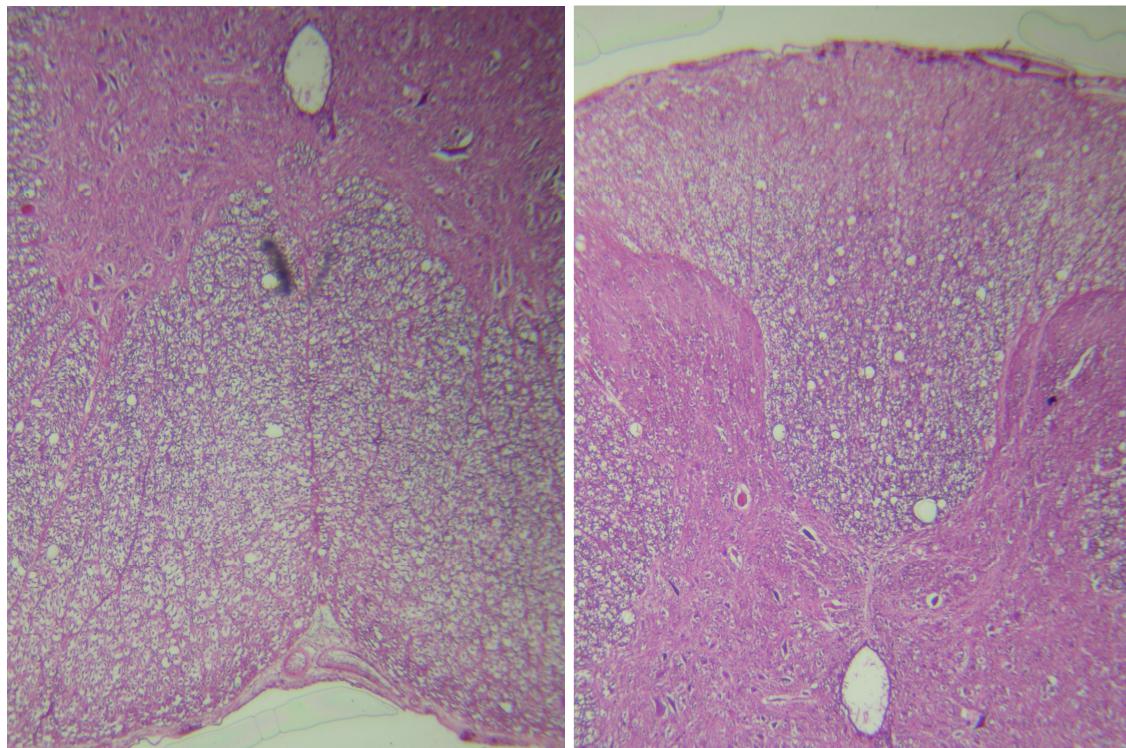
Imagen microscópica de las sustancias medulares gris y blanca. Derecha: dibujo para comparar, incluye los tipos nervios sensitivos y motores



Medula espinal: sustancias gris (izquierda) y blanca (derecha)

En la medula se puede distinguir una cara dorsal o posterior y una cara ventral o anterior. Ambas superficies presentan un surco, pero el de la cara ventral es más profundo y más ancho.





Cara ventral (izquierda) y dorsal (derecha) de la médula espinal, incluyendo el epéndimo

### **Lesiones de la médula espinal.**

La médula espinal puede lesionarse por diversas causas (tumores, traumatismos...). Según la localización y amplitud de la lesión puede llevar a una parálisis. La parálisis es la pérdida total de la capacidad motora voluntaria. Puede ser monoplejía (parálisis de una extremidad), diaplejía (dos extremidades), paraplejía (extremidades inferiores), tetraplejía (cuatro extremidades) o hemiplejía (extremidad superior e inferior del mismo lado).

### Ciática.

Consiste en un trastorno nervioso que causa dolor en la parte baja de la espalda y las piernas. Se produce por cualquier daño, presión o tirón que afecte al nervio ciático, que se extiende desde la columna vertebral pasando por la rodilla; se divide en dos ramas hasta los pies.

#### Daño al nervio ciático



## 10. EL SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO.

El sistema nervioso periférico está formado por el SNA y por los nervios que conectan la periferia del organismo con el SNC.

Los nervios se dividen según el sentido y el tipo del impulso nervioso en:

- Nervios sensitivos: van desde los receptores hasta los centros nerviosos.
- Nervios motores: van desde los centros nerviosos hasta los efectores.
- Nervios mixtos: tienen fibras sensitivas y motoras.

