

TEMA 2.3: LA RELACIÓN EN LOS ANIMALES

1- INTRODUCCIÓN

2- RECEPTORES

3- LA COORDINACIÓN NERVIOSA

3.1- LA NEURONA y SU FISIOLOGÍA

3.2 LOS SISTEMAS NERVIOSOS

3.3 EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NERVIOSO

4- LA COORDINACIÓN HORMONAL EN ANIMALES

4.1 – LA COORDINACIÓN HORMONAL EN INVERTEBRADOS

4.2 – LA COORDINACIÓN HORMONAL EN VERTEBRADOS

5- EL APARATO LOCOMOTOR y LA RESPUESTA MOTORA

5.1- TIPOS DE ESQUELETO

5.2- EL SISTEMA MUSCULAR

5.3- LA LOCOMOCIÓN

6- EL COMPORTAMIENTO



Un buitre leonado (*Gyps fulvus*) emprendiendo el vuelo

1- INTRODUCCIÓN

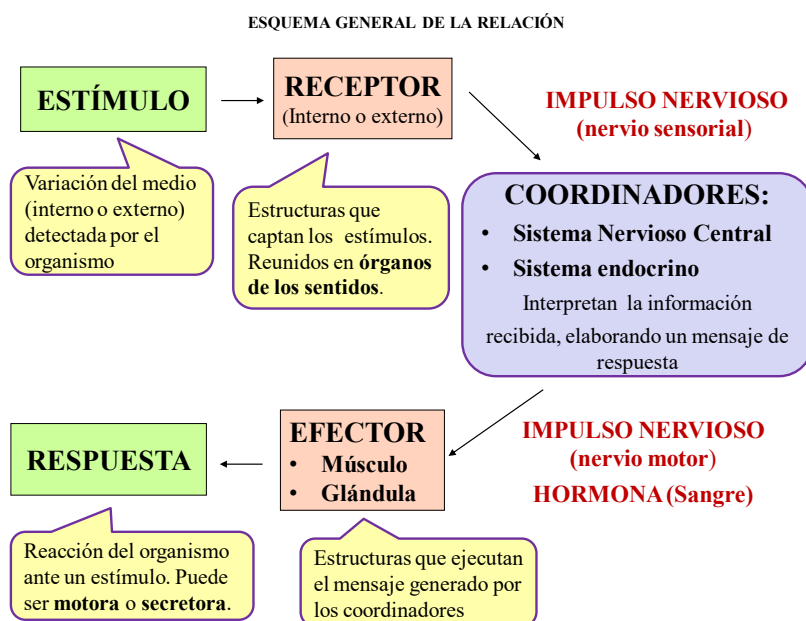
Un aspecto que llama bastante la atención de los animales es su **excitabilidad**, es decir, la capacidad de responder de forma rápida y efectiva a los estímulos del medio. De hecho, la función de relación se define como la capacidad de los seres vivos de responder ante estímulos del medio, tanto interno como externo:

- Los cambios o variaciones en el medio interno (**estímulos internos**) desencadenan un conjunto de respuestas fisiológicas orientadas a mantener su estabilidad (**homeostasis**).
- Los **estímulos externos** (variaciones en el medio externo) generan unas respuestas más o menos complejas, cuyo conjunto es el **comportamiento**.

Para la elaboración de una respuesta rápida a los estímulos, los animales desarrollan unas estructuras que los detectan (**receptores**), unos **sistemas de coordinación** que interpretan la información recibida y elaboran una respuesta, y unos **efectores** que ejecutan la respuesta, que puede ser **motora** (lo realiza un músculo y está relacionada con el movimiento) o **secretora** (lo realiza una glándula, encargada de la secreción de una sustancia).

Existen dos sistemas de coordinación en los animales:

el **sistema nervioso** (que lo realiza mediante impulsos nerviosos de naturaleza eléctrica) y el **sistema endocrino u hormonal** (mediante sustancias químicas como las hormonas). Además, ambos actúan de forma integrada, siendo el sistema endocrino dirigido por el sistema nervioso, que se convierte en el coordinador principal del organismo de un animal. Las diferencias entre los dos sistemas de coordinación se resumen en la siguiente tabla:



	COORDINACIÓN NERVIOSA	COORDINACIÓN HORMONAL
Sistema responsable	Sistema nervioso	Sistema endocrino
Mensajeros	Impulsos nerviosos (naturaleza eléctrica)	Hormonas (naturaleza química)
Vía de transporte	Nervios	Medio interno y Sangre
Respuesta	Rápida y corta	Lenta y duradera
Procesos que regula	Movimientos Conducta Percepción	Homeostasis Metabolismo Reproducción, crecimiento y desarrollo.

2- LOS RECEPTORES

Los **receptores** son células especializadas en captar la energía de los estímulos del medio y transformarla en un impulso nervioso (en un proceso conocido como transducción). Esta información será recogida por los nervios sensitivos para llevarlos al sistema nervioso central. Suelen ser células aisladas o neuronas modificadas y presentan las siguientes propiedades:

1. Son **selectivas**: cada tipo de receptor es sensible a un tipo determinado de energía.
2. Tienen un **umbral mínimo** de excitación.
3. Presentan **adaptación**, fenómeno consistente en una reducción de la respuesta a un estímulo constante y uniforme, lo que ayuda a ignorar estímulos desagradables o intrascendentes.

Algunos receptores se asocian entre sí y con tejidos secundarios para formar estructuras más complejas y eficientes, que son los **órganos de los sentidos**. Por la localización del estímulo, se definen los siguientes tipos:

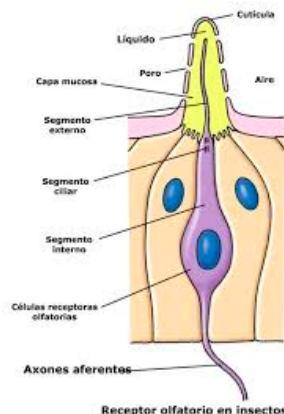
1. **Exterorreceptores**: reciben estímulos del medio externo (luz, ondas sonoras, olores, sabores, etc). Son importantes para la supervivencia del individuo y de la especie.
2. **Interorreceptores**: captan estímulos del interior del organismo. Se definen a su vez dos tipos:
 - **Propiorreceptores**: se encuentran en el interior de músculos, tendones y articulaciones. Indican la orientación del cuerpo en el espacio y de la posición de extremidades y otras partes del cuerpo.
 - **Viscerorreceptores**: se ubican en por todo el interior del organismo y reciben estímulos del medio interno (cambios de pH, presión osmótica, temperatura, composición química, etc). Son importantes para la homeostasis

Por la naturaleza del estímulo al que son sensibles, se definen varios tipos de receptores entre los que destacan los quimiorreceptores, mecanorreceptores, termorreceptores y fotorreceptores, aunque también se encuentran magnetorreceptores y electrorreceptores en algunas especies.

