

Sistema nervioso (SN)

Es el conjunto de órganos formados principalmente por tejido nervioso en asociación con otros tejidos encargado de recibir estímulos y elaborar las respuestas correspondientes. El SN regula y dirige las funciones de la vida vegetativa (SN autónomo -SNA- vegetativo o visceral) y le permite al individuo reaccionar frente al medio que lo rodea (SN de la vida de relación o cerebro-espinal).

Anatómicamente, el SN puede dividirse en:

- SN central (SNC): órganos ubicados en el interior del cráneo y de la columna vertebral
- SN periférico (SNP): se extiende desde el eje cerebro-espinal a la superficie corporal llevando órdenes motoras o trayendo estímulos sensitivos por medio de los nervios craneales y raquídeos

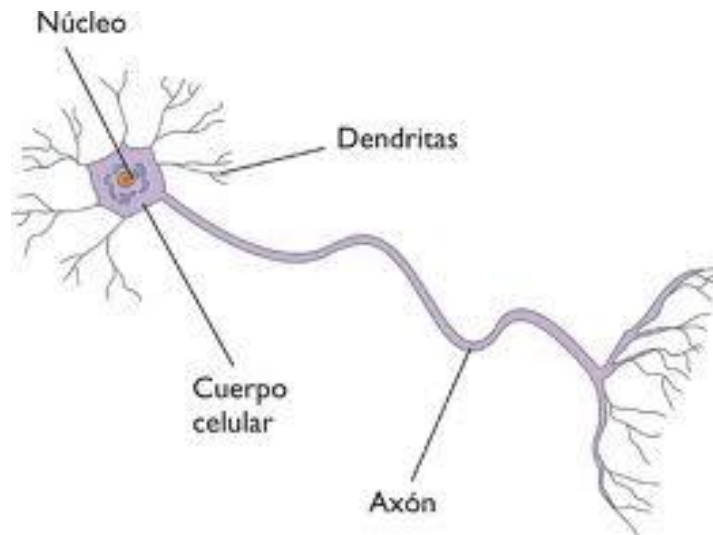
Estructuralmente, el SN está constituido principalmente por tejido nervioso (TN). El TN es una asociación de células (neuronas y células gliales – neuroglia -) especializado funcional, morfológica y molecularmente para responder a estímulos (excitabilidad, irritabilidad) y transmitir a distancia el impulso eléctrico resultante (conductividad).

Neuronas:

Son células nerviosas altamente diferenciadas que han perdido la capacidad de dividirse (aunque en situaciones excepcionales se han apreciado mitosis en neuronas de algunas ubicaciones). Sin embargo, las neuronas tienen la capacidad de incrementar su volumen, sus prolongaciones y sus contactos, propiedad que se denomina *plasticidad*.

En la estructura de una neurona se distingue:

- * cuerpo o soma: presenta membrana plasmática, membrana nuclear, núcleo, RER, REL, Golgi, ribosomas libres, lisosomas, mitocondrias, pigmentos (melanina, lipofuscina)
- * prolongaciones: tiene como función transmitir a distancia el impulso nervioso
 - axón: tiene diámetro constante, emite colaterales y termina emitiendo ramificaciones (teledendrón). Las ramificaciones axónicas terminan formando un bulbo de gran tamaño denominado *bulbo terminal* o *botón sináptico*. Presenta axolema (continuación de la membrana plasmática del soma) a través del cual conduce el impulso nervioso. Nunca parte más de un axón de cada neurona.
 - dendritas: tienen diámetro variable, con ramificación progresiva en sentido distal y con presencia de espinas (dilataciones que alternan a lo largo de cada rama y que aumentan con la edad y el aprendizaje). Presenta dendrolema (continuación de la membrana plasmática del soma) a través del cual conduce el impulso nervioso.



