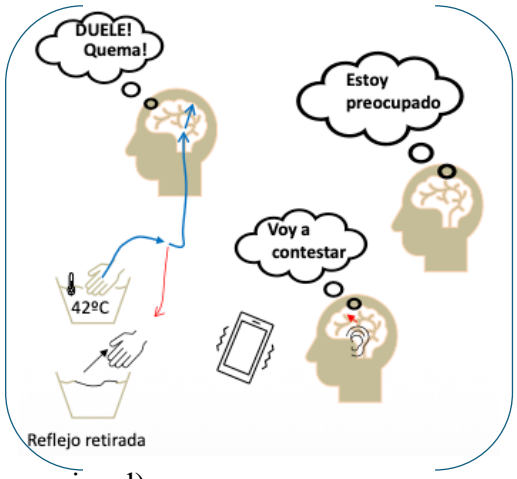
TEMA 3: ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA NERVIOSO. CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO Y SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO.

⇒ SISTEMA NERVIOSO

(Células del sistema nervioso y Sistema Nervioso Autónomo)

El sistema nervioso se define por su capacidad de **crear una realidad sensorial**, **interpretarla** y **producir una respuesta adaptativa**. Las entradas sensoriales no son simples datos: el cerebro las transforma en percepciones.

La temperatura de 42 °C no es solo un valor físico; se convierte en la experiencia de "quema". El daño tisular[2] no es solo una señal: se transforma en "duele". La información sensorial llega, se integra y se convierte en comportamiento: retirada evidenciada de la mano, o incluso un componente emocional ("estoy preocupado").

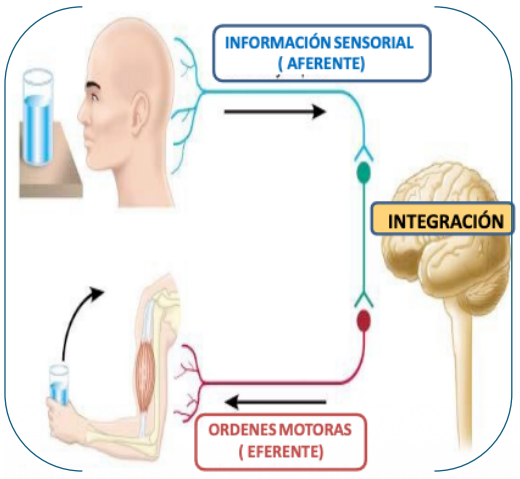


La función esencial es triple:

1. **Construir un mundo interno** que interpreta el exterior (visión, tacto, temperatura, dolor…).
2. **Integrar la información** combinando memoria, contexto, motivación y estado interno.
3. **Generar una respuesta** (motora, glandular o incluso emocional).

Es un sistema diseñado para mantener la homeostasis[3] respondiendo a cambios externos e internos, pero también para dotar de significado las experiencias.

Todo ello nos lleva a poder decir que sistema nervioso actúa como un **sistema de control rápido**, capaz de detectar cambios en milisegundos y ajustar el funcionamiento de los órganos para mantener la homeostasis.



El proceso funcional se organiza así:

- **Detección del cambio:** los receptores sensoriales captan estímulos como presión, luz, sustancias químicas, temperatura o estiramiento.
- **Integración:** las interneuronas del **Sistema Nervioso Central** (SNC) comparan la información entrante con los parámetros fisiológicos adecuados y deciden la respuesta. Esta fase implica memoria, aprendizaje, experiencias previas y estado emocional.
- **Dirección de la respuesta:** las neuronas motoras llevan órdenes a los efectores[4] (músculo esquelético, músculo liso, músculo cardíaco o glándulas).

Este circuito **aferente–integrador–eferente** es el fundamento de todas las acciones, desde un reflejo rápido hasta una conducta compleja como hablar o escribir.

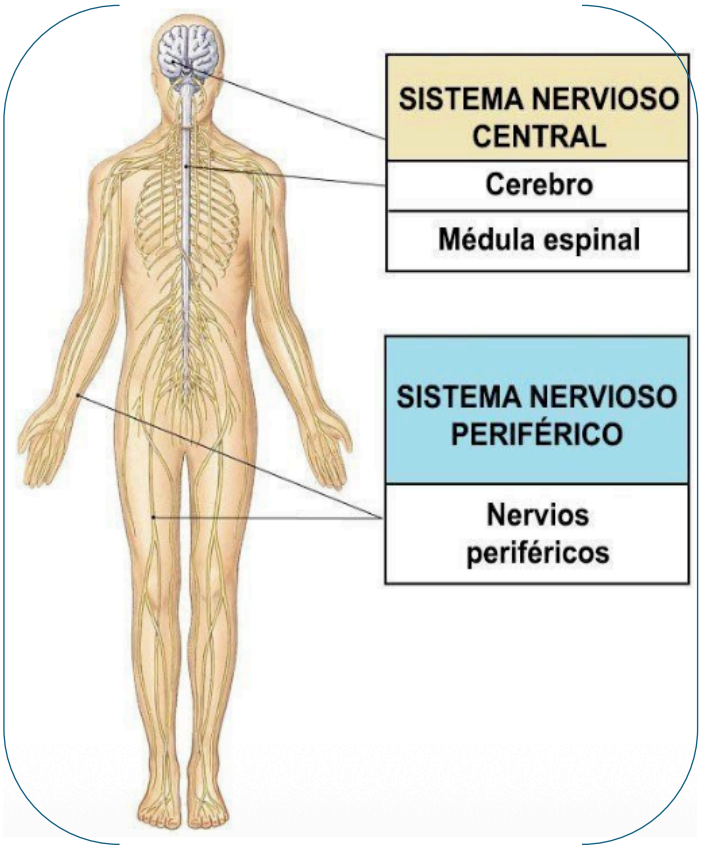
---

[2] Tisular: Perteneciente o relativo a los tejidos de los organismos.

[3] La homeostasis es la capacidad de un organismo para mantener un ambiente interno estable y equilibrado, a pesar de los cambios externos.

[4] El "Efector" es un órgano o célula que produce una acción fisiológica en respuesta a un impulso nervioso o estímulo,

El sistema nervioso se divide funcionalmente en dos grandes bloques:



⇒ **SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)**

Es el gran integrador. Está formado por el **encéfalo** (que incluye el cerebro, cerebelo y tronco encefálico) y la **médula espinal**.

Su misión es seleccionar información relevante, interpretarla y crear programas motores adecuados. Sin el SNC, las señales sensoriales serían solo ruido sin significado.

⇒ **SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO (SNP)**

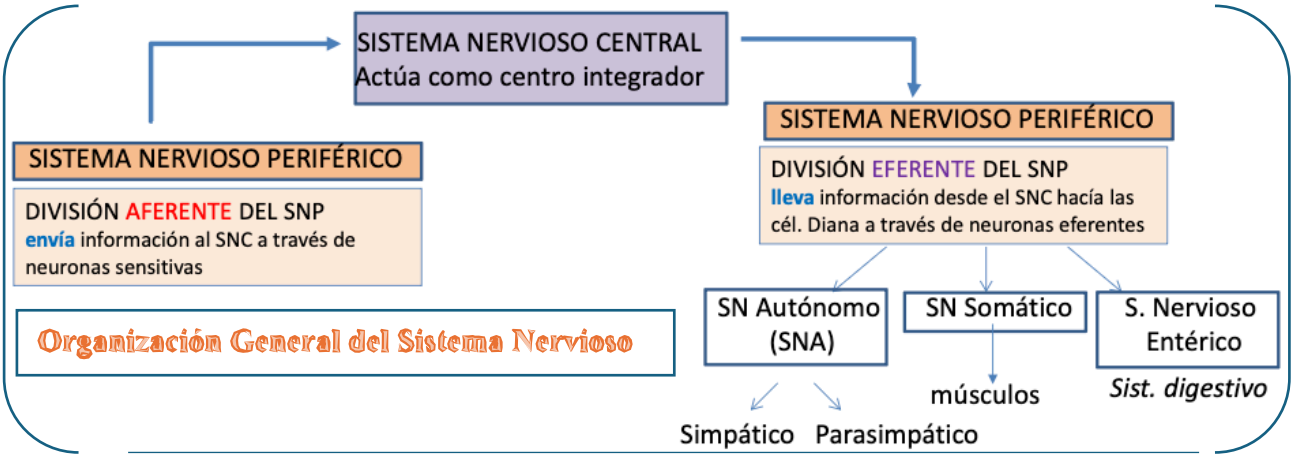
Establece la comunicación entre el SNC y el organismo.

Se subdivide en:

- **División aferente:** lleva información sensorial desde los receptores hacia el SNC.
- **División eferente:** lleva órdenes motoras desde el SNC hacia los efectores.

La división eferente incluye:

- **Sistema somático:** controla el músculo esquelético, por tanto, los movimientos voluntarios.
- **Sistema nervioso autónomo:** regula músculo liso, cardíaco y glándulas; es ajeno al control voluntario.
    - **Simpático**, **parasimpático** y **entérico**.



- Este marco organizativo permite entender cómo cada señal encuentra su camino: la **aferencia** informa, el SNC decide, la **eferencia** ejecuta.

→ Desarrollo de la relación entre SNC y SNP como **un flujo continuo de información**.

El **SNC** (cerebro y médula espinal):

- procesa, integra, toma decisiones, inicia la actividad mental y los patrones motores complejos.

El **SNP** recibe la información sensorial a través de receptores y conduce potenciales de acción hacia el SNC.

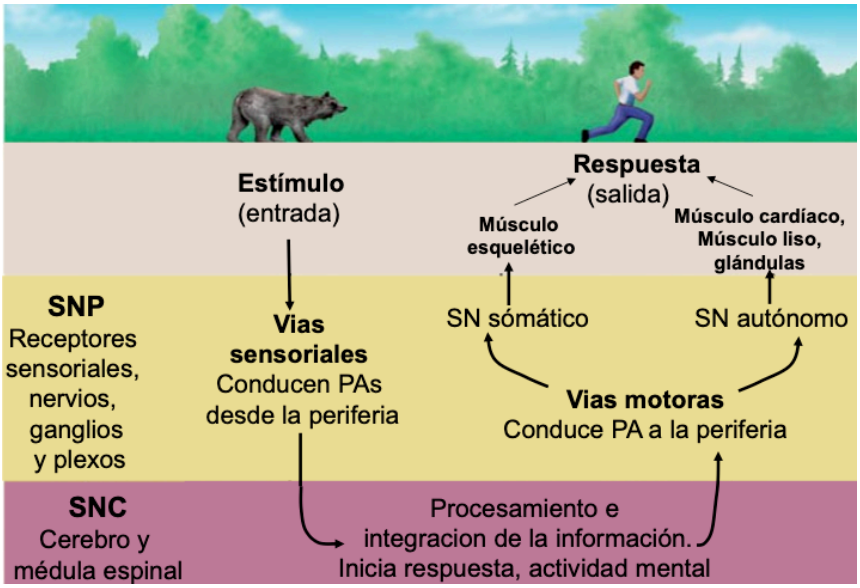
→ Después, transmite órdenes hacia los efectores mediante vías motoras.

Las vías motoras se dividen en:

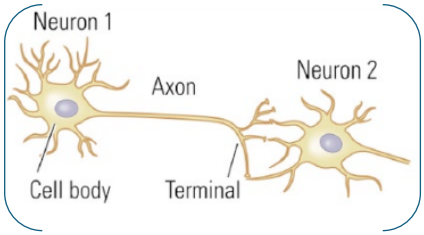
- **Somáticas**, dirigidas a músculo esquelético.
- **Autónomas**, dirigidas a músculo cardíaco, liso y glándulas.

Este esquema enfatiza un punto crucial:

👉 **No existe movimiento ni regulación visceral sin la participación coordinada del eje SNC–SNP.**

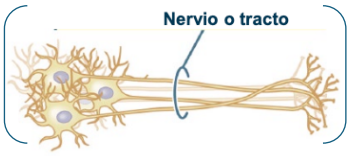


→ Las **neuronas** son las células especializadas en recibir, procesar y transmitir información.



Características esenciales:

- Las **dendritas** reciben señales, muchas simultáneamente.
- El **axón** conduce la señal eléctrica en una única dirección: desde el soma hasta el terminal.
- Algunos axones están recubiertos de **mielina**, que acelera la conducción. Los axones agrupados forman los **nervios** del SNP o los **tractos** del SNC.



→ Las **células de la glía** no transmiten impulsos, pero son indispensables, dan soporte: nutren, protegen, aíslan, mantienen el entorno químico y participan en la reparación.

La relación neurona–glía es tan estrecha que podría decirse que la glía es el "órgano auxiliar" que permite que la neurona funcione con precisión.

⇒ CLASIFICACIÓN DE LAS NEURONAS

La clasificación funcional de las neuronas se basa en **la dirección en la que transmiten el impulso**:

→ **Neuronas sensoriales o aferentes:** Conducen señales desde los receptores al SNC. Informan sobre tacto, temperatura, dolor, presión, posición corporal y estímulos internos.

→ **Neuronas motoras o eferentes):** Conducen órdenes desde el SNC hacia músculos y glándulas.

→ **Interneuronas o Asociaciones:** Estas existen exclusivamente dentro del SNC.
Son las encargadas de conectar neuronas entre sí, integrar información sensorial y elaborar programas motores. Constituyen la mayor parte del tejido neuronal del cerebro y médula.

Esta clasificación revela cómo se organiza la comunicación:
→ **El mundo exterior entra por aferentes**,
→ **El cerebro decide mediante interneuronas**,
→ **Las respuestas salen por eferentes**.

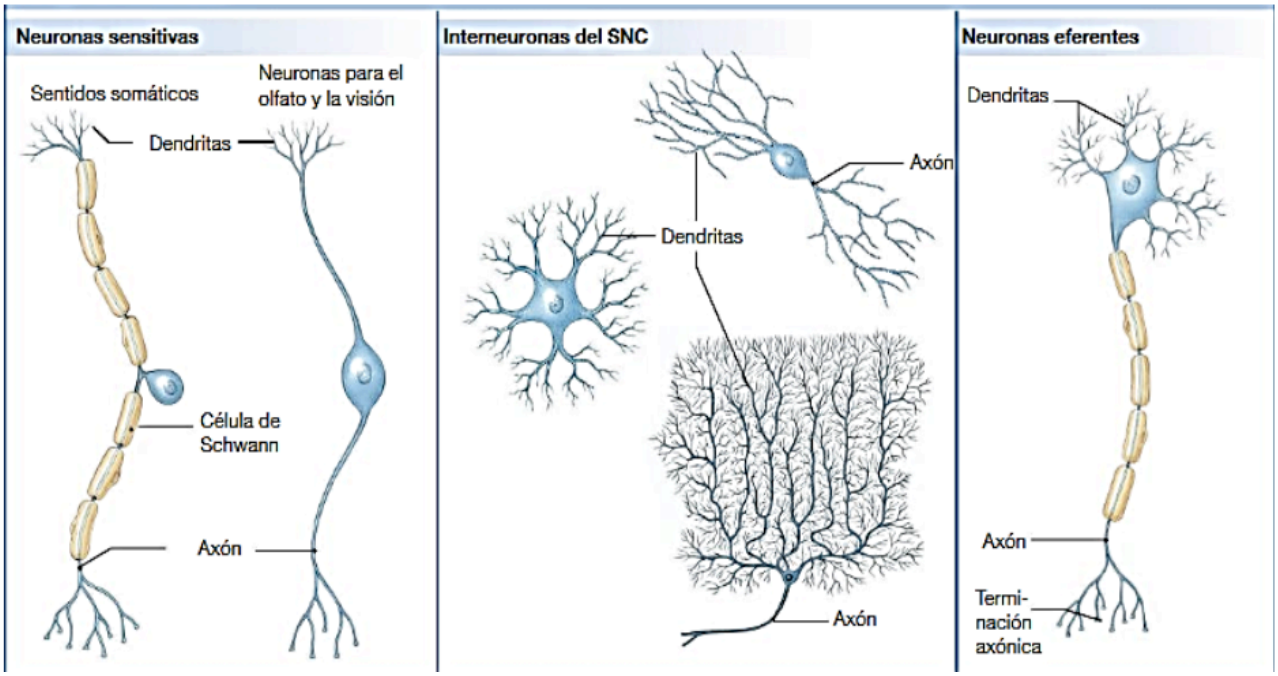
⇒ CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS NEURONAS

Esta clasificación está basada en la forma en que se distribuyen sus prolongaciones. Esta forma determina su función y su localización. Veamos como:

→ **Neuronas multipolares:** Son las más abundantes. Presentan una única prolongación larga (axón) y múltiples dendritas. Participan en funciones motoras, integración compleja y redes neuronales del encéfalo y médula.
El 99 % de las neuronas del sistema nervioso pertenecen a este tipo.

→ **Neuronas bipolares:** Poseen una dendrita principal y un axón.
Aparecen en sentido restringido: **retina**, **epitelio olfatorio** (conocido antes como pituitaria) y algunos ganglios sensitivos.
Están especializadas en la recepción directa de estímulos sensoriales.

→ **Neuronas unipolares (o seudounipolares):** Tienen una única prolongación que pronto se divide en dos ramas: una aferente (hacia el SNC) y otra hacia la periferia.
Se encuentran en los **ganglios raquídeos** de las raíces dorsales y llevan información táctil, propioceptiva y dolorosa.



Son esenciales en la transmisión rápida de señales sensitivas.

El diseño estructural de cada neurona refleja su misión. Las multipolares integran información compleja; las unipolares transmiten señales con gran velocidad; las bipolares captan estímulos específicos.

⇒ NEUROGLÍA

La **neuroglia**, o **células de la glía**, son las células del sistema nervioso que actúan como soporte, protección y nutrición para las neuronas, facilitando su función, formando **mielina** para acelerar impulsos, manteniendo la homeostasis del medio extracelular y participando en la respuesta inmune y reparación de lesiones. Estas **células de la glía** son tan importantes como las propias neuronas.

No generan potenciales de acción, pero garantizan que el entorno físico y químico sea perfecto para el funcionamiento neuronal.

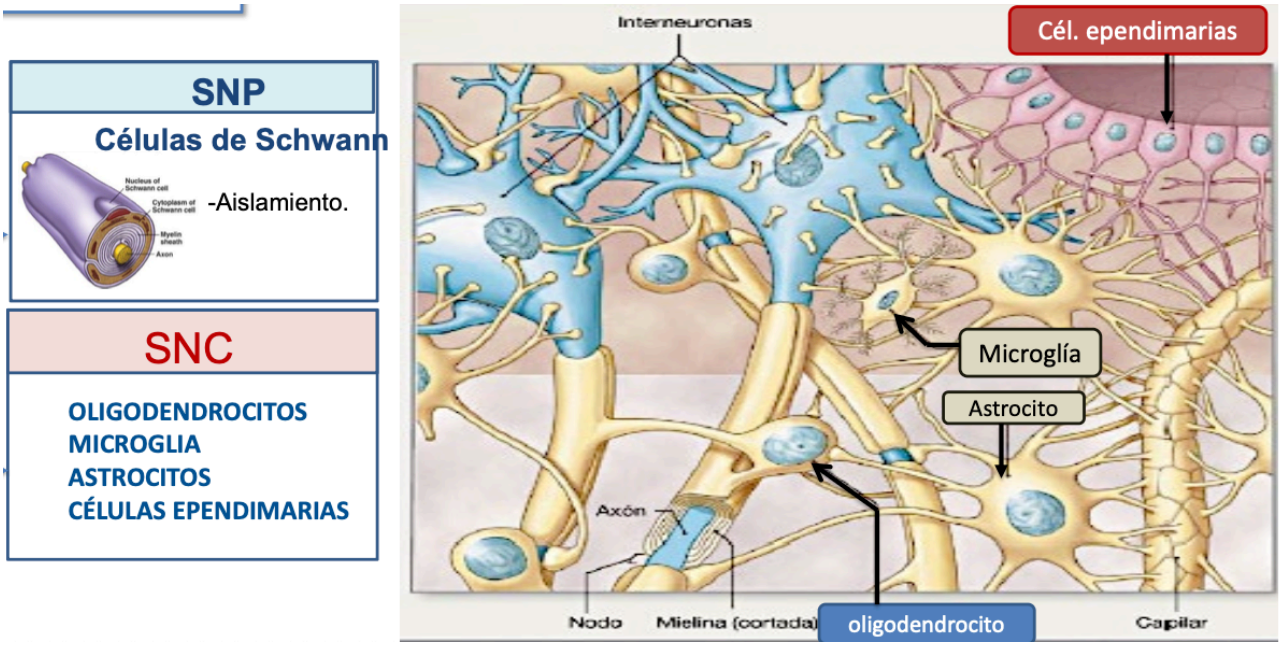
→ **En el SNC se encuentran:**

- **Oligodendrocitos** → responsables de formar la mielina en el SNC. A diferencia de las células de Schwann, un solo oligodendrocito mieliniza múltiples axones.
- **Astrocitos** → regulan el ambiente químico, aportan nutrientes, mantienen la barrera hematoencefálica, reparan daño tisular y guían el crecimiento neuronal.
- **Microglía** → actúan como sistema inmunitario del SNC; eliminan residuos, sinapsis no funcionales y microorganismos.
- **Células ependimarias** → revisten los ventrículos y forman parte de los plexos coroideos que generan el LCR.

→ **En el SNP:**

- **Células de Schwann** → mielinizan los axones periféricos y participan en su regeneración tras lesiones.
- **Células satélite** → rodean los somas neuronales en los ganglios periféricos y controlan el microambiente químico.

La **glía** no es un simple apoyo: controla la homeostasis, facilita la conducción, protege del daño y participa activamente en la plasticidad neural.

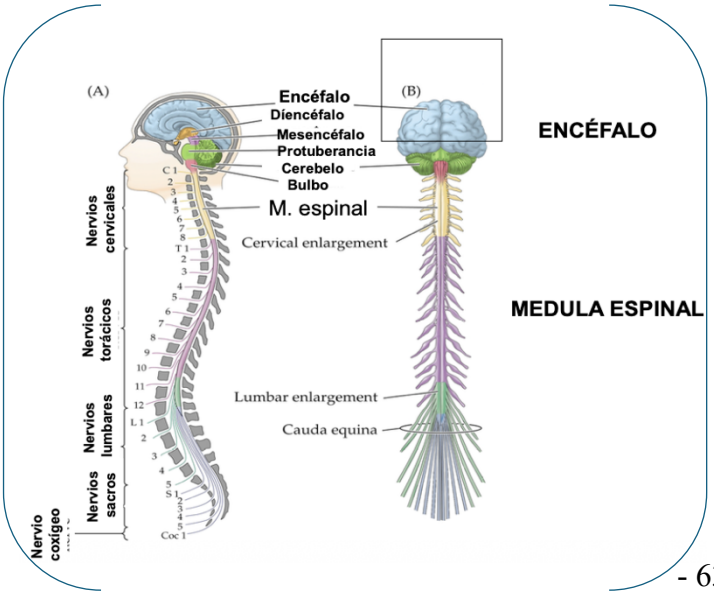


⇒ EL ENCÉFALO Y LA MÉDULA ESPINAL

El encéfalo y la médula forman el SNC. Su organización anatómica despliega un alto grado de especialización.

El encéfalo se divide en varias regiones:

- **Telencéfalo:** lóbulos corticales (frontal, parietal, temporal, occipital e ínsula) y ganglios basales. Aquí se generan los procesos cognitivos, emocionales, de memoria y planeación motora.



- **Diencéfalo:** tálamo e hipotálamo. El tálamo es la gran estación de relevo sensorial; el hipotálamo regula hambre, temperatura, equilibrio hídrico, hormonas y SNA.
- **Mesencéfalo:** integra información visual y auditiva y participa en la alerta.
- **Protuberancia:** coordina funciones motoras y regula la respiración.
- **Bulbo raquídeo:** controla centros vitales cardíacos y respiratorios.
- **Cerebelo:** maestro de la coordinación, del equilibrio y del ajuste fino del movimiento.