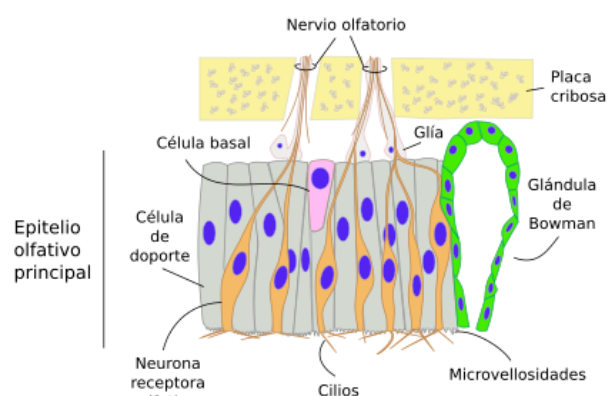
2.1- LOS QUIMIORRECEPTORES

Los **quimiorreceptores** detectan sustancias químicas presentes en el medio. Permiten identificar los alimentos y facilitan la comunicación social por **feromonas** (alarma, atracción sexual, localización del territorio, etc).

El sentido del **olfato** capta sustancias químicas volátiles (en estado gaseoso) y sus receptores pueden encontrarse en las **antenas** de los insectos o en la **pituitaria amarilla** de las fosas nasales de los vertebrados.

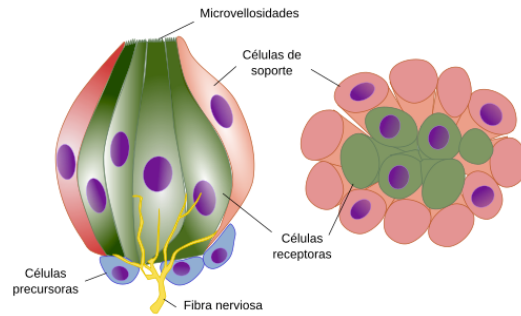


Receptor olfatorio en insectos



Receptores olfativos en vertebrados

El sentido del **gusto**, en cambio, capta sustancias químicas disueltas. Se encuentran receptores gustativos en las antenas y tentáculos de moluscos, en las patas y los órganos bucales de los artrópodos o reunidas en las **papilas gustativas** presentes en la boca o la lengua de los vertebrados.



2.2- LOS MECANORRECEPTORES

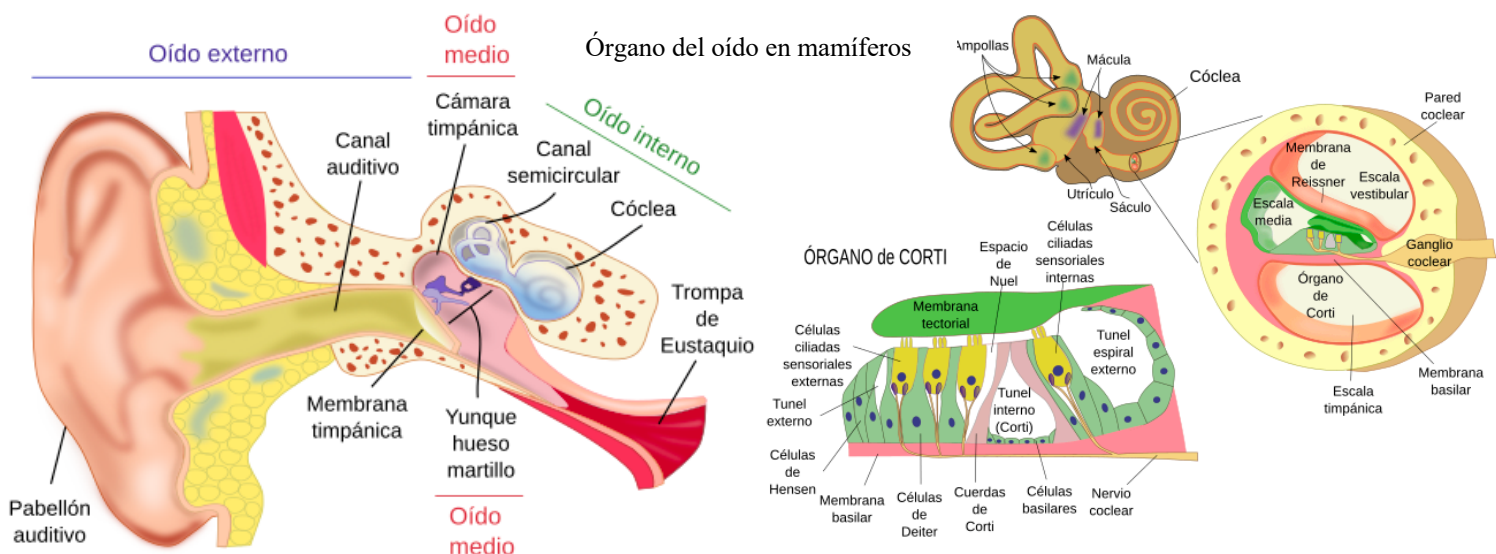
Los **mecanorreceptores** son aquellos que reaccionan ante estímulos que contengan energía mecánica, como el tacto, la presión, la gravedad, el sonido, etc. Suelen ser células ciliadas que generan el impulso nervioso con el roce de esta estructura con alguna superficie.

El sentido del **tacto** recoge estímulos como el roce y la presión y tiene sus receptores en los siguientes órganos:

- Pelos táctiles en las **antenas** de los insectos o en los **palpos** de los arácnidos.
- Corpúsculos de la **piel** de vertebrados como los de Vater-Paccini (captan la presión y las vibraciones) y los de Meissner (captan el tacto y la textura). Existen también terminaciones nerviosas libres que captan el dolor.

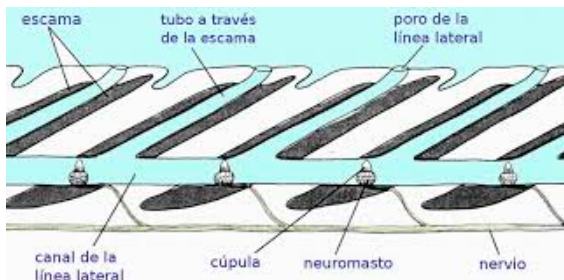
La **audición** es el sentido que capta las ondas sonoras, que son de naturaleza mecánica (vibraciones del medio). En los artrópodos, los receptores auditivos se localizan en las patas, el abdomen, las antenas o el tórax. En los vertebrados, se encuentran dentro del **órgano de Corti** presente en el caracol o **cóclea** del oído interno. La vibración transmitida al líquido que rellena esta estructura mueve la membrana basilar y las células ciliadas (los receptores) que se encuentran sobre ella. El cilio, al chocar sobre la membrana tectorial situada encima genera los impulsos nerviosos que se transmiten al nervio auditivo.