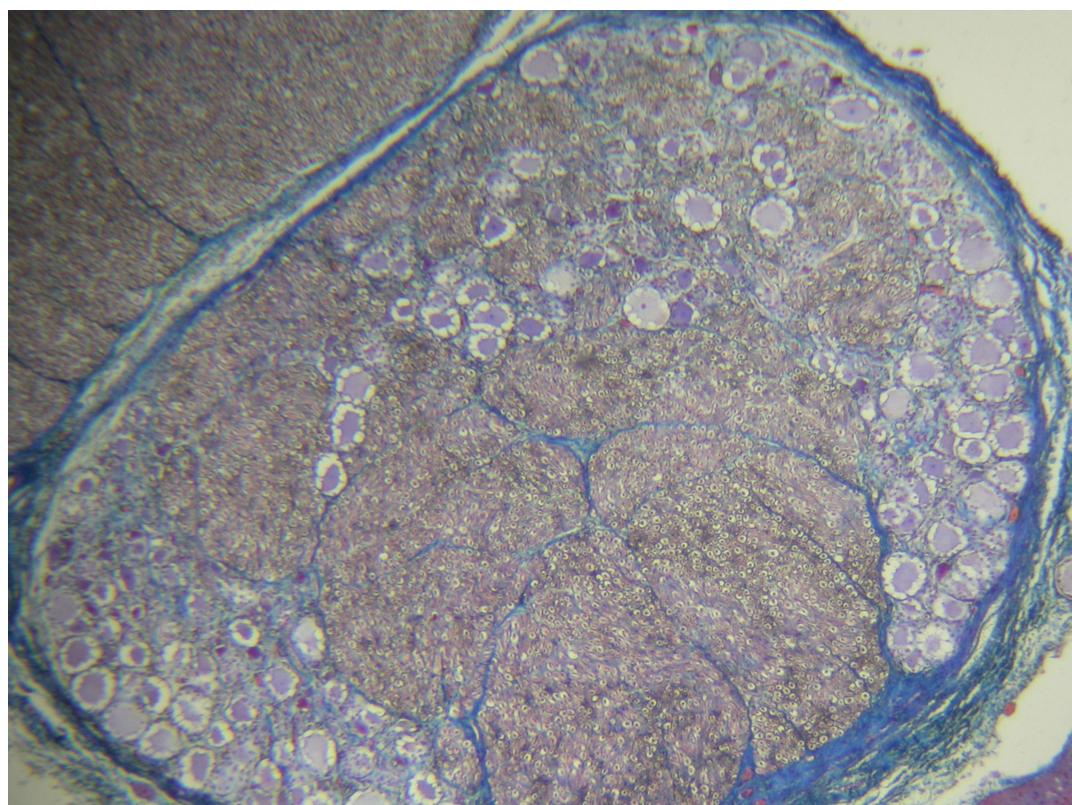
Según su origen existen:

- Nervios craneales: salen del encéfalo o entran en él, pueden ser sensitivos, motores o mixtos.
- Nervios espinales o raquídeos: salen de la médula espinal o entran en ella, son todos mixtos.

El sistema nervioso autónomo o vegetativo se encarga de controlar las funciones fisiológicas básicas y las que funcionan de manera involuntaria o automática.