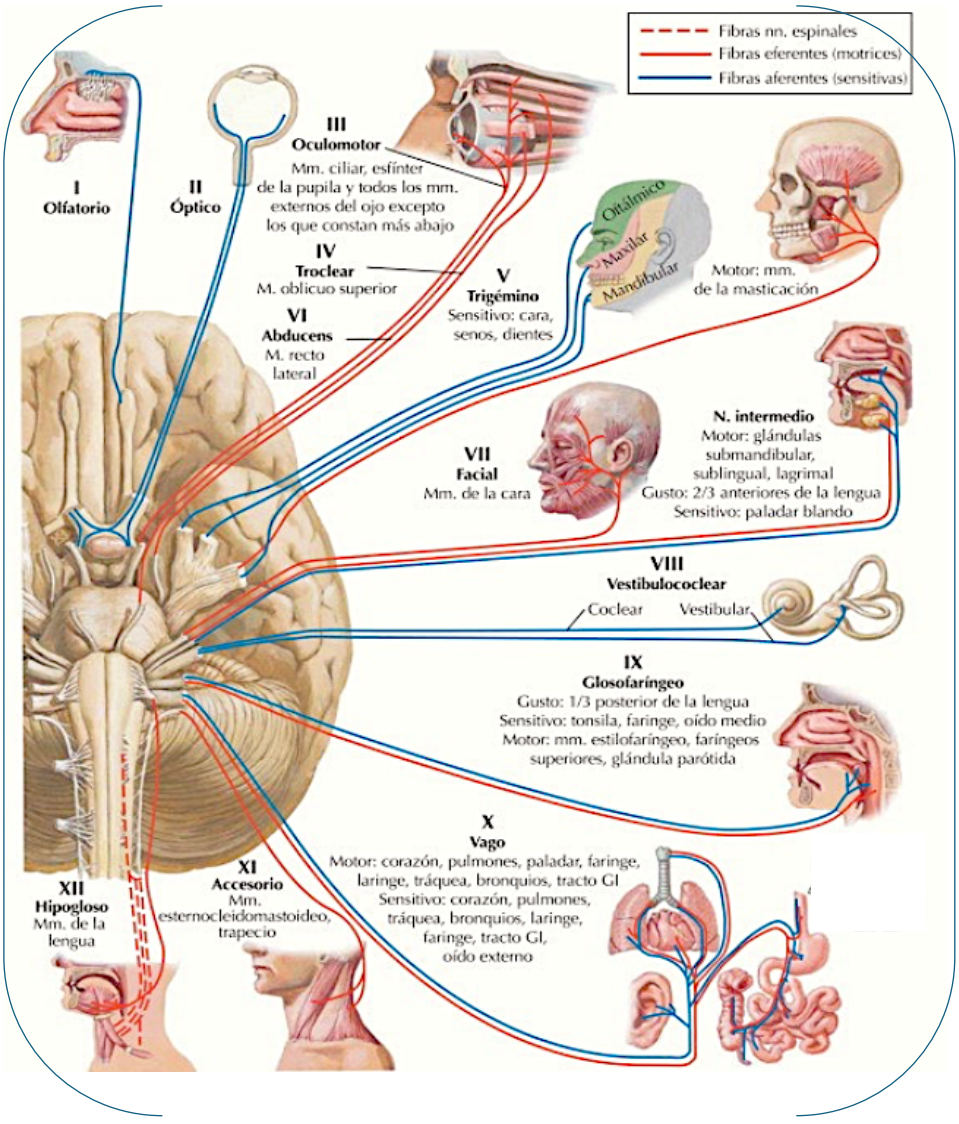
La médula espinal se organiza en regiones:

- **Cervical, torácica, lumbar, sacra y coxígea**, cada una con nervios espinales que conectan el SNC con todas las regiones del cuerpo.

El SNC es un entramado jerárquico donde cada estructura procesa un tipo de información y se comunica con las demás mediante vías ascendentes y descendentes.

⇒ NERVIOS CRANEALES

Son 12 pares de nervios los que representan la conexión directa del encéfalo (cerebro y tronco encefálico), en lugar de la médula espinal, y se unen con la cabeza y cuello, salvo el nervio vago que desciende hasta el tórax y abdomen.



Forman tres tipos funcionales:

- **Sensitivos:** olfatorio (I), óptico (II), vestibulococlear (VIII).
- **Motores:** oculomotor (III), troclear (IV), abducens (VI), accesorio (XI), hipogloso (XII).
- **Mixtos:** trigémino (V), facial (VII), glosofaríngeo (IX), vago (X).

Su función conjunta permite:

- Olfato, visión, audición y equilibrio.
- Movimientos oculares finos.
- Control de músculos faciales, lengua, faringe y laringe.
- Regulación de órganos internos (vago).

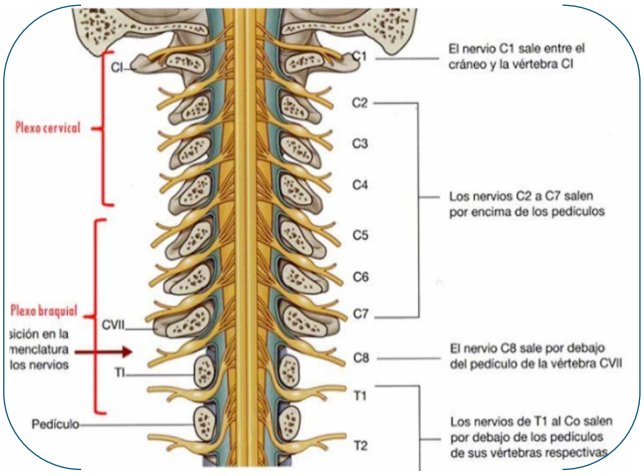
→ Son esencialmente "cables directos" del encéfalo hacia funciones críticas sensoriales y motoras.

Tabla de los 12 Pares Craneales y sus Funciones:

N.º	NOMBRE	TIPO PRINCIPAL	FUNCIÓN CLAVE
I	**Olfatorio**	Sensorial	Sentido del **olfato** (olor).
II	**Óptico**	Sensorial	Sentido de la **visión** (vista).
III	**Oculomotor**	Motor	Movimiento de la **mayoría de los músculos del ojo** y constricción de la pupila.
IV	**Troclear** (Patético)	Motor	Movimiento del músculo **oblicuo superior** del ojo.
V	**Trigémino**	Mixto	**Sensación facial** (dolor, tacto, temperatura) en la cara, y **masticación**.
VI	**Abducens** (Motor Ocular Externo)	Motor	Movimiento del músculo **recto lateral** del ojo (abducción del ojo).
VII	**Facial**	Mixto	**Expresión facial**, secreción de lágrimas y saliva, y sentido del **gusto** (dos tercios anteriores de la lengua).
VIII	**Vestibulococlear** (Auditivo)	Sensorial	**Audición** y **equilibrio**.
IX	**Glosofaríngeo**	Mixto	**Deglución**, gusto (tercio posterior de la lengua), y reflejo nauseoso.
X	**Vago** (Neumogástrico)	Mixto	Control **parasimpático** de las vísceras (corazón, pulmones, digestión), deglución y habla.
XI	**Accesorio** (Espinal)	Motor	Movimiento de los músculos **esternocleidomastoideo** y **trapecio** (movimiento de la cabeza y hombros).
XII	**Hipogloso**	Motor	Movimiento de la **lengua** (esencial para el habla y la deglución).

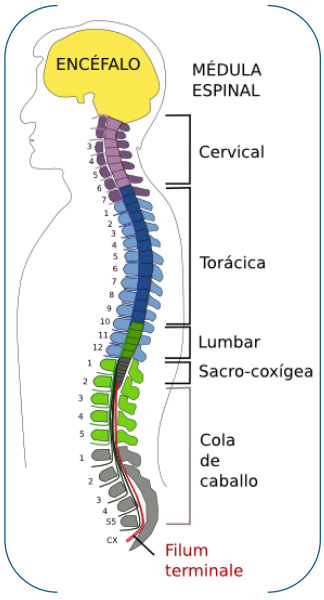
⇒ NERVIOS ESPINALES

Los 31 nervios espinales o raquídeos forman parte del SNP y son responsables de la comunicación entre la médula espinal y el resto del cuerpo, incluyendo el tronco, las extremidades y algunas áreas de la cabeza. Todos estos nervios espinales son **nervios mixtos**, lo que significa que contienen fibras **sensoriales** (aferentes, que llevan información al SNC) y **motoras** (eferentes, que llevan comandos del SNC).



Cada nervio espinal se forma por la unión de dos "raíces" que salen de la médula espinal:

- **Raíz Dorsal (Posterior):** Contiene el ganglio espinal o fibras sensoriales donde se ubican los cuerpos neuronales (aferentes) y el ganglio de la raíz dorsal.
- **Raíz Ventral (Anterior):** Contiene fibras motoras (eferentes), que llevan comandos a los músculos esqueléticos y glándulas.



REGIÓN	PARES DE NERVIOS	NOMENCLATURA
Cervical	**8 pares**	C1 a C8
Torácica	**12 pares**	T1 a T12
Lumbar	**5 pares**	L1 a L5
Sacra	**5 pares**	S1 a S5
Coccígea	**1 par**	Co1
Total	**31 pares**	

Estos nervios, envueltos en capas de tejido conectivo, distribuyen la información sensorial hacia arriba y las órdenes motoras hacia abajo.

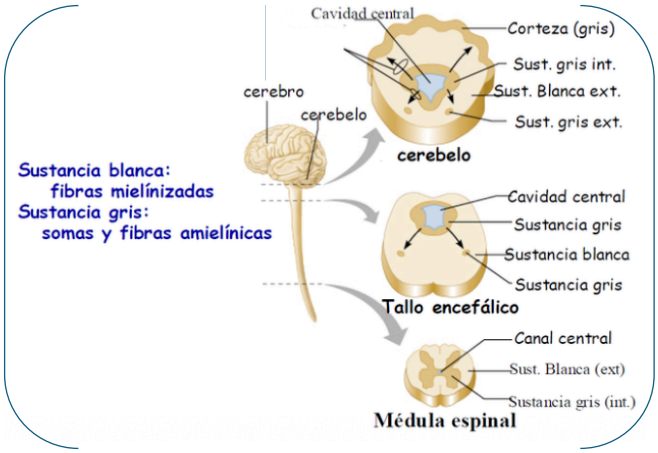
Su organización segmentaria permite que cada nivel de la médula controle regiones específicas del cuerpo.

⇒ ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

La **glía** se clasifica por su localización:

→ **En el SNC: oligodendrocitos, astrocitos, microglía, células ependimarias.**

→ **En el SNP: células de Schwann y células satélite.**



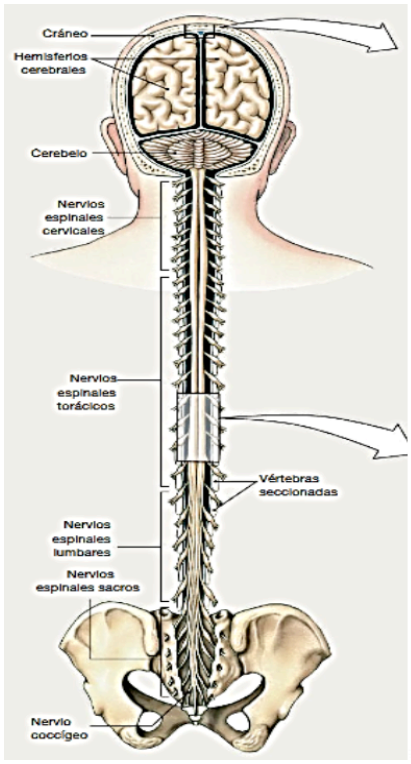
No solo sostienen a las neuronas:

- regulan el ambiente extracelular,
- modulan sinapsis,
- influyen en la plasticidad,
- participan en procesos inflamatorios,
- y determinan la velocidad de conducción.

La glía es el soporte funcional que permite al sistema nervioso operar con precisión de milésimas de segundo.

⇒ SISTEMAS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

El **Sistema Nervioso Central (SNC)**, compuesto por el encéfalo y la médula espinal, es una estructura vital que requiere una protección extremadamente estricta, dada su irreemplazabilidad y su sensibilidad a cambios mecánicos y químicos. Esta protección se logra mediante una combinación de capas de defensa **ósea**, **membranosa** y **líquida**:



1. Protección Ósea (Estructural)

Los componentes del SNC están encerrados en estructuras esqueléticas sólidas:

- **Encéfalo:** Protegido por el **cráneo** (o bóveda craneana), una estructura ósea rígida que previene daños mecánicos externos.
- **Médula Espinal:** Protegida por la **columna vertebral** (o espina dorsal), que, si bien es flexible, crea un canal óseo (el canal vertebral) que lo envuelve.

2. Protección Membranosa (Meninges)

Las **meninges** son tres capas de tejido conectivo que envuelven y protegen el SNC, ubicadas inmediatamente debajo de la protección ósea. De fuera hacia adentro, son:

1. **Duramadre (Dura Mater):** Es la capa más **externa** y **fuerte**. Es gruesa y resistente, actuando como la principal barrera protectora.
2. **Aracnoides:** Es la capa **intermedia**, llamada así por su apariencia de telaraña. Debajo de ella se encuentra el **espacio subaracnoideo**, crucial para la circulación del líquido cefalorraquídeo.
3. **Piamadre (Pia Mater):** Es la capa más **interna** y **delicada**. Está íntimamente adherida a la superficie del encéfalo y la médula espinal, siguiendo todos sus contornos. Contiene vasos sanguíneos que irrigan el tejido nervioso.

3. Protección Líquida (Líquido Cefalorraquídeo - LCR)

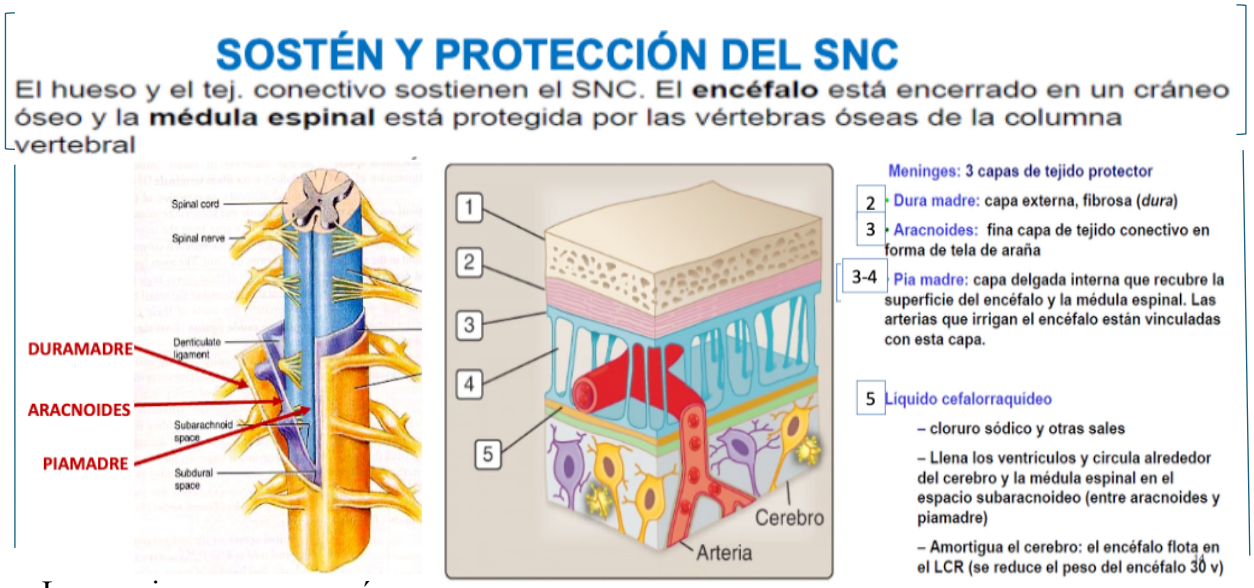
El **Líquido Cefalorraquídeo (LCR)** es un fluido acuoso, claro e incoloro que circula dentro y alrededor del SNC, proporcionando amortiguación y soporte.

- **Producción:** Se produce continuamente en los **plexos coroideos** (estructuras vasculares) dentro de los ventrículos cerebrales.
- **Función de Amortiguación:** El LCR rodea el cerebro y la médula espinal, permitiendo que "floten". Esto reduce significativamente el peso efectivo del encéfalo (de aproximadamente 1,500 g a solo 50 g), protegiéndolo de golpes y movimientos bruscos (**amortiguador hidráulico**).
- **Función Nutricional y de Desecho:** Ayuda a transportar nutrientes al tejido cerebral y elimina productos de desecho y mantiene el volumen intracraneal relativamente constante.

4. La Barrera Hematoencefálica (Protección Química)

Aunque no es una capa física en el sentido estricto, la **Barrera Hematoencefálica (BHE)** es un mecanismo de protección vital a nivel **químico y celular**.

- **Naturaleza:** Es una red de células endoteliales especializadas que recubren los capilares del cerebro, unidas por **uniones estrechas**.
  Función: Regula de manera estricta qué sustancias pueden pasar de la sangre al tejido cerebral, **impidiendo** la entrada de patógenos, toxinas y muchas moléculas grandes. Esto mantiene un entorno interno estable y seguro para la función neuronal.

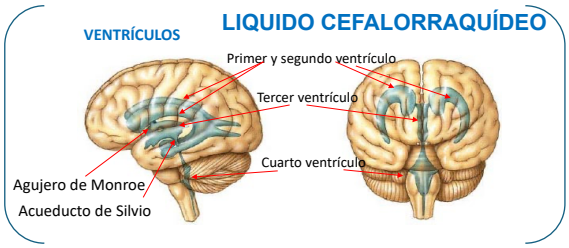


Las meninges se ven aquí en detalle:

- La **duramadre** es la capa más gruesa, con dos láminas que crean senos venosos.
- La **aracnoides** contiene el espacio subaracnoideo, donde circula el LCR.
- La **piamadre** es tan fina que sigue todos los pliegues del tejido nervioso.

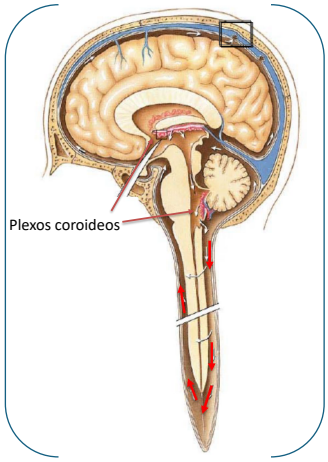
Este conjunto protege frente a golpes, mantiene el medio fluido adecuado y sirve de soporte vascular.

⇒ VENTRICULOS CEREBRALES - LIQUIDO CEFALORRAQUÍDEO



Los **ventrículos cerebrales** forman un sistema continuo lleno de **Líquido Cefalorraquídeo** (LCR).

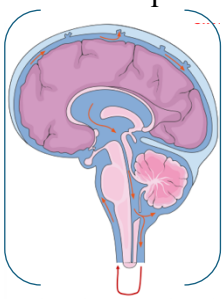
La producción se realiza en los **plexos coroideos**, que ajustan el volumen y la composición del líquido (120-150ml).



Funciones del LCR:

- Mantener la **composición iónica estable** necesaria para la actividad eléctrica.
- Eliminar desechos como metabolitos y restos celulares.
- Regular el volumen intracraneal (compensando aumentos de sangre).
- Facilitar la flotabilidad del encéfalo, reduciendo su peso efectivo.

→ El **contenido en ClNa** (cloruro de sodio) **es mayor que el del plasma** y su composición similar, lo que favorece la estabilidad eléctrica del tejido nervioso.



→ El recorrido del **líquido cefalorraquídeo (LCR)** sigue un circuito continuo y organizado que garantiza su renovación y circulación constante.

El LCR, producido en los plexos coroideos de los ventrículos, fluye desde el **cuarto ventrículo** hacia los **espacios subaracnoideos** que rodean tanto al encéfalo como a la médula espinal.



Estos espacios, ubicados entre aracnoides y piamadre, forman una red que permite que el líquido bañe toda la superficie del sistema nervioso central.

Tras circular por los surcos y cisternas, el LCR llega a las **vellosidades aracnoideas**, pequeñas prolongaciones que penetran los **senos venosos durales**, especialmente el seno sagital superior.

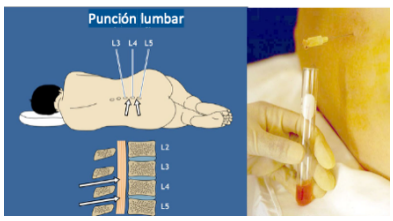
Ahí el LCR se **reabsorbe a la sangre venosa**, completando el ciclo.

Se mantiene un equilibrio estricto entre producción y reabsorción:

- Si aumenta la producción, se incrementa la presión intracraneal.
- Si falla la reabsorción (como en una meningitis), puede aparecer hidrocefalia.

Este mecanismo asegura que el SNC disponga de un entorno fluido estable, libre de desechos y protegido frente a impactos.

La **punción lumbar** que se realiza para obtener **líquido cefalorraquídeo** es una técnica diagnóstica fundamental. Se accede al espacio subaracnoideo en la región lumbar (entre L3–L4 o L4–L5), donde la médula ya no está presente, reduciendo el riesgo de lesión.



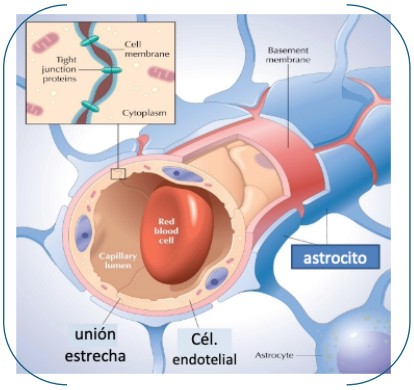
El LCR obtenido sirve para:

- **Diagnóstico**: infecciones como meningitis, hemorragias subaracnoideas, enfermedades inflamatorias, procesos autoinmunes.
- **Administración de fármacos**: antibióticos, quimioterapia, anestesia (epidural o intradural).
- **Estudios de presión intracraneal**.

El análisis del LCR proporciona información única sobre el estado bioquímico del SNC, porque refleja directamente lo que ocurre en su entorno interno, algo inaccesible por otros métodos.

⇒ BARRERA HEMATOENCEFÁLICA

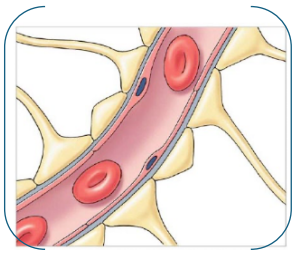
La **barrera hematoencefálica (BHE)** constituye la defensa final del Sistema Nervioso Central (SNC). Su función es impedir que sustancias potencialmente nocivas, fluctuaciones químicas o microorganismos presentes en la sangre alcancen el tejido nervioso.



Está formada por:

- **Células endoteliales** de los capilares cerebrales, unidas por **uniones estrechas** (*tight junctions*).
- **Astrocitos**, cuyas prolongaciones envuelven los capilares y regulan el intercambio.
- Ausencia de fenestraciones, lo que limita enormemente la filtración.

→ El paso de sustancias está muy controlado:



- El agua, el **O_2** (dioxígeno u oxígeno molecular), el **CO_2** (dióxido de carbono**)** y las moléculas pequeñas liposolubles (como el alcohol o anestésicos) sí pueden atravesarla.
- La mayoría de los fármacos hidrosolubles **no pasan**, lo que explica la dificultad de tratar infecciones del SNC.
- Existen transportadores específicos para glucosa, aminoácidos y otros nutrientes esenciales.

→ La BHE no es impermeable en todo el SNC. Hay áreas donde es deliberadamente más permeable para que el cerebro pueda controlar el ambiente interno del cuerpo:

- **Hipotálamo–hipófisis:** regulación hormonal.
- **Glándula pineal:** secreción de melatonina.
- **Centro del vómito**, sensible a toxinas circulantes.

▪ La BHE representa un compromiso: máxima protección, pero con la mínima restricción necesaria para el aporte de nutrientes vitales.

→ El propósito funcional de la **barrera hematoencefálica (BHE)** se entiende mejor cuando se repasan sus funciones:

▪ **Protección frente a sustancias nocivas y patógenos**

Evita la entrada de microorganismos, toxinas o moléculas que podrían alterar el equilibrio neuronal.

▪ **Estabilidad del entorno químico**

El tejido nervioso requiere concentraciones extremadamente constantes de iones, neurotransmisores y hormonas.

Pequeñas variaciones afectarían a la excitabilidad neuronal.

▪ **Selectividad**

No se trata de una muralla: permite el paso controlado de sustancias útiles mediante transportadores específicos.

El cerebro consume el 20 % de la glucosa corporal, pero no almacena glucógeno; por tanto, depende por completo de esta selectividad.

▪ **Excepciones funcionales**

En los órganos circunventriculares (hipófisis, pineal, área postrema), la filtración es necesaria para que el SNC detecte sustancias circulantes (como hormonas o toxinas).

Por todo ello la BHE delimita un "microcosmos químico" dentro del SNC, completamente diferente de la sangre.

Como complemento a este tema, vamos a ver con relación a “memoria y aprendizaje” la **Potenciación a Largo Plazo** (o **LTP**, por sus siglas en inglés: *Long-Term Potentiation*) es, en términos sencillos, el mecanismo biológico mediante el cual nuestro cerebro "escribe" los recuerdos.

Si el cerebro fuera una red de carreteras, la LTP sería el proceso de convertir un sendero de tierra en una autopista de seis carriles gracias al uso frecuente.

Veamos cómo funciona este fenómeno fundamental de la neurociencia:

1. El concepto: "Neuronas que disparan juntas, se mantienen juntas"

La LTP es un fortalecimiento duradero de la comunicación entre dos neuronas que resulta de la estimulación sincronizada. Cuando se aprende algo nuevo, ciertas neuronas se activan repetidamente. Este proceso hace que la conexión (sinapsis) sea más eficiente: la próxima vez, se necesitará menos esfuerzo para que la señal pase de una neurona a otra.

2. ¿Cómo ocurre a nivel celular?

Para que haya memoria, debe haber un cambio físico. La LTP ocurre principalmente en el **hipocampo** (el centro de la memoria) y sigue estos pasos:

- **Liberación de Glutamato:** La neurona "emisora" libera este neurotransmisor.
- **Activación de receptores:** El glutamato llega a la neurona "receptora" y activa receptores específicos llamados **AMPA** y **NMDA**.
- **Entrada de Calcio:** Cuando la estimulación es fuerte, el receptor NMDA permite que el calcio entre en la célula. Este es el "interruptor" que inicia el cambio.
- **Fortalecimiento:** El calcio provoca que se instalen **más receptores** en la membrana. Ahora, la neurona es mucho más sensible y "escucha" mejor a su vecina.

3. ¿Por qué es importante para el recuerdo?

La LTP es la base de la **plasticidad sináptica**. Sin ella, seríamos incapaces de retener información nueva.

CARACTERÍSTICA	IMPACTO EN EL APRENDIZAJE
Persistencia	Puede durar desde horas hasta meses, permitiendo la memoria a largo plazo.
Especificidad	Solo se fortalecen las conexiones que se usan activamente (por eso recordamos lo que practicamos).
Asociatividad	Permite relacionar conceptos (si huelo café y escucho una campana al mismo tiempo, las conexiones se refuerzan juntas).

- **Un ejemplo técnico (La fórmula del cambio)**

En neurociencia, la eficiencia de la conexión sináptica (w) aumenta tras una estimulación de alta frecuencia. Si representamos la respuesta postsináptica como V, tras la LTP observamos que:

$$V_{después} > V_{antes}$$

Para un mismo estímulo de entrada.