A lo largo de la evolución de los vertebrados aparecen el resto de las estructuras del que transmiten el sonido hacia el oído interno. Así, el oído externo presenta al pabellón auditivo (oreja, para captar la dirección del sonido) y el conducto auditivo externo, que lleva el sonido al tímpano. El oído medio tiene la cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) y la trompa de Eustaquio (para equilibrar la presión interna con el exterior).



El **sentido del equilibrio** permite detectar la gravedad y el movimiento. Los órganos más básicos son los **estaticos** presentes en muchos invertebrados. Son sacos rellenos de líquido con células ciliadas en la periferia y un estatolito duro en el interior.

La **línea lateral** consta de dos finas tuberías tapizadas de células ciliadas que recorren longitudinalmente el cuerpo de peces y anfibios. Al nadar, el agua circula dentro de él y estimula los cilios.



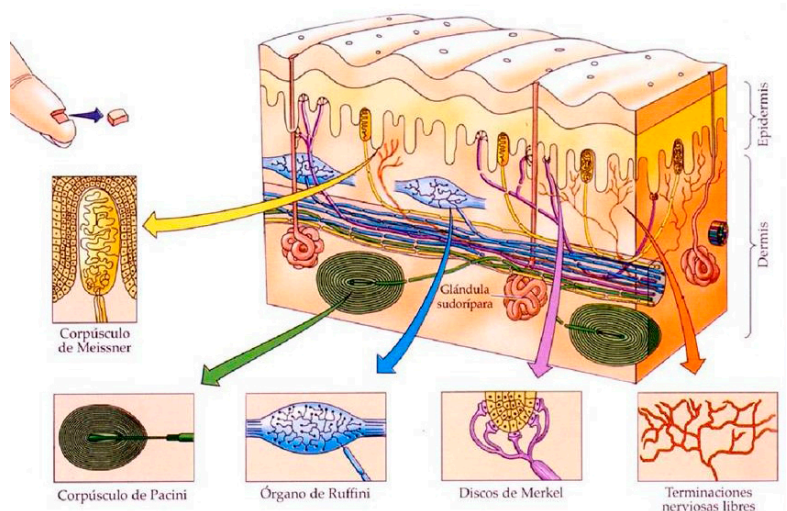
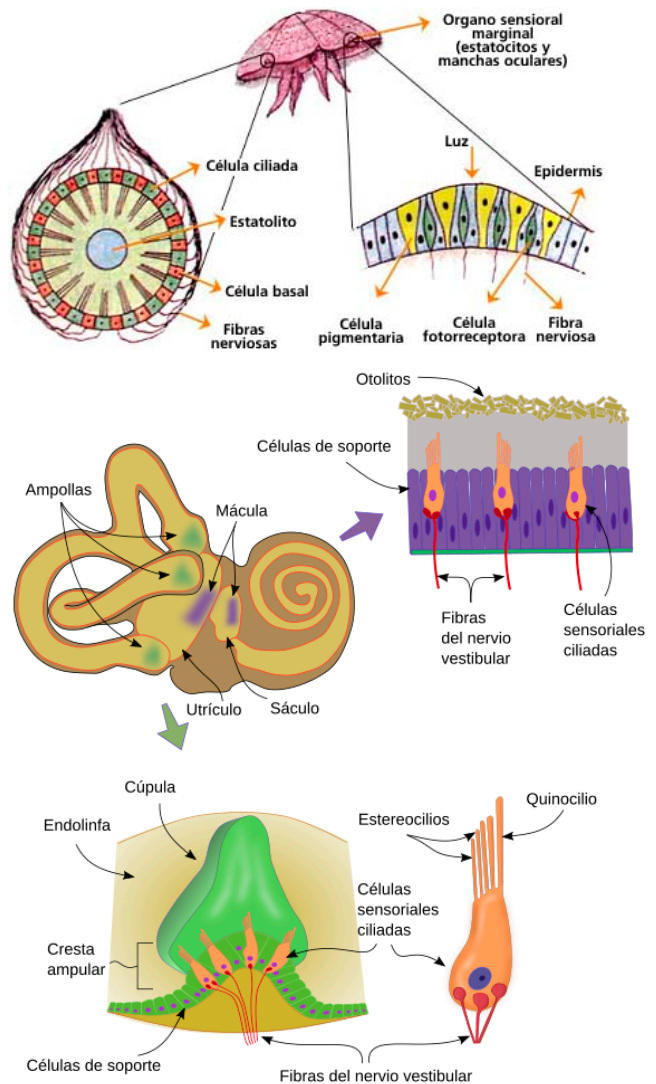
El **oído interno** de los vertebrados posee un sistema vestibular (formado por utrículo y sáculo) con células ciliadas y oolitos, y unos canales semicirculares que tienen unas ampollas en donde se encuentran los receptores. El líquido que rellena estas cavidades estimula los cilios de los receptores, que informan de la posición y los movimientos de la cabeza

3.3- LOS TERMORRECEPTORES

Los **termorreceptores** reaccionan ante la energía térmica, detectando cambios de temperatura. De este modo, aparecen dos sensaciones:

- El calor ante el aumento de temperatura. Este estímulo lo captan los **corpúsculos de Ruffini** de la piel de los vertebrados
- El frío ante la disminución de la temperatura, captada por los **corpúsculos de Krause** de la piel.

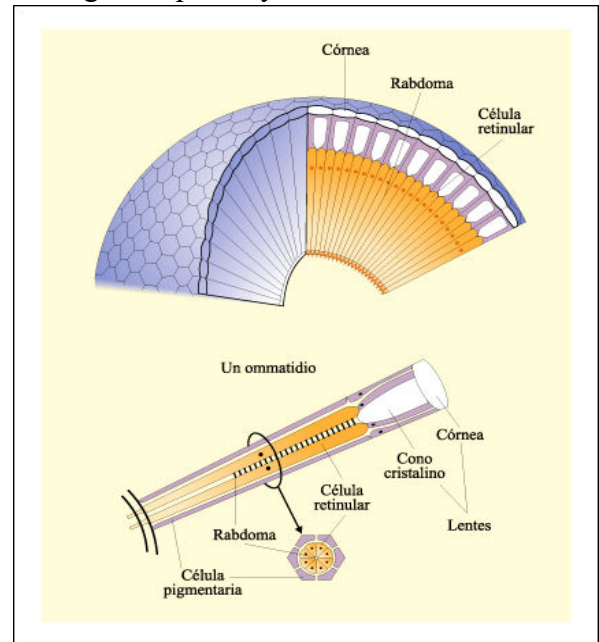
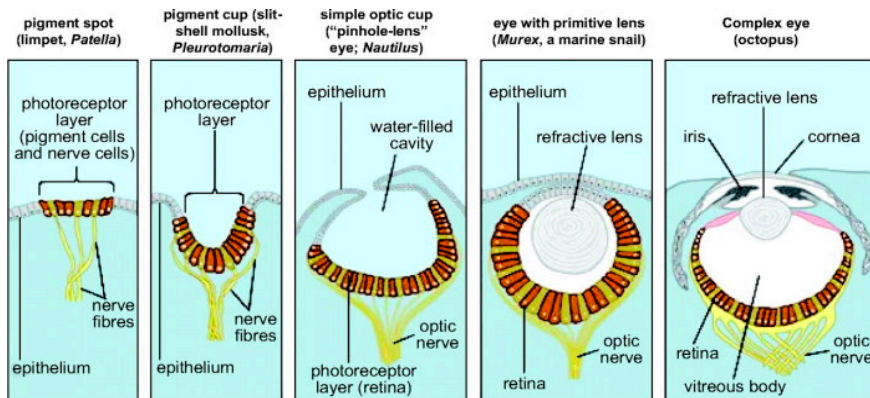
Algunos ofidios poseen la **foseta loreal**, una cavidad que capta una imagen térmica a partir de rayos infrarrojos que emiten sus presas.