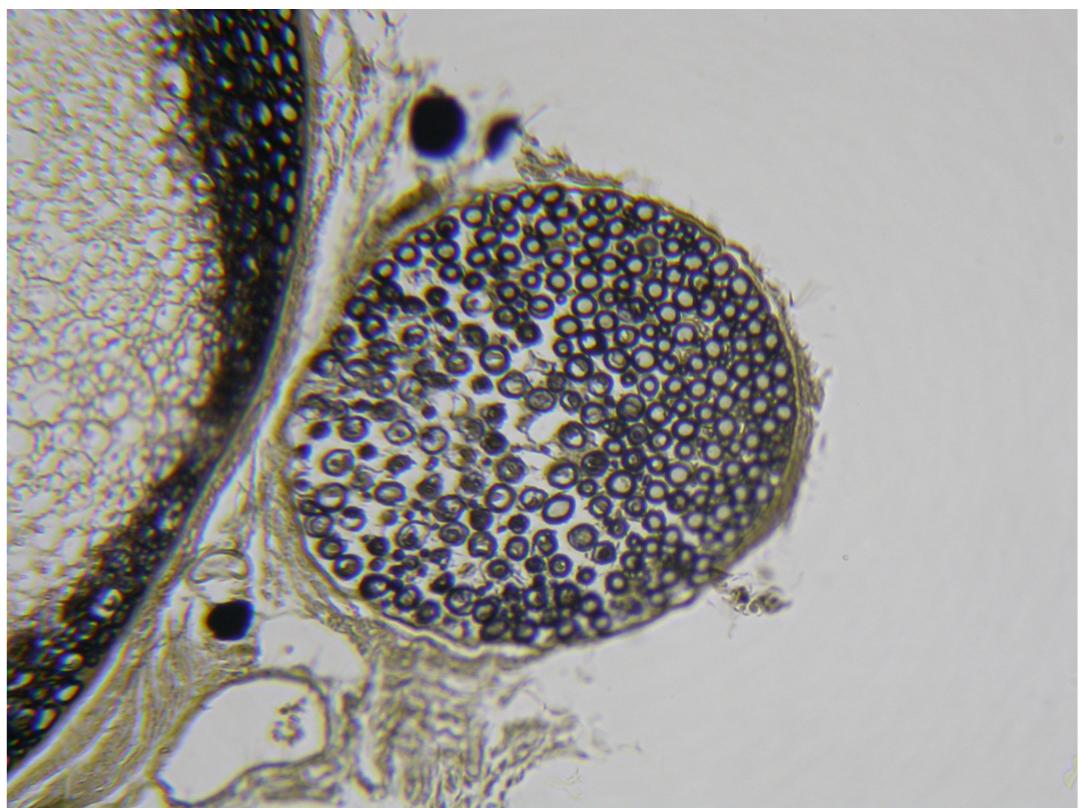
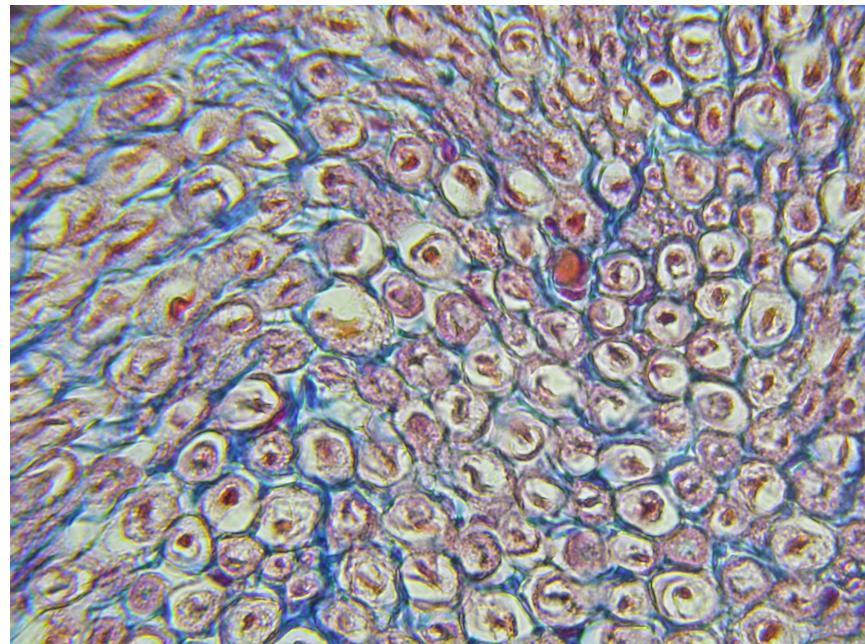
Se divide en dos grandes sistemas: el simpático y el parasimpático, las funciones de uno y otro son antagónicas; están formado por nervios y ganglios, algunos nervios parten del encéfalo y otros de la médula espinal. El sistema simpático controla situaciones de emergencia y el parasimpático regula actividades de descanso o recuperación. La tabla adjunta muestra ejemplos del funcionamiento antagónico del sistema nervioso autónomo o vegetativo.

	<u>VÍA SIMPÁTICA</u>	<u>VÍA PARASIMPÁTICA</u>
Ritmo Cardiaco	Aumenta	Disminuye
Arterias	Vasoconstricción	Vasodilatación
Aparato digestivo y digestión	Relajación	Estimulación
Glucagón, adrenalina, noradrenalina y	Aumenta sus síntesis (efecto hiperglucémico)	Disminuye sus síntesis (efecto hipoglucémico)
Insulina	Disminuye sus síntesis (efecto hiperglucémico)	Aumenta sus síntesis (efecto hipoglucémico)
Estado de la pupila	Dilatación (condiciones de poca luz)	Contracción (condiciones de mucha luz)