- **Dato curioso:** Lo contrario a la LTP es la **Depresión a Largo Plazo (LTD)**. El cerebro también necesita "debilitar" conexiones que ya no usa para no saturarse de información irrelevante. Es el arte de olvidar para poder aprender.

→ Para aprovechar al máximo la **Potenciación a Largo Plazo (LTP)** y convertir la información en recuerdos sólidos, se puede aplicar estas tres estrategias basadas en la neurociencia:

1. Repetición Espaciada (El "reforzamiento" de la vía)

Como la LTP requiere una activación repetida para que los receptores NMDA y AMPA se estabilicen, no sirve de mucho estudiar 5 horas seguidas un solo día.

- **La técnica:** Repasar la información en intervalos crecientes (1 día después, luego a los 3 días, a la semana, al mes). Esto obliga a las neuronas a reactivar la conexión justo cuando la "autopista" empezaba a debilitarse, consolidándola definitivamente.

2. Recuerdo Activo (Active Recall)

En lugar de releer un texto (que es un proceso pasivo), intentar explicar el concepto de memoria sin mirar los apuntes.

- **Por qué funciona:** Al esforzarse por recordar, se genera una descarga eléctrica más intensa en la sinapsis, lo que facilita la entrada de calcio en la neurona y acelera el proceso de potenciación.

3. Aprendizaje Asociativo (Crear redes)

La LTP es **asociativa**. Es mucho más fácil recordar algo si se vincula a un conocimiento que ya se tiene (un ejemplo personal, una canción o una imagen).

- **La técnica:** Usar analogías. Por ejemplo, relacionar la LTP con "entrenar un músculo": cuanto más peso (atención) y repeticiones se le dé, más fuerte (estable) se vuelve la conexión.

Este video es muy esclarecedor:
https://www.youtube.com/watch?v=rK1H7LifwTg

⇒ ¿QUÉ ES APRENDER DESDE EL PUNTO DE VISTA FISIOLÓGICO?

Aprender es **modificar la fuerza de las conexiones entre neuronas** en respuesta a la experiencia.
Esto ocurre en las **sinapsis**, donde una neurona se comunica con otra mediante neurotransmisores.

- Si una conexión se usa mucho → se **refuerza**
- Si no se usa → se **debilita**

Este principio es la base del aprendizaje y se conoce como:

- **Plasticidad neuronal** (capacidad del cerebro para cambiar)

1. La clave: la sinapsis

¿Qué ocurre exactamente?

Cuando dos neuronas se activan de forma repetida:

1. Aumenta la liberación de neurotransmisores (como el glutamato)
2. La neurona receptora responde con mayor intensidad
3. Se forman más receptores en la membrana
4. Incluso pueden crecer nuevas conexiones físicas

Resultado: **la señal pasa más fácilmente**

2. Potenciación a largo plazo

Este es el mecanismo más importante conocido del aprendizaje.

- Consiste en un aumento duradero de la eficacia sináptica, es decir, cuanto más se usa un circuito neuronal, más fácil es activarlo en el futuro. Esto ocurre sobre todo en el **hipocampo**.

3. Tipos de memoria (visión fisiológica)

a) Memoria a corto plazo

- Dura segundos o minutos
- No implica cambios estructurales profundos
- Se basa en actividad eléctrica temporal

b) Memoria a largo plazo

- Dura horas, días o toda la vida

- Requiere:
    - Síntesis de proteínas
    - Cambios estructurales en neuronas

Aquí ya hablamos de aprendizaje consolidado

4. Consolidación de la memoria

Proceso mediante el cual la memoria pasa de inestable a estable.

- Interviene el **hipocampo**
- Posteriormente se "redistribuye" a la corteza cerebral

Durante el sueño este proceso se intensifica:

- El cerebro "repite" los patrones aprendidos

5. Estructuras implicadas

No todo el cerebro hace lo mismo:

- **Hipocampo** → formación de recuerdos nuevos
- **Corteza cerebral** → almacenamiento a largo plazo
- **Amígdala** → memoria emocional
- **Cerebelo** → aprendizaje motor (automatismos)

6. Neurotransmisores clave

- **Glutamato** → principal excitador (clave en LTP)
- **GABA** → inhibidor (equilibra el sistema)
- **Dopamina** → motivación y recompensa (aprendizaje reforzado)
- **Acetilcolina** → atención y memoria

7. Un principio fundamental (conviene no olvidarlo)

El aprendizaje sigue una ley clásica: "**Las neuronas que se activan juntas, se conectan entre sí**"

Esto explica:

- La repetición
- La práctica
- El hábito

8. Consecuencia práctica

Desde la fisiología:

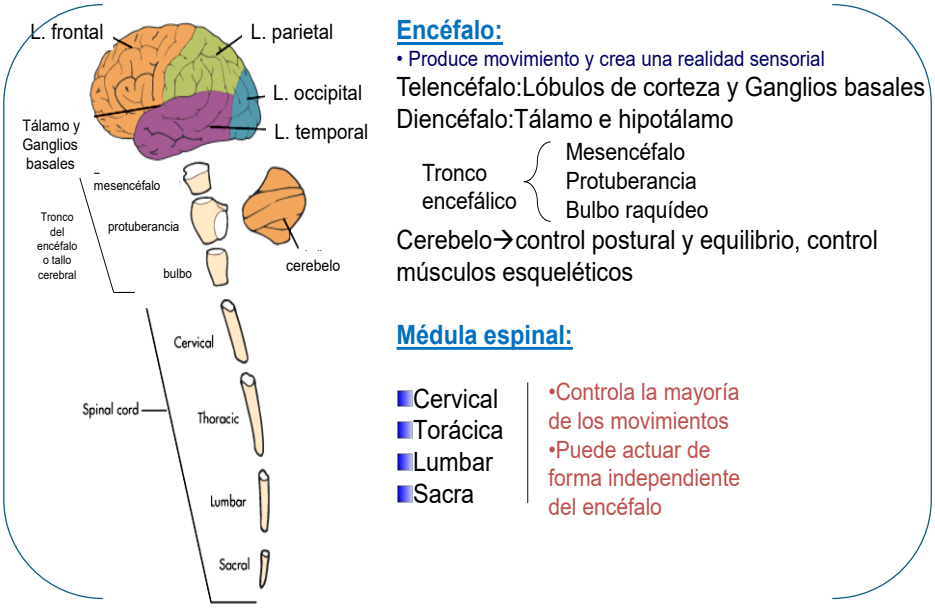
- **Aprender exige repetición**
- **El esfuerzo deja huella física en el cerebro**
- **Sin uso, se pierde**

No hay otros atajos biológicos.

⇒ SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

El sistema nervioso central está organizado como un conjunto jerarquizado de estructuras que cooperan para producir movimiento, percepción, emociones y homeostasis.

→ El encéfalo no es un bloque uniforme, sino un conjunto de divisiones altamente especializadas que funcionan como módulos que están interconectados.
Veamos cuales son:



- El **telencéfalo**, formado por la corteza cerebral y los ganglios basales, constituye la sede de las **funciones superiores**: pensamiento, lenguaje, planificación, memoria voluntaria, atención y control de la conducta. La corteza transforma señales eléctricas en experiencias conscientes: convierte la luz en visión, las vibraciones del aire en sonido y los impulsos táctiles en sensaciones complejas. Dentro del telencéfalo, los **ganglios basales** filtran y seleccionan los programas motores apropiados, garantizando que los movimientos voluntarios sean fluidos y eficientes.

- El **diencéfalo**, compuesto por **tálamo** e **hipotálamo**, desempeña tareas de coordinación crítica. El tálamo actúa como centro de distribución sensorial: casi toda la información aferente pasa por él, donde se filtra y organiza antes de llegar a la corteza. El hipotálamo, por otro lado, representa la instancia suprema de regulación homeostática. Controla la temperatura, el hambre, la sed, el sueño, el sistema endocrino y el sistema nervioso autónomo. Relaciona el estado corporal con la emoción a través de sus conexiones con el sistema límbico.

- El **mesencéfalo**, la **protuberancia** y el **bulbo raquídeo** forman el tronco encefálico, donde se integran los centros que controlan respiración, circulación, presión arterial y reflejos primarios como vómito, tos y deglución. Es la zona que mantiene la vida automáticamente.

- El **cerebelo** coordina postura, equilibrio y precisión del movimiento. Ajusta en tiempo real la ejecución motora y participa en el aprendizaje de destrezas.

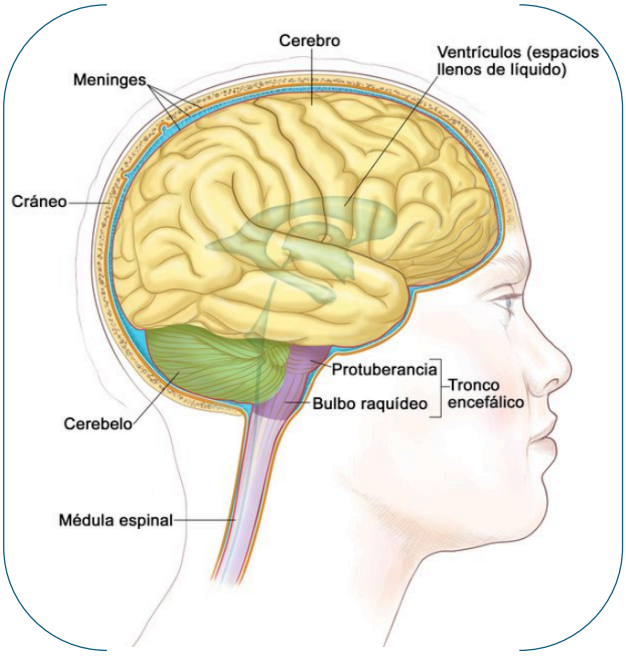
- La **médula espinal** completa el sistema central como vía de comunicación entre encéfalo y periferia, capaz de generar respuestas rápidas mediante reflejos sin intervención superior.

Es un panorama general donde cada nivel del SNC se organiza no solo anatómicamente, sino funcionalmente, constituyendo un sistema único de integración sensorial, cognitiva y motora.

⇒ EL ENCÉFALO

El encéfalo, visto desde un punto de vista global, refleja una organización sorprendentemente lógica: estructuras más profundas dedicadas a funciones vitales y automáticas, y regiones más superficiales encargadas de funciones complejas.

Esta imagen transmite una idea central: el encéfalo es un sistema verticalmente organizado, donde los niveles inferiores sostienen la vida automática y niveles superiores construyen la experiencia humana.



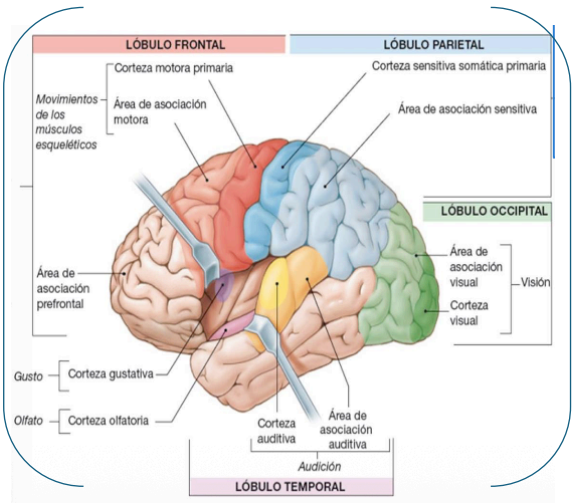
- El **tronco encefálico** —**mesencéfalo**, **protuberancia** y **bulbo raquídeo**— contiene los centros encargados de regular el latido cardíaco, la respiración, la tensión arterial y muchos reflejos esenciales. De él emergen la mayoría de los nervios craneales, que conectan directamente el encéfalo con cabeza, cuello y órganos internos. El bulbo raquídeo coordina la respiración y el ritmo cardiaco; la protuberancia participa en la transmisión de señales entre médula, cerebelo y corteza; el **mesencéfalo** regula la alerta, los reflejos visuales y auditivos.

- El **cerebelo**, situado en la base del cráneo, mantiene la postura y el equilibrio. Evalúa la posición del cuerpo en el espacio y ajusta la fuerza, el tiempo y la precisión del movimiento. Sus lesiones producen movimientos descoordinados, dificultad para mantener el equilibrio y alteraciones en la marcha.

- El **telencéfalo** se sitúa por encima del tronco, sede de las funciones más sofisticadas: percepción consciente, decisiones voluntarias, pensamiento simbólico, lenguaje, imaginación y regulación social de la conducta. Su arquitectura por lóbulos potencia la especialización: el lóbulo frontal domina la planificación y el control motor, el parietal integra la sensibilidad somática, el occipital procesa la visión, el temporal gestiona la audición y aspectos críticos de la memoria y emoción.

⇒ LA CORTEZA CEREBRAL

La corteza es el "teclado" de las funciones superiores. Aunque con apariencia uniforme, está dividida en regiones con tareas concretas gracias a una organización funcional extraordinariamente precisa.



- Las **áreas sensitivas** reciben la información procedente de los sentidos y la transforman en percepción consciente. El tacto, por ejemplo, no es la simple activación de un receptor: es una construcción cortical que identifica textura, presión, temperatura y localización espacial. La visión tampoco existe hasta que la corteza occipital interpreta las señales eléctricas provenientes de la retina.

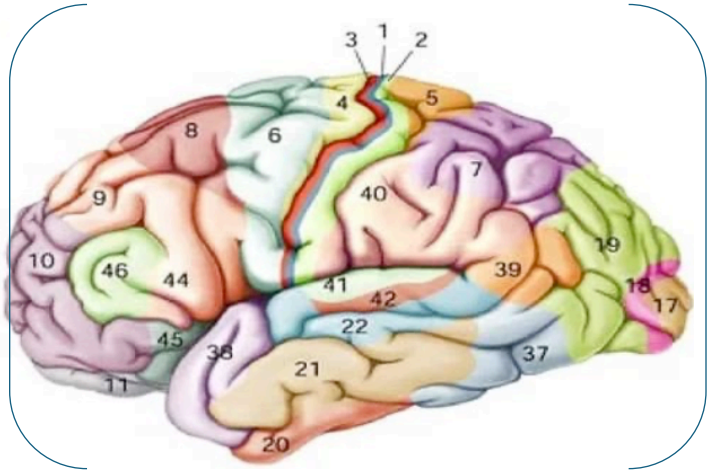
- Las **áreas motoras** elaboran los comandos que permiten los movimientos voluntarios. La corteza motora primaria activa directamente a las motoneuronas espinales; la corteza premotora y suplementaria planifican la secuencia del movimiento, anticipan la postura necesaria y organizan la acción.

- Las **áreas asociativas** constituyen la red más sofisticada: integran información de múltiples sentidos, la comparan con la memoria, la filtran según el contexto emocional y producen decisiones voluntarias. Son fundamentales para el razonamiento, la inteligencia práctica, el pensamiento abstracto, el lenguaje y la orientación espacial.

→ Esta división funcional no implica aislamiento. La corteza está intensamente interconectada, lo que convierte cada operación mental en un trabajo colectivo entre áreas especializadas.

⇒ LAS ÁREAS DE BRODMANN

- A principios del siglo XX, el neurocientífico alemán **Korbinian Brodmann** realizó una clasificación del cerebro humano que aún hoy sigue siendo esencial en el campo de la neurociencia. A través de estudios detallados de la corteza cerebral, Brodmann identificó 52 áreas, cada una asociada con funciones específicas. Este mapa, conocido como "las áreas de Brodmann," se creó observando diferencias microscópicas en las células del cerebro, y hoy sigue siendo la referencia clave para entender cómo funcionan distintos procesos como el lenguaje, la visión y el movimiento.



- Cada una de las áreas de Brodmann tiene un papel en el funcionamiento cerebral. Por ejemplo, las áreas 1, 2 y 3 están relacionadas con el procesamiento de la información sensorial; el área 17 se encarga de la visión, y el área 44, ubicada en el lóbulo frontal, es esencial para el lenguaje y se asocia con el **área de Broca**[5]. Este nivel de especificidad permite a los investigadores y médicos entender cómo se distribuyen las funciones cognitivas y sensoriales en el cerebro, facilitando el diagnóstico y tratamiento de trastornos neurológicos.

- Todo esto supone un impacto directo en la medicina y la neurocirugía, ya que el conocimiento de estas áreas no solo aporta a la comprensión teórica del cerebro, sino que también son útiles en la práctica médica. Al conocer qué áreas se activan en función de ciertas tareas, los neurocirujanos pueden planificar cirugías con mayor precisión para evitar daños en áreas cruciales para el habla, la memoria o el movimiento. Además, en enfermedades como el Alzheimer o el Parkinson, se pueden identificar áreas específicas afectadas, ayudando a mejorar los enfoques terapéuticos.

- Antes de Brodmann, el cerebro se veía como una masa uniforme de células. Sin embargo, su clasificación mostró que cada región cerebral tiene una estructura celular única, lo que influye en su función. Esta diferenciación ha sido la base para otros estudios sobre cómo ciertas áreas pueden modificar sus funciones en casos de lesión, un fenómeno conocido como plasticidad cerebral. Así, el trabajo de Brodmann no solo reveló cómo el cerebro está organizado, sino también cómo se adapta a distintas circunstancias.

- Aunque las áreas siguen siendo el marco de referencia para entender la corteza cerebral, los avances en neurociencia han permitido seguir explorando estos territorios con una precisión que él ni siquiera pudo imaginar. Hoy en día, las técnicas de neuroimagen permiten observar el cerebro en tiempo real y en alta resolución, refinando los hallazgos de Brodmann y permitiendo a los científicos conocer más sobre las conexiones entre distintas áreas. Su legado sigue vigente y continúa siendo fundamental en el avance de la neurociencia moderna.

[5] El Área de Broca es una región del lóbulo frontal del cerebro, principalmente en el hemisferio izquierdo, crucial para la producción y articulación del lenguaje hablado y escrito.

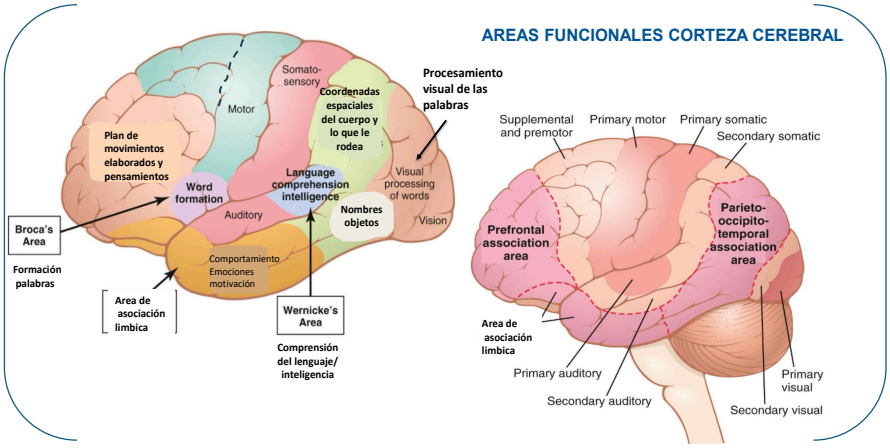
⇒ ÁREAS FUNCIONALES DE LA CORTEZA CEREBRAL

- Las **funciones superiores** —lenguaje, memoria, emoción, razonamiento, planificación motora— se apoya en redes distribuidas por varias áreas corticales. La capacidad humana de articular palabras implica la coordinación precisa entre corteza motora, áreas asociativas del lóbulo frontal, área de Broca y regiones temporales que gestionan la comprensión.

- El **área límbica** de asociación integra emociones, motivación y memoria autobiográfica, permitiendo que las decisiones no sean meras respuestas motoras, sino elecciones con valor personal y afectivo.

- Otras regiones permiten nombrar objetos, reconocerlos, imaginar trayectorias de movimiento o interpretar el lenguaje escrito.

→ El concepto fundamental es que la corteza no funciona por "departamentos", sino por circuitos interdependientes que transforman la percepción en acción o pensamiento.



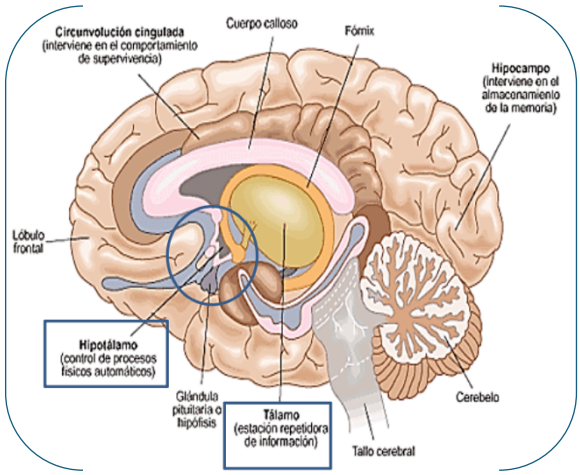
⇒ DIENCÉFALO - CENTROS PARA EL CONTROL DE LA HOMEOSTASIS

- El **diencéfalo** es una región central y vital del cerebro, situada entre los **hemisferios cerebrales** y el **tronco encefálico**, que actúa como un centro crucial de procesamiento sensorial, control autónomo y endocrino.

No solo distribuye información: da coherencia al estado corporal, emocional y conductual en cada momento del día. Está compuesto principalmente por el **tálamo**, **hipotálamo**, **epitálamo** y **subtálamo**, integrando información sensorial y regulando funciones corporales esenciales como la homeostasis, el sueño, el apetito y las emociones, conectando el cerebro con el resto del sistema nervioso. El tálamo y el hipotálamo son los centros decisivos para la vida consciente y la homeostasis.

- El **tálamo** recibe información visual, auditiva, somática y visceral, y actúa como un director de orquesta que decide qué señales deben llegar a la corteza y cuáles deben ser atenuadas. Si toda la información sensorial llegara a la conciencia sin filtro, la experiencia sería caótica. El tálamo evita esa sobrecarga organizando la entrada sensorial como un flujo comprensible.
- El **hipotálamo** dirige los comportamientos fundamentales para la supervivencia: comer, beber, regular la temperatura, mantener el equilibrio hídrico y controlar la secreción hormonal.

Su conexión con la hipófisis lo convierte en el "jefe" del sistema endocrino. Su comunicación con el sistema límbico explica por qué emociones intensas pueden alterar ritmo cardiaco, respiración o digestión.



- **Epitálamo:** Incluye la glándula pineal, que regula ritmos circadianos mediante la secreción de melatonina.
- **Subtálamo:** Participa en la modulación del control motor y tiene conexiones importantes con los ganglios basales.

⇒ TRASTORNOS RELACIONADOS CON EL DIENCÉFALO

Estas son algunas de las enfermedades asociadas a disfunciones del diencéfalo:

- **Insomnio y trastornos del sueño**: Alteraciones en el epitálamo y la producción de melatonina pueden interrumpir los ritmos circadianos.
- **Hipertermia o hipotermia**: Disfunciones en el hipotálamo pueden afectar la regulación de la temperatura corporal.
- **Hipopituitarismo**: Una lesión en el hipotálamo puede interferir con la secreción hormonal de la hipófisis.
- **Movimientos anormales**: Lesiones en el subtálamo pueden provocar temblores o distonías.

⇒ EFERENCIAS DEL TÁLAMO

→ **El tálamo como centro de distribución sensorial y motor:**

El tálamo funciona como un **nodo central** donde convergen casi todas las vías sensitivas del cuerpo. No es un simple "puente", sino un **procesador activo** que decide el destino de cada señal. La información que llega es reorganizada, filtrada y enviada a la región cortical correspondiente.

→ **Principio funcional**

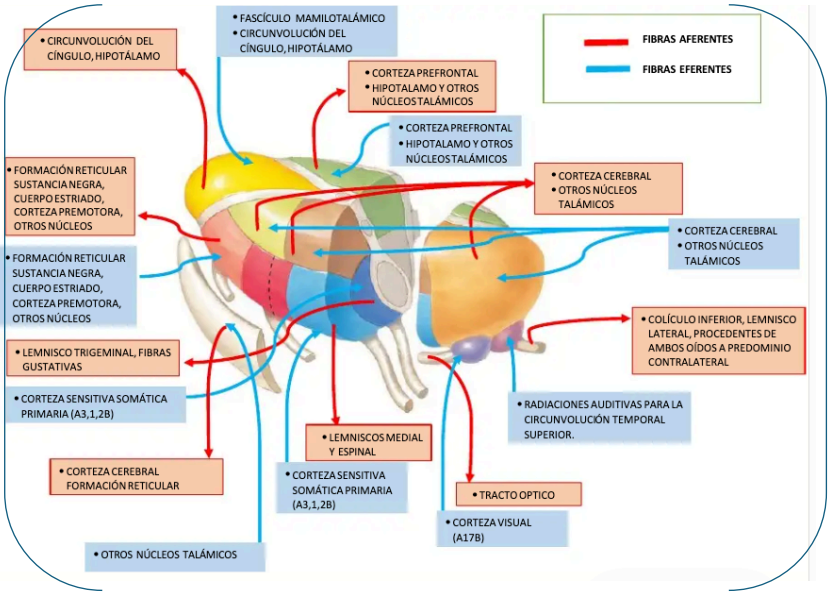
- **Todo estímulo sensorial relevante** (excepto el olfatorio) pasa por el tálamo.
- Cada modalidad (tacto, visión, audición, propiocepción, dolor…) tiene **su propio núcleo talámico**.
- La señal se **clasifica, modula y prioriza** antes de viajar a la corteza.

→ **Organización de las proyecciones talámicas**

El tálamo mantiene **conexiones recíprocas** con la corteza:

la corteza envía órdenes hacia el tálamo y el tálamo ajusta la información que retorna.

Este "diálogo" permite que el cerebro regule la atención, el nivel de alerta y la interpretación del entorno.