Clasificación de las neuronas:

* por la emergencia de prolongaciones:

- monopolar: una prolongación
- bipolar de tronco único o pseudomonopolar: dos prolongaciones que nacen en un tronco único y luego se separan
- bipolar: dos prolongaciones que nacen en polos opuestos del soma
- multipolar: muchas prolongaciones

* por la longitud del axón:

- neuronas de proyección: axón largo
- neuronas de interconexión: axón corto

Neuroglia o Células gliales:

Representan un conjunto celular de gran trascendencia para la función neuronal. En el SNC, están representadas los *astrocitos* y a los *oligodendrocitos* y en el SNP incluyen a los *anfocitos*, a los *telocitos* y a la *célula de Schwann*. Sus funciones incluyen:

- guiar la diferenciación neuronal durante la vida prenatal
- orientar la plasticidad neuronal durante la vida postnatal
- compartimentalización del TN (en algunos sectores de la corteza cerebral, orientan a las neuronas en columnas)
- formación de la barrera hemato-encefálica
- regulación de la nutrición y de la excitabilidad neuronal
- mielinización

Microglia: célula con actividad macrofágica, que se encuentra en todas las áreas del TN, habitualmente en relación con los vasos sanguíneos. Desempeña una función inmunológica.

Sinapsis:

Sitio muy especializado de contacto entre dos membranas celulares, una de las cuales, al menos, debe ser nerviosa.

Clasificación de sinapsis:

a- según el efecto que producen:

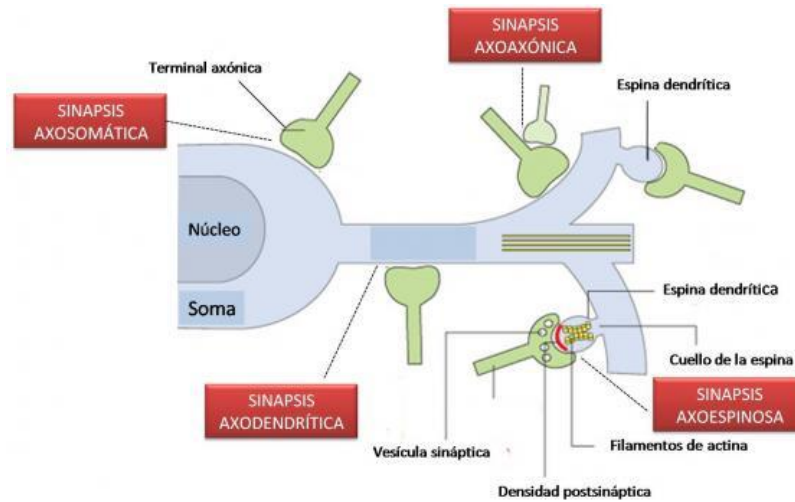
- sinapsis excitatorias: estimulan la producción de un fenómeno
- sinapsis inhibitorias: evitan la producción de un fenómeno

b- según el mediador interviniente:

- sinapsis eléctricas: se producen por movimientos de iones de una célula a otra. Son más rápidas que las sinapsis químicas pero menos complejas
- sinapsis químicas: están mediadas por sustancias químicas llamadas neurotransmisores. En ellas se pueden distinguir los siguientes elementos:
 - componente presináptico: es una zona engrosada de la membrana plasmática de una neurona que contiene vesículas sinápticas donde se encuentran los neurotransmisores
 - espacio o hendidura sináptica: espacio que separa a las dos membranas celulares que intervienen en la sinapsis
 - componente postsináptico: es una zona engrosada de la membrana plasmática de la segunda célula involucrada: puede ser otra neurona, una célula muscular, una célula glandular, etc

c- según los elementos neuronales participantes:

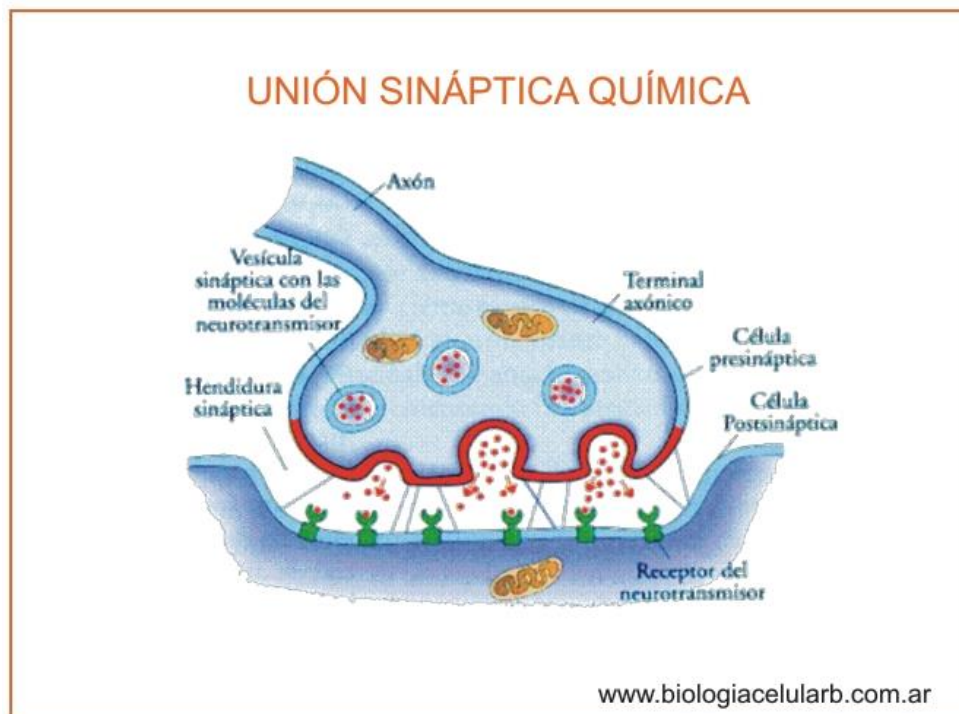
SINAPSIS	COMPONENTE PRESINÁPTICO	COMPONENTE POSTSINÁPTICO
axo-axónica	axón	axón
axo-dendrítica	axón	dendrita
dendro-axónica	dendrita	axón
axo-somática	axón	Soma neuronal



Tipos de sinapsis (Adaptado de Kierszenbaum: Histology and Cell Biology: An introduction to Pathology 2da ed)

¿Qué fenómenos ocurren durante una sinapsis química?

En una sinapsis química, el impulso nervioso llega al componente presináptico provocando la liberación del neurotransmisor en el espacio sináptico. El neurotransmisor se une con receptores específicos del componente postsináptico produciendo la transmisión del impulso nervioso y el efecto consecuente.

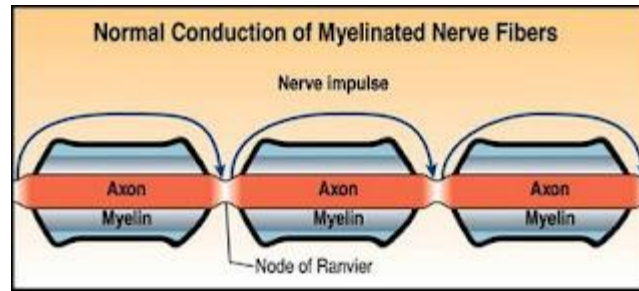


Mielinización:

La mielinización es un proceso por el cual las prolongaciones neuronales (axones y dendritas) son envueltas por una vaina de material lipídico llamado *mielina*. El proceso de mielinización es llevado a cabo por células gliales o neuroglia.

En las prolongaciones miélicas se produce la *conducción saltatoria* del impulso nervioso (es más

rápida: velocidad de conducción = 120 m/seg).



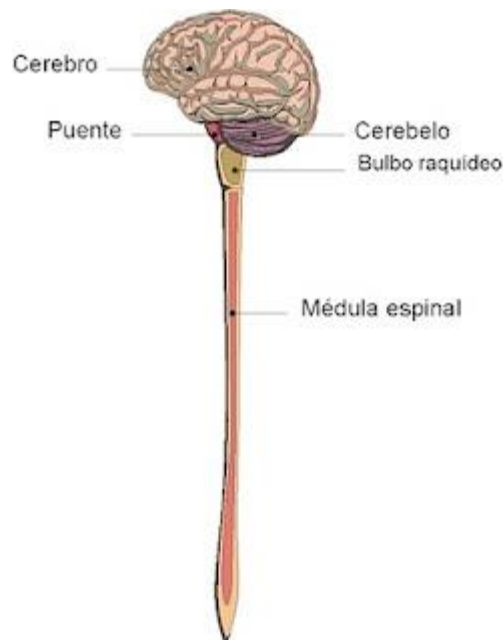
En las prolongaciones no mielínicas (o amielínicas) se produce la *conducción no saltatoria* del impulso nervioso (es más lenta: velocidad de conducción = 10 m/seg). Las fibras amielínicas están involucradas en la regulación de las funciones viscerales.