3.4- LOS FOTORRECEPTORES

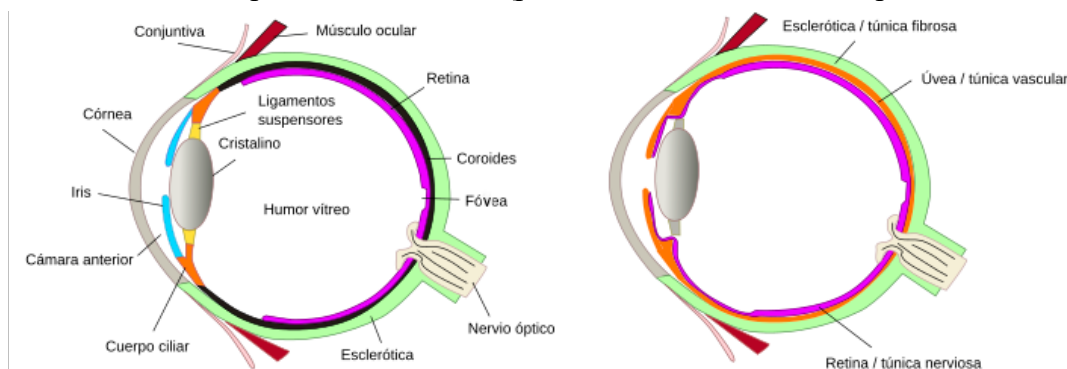
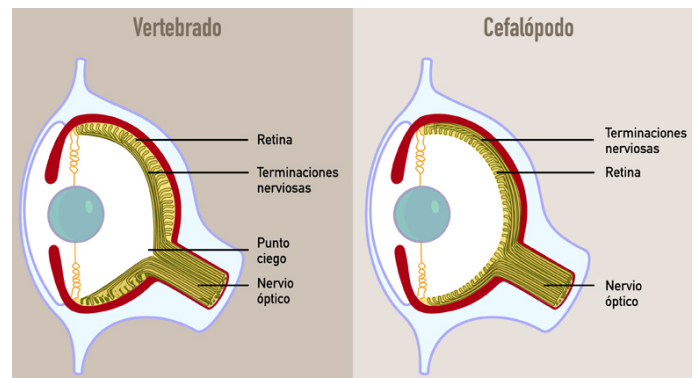
Los **fotorreceptores** detectan la energía luminosa gracias a la presencia de pigmentos como la rodopsina. Se agrupan para formar órganos de la visión de una complejidad creciente:

- La **mancha ocular** consiste en una agrupación sencilla de fotorreceptores dispuestos sobre la superficie del organismo. Detectan cambios de intensidad luminosa. Gusanos y Cnidarios.
- En un **ocelo** (ojo simple), los fotorreceptores tapizan el fondo de una fosa cutánea y permite detectar las formas de los objetos. Presentes en gasterópodos y arácnidos.



- Los insectos y crustáceos poseen **ojos compuestos** formados por un gran número de **ommatidios** (piezas sencillas formadas por una lente y fotorreceptores). Cada ommatidio tiene un funcionamiento independiente, por lo que se detectan mosaicos de imágenes.
- El **ojo en cámara** de vertebrados y cefalópodos posee un globo ocular relleno de líquido con una lente (cristalino) que permite enfocar las imágenes sobre la retina (en donde se encuentran los receptores), lo que permite captar imágenes nítidas (incluso en color y/o en relieve).

El globo ocular de los vertebrados está formado por tres capas: **esclerótica** opaca (con una córnea transparente delantera, **coroides** nutricia y una **retina** fotosensible con dos tipos de receptores: los bastones (permiten la visión nocturna, pues son sensibles a bajas intensidades de luz) y los conos (captan los colores).



los conos (captan los colores).

El **iris** regula la cantidad de luz que entra, mientras que el **cristalino** enfoca la luz hacia la fóvea.

3- LA COORDINACIÓN NERVIOSA

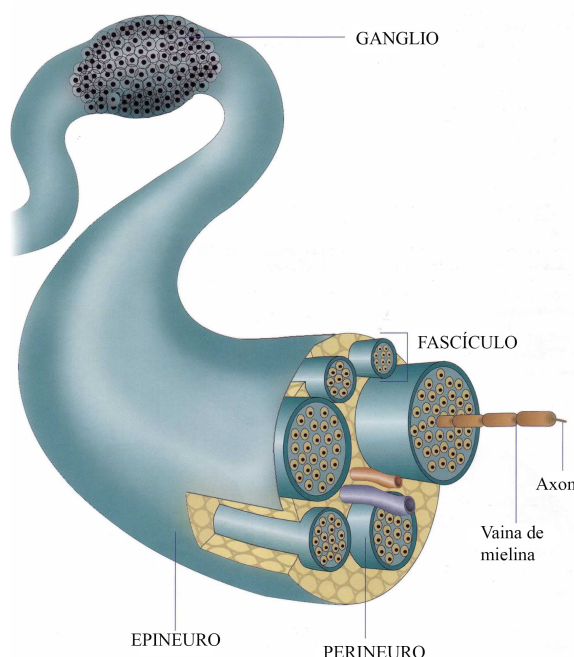
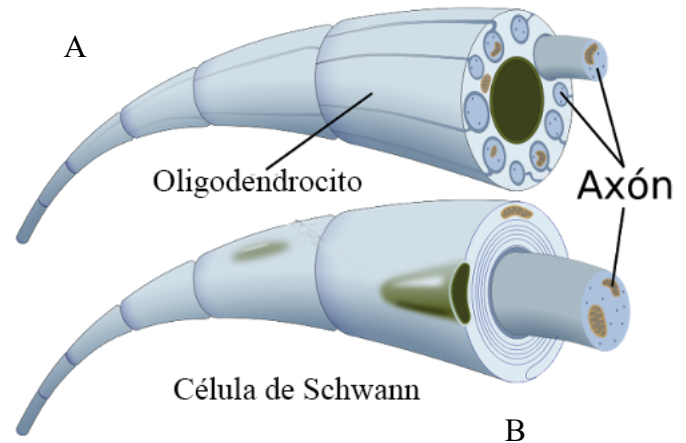
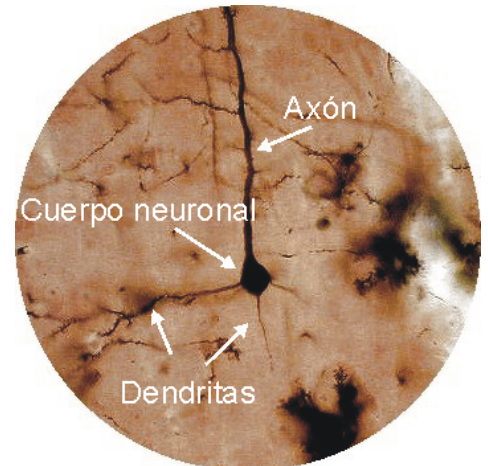
3.1- LA NEURONA y SU FISIOLÓGÍA