→ **Distribución típica de sus eferencias**

- **Lóbulos sensoriales** (primarios y asociativos): reciben información procesada del cuerpo y del mundo externo.
- **Corteza motora y premotora**: reciben información procedente de cerebelo y ganglios basales, permitiendo ajustar la planificación del movimiento.
- **Regiones límbicas**: reciben señales emocionales, motivacionales y de memoria.

→ **Control de la atención y la relevancia del estímulo**

El tálamo actúa como un **filtro dinámico**.

En situaciones de estrés o peligro, por ejemplo, potencia las aferencias visuales y auditivas mientras reduce otras menos urgentes.

Cuando el organismo está en reposo, prioriza señales internas (digestión, sensaciones viscerales) y modula la transición hacia el sueño.

→ **Funciones clave**

- **Seleccionar lo importante** y suprimir lo irrelevante.
- **Sincronizar** la corteza para facilitar la percepción consciente.
- **Colaborar con el cerebro motor** para coordinar el inicio y ajuste de movimientos voluntarios.

→ **Relación con el movimiento**

El tálamo no solo transmite información sensorial:

también recibe señales del **cerebelo** y de los **ganglios basales**, integrándolas y enviándolas a la corteza motora.

Esto permite que postura, equilibrio, movimientos finos y fuerza se ajusten antes de ejecutarse.

En resumen: el tálamo no es una estación de paso, sino un centro regulador que construye el flujo de información sensorial y motora de acuerdo con las necesidades del organismo.

⇒ HIPOTÁLAMO

→ **Centro supremo de la homeostasis**

El **hipotálamo** es el **órgano regulador por excelencia** del medio interno. Supervisa constantemente la temperatura corporal, la osmolaridad, el equilibrio energético, la actividad hormonal y las respuestas emocionales básicas.

→ **Regulación neuroendocrina**

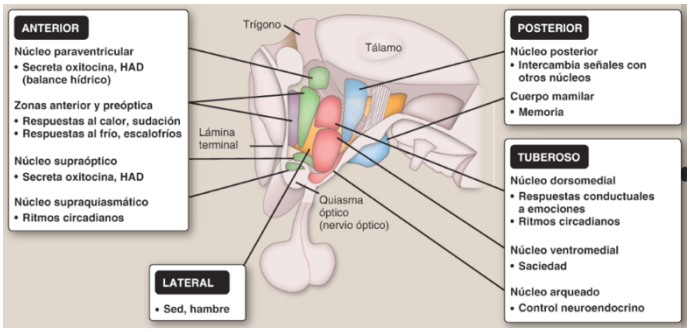
Controla la **hipófisis**, liberando hormonas que regulan tiroides, glándulas suprarrenales, gónadas, crecimiento, lactancia, metabolismo de agua y muchos otros procesos.

Esta relación crea el **eje hipotálamo–hipófisis**, la estructura hormonal más poderosa del organismo.

→ **Control del Sistema Nervioso Autónomo (SNA)**

El **hipotálamo** modula la actividad:

- **Simpática** (lucha o huida).
- **Parasimpática** (reposo y digestión).



Coordina respuestas como:

- aumento del pulso,
- cambios en la presión arterial,
- sudoración,
- regulación del apetito y saciedad,
- ajuste térmico (escalofrío, vasoconstricción, vasodilatación).

→ **Integración con el sistema límbico**

A través de conexiones con la amígdala y el hipocampo, confiere un **significado emocional** a las funciones corporales.

Por eso, estados emocionales intensos pueden causar:

- taquicardia,
- náuseas,
- sequedad bucal,
- temblores,
- aumento de la presión arterial.

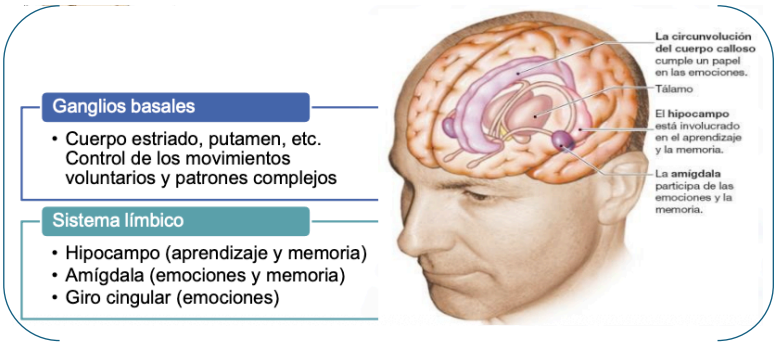
Por todo ello, podemos decir que el hipotálamo es donde **el cuerpo y la emoción se encuentran**.

⇒ GANGLIOS BASALES Y SISTEMA LÍMBICO

→ **Ganglios basales: arquitectos del movimiento voluntario**

El cuerpo estriado, putamen y globo pálido forman un sistema crucial para:

- iniciar movimientos voluntarios,
- modular su intensidad,
- ordenar su secuencia,
- suprimir movimientos inútiles o interferentes,
- ejecutar patrones motores aprendidos (escritura, hablar, tocar un instrumento).



Funcionan como un **filtro inteligente**:

- la vía directa facilita el movimiento; la vía indirecta lo inhibe.
- El equilibrio entre ambas determina la fluidez motora.

→ **Relación con enfermedades**

- Falta de dopamina (Parkinson): movimiento lento, rígido, tembloroso.
- Muerte de neuronas inhibitorias (Huntington): movimientos involuntarios, corea, alteración cognitiva y emocional.

→ **Sistema límbico: emoción, motivación y memoria**

Incluye:

- **Hipocampo** → memoria declarativa, orientación espacial.
- **Amígdala** → miedo, agresión, memoria emocional.
- **Giro cingular** → integración emocional, motivación, toma de decisiones.

→ Su función es dotar de **significado afectivo** a lo que percibimos y hacemos. Conecta con los ganglios basales, modulando la conducta según el estado emocional.

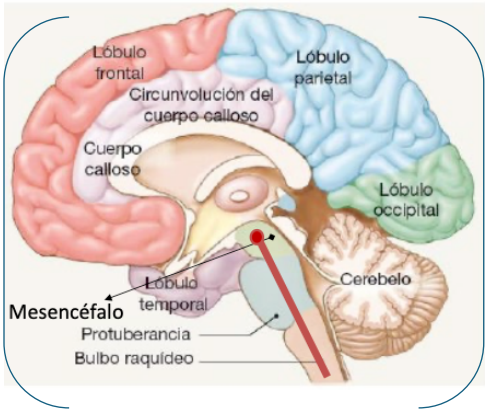
⇒ FORMACIÓN RETICULAR

→ **Red neuronal esencial para la vida**

La formación reticular, extendida por **mesencéfalo**, **protuberancia** y **bulbo raquídeo**, controla funciones automáticas sin las cuales no existiría la vida consciente.

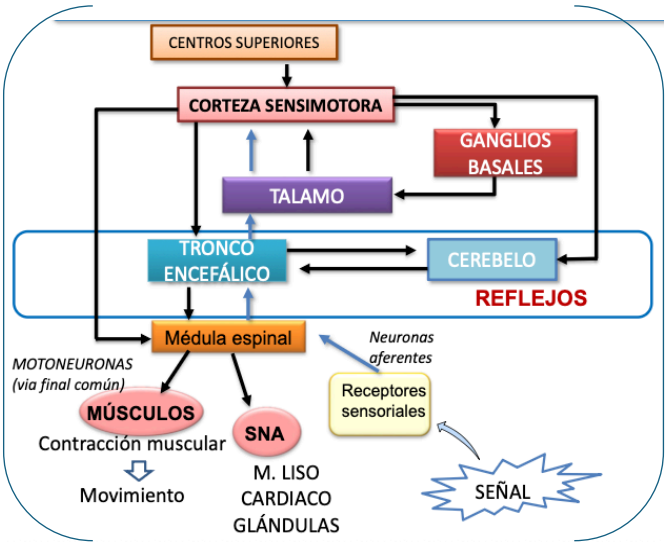
→ **Funciones principales**

- **Regulación del sueño y la vigilia**: determina el nivel de alerta, atención y conciencia.
- **Tono muscular**: ajusta la postura incluso sin darnos cuenta.
- **Coordinación respiratoria**: sincroniza ritmo e intensidad respiratoria.
- **Control cardiovascular**: regula la presión arterial y la frecuencia cardiaca.
- **Modulación del dolor**: permite que estímulos dolorosos sean amplificados o atenuados según necesidad (ej. estrés intenso → disminuye percepción del dolor).



→ Es un sistema continuo que mantiene el equilibrio entre vigilancia y reposo, seguridad y descanso.

⇒ INTEGRACIÓN SENSORIAL Y PROGRAMA MOTOR



→ **Del estímulo a la acción**

El sistema nervioso transforma la información sensorial (vista, tacto, posición corporal, equilibrio) en movimientos precisos y coordinados.

→ **Elementos que participan**

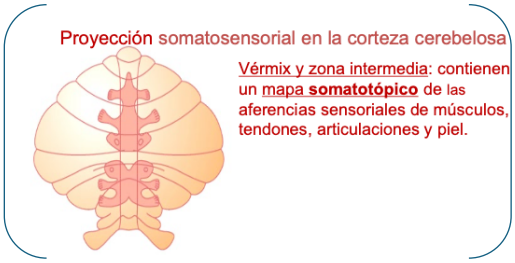
- **Corteza sensimotora**: recibe la información sensorial y planifica la acción.
- **Tálamo**: distribuye los estímulos y sincroniza los centros motores.
- **Tronco encefálico**: ajusta reflejos posturales, respiratorios y cardiovasculares.
- **Cerebelo**: corrige y afina el movimiento en tiempo real.
- **Ganglios basales**: seleccionan el programa motor adecuado.
- **Médula espinal**: envía la orden final a los músculos mediante las motoneuronas.

→ La integración sensorial garantiza que cada movimiento sea **coherente con la postura, el equilibrio y el entorno**.

⇒ MAPA SOMATOTÓPICO CEREBELOSO

→ **El cerebelo como cartógrafo del cuerpo**

El cerebelo contiene representaciones somatotópicas: mapas que reflejan la posición de músculos, tendones y articulaciones.



→ En el **vermis** y la **zona intermedia**, existen áreas que reciben información sobre:

- posición de las extremidades,
- tensión muscular,
- velocidad del movimiento,
- estado de la piel y articulaciones.

→ Estas regiones permiten ajustar en tiempo real la coordinación, corrigiendo la trayectoria o intensidad del movimiento antes de que se produzca el error.

⇒ FUNCIONES DEL CEREBELO

→ **Coordinador maestro del movimiento**

El cerebelo combina información sensorial y motora para producir un movimiento fluido, estable y preciso.

→ **Funciones motoras**

- Mantener **postura y equilibrio**.
- Coordinar la **secuencia y rapidez** de movimientos voluntarios.
- Anticipar el movimiento siguiente para que la transición sea suave.
- Detectar errores y corregirlos al instante, evitando trastornos como temblores o descoordinación.

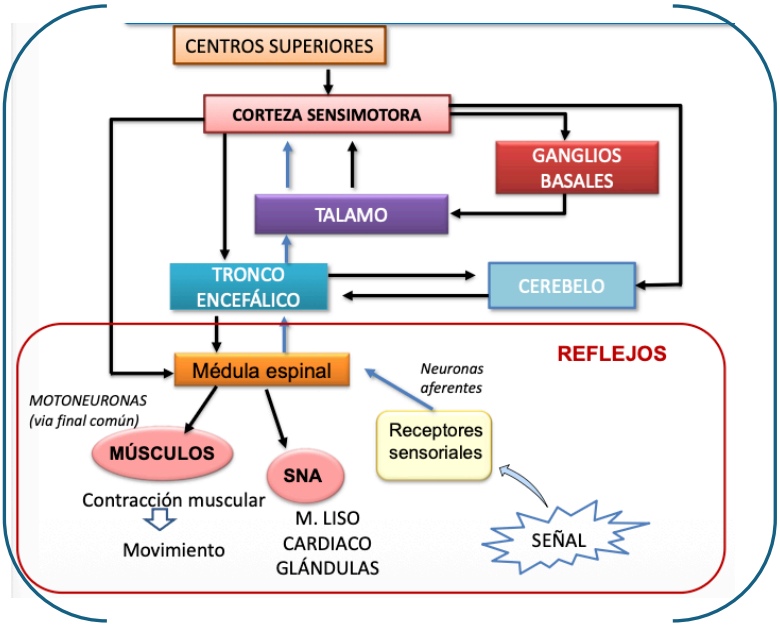
→ **Funciones no motoras**

- Participar en el aprendizaje de destrezas motoras (como montar en bicicleta o escribir).
- Contribuir al lenguaje, la memoria procedimental y ciertos aspectos del pensamiento.

→ Su participación es silenciosa pero decisiva: cuando el cerebelo falla, el movimiento pierde armonía.

⇒ INTEGRACIÓN SENSORIAL Y PROGRAMA MOTOR

→ Del estímulo a la acción: una cadena continua



- El sistema nervioso no funciona por compartimentos aislados, sino como una **cadena funcional continua** que transforma la información sensorial en acción motora. Esta diapositiva representa ese proceso completo, desde la entrada sensorial hasta la contracción muscular o la respuesta visceral.

- Todo comienza en los **receptores sensoriales**, que detectan cambios físicos o químicos del entorno externo (luz, sonido, presión, temperatura) y del entorno interno (estiramiento muscular, presión arterial, composición química de la sangre). Estas señales ascienden por las **vías aferentes** hacia el sistema nervioso central.

→ Centros que participan en la integración

La información no va directamente a producir movimiento. Antes pasa por varios niveles:

- **Corteza sensorial**: convierte la señal nerviosa en percepción consciente. Aquí "sabemos" qué está ocurriendo.
- **Tálamo**: actúa como distribuidor y modulador, decidiendo qué información es relevante.
- **Ganglios basales**: seleccionan el programa motor adecuado y bloquean otros movimientos competidores.
- **Cerebelo**: compara el movimiento planificado con el movimiento real y corrige errores.
- **Tronco encefálico**: ajusta el tono postural y los reflejos automáticos.
- **Médula espinal**: ejecuta la orden final a través de las motoneuronas, que son la **vía final común**.

→ Resultado funcional:

El movimiento que finalmente se produce **no es una simple contracción muscular**, sino una respuesta integrada que tiene en cuenta:

- la posición del cuerpo,
- el equilibrio,
- la intención,
- el contexto emocional,
- y el estado fisiológico general.

→ Por eso caminar, escribir o coger un vaso parecen actos simples, pero son el resultado de una integración neuronal extremadamente compleja.

⇒ PRIMER CENTRO DE INTEGRACIÓN NEURAL: MÉDULA ESPINAL



→ **Más que un cable de transmisión**

La médula espinal no es solo un conducto por el que pasan señales. Es un **centro activo de integración**, capaz de analizar información y generar respuestas sin necesidad de intervención consciente del encéfalo.

→ **Sustancia blanca y sustancia gris**

- La **sustancia blanca** contiene los **tractos ascendentes** (sensitivos) y **descendentes** (motores), que conectan la médula con el encéfalo.
- La **sustancia gris** alberga los cuerpos neuronales y es el lugar donde se integran **potenciales postsinápticos excitadores (PPSE)** e **inhibidores (PPSI)**.

- En la **sustancia gris** se decide si una señal sensorial debe:
  - generar un reflejo inmediato,
  - modular el tono muscular,
  - o enviarse al encéfalo para una respuesta más elaborada.

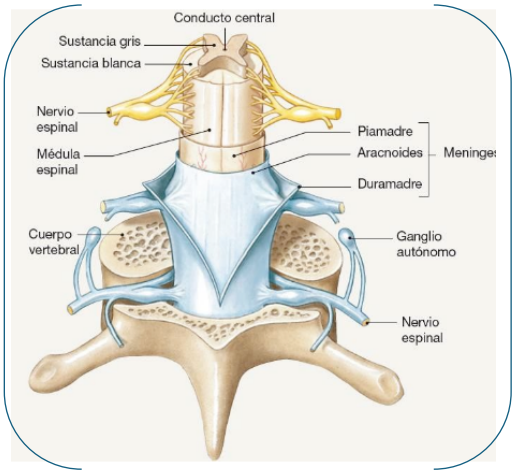
→ **Función esencial**

Gracias a la médula espinal, el organismo puede responder **rápidamente** a estímulos potencialmente peligrosos (por ejemplo, retirar la mano del fuego) sin esperar a la intervención consciente del cerebro. Esto es clave para la supervivencia.

⇒ PROTECCIÓN Y ESTRUCTURA DE LA MÉDULA ESPINAL

→ **Protección mecánica**

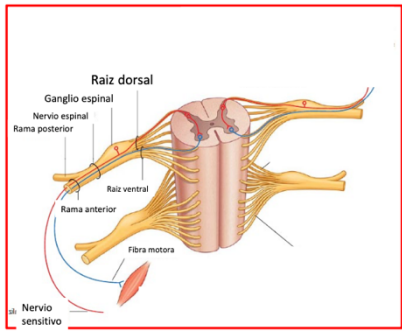
La médula espinal está alojada en el **canal vertebral**, protegida por las vértebras y las meninges. Esta protección es vital, ya que una lesión medular puede interrumpir la comunicación entre el encéfalo y el resto del cuerpo.



→ **Nervios raquídeos**

De la médula emergen los **nervios espinales**, que salen entre las vértebras y conectan cada segmento medular con regiones específicas del cuerpo. Esta organización segmentaria explica por qué una lesión en un nivel concreto produce déficits sensoriales o motores en zonas bien definidas.

⇒ RAÍCES DORSAL Y VENTRAL



→ **Separación funcional clara**

Cada nervio espinal se forma por la unión de dos raíces con funciones distintas:

- **Raíz dorsal (posterior)**: conduce información sensorial hacia la médula. Contiene el **ganglio espinal**, donde se localizan los cuerpos de las neuronas sensitivas.
- **Raíz ventral (anterior)**: conduce órdenes motoras desde la médula hacia los músculos y glándulas.

→ **Nervio espinal mixto**

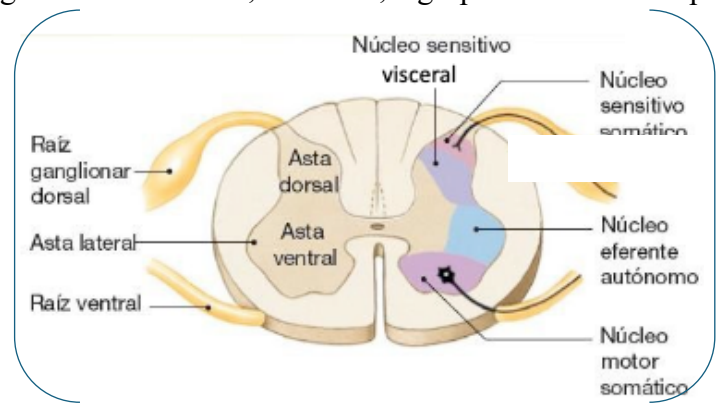
Al unirse ambas raíces se forma un nervio mixto, capaz de llevar información en ambos sentidos. Esta separación anatómica refleja una regla básica del sistema nervioso: **la entrada sensorial y salida motora están siempre diferenciadas**.

⇒ SUSTANCIA GRIS MEDULAR: NÚCLEOS SENSITIVOS Y MOTORES

→ Organización interna

La sustancia gris de la médula se organiza en **núcleos**, es decir, agrupaciones de cuerpos neuronales con función común:

- **Núcleos sensitivos**: reciben información procedente de los receptores.
- **Núcleos motores**: contienen las motoneuronas que inervan los músculos.
- **Interneuronas**: conectan ambos sistemas y permiten la integración local.



→ Importancia funcional:

Gracias a esta organización, la médula puede:

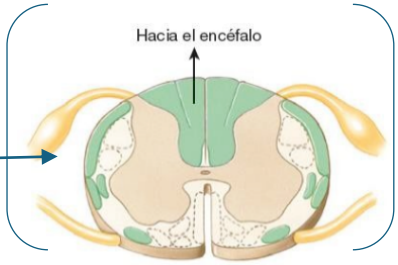
- modular la intensidad de la respuesta,
- coordinar músculos antagonistas,
- y generar patrones reflejos complejos.

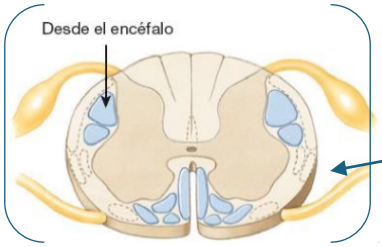
⇒ FUNCIONES DE LA MÉDULA: TRACTOS ASCENDENTES Y DESCENDENTES

→ Comunicación bidireccional

La médula espinal es una autopista de doble sentido:

- Los **tractos ascendentes** llevan información sensorial hacia el encéfalo (tacto, dolor, propiocepción).





- Los **tractos descendentes** transmiten órdenes motoras desde la corteza y otros centros hacia las motoneuronas.

→ Integración con centros superiores

El encéfalo no actúa directamente sobre los músculos: lo hace a través de la médula. Por eso, una lesión medular puede anular la movilidad voluntaria, aunque el cerebro esté intacto.

⇒ VÍAS DE CONDUCCIÓN

→ La médula como eje de comunicación

La médula espinal cumple una función esencial: **comunicar el encéfalo con el resto del cuerpo en ambos sentidos**.

No actúa de forma pasiva; organiza y dirige el tráfico de información nerviosa mediante **vías especializadas**, llamadas **tractos**.

Estas vías permiten que:

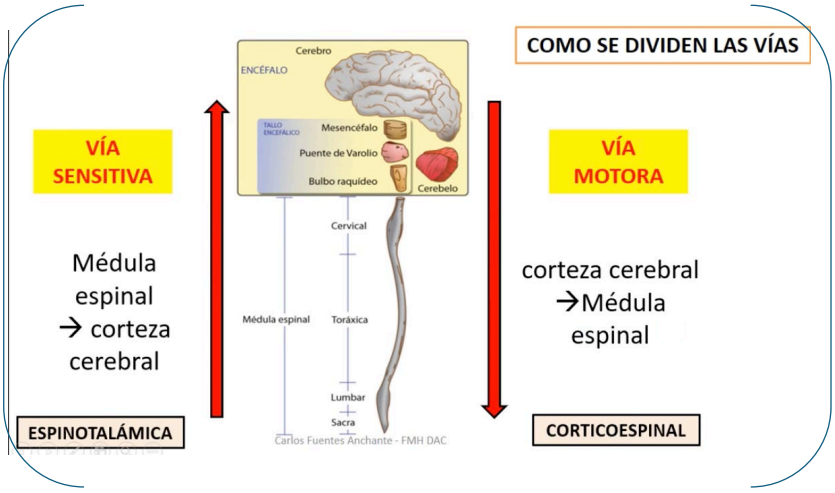
- la información sensorial llegue al cerebro,
- las órdenes motoras alcancen músculos y glándulas,
- y ambas cosas ocurran de forma simultánea y coordinada.

→ Tractos ascendentes: información sensitiva

Los **tractos ascendentes** transportan impulsos nerviosos **desde la periferia hacia el encéfalo**.
Conducen información procedente de receptores de la piel, músculos, articulaciones y vísceras.

Entre las modalidades que ascienden se encuentran:

- tacto fino y grosero,
- presión,
- dolor,
- temperatura,
- propiocepción (posición y movimiento del cuerpo).



Esta información no sube "en bruto".

A medida que asciende, va siendo:

- reorganizada,
- integrada,
- y dirigida a núcleos concretos del tronco encefálico y del tálamo.

El objetivo final es que llegue a la **corteza sensorial**, donde se convierte en percepción consciente.

→ **Tractos descendentes: órdenes motoras**

Los **tractos descendentes** conducen impulsos **desde el encéfalo hacia la médula**.

Son la vía por la que el cerebro ejerce control sobre el movimiento y la postura.

Transportan:

- órdenes voluntarias procedentes de la corteza motora,
- ajustes posturales automáticos,
- modulaciones del tono muscular.

Estas señales no suelen actuar directamente sobre el músculo.

Primero llegan a las **motoneuronas medulares**, que integran:

- la orden descendente,
- la información sensorial local,
- y la actividad refleja.

Solo entonces se genera la respuesta motora final.

→ **Coordinación entre ambas vías**

Una idea clave de esta diapositiva es que **las vías ascendentes y descendentes funcionan simultáneamente**.

Mientras el cerebro envía una orden motora, al mismo tiempo recibe información sensorial que le permite:

- comprobar si el movimiento se está ejecutando correctamente,
- corregir errores en tiempo real,
- ajustar fuerza, velocidad y precisión.

Este circuito continuo explica por qué el movimiento humano es adaptable y preciso, y no un simple "orden y ejecución".

→ **Importancia clínica**

El concepto de vías ascendentes y descendentes permite entender muchas patologías neurológicas:

- Si se lesionan **tractos ascendentes** → pérdida de sensibilidad, dolor o propiocepción.
- Si se lesionan **tractos descendentes** → parálisis, debilidad o alteraciones del tono muscular.
- Si la lesión es medular → se interrumpe la comunicación entre encéfalo y cuerpo, aunque ambos estén intactos.

Por eso, la médula espinal es **mucho más que un cable**:
es un **centro organizador del flujo nervioso** entre cerebro y periferia.

⇒ ARCO REFLEJO. LA MÉDULA ESPINAL COMO PRIMER CENTRO DE INTEGRACIÓN NEURAL

→ Qué es un arco reflejo

Un **arco reflejo** es el circuito nervioso más simple capaz de producir una respuesta. Permite que el organismo reaccione **de forma rápida y automática** ante un estímulo, sin que intervenga la corteza cerebral en el inicio de la respuesta.