Sustancia gris: es un concepto macroscópico; en ella se encuentran los cuerpos neuronales y las prolongaciones neuronales amielínicas

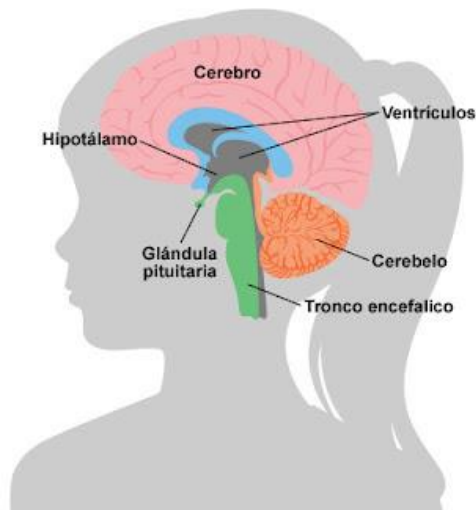
Sustancia blanca: es un concepto macroscópico; en ella se encuentran solamente prolongaciones neuronales amielínicas (la mielina le da el color blanco amarillento a la sustancia blanca)

Sistema nervioso central

El SNC comprende dos divisiones: el encéfalo y la médula espinal.



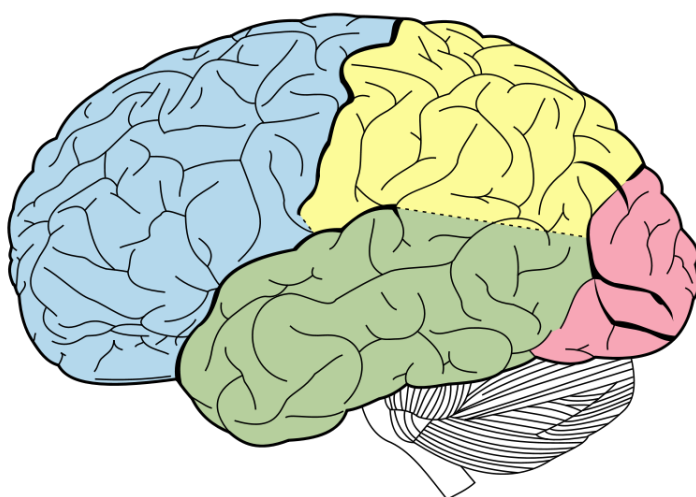
El encéfalo está contenido dentro de la cavidad endocraneana y comprende al cerebro, el tronco encefálico (TE) y el cerebelo.



Cerebro:

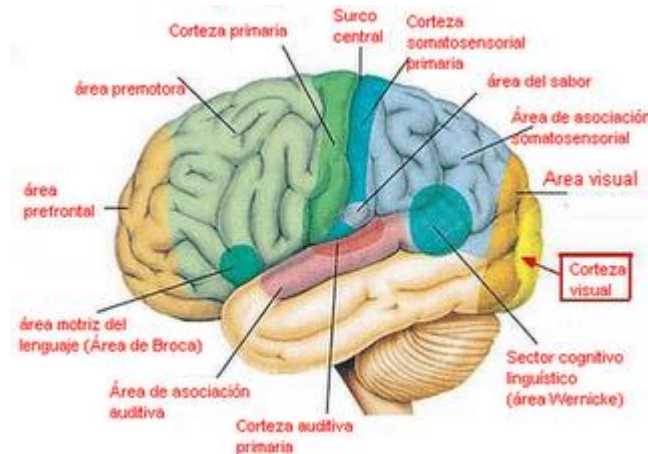
El cerebro humano puede dividirse en dos partes más o menos simétricas denominadas **hemisferios**. Los hemisferios cerebrales están constituidos por el *telencéfalo*. A cargo del telencéfalo están las funciones más elevadas del SN como los procesos intelectuales, la memoria, la imaginación, el pensamiento y la capacidad creadora. Cada hemisferio cerebral está formado por una parte periférica llamada *corteza*, una masa de sustancia blanca central y una serie de núcleos de sustancia gris llamados *ganglios de la base*. Cada hemisferio puede dividirse en 4 lóbulos diferentes:

1. **Lóbulo Occipital** (rosa). En el lóbulo occipital reside la corteza visual y por lo tanto está implicado en nuestra capacidad para ver e interpretar lo que vemos.
2. **Lóbulo Parietal** (amarillo). El lóbulo parietal tiene un importante papel en el procesamiento de la información sensorial procedente de varias partes del cuerpo, el conocimiento de los números y sus relaciones y en la manipulación de los objetos.
3. **Lóbulo Temporal** (verde). Las principales funciones que residen en el lóbulo temporal tienen que ver con la memoria. El lóbulo temporal dominante está implicado en el recuerdo de palabras y nombres de los objetos. El lóbulo temporal no dominante, por el contrario, está implicado en nuestra memoria visual (caras, imágenes,...).
4. **Lóbulo Frontal** (azul). El lóbulo frontal se relaciona con el control de los impulsos, el juicio, la producción del lenguaje, la memoria funcional (de trabajo, de corto plazo), funciones motoras, comportamiento sexual, socialización y espontaneidad. Los lóbulos frontales asisten en la planificación, coordinación, control y ejecución de las conductas



El **cuerpo calloso** es una formación de sustancia blanca que comunica a todos los lóbulos del cerebro entre sí.

La **corteza cerebral** está formada por sustancia gris y cubre la superficie exterior del cerebro. Estudios funcionales de la corteza cerebral han permitido describir diferentes áreas corticales vinculadas a actividades motoras o sensitivas específicas.



Los **ganglios de la base** son acúmulos de sustancia gris que se ubican en la profundidad del hemisferio cerebral. Funcionalmente, se relacionan con la ejecución de movimientos voluntarios realizados de forma inconsciente que involucran al cuerpo en la realización de tareas rutinarias.

Diencefalo:

Tiene un origen común con el telencéfalo. Se encuentra interpuesto entre el tronco encefálico y el hemisferio cerebral correspondiente. En el diencefalo se encuentran:

- **tálamo:** se relaciona funcionalmente con:
 - sensibilidad general
 - visión
 - audición
 - relación entre conducta y emociones
 - percepción consciente del dolor
- **hipotálamo:** participa en las siguientes funciones:
 - regulación de funciones viscerales
 - regulación de la función endócrina (secreción de hormonas)
 - regulación del metabolismo del agua, los glúcidos y los lípidos
 - regulación de la temperatura
 - regulación de los ciclos sueño – vigilia

Tronco encefálico: está formado por bulbo raquídeo, protuberancia y pedúnculos cerebrales

a- Pedúnculos cerebrales: se originan en el mesencéfalo; allí se encuentran:

- centros de coordinación de movimientos

b- Protuberancia anular o puente de Varolio: se origina en el metencéfalo; allí se encuentran:

- centros del equilibrio
- centros de la locomoción

c- Bulbo raquídeo: se origina en el mielencéfalo; allí se ubican los centros de la vida vegetativa:

- centro respiratorio: regula inspiración y espiración
- centro cardíaco: regula la FC
- centro vasomotor: regula la PA
- centro de deglución / vómito / salivación / sudoración

Cerebelo: ocupa la fosa cerebelosa del hueso occipital en la parte posterior del cráneo. Tiene diferentes regiones que se relacionan con el control del equilibrio y el control del movimiento

Médula espinal (ME):

La médula espinal es la porción más caudal del SNC. Se extiende desde el agujero occipital (donde se continúa con el bulbo raquídeo) hasta la segunda vértebra lumbar (L2) por dentro del conducto vertebral o raquídeo.