Las células nerviosas o **neuronas** son los componentes fundamentales del tejido nervioso y constan de tres partes:

- Un **cuerpo neuronal** o soma, con el núcleo y el citoplasma.
- Las **dendritas**: ramificaciones cortas y numerosas que reciben los impulsos nerviosos
- El **axón**: prolongación muy larga que remata en su extremo en pequeñas ramas que terminan en los botones terminales y que llevan el impulso nervioso a otras neuronas o a un efector.

Muchas veces, el axón se rodea de las **vainas de mielina** generadas por células gliales acompañantes. La mielina es un lípido de función aislante que se acumula en las membranas de estas células. En función de esto, las fibras nerviosas que se generan pueden ser:

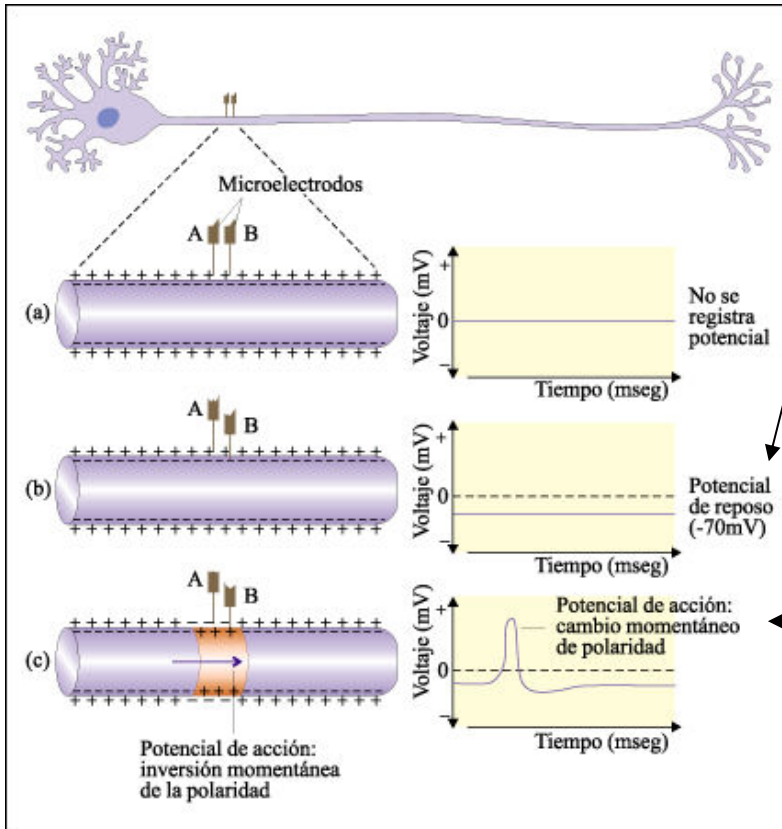
- **Mielínicas**: poseen una vaina de mielina consistente en una célula de Schwann que rodea a un axón (S.N.P., *fig B*) o un oligodendrocito que engloba varios axones (S.N.C, *fig A*). Existen discontinuidades en esta vaina que se denominan **nódulos de Ranvier**.
- **Amielínicas**: no están recubiertos de mielina, porque las células de Schwann sólo los rodean parcialmente.



La acumulación de los axones de muchas neuronas da lugar a los **nervios**, que pueden ser **sensitivos** (llevan el impulso nervioso de los receptores a los centros nerviosos) o **motores** (conducen la respuesta de los centros nerviosos a los efectores). Un nervio contiene fascículos o haces de fibras nerviosas rodeados cada uno por el perineuro (tejido conjuntivo) y envueltos todos por el epineuro.

La acumulación de cuerpos neuronales origina los **ganglios** del sistema nervioso periférico y la materia gris de los **órganos nerviosos** del sistema nervioso central (médula espinal y encéfalo), dentro de los cuales se encuentran las neuronas de asociación, que conectan neuronas sensitivas con motoras.

La función principal de la neurona es la transmisión del **impulso nervioso**, consistente en una serie de cambios electroquímicos que se producen en la membrana del axón.