Aquí aparece una idea fundamental:
👉 **la médula espinal puede integrar información y decidir**, no es solo una vía de paso.

→ Elementos que componen el arco reflejo

En la diapositiva se indica claramente que se trata de un **arco de tres neuronas**:

1. **Neurona aferente (sensitiva)**

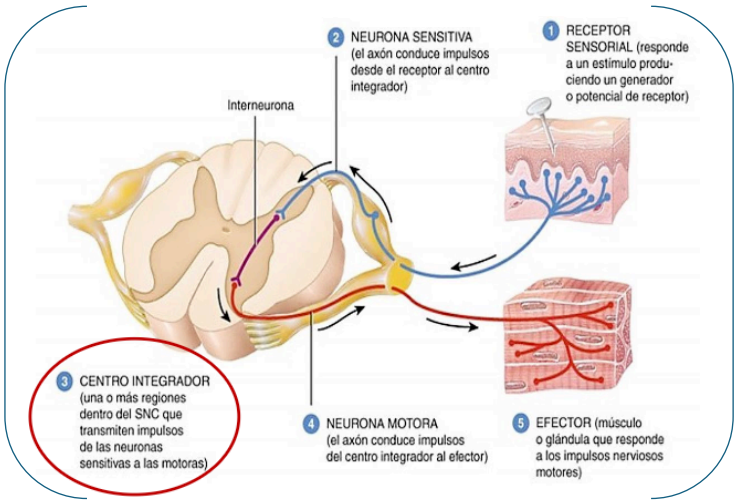
Recoge la información del receptor (dolor, estiramiento, presión) y la introduce en la médula por la **raíz dorsal**.

2. **Interneurona**

Se localiza en la **sustancia gris medular**. Su función es integrar la señal sensitiva y decidir la respuesta adecuada.
Puede excitar o inhibir distintas motoneuronas.

3. **Neurona eferente (motora)**

Sale de la médula por la **raíz ventral** y lleva la orden al músculo o glándula efectora.



→ Por qué es tan importante este mecanismo

El arco reflejo permite:

- **respuestas muy rápidas**,
- **protección frente a daños**,
- **descarga de trabajo del encéfalo**,
- y **mantenimiento de funciones básicas** incluso si los centros superiores están ocupados o dañados.

Ejemplo típico: retirar la mano del fuego **antes** de ser conscientes del dolor.

→ Relación con los centros superiores

Aunque el reflejo se inicia y se completa en la médula:

- la información **sí asciende después al encéfalo**,
- permitiendo percepción consciente, aprendizaje y modulación futura del reflejo.

Esto explica por qué los reflejos pueden **modificarse con la experiencia**, aunque su base sea automática.

⇒ EL ARCO REFLEJO DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DEL SNC

→ El reflejo como forma básica de integración nerviosa

El arco reflejo se sitúa **dentro del conjunto funcional del sistema nervioso**, no como un fenómeno aislado. La idea clave es entender que el reflejo **no es una excepción**, sino **la forma más simple del mismo principio que rige toda la actividad nerviosa**: detectar → integrar → responder.

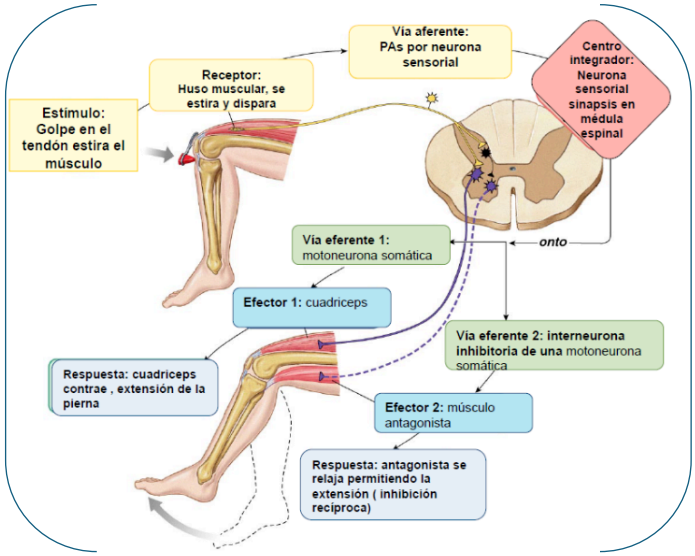
El reflejo representa el **primer nivel jerárquico** de integración neural. A partir de él, los niveles superiores (tronco encefálico, cerebelo, ganglios basales, corteza) añaden complejidad, modulación y conciencia, pero **no sustituyen** este mecanismo básico.

→ Reflejo y rapidez de respuesta

La gran ventaja funcional del reflejo es la **velocidad**.

Al integrarse en la médula espinal:

- se evita el tiempo de conducción hasta la corteza,
- se reduce el número de sinapsis necesarias,
- se produce una respuesta casi inmediata.



Desde el punto de vista fisiológico, esto supone una **ventaja evolutiva decisiva**, especialmente en situaciones de riesgo físico.

→ Reflejos y control del tono muscular

Muchos reflejos no producen movimientos visibles, sino que regulan de forma continua el **tono muscular**.

Esto nos permite mantener sin que seamos conscientes de ello:

- la postura erguida,
- el equilibrio,
- la estabilidad articular,

Aquí aparece un concepto importante:

👉 **gran parte de nuestra actividad motora cotidiana es refleja**, aunque la percibamos como voluntaria.

→ Modulación por centros superiores

Aunque el reflejo se integra en la médula, **no está aislado del encéfalo**.

Las vías descendentes pueden:

- **facilitar** un reflejo,
- **inhibirlo**,
- o bien, **modificar su intensidad**.

Por ejemplo:

- un reflejo puede disminuir con la costumbre,
- o amplificarse en situaciones de alerta o ansiedad.

Esto demuestra que el sistema nervioso funciona como una **red integrada**, no como niveles cerrados.

→ La idea central:

El arco reflejo es:

- el **modelo funcional básico** del sistema nervioso,

- el **primer escalón de integración**,
- y la **base sobre la que se construyen** los mecanismos más complejos de control motor y visceral.

⇒ REFLEJO FLEXOR O DE RETIRADA (REFLEJO POLISINÁPTICO)

→ Un reflejo diseñado para proteger

El **reflejo flexor o de retirada** es un ejemplo clásico de **reflejo polisináptico**, es decir, un reflejo en el que **intervienen varias interneuronas** además de la neurona sensitiva y la motora. Su finalidad es clara: **alejar rápidamente una parte del cuerpo de un estímulo potencialmente dañino**, como una quemadura o un objeto punzante.

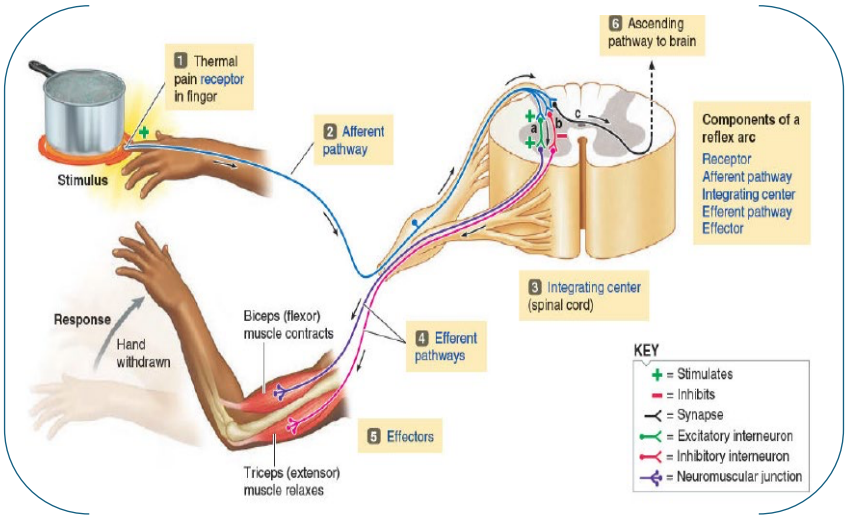
A diferencia de los reflejos simples (monosinápticos), aquí la respuesta no es puntual ni limitada a un solo músculo, sino **coordinada y compleja**.

→ Entrada sensorial: activación de nociceptores

El reflejo se inicia cuando los **nociceptores** de la piel detectan un estímulo doloroso intenso.

La neurona sensitiva conduce esta información a la médula espinal a través de la **raíz dorsal**.

La señal entra en la **sustancia gris**, donde no activa directamente a una única motoneurona, sino que se distribuye a múltiples interneuronas.



→ Integración medular compleja

Las **interneuronas** desempeñan aquí un papel central:

- **Excitan** a las motoneuronas que inervan los **músculos flexores** del miembro afectado.
- **Inhiben** simultáneamente a las motoneuronas de los **músculos extensores** del mismo miembro.

Este mecanismo se llama **inhibición recíproca** y es fundamental para que el movimiento sea eficaz: no tendría sentido contraer flexores y extensores al mismo tiempo.

→ Respuesta motora coordinada

Como resultado de esta integración:

- el miembro se **flexiona rápidamente**,
- se **retira del estímulo nocivo**,
- la respuesta se produce **antes de que exista percepción consciente del dolor**.

Después, la información asciende al encéfalo, permitiendo:

- sentir el dolor,
- localizar el estímulo,
- aprender de la experiencia.

→ Reflejo extensor cruzado

En muchos casos, especialmente cuando el estímulo afecta a una extremidad inferior, se activa además el **reflejo extensor cruzado**:

- el miembro contrario se **extiende**,
- ayudando a mantener el **equilibrio y la postura** mientras el otro se retira.

Esto demuestra que la médula espinal **coordina ambos lados del cuerpo**, no actúa de forma aislada.

→ **Importancia funcional**

Este reflejo ilustra varios principios clave del sistema nervioso:

- la médula puede **organizar respuestas complejas**,
- los reflejos pueden implicar **grupos musculares completos**,
- la integración no requiere conciencia para ser eficaz,
- y la protección del organismo tiene **prioridad absoluta** sobre cualquier otra función.

→ **Del reflejo medular al control encefálico**

Hay un **puente conceptual** entre los reflejos medulares y los mecanismos de integración más complejos del sistema nervioso central, por lo que es importante tener presente que **los reflejos no están aislados**, sino que forman parte de un sistema jerárquico.

La médula espinal puede iniciar respuestas reflejas, pero estas respuestas:

- pueden ser **moduladas**,
- **reforzadas**,
- o **inhibidas**

por centros superiores del encéfalo.

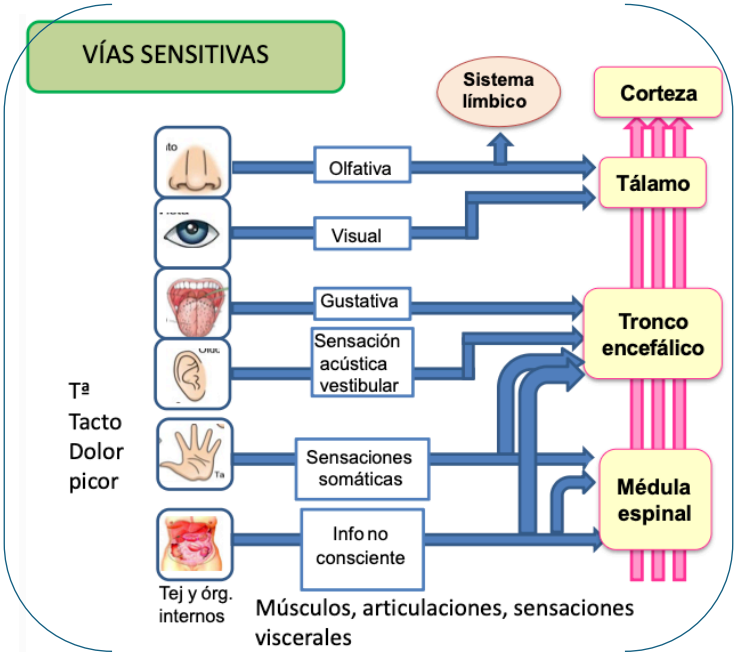
Esto permite adaptar la respuesta refleja al contexto. Por ejemplo, un reflejo doloroso puede atenuarse en situaciones extremas (estrés intenso, peligro vital), o potenciarse cuando el sistema está en estado de alerta.

⇒ NÚCLEOS DE RELEVO: INTEGRACIÓN CONVERGENTE DE LA INFORMACIÓN

→ **Qué se entiende por "núcleos de relevo"**

Los **núcleos de relevo** son **agrupaciones de cuerpos neuronales** dentro del sistema nervioso central cuya función principal es recibir información de múltiples orígenes, integrarla y redistribuirla hacia otros núcleos o hacia la corteza cerebral. No son estaciones pasivas: **procesan activamente** la señal.

Estos núcleos existen en todo el SNC, **pero predominan en el tálamo**, lo cual ya anticipa su papel central en la percepción consciente.



→ **Integración convergente: por qué es necesaria**

La información sensorial no llega al SNC en "canales aislados". A un mismo núcleo pueden llegar señales:

- de **tejidos y órganos internos** (sensaciones viscerales),
- de **músculos y articulaciones** (propiocepción),
- de **piel** (tacto, dolor, temperatura),
- de **sistemas especiales** (visión, audición, gusto, olfato),
- e incluso del **sistema límbico** (estado emocional).

La **convergencia** permite:

- comparar señales entre sí,

- ponderar su relevancia,
- modular la intensidad,
- y coordinar la respuesta posterior.

Sin esta convergencia, la percepción sería fragmentaria e incoherente.

→ **Tipos de neuronas que aparecen en los núcleos de relevo**

Hay dos grandes tipos celulares, con funciones muy diferentes:

1. Interneuronas locales

Permanecen dentro del propio núcleo.

Su función es **integrar, inhibir o facilitar** la señal entrante. Regulan el "volumen" y la prioridad de la información. Gracias a ellas, una señal puede:

- amplificarse,
- atenuarse,
- o incluso bloquearse.

2. Neuronas de proyección

Extienden **axones largos** que salen del núcleo y forman sinapsis:

- en otros núcleos de relevo,
- o directamente en la **corteza cerebral**.

Estas neuronas son las responsables de que la información **avance de nivel** dentro del SNC.

→ **Relación con la corteza cerebral**

Este es un punto clave:

Casi toda la información que entra o sale de la corteza cerebral se procesa previamente en núcleos de relevo talámicos.

Esto significa que la corteza:

- **no recibe información "en bruto"**,
- sino información **ya filtrada, integrada y modulada**.

Del mismo modo, muchas órdenes que parten de la corteza **vuelven al tálamo**, donde se ajustan antes de continuar su recorrido. Existe, por tanto, un **diálogo continuo tálamo–corteza**.

→ **Consecuencia funcional**

Gracias a los núcleos de relevo:

- la percepción es **selectiva**, no caótica,
- el SNC puede **priorizar estímulos relevantes**,
- la atención puede dirigirse a una modalidad concreta,
- y la respuesta motora puede adaptarse al contexto sensorial y emocional.

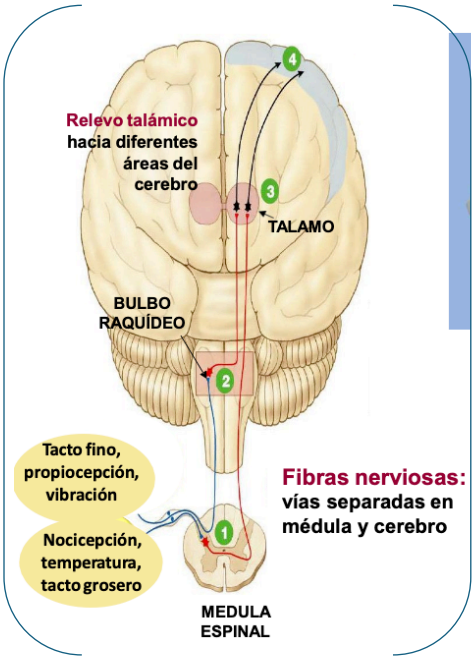
En términos funcionales, los núcleos de relevo son **centros de decisión intermedia**, imprescindibles para pasar del reflejo a la percepción consciente.

⇒ VÍAS SENSITIVAS SOMÁTICAS

→ **Sentido general de las vías sensitivas**

Las **vías sensitivas somáticas** son los circuitos nerviosos encargados de llevar la información sensorial desde la periferia del cuerpo hasta las áreas corticales donde se convierte en **sensación consciente**. No existe una única vía: el sistema nervioso ha desarrollado **vías separadas y especializadas** para cada modalidad sensorial.

Esta separación es esencial para que el cerebro pueda **distinguir con precisión** qué tipo de estímulo está recibiendo y dónde se produce.



→ **Modalidades sensitivas representadas**

En la imagen se diferencian claramente dos grandes sistemas de conducción:

1. Vías del tacto fino, la propiocepción y la vibración

Transportan información muy precisa sobre:

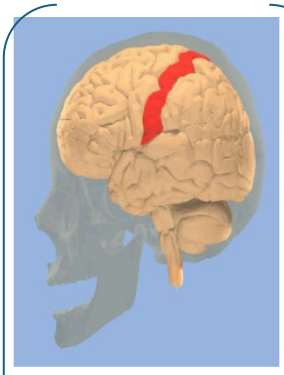
- la posición de músculos y articulaciones,
- el movimiento de las extremidades,
- la discriminación táctil fina,
- la vibración.

Estas vías permiten reconocer la forma de un objeto con los ojos cerrados o saber en qué posición está una mano sin mirarla.

2. Vías del dolor, la temperatura y el tacto grosero

Conducen información relacionada con:

- estímulos potencialmente dañinos,
- cambios térmicos,
- presión y tacto poco discriminativo.



Areas sensitivas: detrás de la cisura de Rolando y se extienden desde el surco interhemisférico hasta la cisura de Silvio

Su función principal es **protectora**, alertando al organismo de situaciones que requieren una respuesta rápida.

→**Recorrido anatómico general**

Aunque cada modalidad tiene su trayecto específico, el esquema común es el siguiente:

1. La información entra por la **médula espinal** a través de la raíz dorsal.
2. Asciende por **tractos separados** dentro de la médula y el tronco encefálico.
3. Hace relevo en el **tálamo**, que integra y distribuye la señal.
4. Llega a las **áreas sensitivas de la corteza cerebral**, situadas:
   - **detrás de la cisura de Rolando**,
   - extendiéndose desde el surco interhemisférico hasta la **cisura de Silvio**.

Esta disposición cortical explica la existencia del **homúnculo sensorial**, una representación ordenada del cuerpo en la corteza.

→ **Importancia de la separación de vías**

La existencia de vías diferenciadas permite que:

- una lesión pueda afectar solo a una modalidad (por ejemplo, perder el dolor, pero conservar el tacto fino),
- el SNC procese simultáneamente distintas informaciones,
- la respuesta motora se adapte al tipo de estímulo (no es lo mismo una caricia que una quemadura).

👉 Desde el punto de vista fisiológico, esta organización aporta **precisión, velocidad y seguridad**.

Todo esto nos lleva a entender que la sensibilidad corporal no es un fenómeno único y homogéneo.

👉 El sistema nervioso utiliza **vías específicas para cada modalidad sensorial**, que convergen en el tálamo y se proyectan a regiones corticales bien definidas, permitiendo una percepción clara, localizada y consciente del entorno y del propio cuerpo.

⇒ PRINCIPIO DE LA VÍA MARCADA

→ **Qué establece este principio**

El **principio de la vía marcada** afirma que **la cualidad de una sensación depende de la vía nerviosa activada y del área cortical donde termina**, no del tipo físico de estímulo que la haya provocado. Dicho de otro modo: **cada vía sensitiva está "etiquetada"** para una modalidad concreta.

Este principio explica por qué el sistema nervioso interpreta siempre la señal de la misma manera cuando se activa una vía específica.

→ **Consecuencia directa sobre la percepción**

Cuando se activa un **mismo grupo de fibras nerviosas**, la sensación resultante **siempre es de la misma modalidad**, aunque el estímulo sea diferente.

Por ejemplo:

- La estimulación mecánica o eléctrica del **nervio óptico** produce sensación visual (destellos), no dolor ni tacto.
- La activación de una **vía nociceptiva** genera dolor, aunque el estímulo no sea térmico ni químico.

La percepción, por tanto, **no está determinada por el estímulo**, sino por **el camino neural** que sigue la información.

→ **Relación con la corteza cerebral**

Cada vía sensitiva termina en un **área cortical específica**:

- Las vías visuales en la corteza occipital.
- Las vías auditivas en la corteza temporal.
- Las vías somatosensitivas en la corteza parietal.

La corteza **no "analiza" el estímulo desde cero**; interpreta la señal según el área que se activa.

Por eso, una activación anómala de una región cortical puede producir **sensaciones falsas** (alucinaciones, parestesias).

→ **Importancia fisiológica**

Este principio permite:

- una **organización clara y eficiente** del sistema sensorial,
- una **rapidez en la interpretación** de la información,
- y una **especialización funcional** muy precisa.

Además, explica fenómenos clínicos como:

- el **dolor fantasma** tras amputaciones,
- sensaciones anómalas por compresión nerviosa,
- percepciones erróneas en lesiones corticales.

👉 **Idea clave:**

La cualidad de una sensación **no depende del estímulo**, sino de:

- **qué vía nerviosa se activa**,
- y **en qué área del cerebro se procesa**.

Este principio es fundamental para entender **cómo el cerebro construye la experiencia sensorial** a partir de señales eléctricas.

⇒ SISTEMA NERVIOSO Y PROGRAMA MOTOR

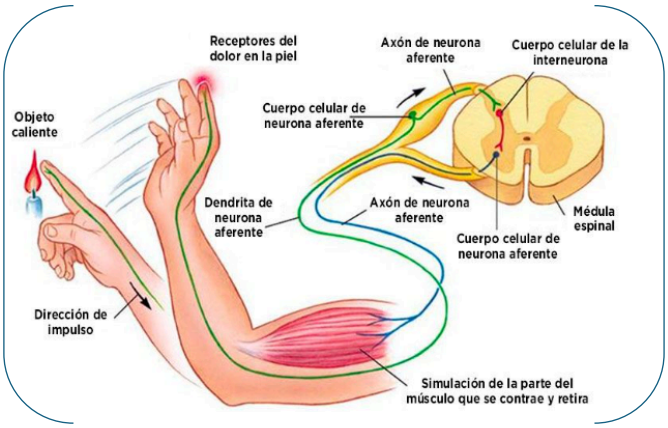
→ El movimiento como resultado de una planificación

El movimiento voluntario **no es una reacción inmediata**, ni una simple respuesta refleja. Es el resultado de un **programa motor**, es decir, de una secuencia de operaciones neuronales que el sistema nervioso **elabora antes** de que se produzca cualquier contracción muscular.

Este programa motor define **qué músculos se activan**, **en qué orden**, **con qué intensidad** y **durante cuánto tiempo**. Gracias a ello, los movimientos son coordinados y eficaces, y no una sucesión caótica de contracciones.

→ Información que se integra para crear el programa

Para construir un programa motor, el sistema nervioso integra varios tipos de información:



- **Información sensorial**: posición del cuerpo, estado de los músculos y articulaciones, contacto con el entorno, equilibrio.
- **Información almacenada en la memoria**: experiencias previas, movimientos aprendidos, hábitos motores (por ejemplo, escribir o caminar).
- **Estado emocional y motivacional**: influye en la intensidad y la selección del movimiento (no nos movemos igual relajados que bajo estrés).



- **Objetivo consciente**: la intención de realizar una acción concreta.

El programa motor es, por tanto, una **construcción compleja**, no un simple impulso.

→ Participación de distintas estructuras

Aunque la diapositiva es esquemática, su mensaje es claro: **el programa motor es un producto colectivo del SNC**. Intervienen:

- **Corteza cerebral**: define el objetivo y planifica la acción.
- **Ganglios basales**: seleccionan el programa motor adecuado e inhiben los no deseados.
- **Cerebelo**: ajusta la precisión, el tiempo y la coordinación.
- **Tronco encefálico y médula espinal**: preparan la postura y ejecutan la orden final.

Ninguna de estas estructuras, por sí sola, puede generar un movimiento voluntario normal.

→ Diferencia con el reflejo

Es importante distinguir claramente:

- **Reflejo**: respuesta automática, rápida, integrada en médula o tronco, sin planificación previa.
- **Programa motor**: acción planificada, adaptable, modulable, que puede modificarse en función del contexto y de la experiencia.



Esta diferencia explica por qué los reflejos son estereotipados, mientras que los movimientos voluntarios son **flexibles y aprendibles**.

👉 El sistema nervioso **no ordena directamente a los músculos que se contraigan**, sino que primero **elabora un programa motor** que integra información sensorial, memoria y emoción.

Solo después, ese programa se traduce en señales motoras que llegan a las motoneuronas y producen el movimiento.

⇒ PREPARACIÓN DEL MOVIMIENTO: AJUSTES POSTURALES Y CONTROL PREVIO

→ El movimiento empieza antes de moverse

Antes de que se ejecute cualquier movimiento voluntario visible, el sistema nervioso realiza una **preparación motora**. Esta preparación ajusta el cuerpo para que la acción sea **estable, eficaz y segura**. No es consciente: ocurre de manera automática y anticipatoria.

Este concepto es fundamental: **no se mueve solo el músculo que queremos usar**, sino que se ajusta todo el cuerpo para sostener ese movimiento.

→ Ajustes posturales anticipatorios

Cuando vamos a realizar una acción (por ejemplo, levantar un brazo), el sistema nervioso activa previamente:

- **Músculos posturales del tronco** para mantener el equilibrio.
- **Músculos antagonistas** para controlar la amplitud del movimiento.
- **Cambios en el tono muscular** que estabilizan las articulaciones implicadas.

Estos ajustes se llaman **ajustes posturales anticipatorios** y permiten que el movimiento principal se ejecute sin provocar caídas ni desequilibrios.