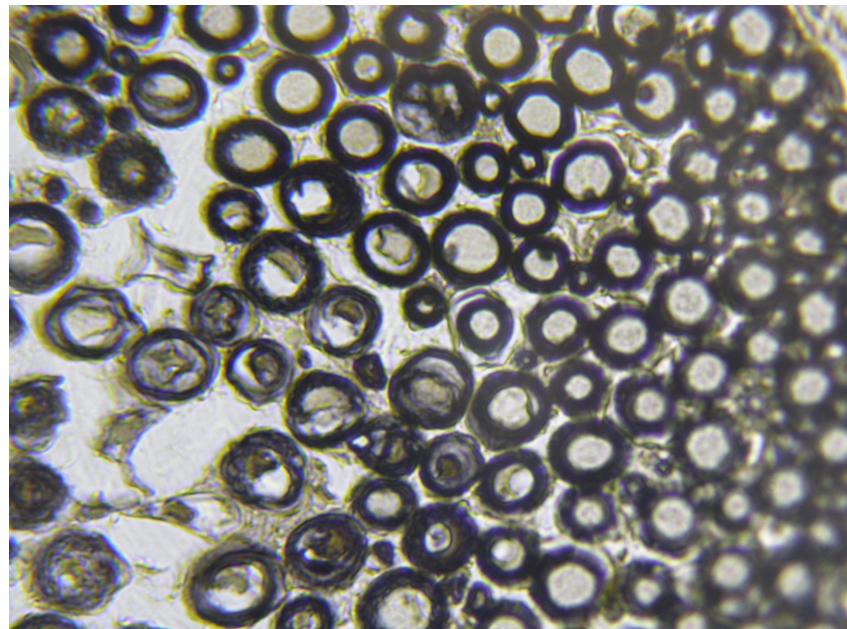


Arriba: nervio, con multitud de axones y tejido conjuntivo envolvente.

Siguiente: detalle de este nervio con muchas fibras nerviosas



Arriba: nervio, con multitud de axones cuya sustancia blanca aparece en negro por tinción con osmio. Siguiente: detalle de este nervio con muchas fibras nerviosas



### Herpes zoster.

El virus herpes varicela-zoster (mismo virus que causa la varicela) puede producir una infección aguda del sistema nervioso periférico.

Es posible tener contacto con este virus y que el sistema inmunológico lo elimine. Sin embargo, el virus suele quedar latente en algunos ganglios nerviosos, de forma que cuando el sistema inmune se debilita el virus se reactiva y se replica en las neuronas formando nuevos virus. Esta reactivación del virus produce la "culebrilla" o "culebrón", erupciones dolorosas compuestas por vesículas en cualquier parte del cuerpo. Los síntomas incluyen cefalea, fotosensibilidad, fiebre, picores, erupciones en la piel y dolor. No existe cura, pero hay tratamientos paliativos que disminuyen la duración y gravedad del proceso.

## EJERCICIOS RESUELTOS

1. Supón que se presenta en un hospital un paciente joven con los siguientes síntomas: dificultad en la coordinación, problemas para hablar, temblores... Tras someterlo a una RMN, se observa unas placas en el cerebro. ¿Cuál puede ser la enfermedad? ¿Cómo puede ser tratada?

La enfermedad puede ser esclerosis múltiple, una enfermedad probablemente autoinmune que cursa con desmielinización en las fibras nerviosas. De forma que el sistema inmunitario va a producir unas lesiones inflamatorias (las placas observadas en la resonancia magnética).

Para detener el avance de la enfermedad se pueden aplicar inmunodepresores. De momento no se ha encontrado una medida realmente efectiva para evitar que continúe la progresión de esta enfermedad.

## **2. ¿Por qué no se reproducen las neuronas o apenas lo hacen?**

Salvo en algunos casos especializados, las neuronas no tienen división celular. Al tratarse de células altamente especializadas, además, han perdido la capacidad de realizar otras funciones, como nutrirse por sí mismas.

## **3. Averigua qué efectos tienen las anfetaminas sobre el sistema nervioso.**

Estimulan el sistema nervioso central y el sistema nervioso simpático. En el sistema nervioso central pueden causar: hiperglucemia, euforia, disminución de la fatiga y del sueño, sensación de aumento del rendimiento y de la autoconfianza y, con respecto a la sexualidad, dificultad de erección y eyaculación. Y en el sistema nervioso simpático: aumento de la frecuencia cardíaca, respiratoria y de la tensión arterial, etc.