La ME está formada por sustancia gris de ubicación central y sustancia blanca de ubicación periférica. La sustancia gris forma el *asta anterior o ventral* y el *asta posterior o dorsal*.

Las células que forman el asta anterior son *neuronas motoras* que terminan en la placa motora a nivel muscular.

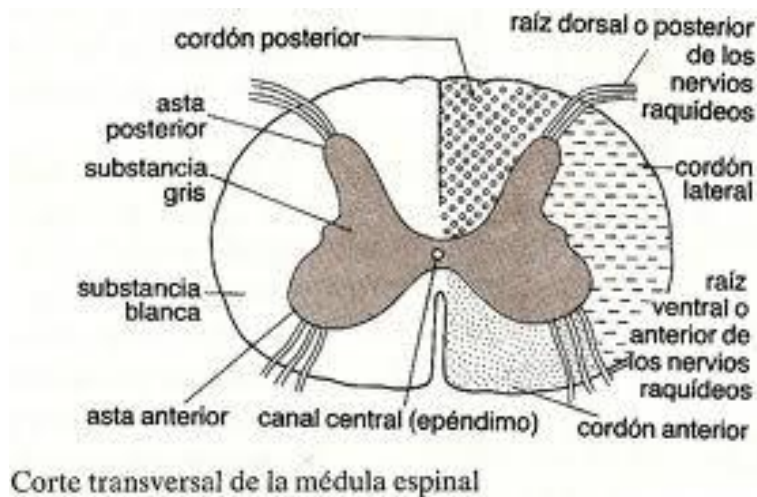
Las células que forman el asta posterior son neuronas sensitivas que se relacionan con la transmisión de:

- la sensibilidad térmica y dolorosa
- la sensibilidad táctil protopática
- la sensibilidad profunda

Nervios raquídeos: cada nervio raquídeo nace de la ME por dos raíces: anterior o ventral y posterior o dorsal. Las fibras que forman la raíz posterior son *aférentes o sensitivas*. Las fibras de la raíz anterior son *eférentes o motoras*. Ambas raíces se unen y las fibras sensitivas y motoras se entremezclan formando un nervio raquídeo mixto.

Aferente: formación anatómica que conduce elementos hacia una estructura

Eferente: formación anatómica que conduce elementos desde una estructura



Receptores:

Se denominan receptores a las terminaciones nerviosas diferenciadas especialmente para captar algún tipo de sensibilidad general (calor, frío, tacto) o especial (vista, oído, equilibrio), superficial o profunda.

Entre los receptores de la *sensibilidad general*, se distinguen:

- receptores de la sensibilidad superficial:
 - *receptores para el dolor*: nociceptores (son terminaciones nerviosas libres)
 - *receptores táctiles o mecanorreceptores*: captan estímulos mecánicos (tracción, estiramiento, presión, compresión)
 - *receptores térmicos*: captan estímulos fríos o calientes
- receptores de la sensibilidad profunda:
 - *propioceptores* (son estimulados por los cambios de tensión en músculos y tendones y por los movimientos articulares)

Entre los receptores de la *sensibilidad especial*, se distinguen:

- *fotorreceptores*: llamados conos y bastones; se ubican en la retina y captan estímulos luminosos
- *fonorreceptores o receptores auditivos*: se ubican en la cóclea del oído interno y captan estímulos sonoros
- *estatorreceptores o receptores vestibulares o receptores laberínticos*: relacionados con el equilibrio, se ubican en los conductos semicirculares del oído interno
- *células olfatorias*: ubicadas en la mucosa nasal, captan estímulos odoríferos
- *células gustativas*: ubicadas en lengua, mucosa bucal y retrofaringe, captan estímulos relacionados con la percepción de sabores

Efectores:

Se denominan así a las estructuras en las cuales terminan las fibras nerviosas ejerciendo sus efectos.