→ Integración sensorial previa

Para preparar el movimiento, el SNC utiliza información procedente de:

- **Propioceptores** (posición de músculos y articulaciones).
- **Sistema vestibular** (equilibrio y orientación de la cabeza).
- **Sistema visual** (posición del cuerpo respecto al entorno).

Esta información se integra principalmente en:

- el **tronco encefálico**,
- el **cerebelo**,
- y las **áreas premotoras** de la corteza.

El resultado es una representación interna actualizada del cuerpo en el espacio.

→ Diferencia con la ejecución

Es importante distinguir dos fases:

- **Preparación del movimiento**: ajuste postural, regulación del tono, anticipación.
- **Ejecución del movimiento**: activación de las motoneuronas específicas que producen la contracción muscular.

👉 **La preparación es tan importante como la ejecución**. Sin ella, el movimiento sería torpe, impreciso o incluso peligroso. Por este motivo el sistema nervioso **prepara el cuerpo antes de moverse**. Cada movimiento voluntario va precedido de ajustes automáticos que garantizan estabilidad, coordinación y eficacia. Estos ajustes explican por qué los movimientos normales parecen fluidos y naturales.

Reflejos PRIMITIVOS ayudan a la supervivencia del recién nacido con un sistema nervioso muy inmaduro



Reflejo de moro o sobresalto



Reflejo de marcha



Reflejo de presión



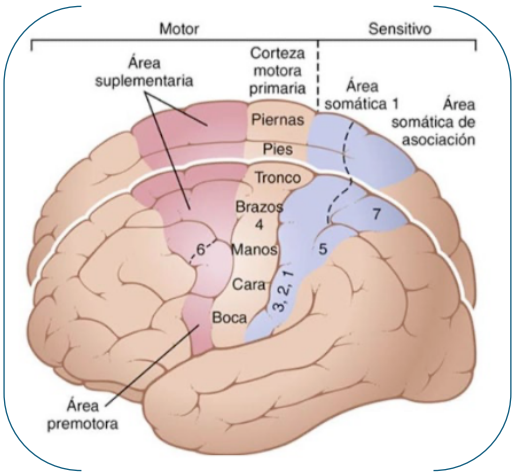
Reflejo de Babinski

⇒ PROGRAMA MOTOR VOLUNTARIO: CENTROS IMPLICADOS

→ El movimiento voluntario como trabajo en red

El movimiento voluntario es el resultado de la **cooperación de varios centros del sistema nervioso**, organizados en red. Ninguna estructura actúa sola ni de forma aislada: cada una aporta una función específica al programa motor.

La imagen pone el foco en **qué centros participan** y **qué aporta cada uno**.



→ Corteza premotora: planificación

La **corteza premotora** se encarga de **planificar el movimiento** antes de que se ejecute. Aquí se decide:

- qué tipo de movimiento se va a realizar,
- en qué dirección,
- con qué secuencia general.

Integra información sensorial y experiencias previas (movimientos aprendidos). Por ejemplo, al coger un vaso, la corteza premotora "sabe" cómo debe organizarse el gesto antes de activarlo.

→ Corteza motora primaria: ejecución

La **corteza motora primaria** es la encargada de **emitir la orden motora final**. Desde aquí parten las señales que descenderán por las vías motoras hasta las motoneuronas de la médula espinal.

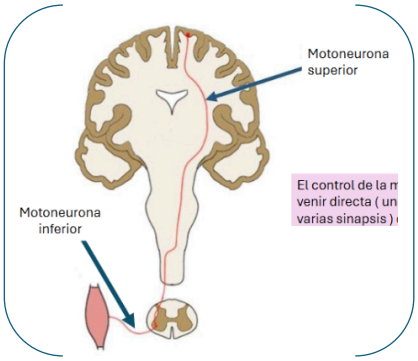
Cada región de esta corteza controla grupos musculares concretos, de forma somatotópica. La intensidad del impulso determina la fuerza de la contracción.

→ Tálamo: integración sensorial–motora

El **tálamo** actúa como **nodo integrador** entre información sensorial y motora. Recibe señales:

- del cerebelo,
- de los ganglios basales,
- de la corteza,

y las redistribuye hacia las áreas motoras corticales. De este modo, el movimiento se ajusta al estado sensorial del cuerpo.



→ **Ganglios basales: selección del programa**

Los **ganglios basales** no ejecutan el movimiento, pero son esenciales para:

- **seleccionar el programa motor adecuado**,
- **inhibir programas competidores**,
- ajustar la **intensidad y la secuencia** del movimiento.

Gracias a ellos, los movimientos voluntarios son fluidos y no aparecen contracciones innecesarias.

→ **Cerebelo: ajuste fino**

El **cerebelo** compara continuamente:

- el movimiento planeado,
- con el movimiento que se está realizando.

Si detecta un error, envía señales correctoras a la corteza motora a través del tálamo. Esto permite precisión, sincronización y coordinación.

→ **Tronco encefálico y médula espinal: ejecución final**

El **tronco encefálico** ajusta reflejos posturales y tono muscular.

La **médula espinal** transmite la orden final a las **motoneuronas**, que activan directamente las fibras musculares.

Aquí termina el programa motor y comienza la contracción.

→ **Idea clave:** El programa motor voluntario es el resultado de una **red jerárquica y cooperativa**:

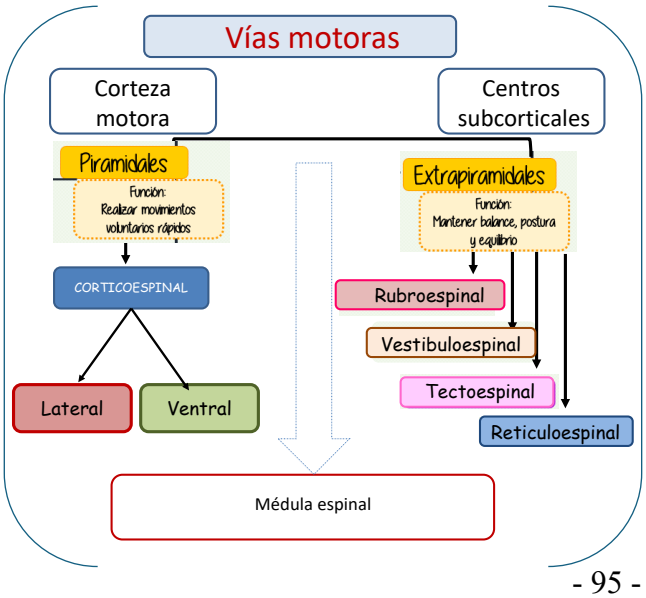
- la corteza planifica y ordena,
- los ganglios basales seleccionan,
- el cerebelo corrige,
- el tálamo integra,
- la médula ejecuta.

👉 Sin la participación coordinada de todos estos centros, el movimiento voluntario normal **no sería posible**.

⇒ VÍAS MOTORAS DESCENDENTES

→ **Cómo llega la orden motora al músculo**

Las **vías motoras descendentes** son los circuitos que conducen la orden elaborada en la corteza y en otros centros superiores **hasta las motoneuronas** de la médula espinal. Esta diapositiva introduce la **arquitectura general** de esas vías y distingue dos grandes sistemas con funciones complementarias.



→ **Dos sistemas de control motor**

El esquema diferencia claramente:

1. Sistema corticoespinal (piramidal)

Es el sistema encargado del **movimiento voluntario fino y preciso**, especialmente de la musculatura distal (manos, dedos, cara). Permite movimientos independientes y delicados.

2. Sistemas motores subcorticales (extrapiramidales)

Incluyen vías que parten de **centros subcorticales** (tronco encefálico) y se encargan de:

- la postura,
- el equilibrio,
- los movimientos automáticos,
- el ajuste del tono muscular.

Ambos sistemas **no compiten**: trabajan coordinadamente para que el movimiento sea eficaz y estable.

→ **Origen cortical de la vía corticoespinal**

La **corteza motora** (principalmente la corteza motora primaria) es el punto de partida de la vía corticoespinal. Desde allí, los axones descienden atravesando:

- la cápsula interna,
- el tronco encefálico,
- hasta llegar a la médula espinal.

En el recorrido aparecen dos componentes:

- **Corticoespinal lateral**,
- **Corticoespinal ventral (anterior)**,

que se detallarán en la siguiente diapositiva.

→ **Centros subcorticales implicados**

La diapositiva muestra varias vías que nacen en el tronco encefálico y actúan sobre la médula:

- **Rubroespinal**: relacionado con la coordinación de movimientos de las extremidades.
- **Tectoespinal**: orienta cabeza y ojos hacia estímulos visuales o auditivos.
- **Vestibuloespinal**: mantiene el equilibrio y la postura.
- **Reticuloespinal**: regula el tono muscular y los ajustes posturales automáticos.

Estas vías son esenciales para que el movimiento voluntario **no desestabilice el cuerpo**.

→ **Integración final en la médula**

Todas estas vías convergen finalmente en las **motoneuronas medulares**, que integran:

- la orden voluntaria,
- la información sensorial local,
- los reflejos,
- y el estado postural.

Solo tras esta integración se produce la **contracción muscular efectiva**.

👉 **Idea clave del tema:**

El control motor descendente se organiza en **dos grandes sistemas complementarios**:

- uno para la **precisión voluntaria** (corticoespinal),
- otro para la **estabilidad y el control automático** (vías subcorticales).

El movimiento humano normal surge del **equilibrio funcional entre ambos**.

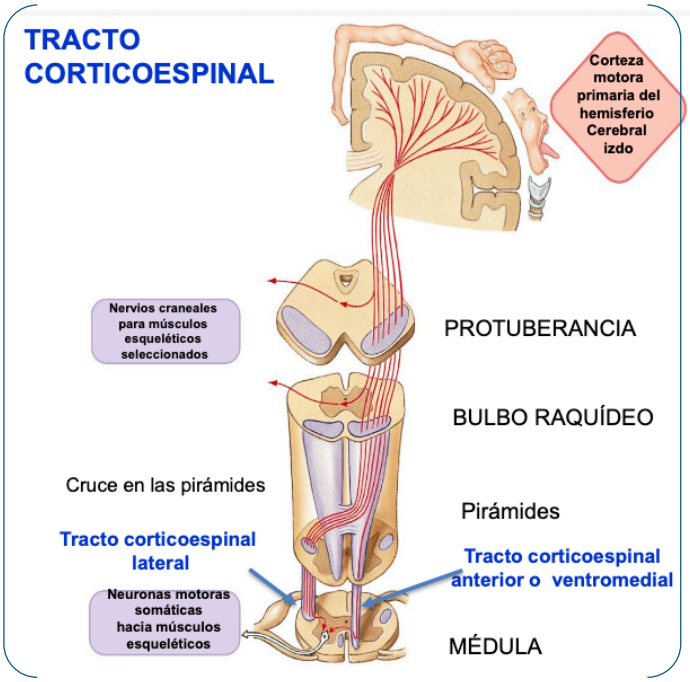
⇒ VÍAS CORTICOESPINALES: LATERAL Y VENTRAL (ANTERIORES)

→ **Dos componentes de una misma vía**

La vía **corticoespinal** no es homogénea. Se divide en **dos componentes** con funciones distintas pero complementarias:

- **Corticoespinal lateral**
- **Corticoespinal ventral (o anterior)**

Ambas se originan en la **corteza motora**, pero difieren en **dónde cruzan**, **qué músculos controlan** y **qué tipo de movimiento regulan**.



→ **Vía corticoespinal lateral: control fino y preciso**

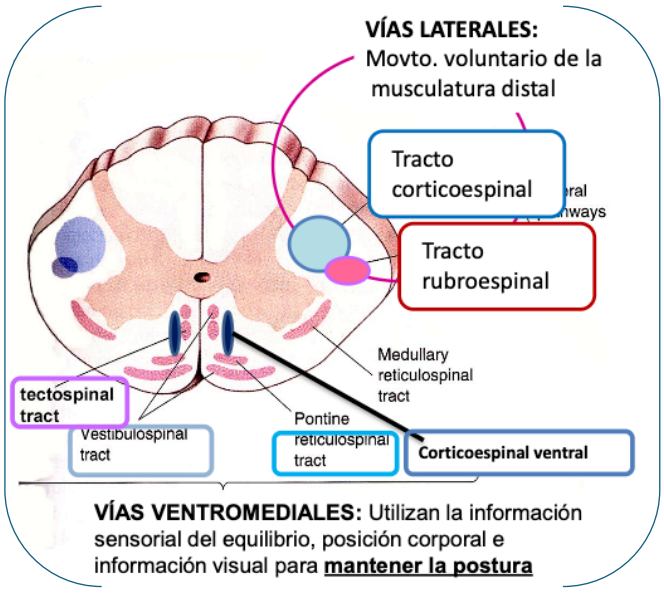
La **vía corticoespinal lateral** es la más importante para el **movimiento voluntario preciso**, especialmente de la musculatura distal de las extremidades (manos y dedos).

Recorrido esencial:

- Nace en la **corteza motora primaria**.
- Desciende por el tronco encefálico.
- **Cruza la línea media en las pirámides del bulbo raquídeo** (decusación piramidal).
- Continúa por el lado contrario de la médula espinal.

→ **Consecuencia funcional del cruce**:

cada hemisferio cerebral controla la musculatura del **lado opuesto** del cuerpo,



→ **Función principal**:

- movimientos voluntarios finos,
- control independiente de dedos,
- escritura, manipulación de objetos pequeños, gestos precisos.

Cuando esta vía se lesiona, aparecen déficits como:

- pérdida de destreza manual,
- debilidad contralateral,
- dificultad para movimientos fraccionados.

→ **Vía corticoespinal ventral: control postural**

La **vía corticoespinal ventral** tiene un papel distinto. Aunque también se origina en la corteza motora, su función está relacionada con la **postura y los movimientos globales del tronco**.

→ **Recorrido característico**:

- Desciende sin cruzar en el bulbo.
- Cruza **a nivel segmentario** en la médula, o bien actúa de forma bilateral.

→ **Función principal**:

- control de músculos axiales (cuello, tronco),
- estabilización postural durante el movimiento,
- coordinación bilateral del cuerpo.

Esta vía **no permite movimientos finos**, pero es esencial para que los movimientos voluntarios se realicen sobre una base estable.

→ **Relación entre ambas vías**

Las dos vías **no actúan por separado**, sino de manera coordinada:

- La vía lateral permite **precisión y detalle**.
- La vía ventral asegura **estabilidad y equilibrio**.

Por ejemplo, al coger un objeto con la mano:

- la vía lateral controla los dedos,
- la vía ventral ajusta el tronco y los hombros para mantener la postura.

→ **Idea clave de la diapositiva**

La vía corticoespinal se organiza en **dos componentes funcionales**:

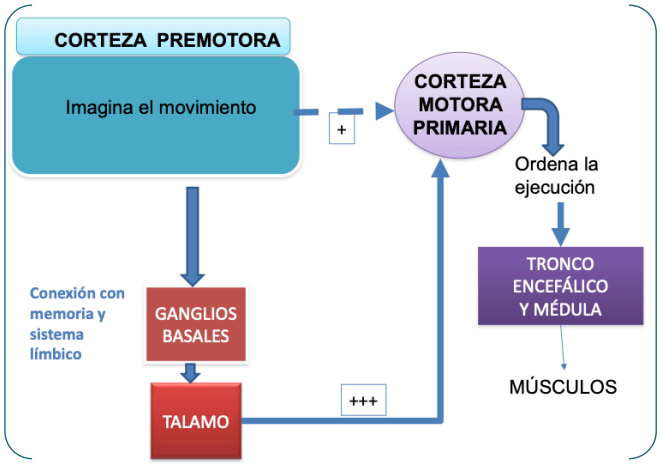
- uno especializado en el **movimiento voluntario fino y contralateral**,
- otro en el **control postural bilateral**.

La combinación de ambas explica por qué el movimiento humano es **preciso y estable a la vez**.

⇒ GANGLIOS BASALES: INTEGRACIÓN DEL PROGRAMA MOTOR

→ **El movimiento se decide antes de ejecutarse**

En esta diapositiva se muestra que los **ganglios basales** no producen directamente la contracción muscular, pero son **imprescindibles para que el movimiento voluntario sea posible y adecuado**. Su función principal es **integrar información motora, sensorial y cognitiva** para decidir **qué movimiento se inicia**, **cuándo** y **con qué intensidad**.



Aquí aparece una idea central:

👉 el sistema nervioso **imagina y prepara el movimiento** antes de ponerlo en marcha.

→ **Información que reciben los ganglios basales**

Los ganglios basales reciben señales de varias fuentes:

- **Corteza premotora y motora**: intención de movimiento y planificación.
- **Corteza asociativa**: información cognitiva (qué quiero hacer y por qué).
- **Sistema límbico**: estado emocional y motivación.
- **Información sensorial** ya integrada en niveles previos.

Gracias a esta convergencia, el movimiento no es solo mecánico, sino **contextualizado**: no nos movemos igual si estamos tranquilos, tensos o bajo presión emocional.

→ **Circuitos funcionales principales**

La diapositiva ilustra que los ganglios basales forman **circuitos cerrados** con la corteza cerebral a través del **tálamo**:

1. La corteza envía información a los ganglios basales.
2. Los ganglios basales procesan y modulan esa información.
3. El resultado vuelve a la corteza a través del tálamo.

Este circuito permite **ajustar el programa motor antes de su ejecución**, evitando movimientos innecesarios o desorganizados.

→ **Funciones motoras específicas**

Desde el punto de vista funcional, los ganglios basales permiten:

- **Activar patrones motores complejos aprendidos**
  (por ejemplo, escribir, tocar un instrumento, conducir).
- **Regular la cronología del movimiento**
  (cuándo empieza y cuándo termina).
- **Controlar la intensidad y la amplitud**
  (ni demasiado fuerte ni demasiado débil).
- **Coordinar movimientos automáticos** que no requieren atención consciente constante.

Estas funciones explican por qué las lesiones en ganglios basales no producen parálisis, sino **movimientos anómalos**.

→ **Relación con la emoción y la motivación**

La diapositiva subraya que los ganglios basales están conectados con el **sistema límbico**.

Esto permite que la **motivación y la emoción influyan en la acción**.

Por ejemplo:

- la falta de motivación puede reducir la iniciativa motora,
- la ansiedad puede alterar la fluidez del movimiento.

Esta conexión explica la presencia de **alteraciones emocionales y conductuales** en enfermedades de los ganglios basales.

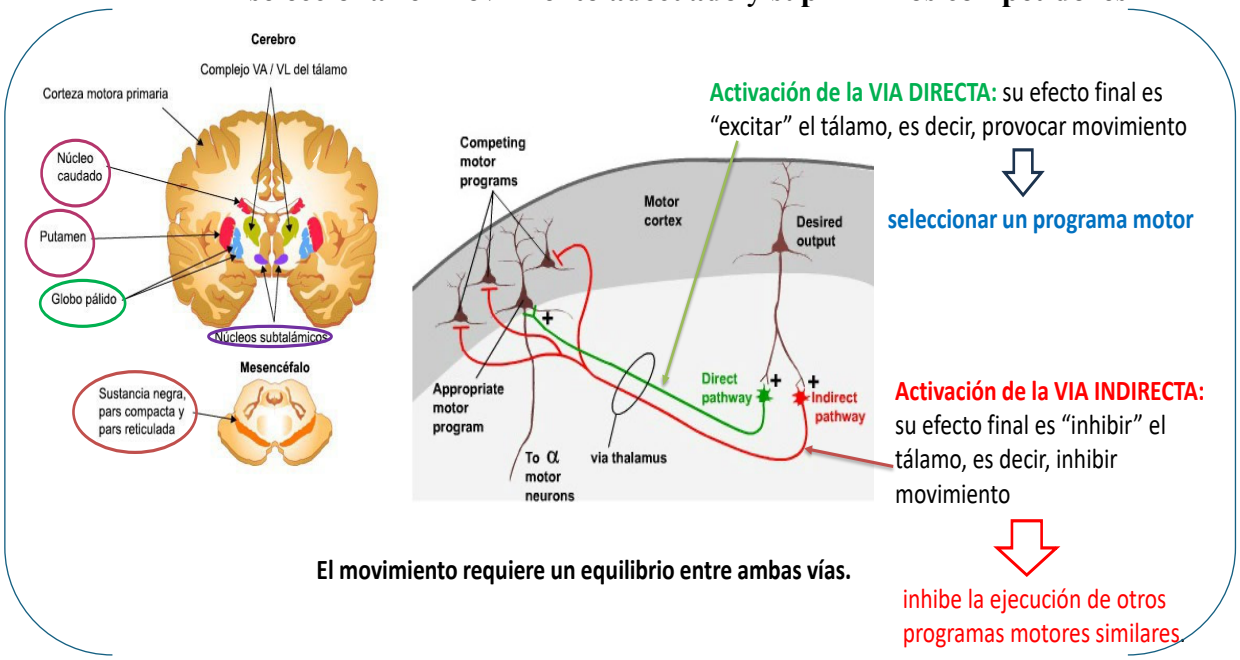
👉 **Idea clave:** Los ganglios basales son **el sistema de selección y ajuste del movimiento voluntario**. No ejecutan la acción, pero deciden **si se realiza**, **cómo se realiza** y **con qué intensidad**, integrando información motora, cognitiva y emocional.

⇒ GANGLIOS BASALES: VÍA DIRECTA Y VÍA INDIRECTA

→ **Por qué hacen falta dos vías**

Los **ganglios basales** no "encienden" o "apagan" el movimiento de forma simple. Operan mediante **dos circuitos funcionales opuestos y complementarios** que regulan el acceso del programa motor a la corteza a través del **tálamo**.

La finalidad es **seleccionar el movimiento adecuado** y **suprimir los competidores**.



→ **La vía directa: facilitar el movimiento**

La **vía directa** tiene como efecto final **excitar el tálamo**, lo que **facilita la activación de la corteza motora** y, por tanto, **favorece el inicio del movimiento**.

→ **Secuencia funcional (simplificada):**

1. La **corteza motora** envía señales excitadoras al **estriado** (putamen/caudado).
2. El **estriado inhibe** al **globo pálido interno** (GPi).
3. Al inhibirse el GPi, **disminuye la inhibición** que este ejerce sobre el **tálamo**.
4. El **tálamo queda más activo** y excita la corteza motora.

Resultado: el programa motor seleccionado **pasa** y puede ejecutarse.

La vía indirecta: inhibir movimientos no deseados

La **vía indirecta** tiene el efecto opuesto: **inhibir el tálamo**, lo que **reduce la activación cortical** y **frena el movimiento**.

Secuencia funcional (simplificada):

1. La corteza excita el **estriado**.
2. El estriado **inhibe** al **globo pálido externo** (GPe).
3. Al inhibirse el GPe, **se desinhibe** el **núcleo subtalámico**.
4. El **núcleo subtalámico excita** al **globo pálido interno**.
5. El GPi **incrementa la inhibición** sobre el **tálamo**.

👉 **Resultado:** el acceso del programa motor a la corteza **se bloquea**.

→ **Equilibrio dinámico: la clave del movimiento normal**

El movimiento voluntario normal **no depende de una vía sola**, sino del **equilibrio entre vía directa e indirecta**:

- La **vía directa** permite ejecutar el movimiento elegido.
- La **vía indirecta** suprime movimientos alternativos que interferirían.

Gracias a este equilibrio:

- los movimientos son **fluid os**,
- **precisos**,
- **bien secuenciados**,
- y **adaptados al contexto**.

→ **Selección de programas motores**

Un punto central de la imagen es este concepto:

👉 **Al activar un programa motor, los ganglios basales inhiben simultáneamente otros programas similares**.

Esto evita:

- movimientos simultáneos contradictorios,
- rigidez por exceso de coactivación,
- gestos innecesarios o erráticos.

Es un sistema de **priorización**: uno pasa, los demás se bloquean.

→ **Idea clave:** Los ganglios basales regulan el movimiento mediante **dos vías opuestas**:

- la **vía directa**, que **facilita** la ejecución,
- y la **vía indirecta**, que **inhibe** movimientos no deseados.

El **equilibrio entre ambas** es imprescindible para un movimiento voluntario normal.

⇒ LESIONES DE LOS GANGLIOS BASALES: PARKINSON Y HUNTINGTON

→ Qué ocurre cuando fallan los ganglios basales

Los **ganglios basales** no producen parálisis cuando se lesionan; producen **alteraciones del movimiento**. Esto es clave para entender esta diapositiva: el problema no es la falta de fuerza, sino la **mala regulación del inicio, la intensidad y la coordinación del movimiento**.

Las dos enfermedades que se presentan aquí —**Parkinson** y **Huntington**— ilustran perfectamente qué pasa cuando se rompe el equilibrio entre la **vía directa** y la **vía indirecta**.

→ Enfermedad de Parkinson: déficit de movimiento (hipocinesia)

Lesión principal

En el Parkinson se produce una **degeneración progresiva de las neuronas dopaminérgicas** de la **sustancia negra**.

La dopamina es un modulador esencial de los ganglios basales.

Consecuencia fisiológica

La falta de dopamina provoca:

- **disminución de la actividad de la vía directa** (se facilita menos el movimiento),
- **predominio de la vía indirecta** (se inhibe más el movimiento).

El resultado final es que el **tálamo queda excesivamente inhibido** y no estimula adecuadamente la corteza motora.

Manifestaciones clínicas

La diapositiva enumera los signos característicos:

- **Rigidez muscular** (aumento del tono),
- **Temblor en reposo**,
- **Aquinesia o bradicinesia** (lentitud para iniciar y ejecutar movimientos),
- **Alteraciones mentales** (deterioro cognitivo, demencia en fases avanzadas),
- **Alteraciones vegetativas** (trastornos del SNA: estreñimiento, hipotensión, etc.).