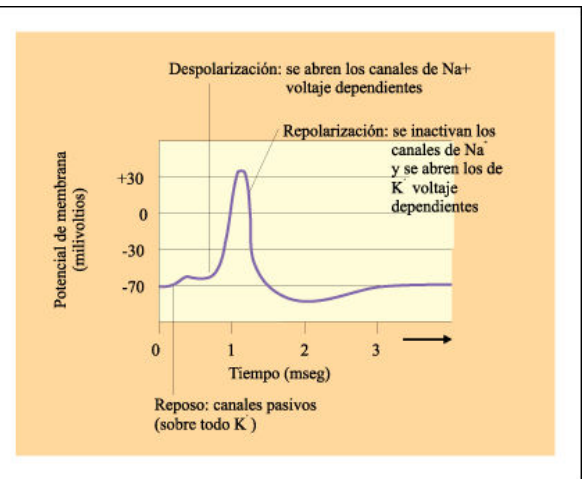
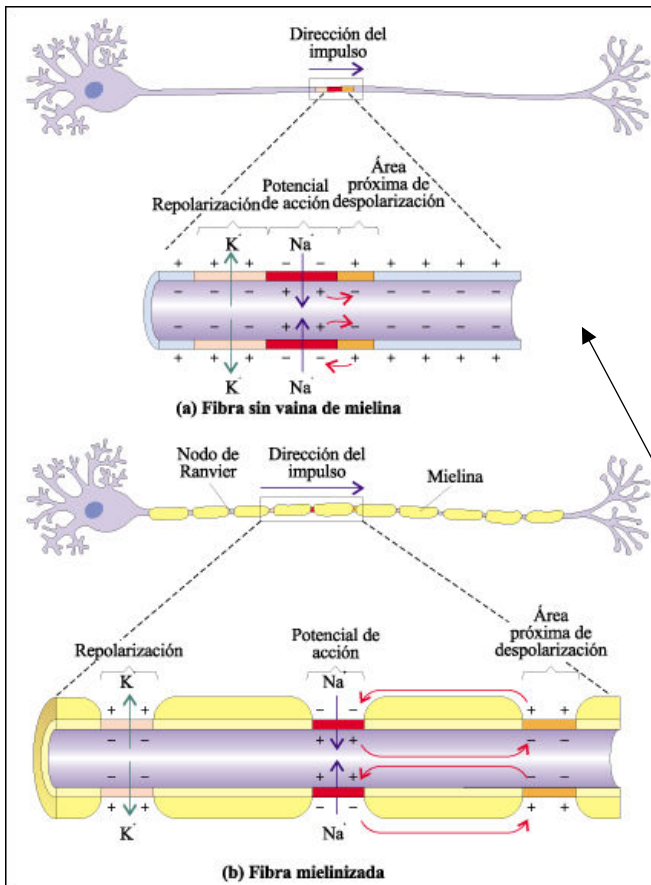


El **potencial de reposo** es la diferencia de cargas entre las dos caras de la membrana de la neurona cuando no está excitada.

- La cara externa tiene carga positiva (+), por la acumulación de cationes debido a la acción de la bomba sodio-potasio.
- La cara interna tiene carga negativa (-) por la acumulación de aniones.

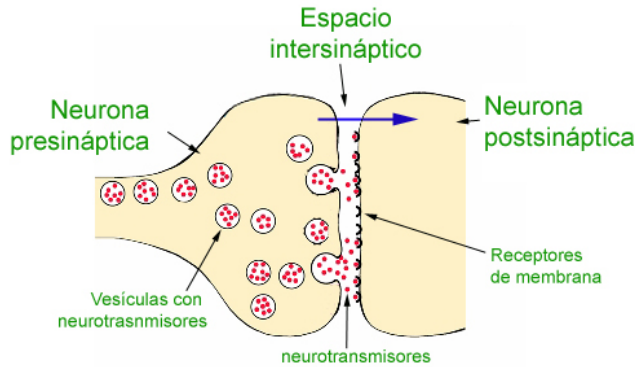
El **potencial de acción** es la inversión transitoria de la polaridad de la membrana neuronal, en un ciclo de despolarización (por apertura de canales iónicos y entrada de cationes) y repolarización posterior (por acción de la bomba sodio-potasio).

- El estímulo tiene que superar un **valor umbral** para que se produzca el potencial de acción.
- Todos los potenciales son de igual tamaño, independientemente del estímulo inicial.



El **impulso nervioso** se produce cuando un potencial de acción en un punto concreto de la membrana induce la despolarización de la zona adyacente y un nuevo potencial de acción, por lo que se propaga a lo largo del axón a modo de onda de despolarización en sentido unidireccional (existe un periodo refractario de 1 a 2 mseg. que impide el retroceso) En las neuronas con mielina, el impulso salta de nódulo en nódulo, lo que incrementa su velocidad de propagación.

La **sinapsis** es un contacto funcional entre dos neuronas, o entre una neurona y un músculo o una glándula. Puede ser de dos tipos: **eléctrico**, si la transmisión del impulso nervioso se hace directamente al estar en contacto las membranas (presente en algunas neuronas del S.N.C.), o **químico** (más habitual) si se produce a través de una hendidura mediante la intervención de **neurotransmisores**. Estas sustancias son liberadas a la hendidura sináptica por vesículas del elemento presináptico para unirse a receptores de la membrana del elemento postsináptico, en donde reproducen el impulso nervioso que se propagará a lo largo de la neurona.

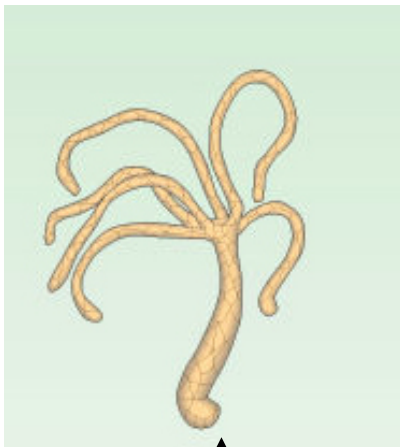


Elementos de una sinapsis:

- Zona presináptica: botones terminales del axón con vesículas sinápticas.
- Hendidura sináptica (unos 20 nm.).
- Elemento postsináptico: la dendrita de otra neurona, una fibra muscular o una célula glandular.

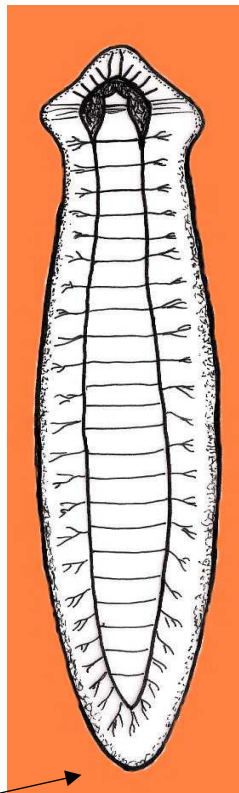
Neurotransmisores excitadores (despolarizan): acetilcolina, adrenalina, noradrenalina, dopamina.
Neurotransmisores inhibidores (hiperpolarizan): alanina, GABA, endorfinas, encefalinas, glicina.

3.2 LOS SISTEMAS NERVIOSOS

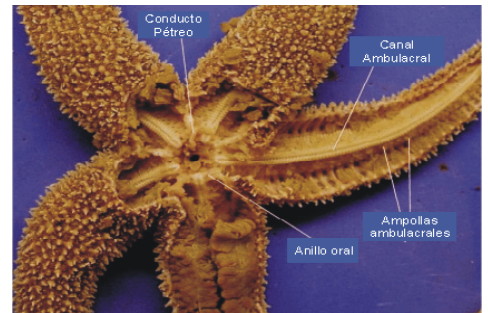


Red difusa o plexo nervioso (Cnidarios): red de neuronas sin órganos centrales ni nervios, que envían impulsos en todas las direcciones.