Arco reflejo:

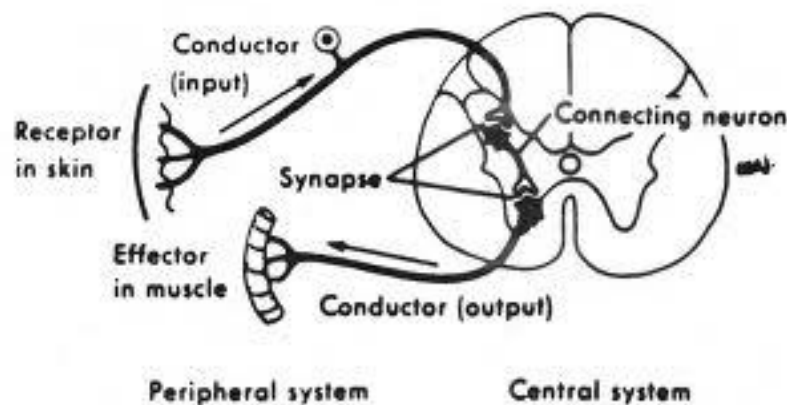
El reflejo es una reacción involuntaria que se produce como consecuencia de un estímulo. Un reflejo

puede ser un fenómeno simple que afecta solamente a un segmento del SNC (generalmente, a través de los nervios raquídeos y la médula espinal) o puede ser un fenómeno extremadamente complejo que afecte a segmentos diversos.

Arco reflejo simple o espinal: un estímulo aplicado a fibras sensitivas de una determinada región determina el comienzo del arco reflejo, llegando con las fibras de la raíz posterior de un nervio raquídeo para hacer sinapsis en las células del asta dorsal de la médula espinal. Desde allí, a través de sinapsis conectoras con neuronas medulares, alcanza a la neurona motora del asta ventral desde donde parte la respuesta a través de la raíz anterior del nervio raquídeo, alcanza el órgano efector y de esta manera se completa el circuito de un arco reflejo simple.

El arco reflejo es la conexión de un receptor a un efector. Los reflejos simples o espinales tienen función protectora: se ejecutan para alejar el cuerpo de un estímulo potencialmente dañino.

En los *arcos reflejos complejos* existen neuronas cuyos axones conectan estructuras superiores como el cerebro y el cerebelo.



Sistema Nervioso Autónomo (SNA):

Para que los órganos puedan desarrollar una función integrada se hace necesaria la presencia de una estructura nerviosa que permita responder adecuadamente a los cambios y mantener constante la composición del medio interno: esta es la función del SNA, visceral o vegetativo.

Se puede definir el SNA como el conjunto de neuronas y prolongaciones nerviosas que provee la inervación de los órganos internos regulando la función visceral de forma involuntaria.

El SNA está formado por:

- órganos receptores ubicados a nivel visceral
- neuronas bipolares ubicadas en los ganglios nerviosos
- neuronas de asociación ubicadas en tronco encefálico y médula espinal
- un centro de integración hipotalámico
- la corteza vegetativa
- células efectoras anexas
- otras neuronas que se encuentran en las proximidades o en el interior de las vísceras formando los ganglios vegetativos

El SNA comprende dos grandes divisiones anátomo-funcionales: el *simpático* y el *parasimpático*. La

acción del *simpático* está vinculada con el gasto de energía representando un sistema de emergencia. El *parasimpático* es un mecanismo de reposo y conservador de energía.

La acción del **simpático** se ponen de manifiesto ante situaciones que generan una necesidad de defensa y se manifiesta por:

- aumento de la frecuencia cardíaca
- vasodilatación de las arterias coronarias, cerebrales y musculares
- vasoconstricción de arterias viscerales y de la piel
- aumento de la frecuencia respiratoria
- broncodilatación
- dilatación pupilar (midriasis)
- piloerección
- sudoración viscosa

Pasada la necesidad de defensa, cesa la estimulación simpática y el **parasimpático** inicia un mecanismo de conservación que rehace las reservas y tiende a conservar la energía en un proceso opuesto al del simpático.

Bibliografía:

* Curtis, H Barnes, S. Biología. Editorial Médica Panamericana, 6^{ta} edición en español, 2000.

* Genesser, F. Histología. Editorial Médica Panamericana, 6^{ta} reimpresión, 1990

* Grandi, M. Neuroanatomía. Servicio de Publicaciones de la UNR, 1989.

* Guillén del Castillo, M. bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano. Editorial Médica Panamericana, 2003