El paciente quiere moverse, pero el sistema que "da permiso" al movimiento no funciona bien.

→ Enfermedad de Huntington: exceso de movimiento (hipercinesia)

Lesión principal

En el Huntington se produce una **degeneración de neuronas gabaérgicas y colinérgicas** del **estriado** (especialmente de la vía indirecta).

Consecuencia fisiológica

Al fallar la vía indirecta:

- disminuye la inhibición del movimiento,
- el **tálamo queda excesivamente activo**,
- la corteza motora recibe demasiada estimulación.

Manifestaciones clínicas

La diapositiva señala:

- **Movimientos involuntarios** (corea),
- **Distonía y movimientos bruscos desorganizados**,
- **Cambios de personalidad o carácter**,
- **Alteraciones cognitivas progresivas**.

Aquí el problema no es iniciar el movimiento, sino **no poder frenarlo**.

→ Comparación funcional Parkinson vs. Huntington

- **Parkinson** → demasiada inhibición → **poco movimiento**.
- **Huntington** → poca inhibición → **demasiado movimiento**.

Ambas enfermedades muestran que el movimiento normal depende de un **equilibrio muy fino** entre facilitar e inhibir.

👉 **Idea clave:** Los ganglios basales no generan movimiento, pero **deciden cuánto, cuándo y cómo se mueve el cuerpo**.

Cuando su equilibrio se rompe:

- aparece rigidez y lentitud (Parkinson),
- o movimientos excesivos e incontrolados (Huntington).

⇒ CONSECUENCIAS FUNCIONALES DEL DESEQUILIBRIO DOPAMINÉRGICO

→ La dopamina como modulador del movimiento

Esta imagen explica **por qué la dopamina es decisiva** en el funcionamiento de los ganglios basales. No inicia el movimiento por sí misma, sino que **modula el equilibrio** entre la vía directa (facilitadora) y la vía indirecta (inhibidora). Su acción es, por tanto, **reguladora**, no ejecutora.

→ Situación en la enfermedad de Parkinson: "menos movimiento"

Cuando se pierde el **input dopaminérgico** procedente de la sustancia negra:

- **Falla la activación de la vía directa**, que normalmente facilita el movimiento.
- **La vía indirecta queda relativamente sobreactiva**, aumentando la inhibición.



Resultado fisiológico

- El **globo pálido interno** permanece **muy activo**.
- Este núcleo **inhibe con fuerza al tálamo**.
- El **tálamo estimula poco a la corteza motora**.

Consecuencia final:

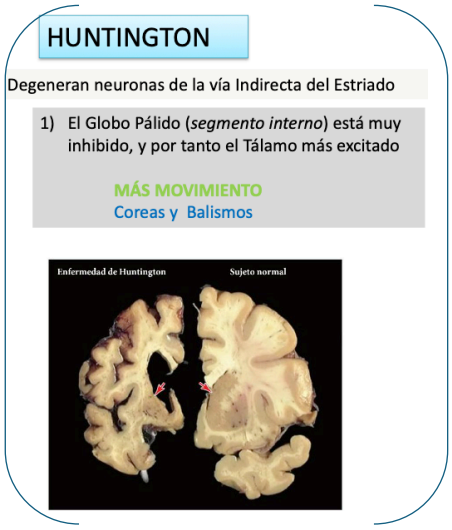
👉 **Disminuye la iniciación y la amplitud del movimiento** (hipocinesia).

El sistema "pone demasiados frenos".

→ Situación en la enfermedad de Huntington: "más movimiento"

En el Huntington ocurre lo contrario: se degeneran neuronas de la **vía indirecta** del estriado.

- **Falla la inhibición** que normalmente frena el movimiento.
- La vía directa queda relativamente predominante.



Resultado fisiológico

- El **globo pálido interno** queda **excesivamente inhibido**.
- El **tálamo se vuelve hiperactivo**.
- La **corteza motora recibe demasiada estimulación**.

Consecuencia final:

👉 **Aparecen movimientos excesivos e involuntarios** (coreas y balismos).

El sistema "pierde el freno".

→ Lectura fisiológica global

Esta diapositiva permite entender un principio central del control motor:

- El movimiento normal **no depende de activar o no activar**,
- sino de **regular finamente cuánto se facilita y cuánto se inhibe**.

La dopamina actúa como un **ajustador de precisión**.
Cuando falta → rigidez y lentitud.
Cuando el sistema inhibidor falla → exceso de movimiento.

→ **Importancia clínica**
Comprender este esquema explica:

- por qué el tratamiento del Parkinson intenta **aumentar la dopamina** o su efecto,
- y por qué el Huntington **no se trata "activando"**, sino intentando **reducir la hiperactividad motora**.

La clínica es la expresión directa de un **desequilibrio funcional**, no de una lesión muscular.

👉 **Idea clave:** El control del movimiento es un **equilibrio dinámico**.
La dopamina no mueve el cuerpo, pero **decide si el sistema facilita o frena la acción**.
Cuando ese equilibrio se rompe, aparecen los grandes síndromes motores de los ganglios basales.

⇒ EL CEREBELO COMO ÓRGANO DE AJUSTE Y CORRECCIÓN

El **cerebelo** no inicia los movimientos ni decide qué acción realizar, pero es **imprescindible para que el movimiento sea preciso, coordinado y estable**. Su función principal es **comparar continuamente lo que el sistema nervioso quiere hacer con lo que realmente está ocurriendo**.
Puede entenderse como un **sistema de control de calidad del movimiento**.

→ **Información que recibe el cerebelo**
El cerebelo recibe una enorme cantidad de información de distintas fuentes:

- **Corteza cerebral**: copia del programa motor que se va a ejecutar.
- **Músculos, tendones y articulaciones**: información propioceptiva sobre posición y movimiento real.
- **Sistema vestibular**: datos sobre equilibrio y orientación de la cabeza.
- **Tronco encefálico**: señales relacionadas con reflejos posturales.

Gracias a esta convergencia, el cerebelo dispone de una **imagen completa del movimiento**, tanto planificado como ejecutado.



→ **Cómo actúa sobre el movimiento**
El cerebelo **no envía órdenes directas a los músculos**. Actúa de forma indirecta:

1. Detecta diferencias entre el movimiento planeado y el movimiento real.
2. Calcula el error (demasiada fuerza, poca precisión, mala sincronización).
3. Envía señales correctoras a la **corteza motora**, a través del **tálamo**, y al **tronco encefálico**.

Estas correcciones se producen **en tiempo real**, muchas veces antes de que el error sea visible externamente.

→ **Consecuencias funcionales de su actividad**
Gracias al cerebelo:

- los movimientos son **suaves y fluidos**,
- la fuerza aplicada es la adecuada,

- la secuencia temporal de contracciones es correcta,
- el equilibrio se mantiene incluso durante movimientos complejos.

Cuando el cerebelo falla, el movimiento **no desaparece**, pero se vuelve torpe, descoordinado y mal calibrado.

→ **Relación con el aprendizaje motor**

El cerebelo es esencial para el **aprendizaje de habilidades motoras**.

Permite que movimientos inicialmente torpes (como aprender a escribir o montar en bicicleta) se vuelvan **automáticos y precisos** con la práctica.

Este aprendizaje se basa en la **modificación a largo plazo de los circuitos cerebelosos**, que almacenan patrones de corrección eficaces.

👉 **Idea clave:** El cerebelo no decide qué movimiento hacer, pero decide **cómo debe hacerse**.

Es el encargado de **afinar, corregir y perfeccionar** la acción motora, asegurando precisión, coordinación y equilibrio.

⇒ ORGANIZACIÓN SOMÁTICA Y AUTÓNOMA DEL SNP

→ **Dos grandes salidas del sistema nervioso**

Esta diapositiva introduce una distinción fundamental: **cómo sale la información del sistema nervioso central hacia el resto del cuerpo**. El **Sistema Nervioso Periférico** (SNP) no es un bloque único; se organiza en **dos grandes divisiones funcionales**, con objetivos y modos de acción distintos.



→ **División somática: control voluntario**

La **división somática** del SNP está especializada en el **control del músculo esquelético**. Es la vía que utilizamos para los movimientos voluntarios y conscientes.

→ **Características funcionales:**

- La orden motora parte del **SNC** y llega directamente al músculo esquelético.
- Utiliza **una sola neurona motora** desde la médula hasta la fibra muscular.
- Permite movimientos **precisos, rápidos y voluntarios**.

Gracias a esta división podemos caminar, escribir, hablar o manipular objetos de forma consciente.

→ **División autónoma: control involuntario**

La **división autónoma** del SNP regula la actividad de:

- **músculo liso**,
- **músculo cardíaco**,
- **glándulas exocrinas y endocrinas**.

Su función no es producir movimiento voluntario, sino **mantener la homeostasis interna** ajustando automáticamente el funcionamiento de los órganos.

→ **Características funcionales:**
- Actúa de forma **involuntaria**.
- La información motora llega al órgano a través de **dos neuronas en serie** (preganglionar y postganglionar).
- Sus efectos son generalmente **más lentos**, pero sostenidos.

→ **Tipos de información que maneja cada división**

Esta imagen muestra que ambas divisiones utilizan información procedente de:
- el **ambiente externo** (órganos de los sentidos),
- el **ambiente interno** (estado de vísceras, vasos, glándulas).

Sin embargo, la finalidad es distinta:
- la división somática traduce la información en **acción voluntaria**,
- la división autónoma la traduce en **ajustes fisiológicos** (frecuencia cardiaca, digestión, secreciones, tono vascular).

→ **Integración en el SNC**

Ambas divisiones están integradas en el **SNC**, que actúa como centro coordinador.
El encéfalo y la médula espinal deciden:
- cuando se activa una respuesta voluntaria,
- cuando se ajusta una función visceral.

En la práctica, **somático y autónomo actúan de forma simultánea y coordinada**. Por ejemplo, al hacer ejercicio:
- el sistema somático activa los músculos,
- el sistema autónomo aumenta la frecuencia cardiaca y la respiración.

👉 **Idea clave:** El Sistema Nervioso Periférico tiene **dos salidas complementarias**:
- una para **mover el cuerpo conscientemente** (somática),
- otra para **regular el funcionamiento interno sin intervención consciente** (autónoma).

La coordinación de ambas es lo que permite una acción eficaz y adaptada al entorno.

⇒ REFLEJOS AUTÓNOMOS

→ **Qué son los reflejos autónomos**

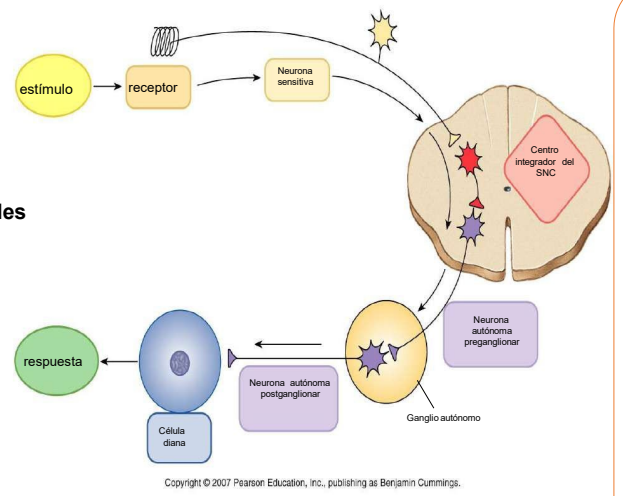
Los **reflejos autónomos** son circuitos nerviosos que regulan **funciones viscerales** de manera automática, sin control consciente. A diferencia de los reflejos somáticos (que actúan sobre músculo esquelético), estos reflejos actúan sobre:
- **músculo liso**,
- **músculo cardíaco**,
- **glándulas**.

Su finalidad es **mantener la homeostasis** ajustando continuamente el funcionamiento interno del organismo.

REFLEJOS AUTÓNOMOS

Ejemplos:

1. **Cambios en diámetro vascular por variaciones temp.**
2. **Sudoración por↑ Tª**
3. **Reflejos intestino-intestinales**
4. **Peristaltismo**
5. **R. de evacuación →vaciar vejiga o colon llenos.**



Polisinápticos
Actividad tónica constante→ tono vascular

Integración en:

-Médula→Micción o defecación Pueden ser inhibidos o estimulados por centros superiores

- Tronco encefálico→ salivación, vómito, tos, deglución

-Hipotálamo y tálamo→ centros que regulan la homeostasis (frecuencia, Presión, respiración etc)

Conexión con sistema límbico

→ **Estructura del arco reflejo autónomo**

Aunque el objetivo sea distinto, el esquema básico sigue siendo un **arco reflejo**, pero **más complejo y siempre polisináptico**:

1. **Receptor**
   Detecta cambios internos (presión, distensión, composición química, temperatura).
2. **Neurona sensitiva (aferente)**
   Conduce la información hacia el SNC.
3. **Centro integrador del SNC**
   Puede localizarse en:
   - **médula espinal**,
   - **tronco encefálico**,
   - **hipotálamo**,
   - y, en algunos casos, con modulación del **sistema límbico**.
4. **Neurona autónoma preganglionar**
   Sale del SNC hacia un ganglio autónomo.
5. **Ganglio autónomo**
   Punto de relevo entre neurona preganglionar y postganglionar.
6. **Neurona autónoma postganglionar**
   Llega al órgano diana.
7. **Órgano efector**
   Músculo liso, cardíaco o glándula, que ejecuta la respuesta.

→ **Niveles de integración**

Los reflejos autónomos **no se integran en un único nivel**, sino en varios, según la función:

- **Médula espinal**
  Controla reflejos como la **micción** o la **defecación**, que pueden ser modulados por centros superiores.
- **Tronco encefálico**
  Integra reflejos de **salivación, vómito, tos y deglución**.
- **Hipotálamo y tálamo**
  Regulan funciones globales de la homeostasis:
  frecuencia cardíaca, presión arterial, respiración, temperatura corporal.

Esta organización jerárquica permite respuestas rápidas y, al mismo tiempo, coordinación general del organismo.

→ **Actividad tónica constante**

Un concepto clave que aparece en la diapositiva es el de **actividad tónica constante**.

Muchos reflejos autónomos no se activan "a ráfagas", sino que mantienen un **nivel basal continuo** de actividad.

Ejemplo clásico:

- **Tono vascular**: los vasos sanguíneos están siempre parcialmente contraídos.

A partir de ese tono basal, el sistema nervioso autónomo puede aumentar o disminuir el diámetro vascular según las necesidades.

→ **Ejemplos de reflejos autónomos**

La diapositiva enumera varios ejemplos representativos:

- Cambios en el **diámetro vascular** en respuesta a la temperatura.
- **Sudoración** cuando aumenta la temperatura corporal.
- **Reflejos intestino–intestinales** y **peristaltismo**.
- Reflejos de **vaciamiento de vejiga y colon** cuando están llenos.

Todos ellos ocurren **sin intervención consciente**, aunque algunos pueden ser modulados voluntariamente hasta cierto punto.

→ **Relación con el sistema límbico**

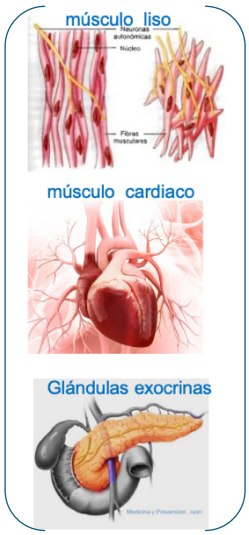
La conexión con el **sistema límbico** explica por qué los estados emocionales influyen en las respuestas autónomas:

- ansiedad → sudoración, taquicardia, alteraciones digestivas,
- miedo → palidez, aumento de frecuencia cardíaca, inhibición digestiva.

El reflejo autónomo no es puramente mecánico: está influido por el estado emocional.

👉 **Idea clave:** Los reflejos autónomos son **mecanismos automáticos y polisinápticos** que regulan la actividad visceral en distintos niveles del SNC, manteniendo la homeostasis mediante una actividad tónica constante y modulable por centros superiores y por la emoción.

⇒ EL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO (SNA)



→ **Función general del SNA**

El **sistema nervioso autónomo** es la parte del sistema nervioso encargada de **regular de forma involuntaria** la actividad de los órganos internos. Actúa continuamente para mantener la **homeostasis**, ajustando el funcionamiento de vísceras, vasos sanguíneos y glándulas según las necesidades del organismo.

A diferencia del sistema somático, el SNA **no controla movimientos conscientes**, sino procesos automáticos imprescindibles para la vida.

→ **Órganos y tejidos sobre los que actúa**

El SNA regula tres grandes tipos de efectores:

- **Músculo liso**

Presente en vasos sanguíneos, tubo digestivo, bronquios, vejiga, útero, etc.

Su contracción o relajación modifica el diámetro de los órganos y el paso de sustancias.

- **Músculo cardíaco**

El SNA ajusta la **frecuencia y la fuerza del latido**, adaptando el gasto cardíaco a cada situación (reposo, ejercicio, estrés).

- **Glándulas exocrinas y endocrinas**

Controla secreciones como saliva, sudor, jugos digestivos y la liberación de hormonas en determinadas glándulas.

→ **Divisiones del sistema nervioso autónomo**

El SNA se organiza en **tres divisiones funcionales**, cada una con un papel específico:

- **Sistema simpático**
  Especializado en preparar al organismo para situaciones de **actividad, esfuerzo o estrés**.
  Moviliza energía y ajusta múltiples órganos de forma coordinada.

- **Sistema parasimpático**
  Favorece las funciones de **reposo, mantenimiento y recuperación**.
  Promueve la digestión, el almacenamiento de energía y la conservación de recursos.

- **Sistema nervioso entérico**
  Se encarga de regular de manera casi independiente la **motilidad y secreción del tubo digestivo**. Aunque está influido por simpático y parasimpático, posee circuitos propios capaces de funcionar de forma autónoma.

→ **Doble inervación de los órganos**

Un concepto central de esta diapositiva es que **la mayoría de los órganos reciben doble inervación**:

- una simpática,
- y otra parasimpática.

Estas dos divisiones suelen ejercer **efectos opuestos**, lo que permite un control muy fino del órgano.

El estado funcional final depende del **equilibrio dinámico** entre ambas.

Ejemplo:

- el simpático acelera el corazón,
- el parasimpático lo frena.

→ **Importancia funcional**

Gracias al SNA:

- el organismo puede adaptarse rápidamente a cambios internos y externos,
- las funciones vitales continúan sin intervención consciente,
- y se mantiene un equilibrio estable incluso durante cambios bruscos de actividad.

→ **Idea clave de la diapositiva**

El sistema nervioso autónomo es el **regulador involuntario de la vida interna**.

Controla músculo liso, músculo cardíaco y glándulas mediante tres divisiones coordinadas, asegurando la homeostasis a través de un equilibrio constante entre simpático, parasimpático y sistema entérico.

⇒ ORGANIZACIÓN GENERAL DEL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

→ **Un sistema motor distinto del somático**

El sistema nervioso autónomo (SNA) se diferencia claramente del sistema motor somático en **cómo transmite la orden motora** y en **cómo actúa sobre el órgano diana**. Mientras que el sistema somático utiliza una única neurona motora para llegar al músculo esquelético, el SNA emplea una **cadena de dos neuronas**, lo que introduce un nivel adicional de regulación.

→ **Cadena de dos neuronas en serie**

La vía motora autónoma está formada por:

- **Neurona preganglionar**

Su cuerpo celular se encuentra en el **SNC** (médula espinal o tronco encefálico).
Su axón sale del SNC y se dirige hacia un **ganglio autónomo**.

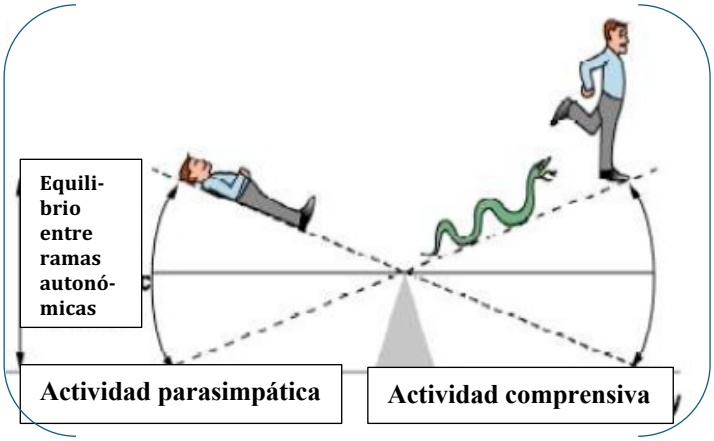
- **Neurona postganglionar**
  Su cuerpo celular está en el **ganglio autónomo**.
  Desde allí envía su axón hasta el **órgano efector** (músculo liso, músculo cardíaco o glándula).

Esta organización en dos escalones permite **modular, amplificar o diversificar** la señal antes de que llegue al órgano.

→ **Función de los ganglios autónomos**
Los **ganglios autónomos** no son simples estaciones de paso. En ellos:
- la señal puede **modificarse**,
- pueden activarse **múltiples neuronas postganglionares** a partir de una sola neurona preganglionar,
- se integran señales procedentes de distintos centros.

Esto explica por qué muchas respuestas autónomas son **difusas y coordinadas**, afectando a varios órganos a la vez.

→ **Comparación funcional con el sistema somático**
Esta diapositiva nos lleva a comparar ambos sistemas:
- **Sistema somático**
  - Una neurona desde el SNC al músculo.
  - Control voluntario.
  - Respuesta rápida y muy localizada.
- **Sistema autónomo**
  - Dos neuronas en serie.
  - Control involuntario.
  - Respuestas más lentas, modulables y sostenidas.



Esta diferencia estructural explica por qué el SNA es ideal para regular funciones continuas como la presión arterial o la digestión.

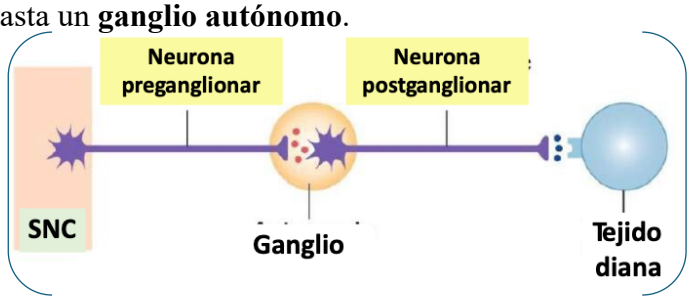
👉 **Idea clave de la diapositiva:** El sistema nervioso autónomo se organiza como una **vía motora de dos neuronas**, con un ganglio intermedio que permite un control fino, flexible y coordinado de la actividad visceral, muy distinto del control motor somático.

⇒ ESTRUCTURA DE LA VÍA MOTORA AUTÓNOMA

→ **Arquitectura básica del control visceral**
La vía motora autónoma presenta una **estructura constante** que explica cómo el SNC gobierna órganos internos de forma involuntaria. A diferencia del sistema somático, aquí **no hay una conexión directa** entre el SNC y el efector: existe un **relevo ganglionar** imprescindible.

→ **Primer eslabón: neurona preganglionar**
- **Localización del soma:** en el **SNC** (médula espinal o tronco encefálico).
- **Función:** llevar la orden desde el SNC hasta un **ganglio autónomo**.
- **Tipo de señal:** generalmente colinérgica (acetilcolina), lo que garantiza una transmisión fiable en el primer relevo.

Este primer eslabón fija **cuándo** y **en qué contexto** debe activarse una respuesta visceral.



→ **Segundo eslabón: neurona postganglionar**

- **Localización del soma:** en el **ganglio autónomo**.
- **Función:** transmitir la señal desde el ganglio hasta el **tejido diana**.
- **Efectores:** músculo liso, músculo cardíaco o glándulas.

Aquí la señal se **ajusta y se diversifica**. Una sola neurona preganglionar puede activar varias postganglionares, permitiendo respuestas **amplias y coordinadas**.

→ **El ganglio autónomo como centro modulador**

El **ganglio** no es un simple "enchufe". En él:

- se **modula la intensidad** de la señal,
- puede existir **convergencia** de varias preganglionares,
- se coordina la respuesta final antes de llegar al órgano.

Esta modulación explica por qué el SNA puede producir:

- respuestas suaves y mantenidas,
- o respuestas intensas y generalizadas (por ejemplo, en el estrés).

→ **Consecuencia funcional de esta estructura**

Gracias a la vía de **dos neuronas**:

- el control visceral es **flexible**,
- se adapta al estado general del organismo,
- puede integrarse con señales hormonales y emocionales,
- y no depende de la voluntad consciente.

Esto es esencial para funciones como la regulación cardiovascular, digestiva y respiratoria.

→ **Idea clave de la diapositiva**

La vía motora autónoma se organiza siempre en **dos neuronas en serie**, con un **ganglio intermedio** que permite modular, amplificar y coordinar la señal antes de que actúe sobre el órgano efector.

⇒ REFLEJOS AUTÓNOMOS Y TONO AUTÓNOMO

→ **Los reflejos autónomos como base de la homeostasis**

Los **reflejos autónomos** son mecanismos nerviosos que ajustan de forma continua el funcionamiento de los órganos internos para **mantener la homeostasis**. A diferencia de los reflejos somáticos, no buscan una respuesta rápida y puntual, sino una **regulación sostenida y precisa** de variables internas como la presión arterial, la frecuencia cardíaca o la motilidad intestinal.