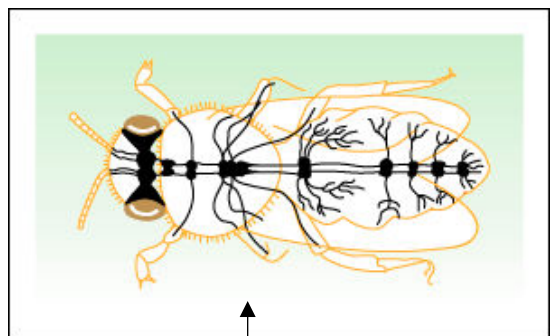
Regulan contracciones corporales para la locomoción y la defensa.



Cordón nervioso (Platelmintos): Consta de dos ganglios cefálicos o cerebroides de los que salen dos nervios ventrales que se comunican transversalmente a modo de escala.



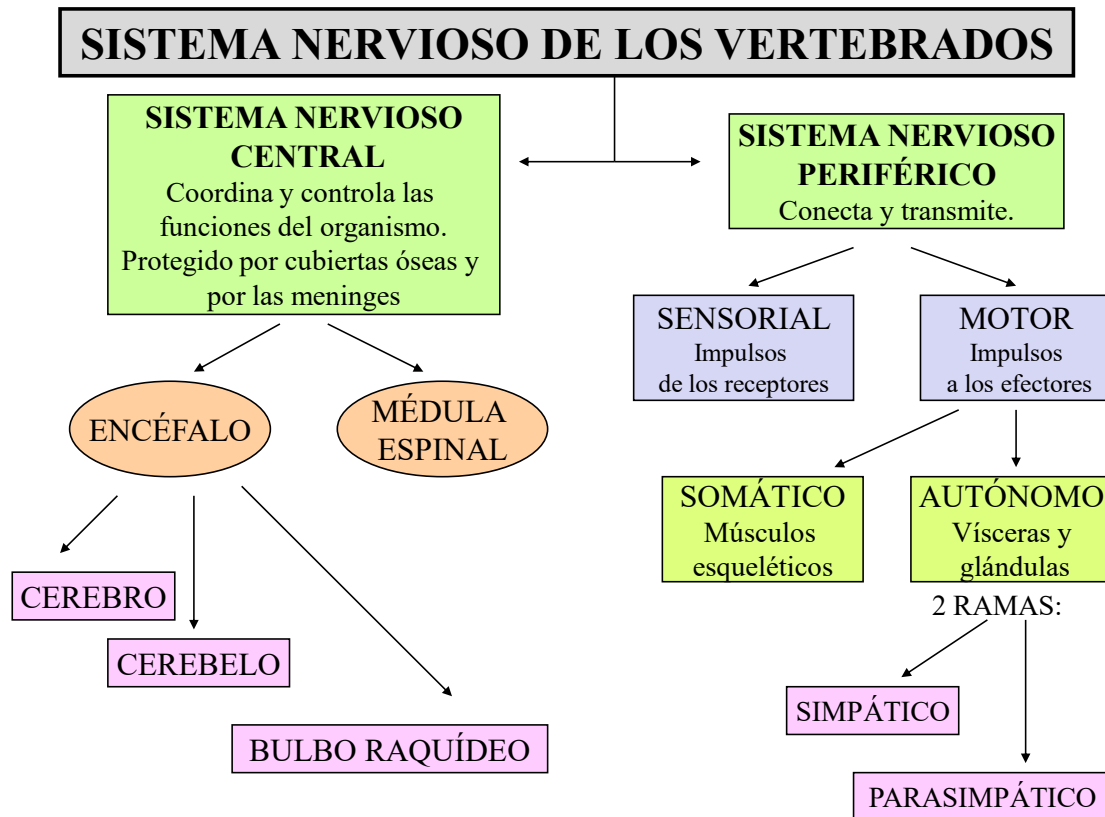
Anular (Equinodermos): formado por un anillo nervioso central (collar periesofágico), del que parte un nervio por cada brazo.



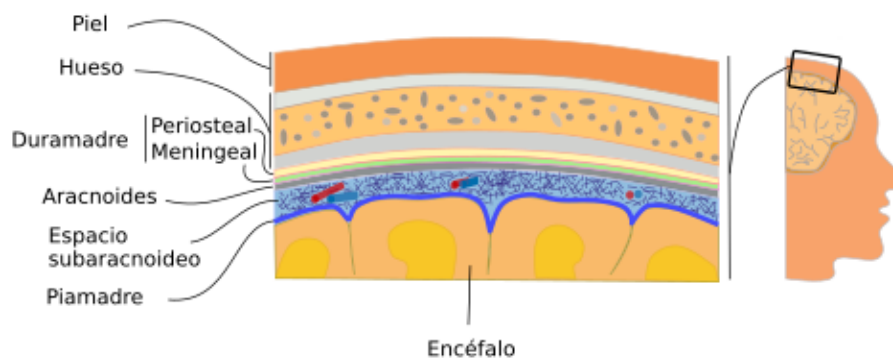
Ganglionar (Anélidos, Artrópodos y moluscos): poseen dos ganglios cerebrales conectados al collar periesofágico, del que salen dos nervios ventrales con ganglios y que están conectados transversalmente. Los cefalópodos presentan una **cefalización**, debido a la acumulación de los ganglios en la cabeza.

En los **vertebrados**, el sistema nervioso consta de un tubo hueco en posición dorsal que presenta en la parte anterior un engrosamiento replegado sobre sí mismo para formar el **encéfalo**. El resto es estrecho y alargado y forma la **médula espinal**. Estos dos órganos constituyen el **sistema nervioso central** (S.N.C. o centros nerviosos), parte en donde se interpreta la información recibida de los receptores, se elabora las respuestas a los estímulos, y se coordinan las funciones del organismo.