## **4. Una persona que tocaba muy bien un instrumento musical sufre un accidente y después se olvida de cómo interpretarlo. ¿Cuál puede ser la causa?**

La persona puede haber sufrido un daño en el cerebro, concretamente en la corteza cerebral y en la parte denominada hipocampo que es la encargada de la memoria, lo que explicaría esa pérdida de capacidad que puede ser transitoria o permanente.

## **5. ¿Cuáles pueden ser las causas de las enfermedades mentales?**

Las enfermedades mentales normalmente se deben a la suma de una serie de factores, de origen biológico (genético, neurológico...) y ambiental (relacional, familiar, cognitivo, emocional...). Muchas se deben al déficit de determinados neurotransmisores.

## **7. ¿Qué le causaría a una persona problemas en la audición o en la visión aún cuando los órganos sensoriales encargados de estas funciones estén en buen estado?**

Las causas de estos problemas pueden derivarse de un mal funcionamiento del nervio óptico o auditivo o bien de los tubérculos cuadrigéminos.

## ANEXO

### SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL, EL PADRE DE LA NEUROCIENCIA

D. Santiago Ramón y Cajal nació en Petilla de Aragón (Navarra) el 1 de mayo de 1852 y murió el 17 de octubre de 1934 en Madrid. Su padre, médico, influyó en su vocación médica y científica.

En 1873 se licenció en Medicina. En 1877 era profesor auxiliar interino de Anatomía en la Facultad de Medicina de Zaragoza. Por esta época comenzó a interesarse por la histología y compró su primer microscopio con el propósito de crear un laboratorio de histología. Fue catedrático en Valencia, Barcelona y, finalmente, Madrid. En 1894 fue investido Doctor en Medicina, honoris causa, por la Universidad de Cambridge y en 1896 fue premio Fauville de la Société de Biologie de Paris. En 1906 Cajal recibió, junto con Camillo Golgi, el Premio Nóbel de Medicina. En 1920 se crea un Instituto para Investigaciones Biológicas que lleva por nombre Instituto Cajal.

Por sus vastos estudios sobre el Sistema Nervioso es considerado el padre de la Neurociencia. Publicó varios libros ("Manual de Anatomía Patológica General", en 1890; "Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados", en 1904; "Degeneración y regeneración del sistema nervioso", entre 1913-14; etc.) y promovió varias revistas científicas ("Micrográfica", en 1897; "Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Biológicas", de la Universidad de Madrid, en 1901).

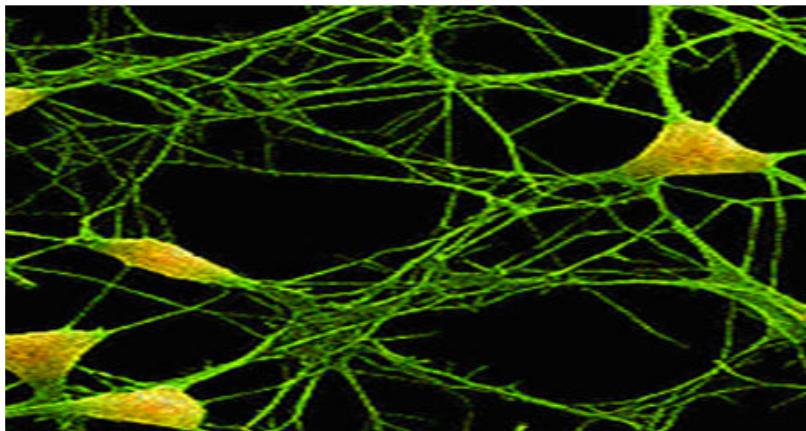
Cajal definió las neuronas como "las misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá algún día el secreto de la vida mental".

#### 5 GRANDES CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS DE SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL

##### (1) La teoría neuronal

Postuló por vez primera a la neurona como la unidad anatómica y funcional del sistema nervioso.

A partir de la técnica del nitrato de plata consiguió comprobar que las neuronas estaban relacionadas pero no de forma continua, es decir demostró la individualidad neuronal y la existencia de un espacio estrecho que separa estas células a través del cual se comunican.



*(2) La regeneración y degeneración neuronal*

Consideró al cerebro como un sistema en constante cambio y con una cierta capacidad de regeneración.

*(3) La ley de polarización dinámica de las neuronas*

Afirmó que el impulso nervioso se transmite unidireccionalmente en la neurona en sentido dendritas-axón.

*(4) Descubrimiento de los conos y bastones*

Se trata de los dos tipos de neuronas presentes en la retina.

*(5) Invención de la vacuna química*

Fue el primero en diseñar una vacuna química (vacuna que contiene microbios muertos).