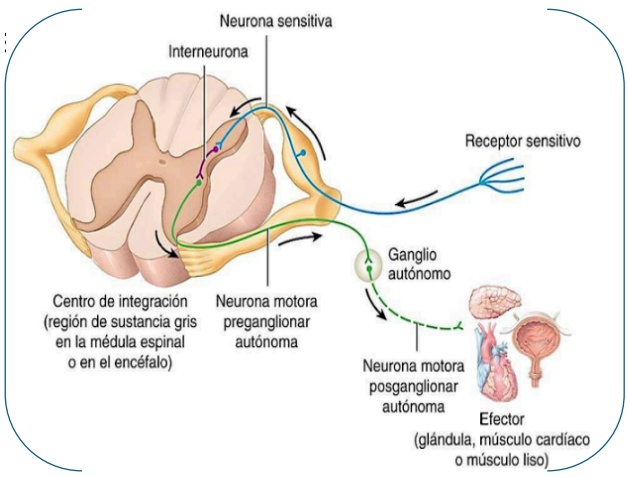
→ **Qué es el tono autónomo**

El **tono autónomo** es la **actividad basal constante** que ejercen las divisiones simpática y parasimpática sobre los órganos.

Los órganos **no están "apagados" y "encendidos"**, sino que funcionan alrededor de un **nivel medio de actividad**, sobre el cual el sistema nervioso puede actuar.

Por ejemplo:

- los vasos sanguíneos mantienen un **tono vascular basal**,
- el corazón late con una frecuencia modulada continuamente,
- el intestino presenta una actividad motora constante.



→ **Regulación central del tono autónomo**

La diapositiva señala que el **hipotálamo** es el principal regulador del tono autónomo.

Desde él se coordinan las respuestas simpáticas y parasimpáticas en función de:

- el estado metabólico,
- la temperatura corporal,
- el nivel de estrés,
- la información emocional procedente del sistema límbico.

El hipotálamo actúa como un **director de orquesta**, ajustando el equilibrio entre ambas divisiones.

→ **Doble inervación y ajuste fino**

La mayoría de los órganos reciben **inervación simpática y parasimpática simultánea**.

Para obtener un efecto concreto:

- **una división aumenta su actividad**,
- mientras **la otra la reduce**.

Este mecanismo permite cambios suaves y graduales, no respuestas bruscas.

Por ejemplo:

- para aumentar la frecuencia cardíaca, se incrementa la actividad simpática y se reduce la parasimpática;
- para disminuirla, ocurre lo contrario.

→ **Ventaja fisiológica de este sistema**

El control mediante tono autónomo permite:

- una **regulación continua**,
- una adaptación rápida a cambios internos y externos,
- y una gran estabilidad del medio interno.

Sin este sistema tónico, la función visceral sería inestable y poco eficiente.

👉 Los reflejos autónomos mantienen la homeostasis mediante un **tono basal constante**, regulado principalmente por el hipotálamo, en el que simpático y parasimpático actúan de forma coordinada ajustando su actividad relativa.

⇒ VÍA MOTORA AUTÓNOMA: PARASIMPÁTICA Y SIMPÁTICA

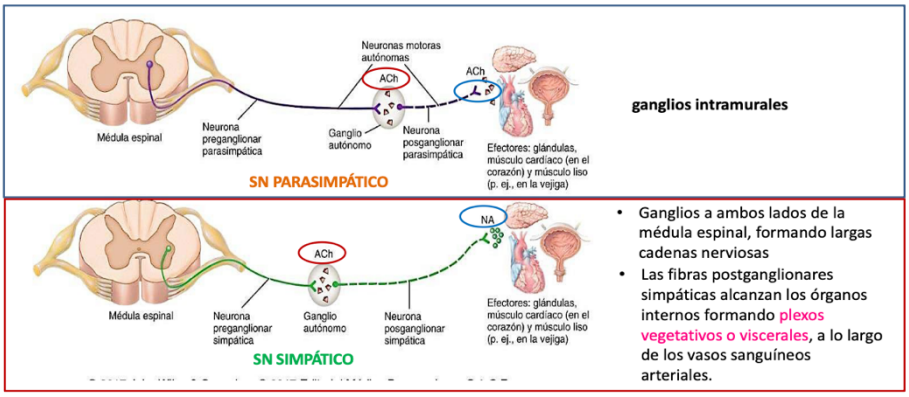
→ **Dos organizaciones anatómicas distintas para una misma función**

Esta diapositiva compara **cómo están organizadas anatómicamente** las vías motoras del **sistema nervioso parasimpático** y del **sistema nervioso simpático**. Aunque ambas cumplen la misma misión general —regular la actividad visceral—, su disposición es muy diferente, y esa diferencia explica el tipo de respuesta que producen.

→ **Vía parasimpática: control localizado y preciso**

En el **sistema parasimpático**, los **ganglios** se sitúan **muy cerca del órgano diana** o incluso **dentro del propio órgano** (ganglios intramurales).

→ **Consecuencias funcionales de esta organización:**



- Las **fibras preganglionares son largas** (desde el SNC hasta el órgano).
- Las **fibras postganglionares son cortas**.
- La respuesta es **muy localizada**, afectando solo al órgano estimulado.
- Permite un control **fino y específico**, ideal para funciones como:
  - digestión, secreción glandular,
  - micción, defecación.

Este diseño es coherente con la función parasimpática de **reposo, mantenimiento y conservación de energía**.

→ **Vía simpática: control difuso y coordinado**

En el **sistema simpático**, los ganglios se agrupan a ambos lados de la médula espinal formando **largas cadenas nerviosas** (cadena simpática paravertebral).

→ **Consecuencias funcionales de esta organización:**

- Las **fibras preganglionares son cortas**.
- Las **fibras postganglionares son largas**.
- Las fibras postganglionares alcanzan los órganos formando **plexos vegetativos o viscerales**, que discurren a lo largo de los vasos sanguíneos.
- Una sola neurona preganglionar puede activar **muchas neuronas postganglionares**.

El resultado es una respuesta:

- **difusa**,
- **coordinada**,
- que afecta a **muchos órganos simultáneamente**.

Esta organización es ideal para situaciones de **lucha o huida**, donde el cuerpo debe actuar como un todo.

→ **Comparación funcional implícita**

La diapositiva permite entender que:

- el parasimpático está diseñado para **regular órganos de forma individual**,
- el simpático está diseñado para **activar el organismo en bloque**.

No es una cuestión de "mejor o peor", sino de **adecuación funcional al tipo de respuesta necesaria**.

→ **Idea clave de la diapositiva**

La distinta localización de los ganglios en las vías parasimpática y simpática determina el tipo de respuesta autonómica:

- **parasimpática** → respuesta localizada, precisa y conservadora de energía,
- **simpática** → respuesta difusa, intensa y coordinada para la acción.

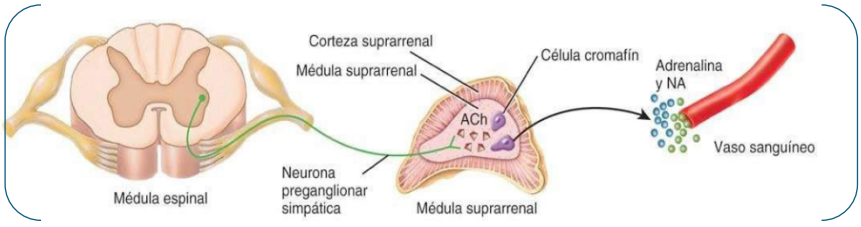
⇒ VÍA MOTORA AUTÓNOMA PARA LA MÉDULA SUPRARRENAL

→ **Una vía simpática especial**

Esta diapositiva describe una **variante singular del sistema nervioso simpático**: la vía que llega a la **médula suprarrenal**. Aunque pertenece funcionalmente al simpático, su organización **no sigue el esquema clásico de dos neuronas en serie**.

Aquí aparece una idea clave:

👉 **la médula suprarrenal actúa como un ganglio simpático modificado**.



→ **Organización anatómica de la vía**

En esta vía ocurre lo siguiente:

- La **neurona preganglionar simpática** sale del SNC.
- Su axón **no hace sinapsis en un ganglio simpático periférico**.
- Llega directamente a la **médula suprarrenal**.
- Allí sinapsa con **células cromafines**, que son equivalentes funcionales de neuronas postganglionares.

En consecuencia, **no existe una neurona postganglionar clásica**.

→ **Respuesta hormonal en lugar de respuesta nerviosa**

Las células cromafines de la médula suprarrenal, al recibir la señal nerviosa:

- liberan **adrenalina (epinefrina)** y **noradrenalina (norepinefrina)**,
- directamente a la **circulación sanguínea**.

Esto transforma una señal nerviosa puntual en una **respuesta hormonal sistémica**.

→ **Ventaja funcional de este diseño**

Este mecanismo proporciona varias ventajas fisiológicas:

- **Respuesta global**: afecta simultáneamente a múltiples órganos.
- **Mayor duración**: las hormonas permanecen más tiempo en sangre que un neurotransmisor en una sinapsis.
- **Amplificación de la respuesta simpática**: incluso órganos con poca inervación simpática directa responden.

Por eso esta vía es fundamental en situaciones de:

- estrés intenso,
- ejercicio físico,
- miedo,
- emergencia.

→ **Efectos fisiológicos principales**

La liberación de adrenalina y noradrenalina produce, entre otros efectos:

- aumento de la **frecuencia y fuerza cardíaca**,
- dilatación de **bronquios**,
- movilización de **glucosa y ácidos grasos**,
- redistribución del flujo sanguíneo hacia músculos y cerebro,
- inhibición transitoria de la digestión.

Todos estos cambios preparan al organismo para una **respuesta rápida y eficaz**.

→ **Idea clave de la diapositiva**

La vía simpática hacia la médula suprarrenal convierte una señal nerviosa en una **respuesta hormonal masiva y prolongada**, actuando como un potente mecanismo de amplificación del sistema nervioso simpático.

⇒ FUNCIONES DEL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO (SNA)

→ **Sentido funcional global**

Veamos un resumen de lo **que hace el SNA** en la práctica, es decir, **para qué sirve** su compleja organización anatómica. El SNA no actúa de manera ocasional, sino **de forma continua**, regulando funciones vitales que no pueden depender de la voluntad.

Su objetivo último es **garantizar la supervivencia** adaptando el funcionamiento interno del organismo a cada situación.

→ **Funciones del sistema parasimpático: "reposo y digestión"**

El **parasimpático** predomina en condiciones de tranquilidad y recuperación. Sus efectos están orientados a **conservar y restaurar la energía** del organismo.

Efectos fisiológicos principales:

- **Disminución de la frecuencia cardíaca**, reduciendo el gasto energético.
- **Estimulación de la digestión**, aumentando la motilidad intestinal y la secreción de jugos digestivos.
- **Promoción de la absorción de nutrientes**, favoreciendo el almacenamiento de energía.
- **Salivación y lagrimeo**, necesarios para la función digestiva y ocular.
- **Micción y defecación**, facilitando la eliminación de desechos.

Estos efectos no son puntuales: se mantienen mientras el organismo está en reposo.

→ **Funciones del sistema simpático: "lucha o huida"**

El **simpático** se activa cuando el organismo necesita responder a una demanda intensa: ejercicio, estrés, peligro o emergencia. Su función es **movilizar recursos rápidamente**.

→ **Efectos fisiológicos principales:**

- **Aumento de la frecuencia y la fuerza del latido cardíaco**, elevando el gasto cardíaco.
- **Redistribución del flujo sanguíneo**, priorizando músculos y cerebro.
- **Liberación rápida de energía**, mediante aumento de glucosa y ácidos grasos en sangre.
- **Inhibición de la digestión**, al no ser prioritaria en situaciones de urgencia.
- **Estimulación de la sudoración**, que ayuda a regular la temperatura corporal.

Podemos utilizar para mejor recordar la regla mnemotécnica de la **"E"**:

- **Excitar**,
- **Emergencia**,
- **Ejercicio**,
- **Emoción (vergüenza)**.

→ **Duración y alcance de los efectos**

Un aspecto importante que destaca la diapositiva es que:

- los **efectos simpáticos son más difusos**,
- afectan a **muchos órganos simultáneamente**,
- y **duran más tiempo** que los parasimpáticos, especialmente cuando interviene la médula suprarrenal.

Esto explica por qué, tras una situación de estrés, el cuerpo tarda un tiempo en volver al estado basal.

→ **Complementariedad, no oposición**

Aunque se describen como sistemas opuestos, simpático y parasimpático **no actúan como interruptores excluyentes**.

Funcionan de forma **complementaria**, ajustando su grado de actividad relativa según la situación. Un órgano no "apaga" uno y "enciende" el otro, sino que **modula el equilibrio entre ambos**.

👉 El sistema nervioso autónomo regula las funciones internas del organismo mediante dos divisiones complementarias:

- el **parasimpático**, orientado a la conservación y recuperación,
- y el **simpático**, orientado a la acción y la movilización de energía.

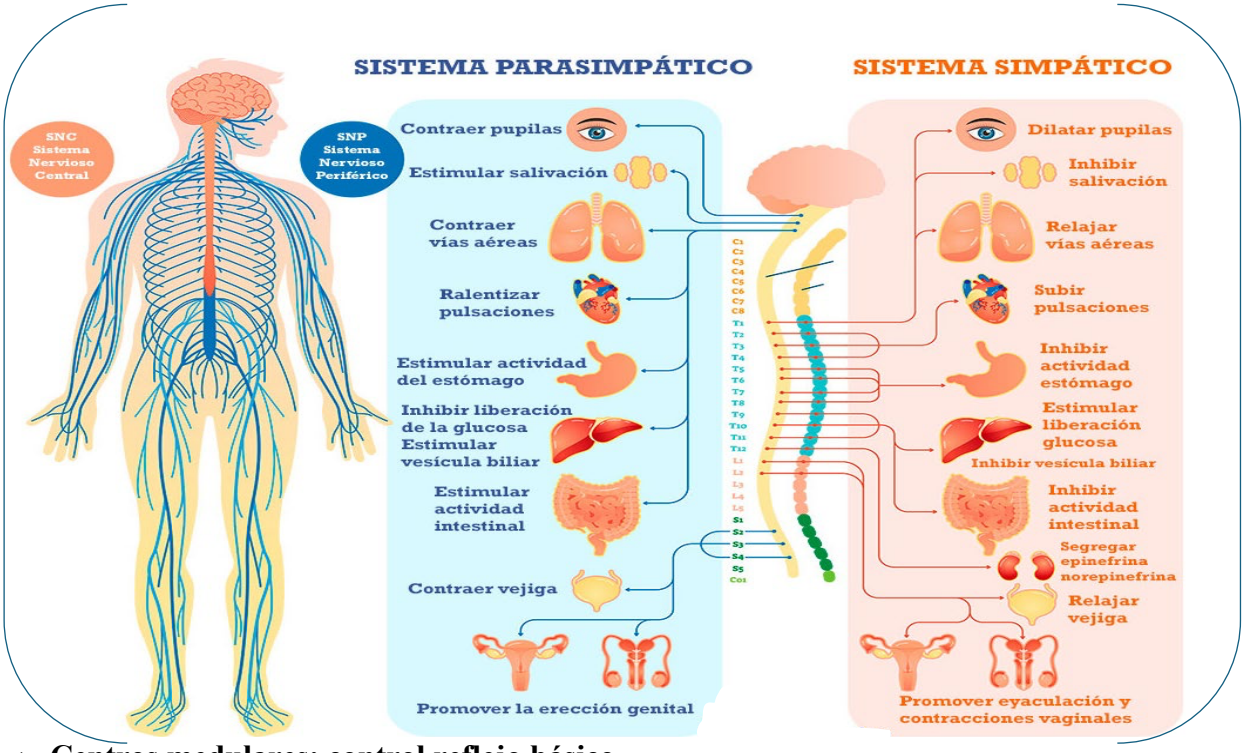
Este equilibrio dinámico permite adaptarse eficazmente a cualquier circunstancia.

⇒ CENTROS DE CONTROL DEL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

→ **El control autónomo no reside en un único centro**

El sistema nervioso autónomo (SNA) **no está gobernado por un solo "núcleo central"**, sino por una **red jerárquica de centros de control** distribuidos a distintos niveles del sistema nervioso. Esta organización permite respuestas rápidas, pero también una regulación global y coherente del organismo.

La diapositiva subraya que los **centros de control autónomo están presentes tanto en el encéfalo como en la médula espinal**.



→ **Centros medulares: control reflejo básico**

En la **médula espinal** se integran reflejos autónomos simples, especialmente relacionados con funciones viscerales básicas.

Ejemplos funcionales:

- reflejos de **micción** y **defecación**,
- ajustes vasculares segmentarios,
- respuestas locales del músculo liso.

Estos reflejos pueden funcionar de manera **automática**, aunque normalmente están **modulados por centros superiores**.

→ **Centros del tronco encefálico: funciones vitales**

El **tronco encefálico** (bulbo raquídeo y protuberancia) contiene núcleos autónomos esenciales para la vida.

Funciones reguladas a este nivel:

- **frecuencia cardíaca**,
- **presión arterial**,
- **ritmo respiratorio**,
- reflejos de **deglución, tos, vómito y salivación**.

Estos centros actúan de forma continua y automática, ajustando la actividad visceral segundo a segundo.

→ **Hipotálamo: centro integrador superior**

El **hipotálamo** es el **principal centro de coordinación del SNA**. Integra información:

- visceral,
- endocrina,
- térmica,
- metabólica,
- y emocional (procedente del sistema límbico).

Desde el hipotálamo se regula:

- el equilibrio entre simpático y parasimpático,
- el tono autónomo basal,
- la respuesta al estrés,
- la interacción entre sistema nervioso y sistema endocrino.

Por eso se considera el **director general de la homeostasis**.

→ **Influencia cortical y del sistema límbico**

Aunque el SNA es involuntario, **las emociones, la conducta y la experiencia consciente influyen sobre él**.

A través del sistema límbico y de áreas corticales:

- el miedo puede acelerar el corazón,
- la ansiedad puede alterar la digestión,
- la vergüenza puede provocar sudoración o rubor.

Esto demuestra que el control autónomo está **integrado con la vida psíquica**, no aislado de ella.

→ **Organización jerárquica del control**

La diapositiva permite resumir el control autónomo como una jerarquía:

- **Médula espinal** → reflejos viscerales básicos.
- **Tronco encefálico** → control vital continuo.
- **Hipotálamo** → integración global y homeostasis.
- **Sistema límbico y corteza** → modulación emocional y conductual.

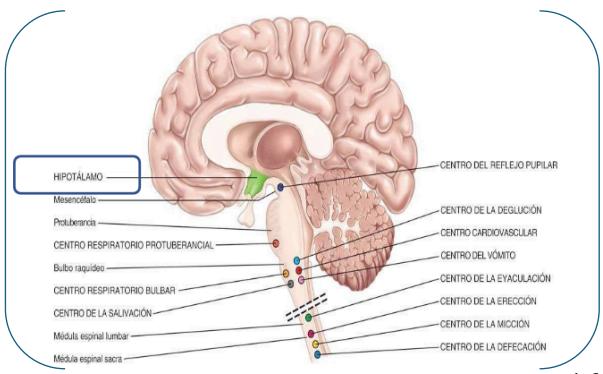
Esta jerarquía garantiza **rapidez, estabilidad y adaptación**.

👉 El sistema nervioso autónomo está controlado por **múltiples centros distribuidos jerárquicamente**, con el hipotálamo como principal integrador, permitiendo una regulación automática de las funciones vitales y su modulación por emociones y conducta.

⇒ CENTROS DE CONTROL AUTÓNOMO

→ **Distribución de los centros de control**

El control del sistema nervioso autónomo **no depende de un único centro**, sino de **varios niveles jerárquicos** distribuidos por el sistema nervioso central. Esta diapositiva insiste en que los **centros de control autónomo están presentes tanto en el encéfalo como en la médula espinal**, lo que permite respuestas rápidas y, al mismo tiempo, una regulación global del organismo.



Esta organización explica por qué algunas funciones viscerales pueden mantenerse incluso cuando los centros superiores están dañados.

→ **Centros medulares**

En la **médula espinal** se integran reflejos autónomos relativamente simples, relacionados sobre todo con funciones viscerales básicas.

Entre ellos destacan:

- reflejos de **micción**,
- reflejos de **defecación**,
- ajustes vasculares segmentarios.

Estos reflejos pueden funcionar de forma automática, pero en condiciones normales están **modulados por centros superiores**, lo que permite el control voluntario parcial (por ejemplo, retrasar la micción).

→ **Centros del tronco encefálico**

El **tronco encefálico** alberga núcleos autónomos fundamentales para la vida.

Regula de manera continua:

- la **frecuencia cardíaca**,
- la **presión arterial**,
- el **ritmo respiratorio**,
- reflejos como **tos, vómito, deglución y salivación**.

Estos centros actúan segundo a segundo y garantizan la estabilidad de las funciones vitales, independientemente del estado de conciencia.

→ **Hipotálamo como centro integrador principal**

El **hipotálamo** es el **principal centro de coordinación del sistema nervioso autónomo**. Integra información:

- visceral,
- endocrina,
- térmica,
- metabólica,
- y emocional (procedente del sistema límbico).

Desde él se regula:

- el equilibrio simpático–parasimpático,
- el tono autónomo basal,
- la respuesta al estrés,
- la interacción entre sistema nervioso y sistema endocrino.

Por este motivo se considera el **director de la homeostasis**.

→ **Influencia del sistema límbico y la corteza**

Aunque el SNA es involuntario, **la emoción y la conducta influyen claramente en él**. A través del sistema límbico y de conexiones corticales:

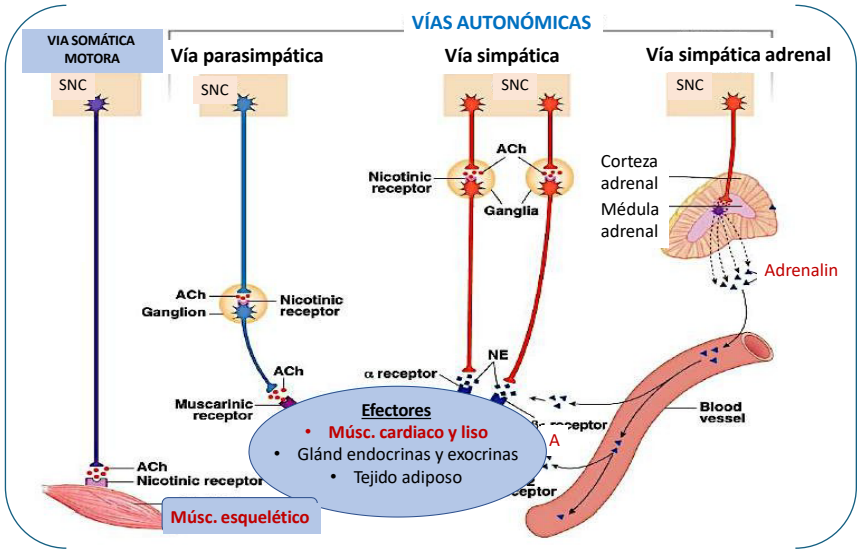
- el miedo acelera el corazón,
- la ansiedad altera la digestión,
- la vergüenza provoca sudoración o rubor.

⇒ VÍAS AUTONÓMICAS Y COMPARACIÓN CON LA VÍA SOMÁTICA MOTORA

→ **Tres tipos de vías autonómicas**

Esta diapositiva presenta una **visión final de conjunto** del sistema nervioso autónomo, mostrando **las tres vías de salida** con las que el SNC regula la actividad visceral:

1. **Vía parasimpática**
2. **Vía simpática**
3. **Vía simpática adrenal**



Cada una responde a una **lógica funcional distinta**, pero todas persiguen el mismo objetivo: **mantener la homeostasis y permitir la adaptación al entorno**.

→ **Vía parasimpática**

En la **vía parasimpática**, la información motora sale del SNC y llega al órgano diana mediante:

- **neurona preganglionar larga**,
- **ganglio intramural** (situado en el propio órgano o muy cerca),
- **neurona postganglionar muy corta**.

→ **Consecuencia funcional**

- Respuesta **localizada y precisa**.
- Actúa órgano a órgano.
- Ideal para funciones de **reposo, digestión y mantenimiento**.

Ejemplos:

- estimulación de la motilidad intestinal,
- secreción glandular,
- disminución de la frecuencia cardíaca.

→ **Vía simpática**

En la **vía simpática clásica**, la organización es inversa:

- **neurona preganglionar corta**,
- **ganglios simpáticos** situados cerca de la médula (cadena paravertebral),
- **neurona postganglionar larga** que alcanza el órgano siguiendo los vasos sanguíneos.

→ **Consecuencia funcional**

- Respuesta **difusa y coordinada**.
- Varios órganos se activan al mismo tiempo.
- Preparación global del organismo para la acción.

Ejemplos:

- aumento de frecuencia cardíaca,
- vasoconstricción periférica,
- inhibición digestiva.

→ **Vía simpática adrenal**

La **vía simpática adrenal** representa una forma especial de control:

- la neurona preganglionar llega directamente a la **médula suprarrenal**,

- no existe neurona postganglionar clásica,
- se liberan **adrenalina y noradrenalina a la sangre**.

→ **Consecuencia funcional**
- Respuesta **sistémica y prolongada**.
- Amplificación hormonal del sistema simpático.
- Ideal para situaciones de estrés intenso o sostenido.

→ **Comparación con la vía somática motora**
  - **Sistema somático**
- **Una sola neurona** desde el SNC al músculo.
- Control **voluntario**.
- Efector: **músculo esquelético**.
- Respuesta rápida y precisa.

  - **Sistema autónomo**
- **Dos neuronas en serie** (excepto vía adrenal).
- Control **involuntario**.
- Efectores: músculo liso, músculo cardíaco, glándulas y tejido adiposo.
- Respuestas más lentas, modulables y sostenidas.

Esta diferencia estructural explica por qué el control visceral es estable y continuo, mientras que el control somático es rápido y puntual.

👉 **Idea clave**

El sistema nervioso autónomo dispone de **tres vías de salida complementarias** que regulan la actividad visceral de forma localizada, difusa o sistémica, y se diferencia del sistema somático motor por su **organización en dos neuronas**, su **control involuntario** y su función esencial en la homeostasis.