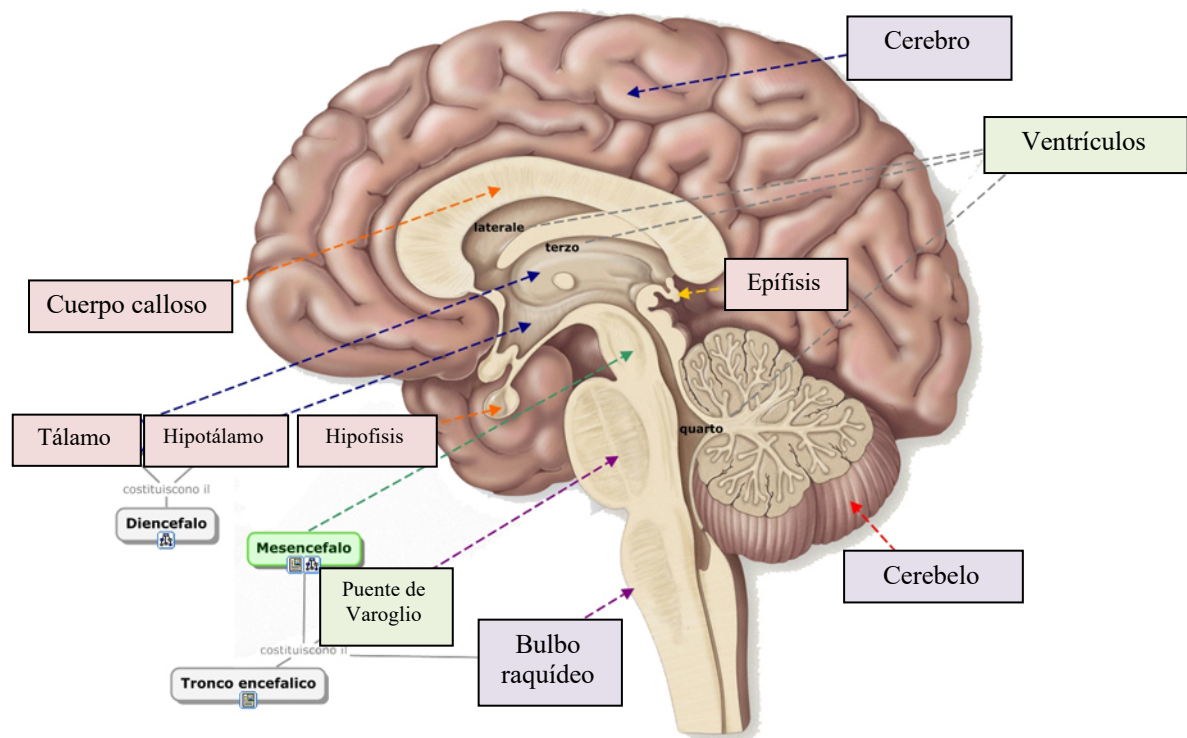
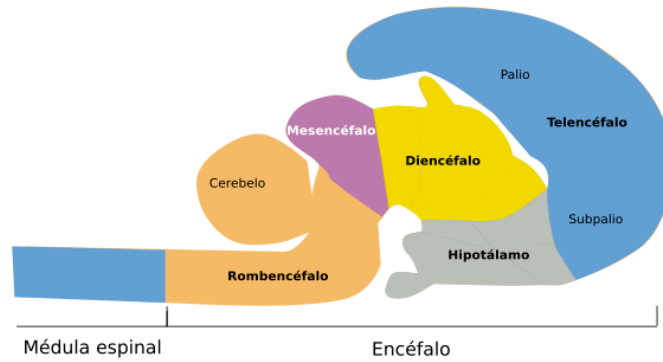
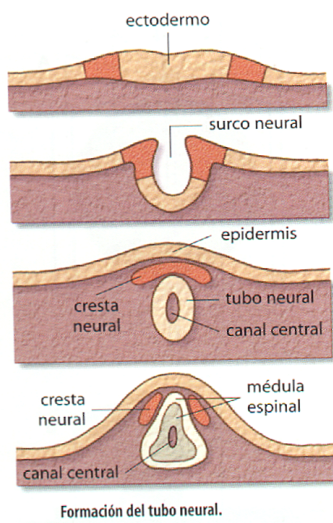
El **sistema nervioso periférico** está formado por los nervios y ganglios que conectan el S.N.C. al conjunto de órganos del cuerpo. Los **nervios craneales** se conectan con el encéfalo (12 pares en el ser humano), mientras que los **raquídeos** se conectan con la médula espinal (31 pares en el ser humano).



El **encéfalo** está formado a su vez por el cerebro, el cerebelo y el bulbo raquídeo. Se encuentra protegido por los huesos del **cráneo** y unas envolturas membranosas: las **meninges** (duramadre externa, aracnoides intermedia y piamadre interna, separados estos últimos por el líquido cefalorraquídeo, que hace de amortiguador y medio interno del encéfalo). Posee una materia gris periférica (formada por la acumulación de los cuerpos neuronales) y una materia blanca interna (formada por la acumulación de fibras nerviosas).



Durante el desarrollo embrionario, el tubo neural, formado por invaginación del ectodermo, desarrolla en su parte anterior cinco vesículas (telencéfalo, diencefalo, mesencéfalo, metencéfalo y mielencéfalo) con unas cavidades internas intercomunicadas denominadas ventrículos. Estas cavidades están rellenas de líquido cefalorraquídeo y son el Primer y segundo ventrículo (dentro de cada hemisferio cerebral), el tercer ventrículo (interior del diencefalo), el acueducto de Silvio (mesencéfalo y metencéfalo) y el cuarto ventrículo (mielencéfalo).



En los vertebrados, se observa la siguiente tendencia evolutiva en el encéfalo:

- Aumento del tamaño de los hemisferios cerebrales y aparición de las circunvoluciones (en mamíferos).
- Disminución del tamaño de los lóbulos olfatorios (muy desarrollados en peces, anfibios y reptiles)
- Aumento del tamaño del cerebelo con la actividad del animal.

La **médula espinal** es una estructura tubular alargada y hueca, con un canal endimario central relleno de líquido cefalorraquídeo. Está protegida por la **columna vertebral** y las **meninges**.

A diferencia del encéfalo, la **sustancia gris** se encuentra en la zona interna, formando unas astas anteriores (con neuronas motoras) y posteriores, mientras que la **sustancia blanca** (formada por fibras miélicas) se encuentra en la zona periférica.

3.3 EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

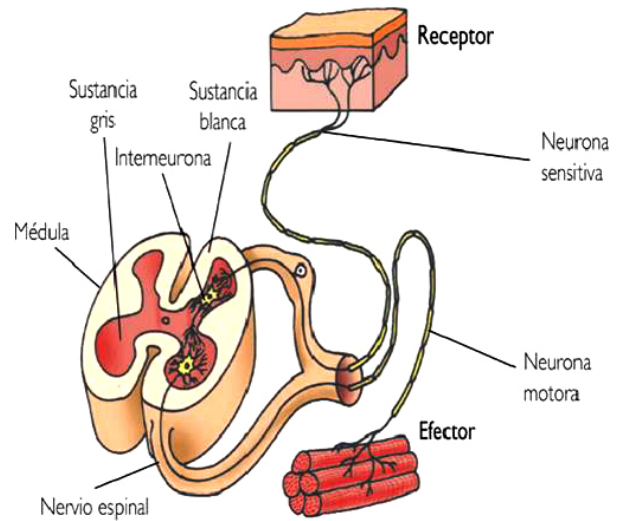
El encéfalo controla y coordina las funciones del organismo, estableciéndose distintas áreas especializadas.

VESÍCULA EMBRIONARIA	PARTE	FUNCIÓN
TELENCÉFALO	Corteza cerebral (sustancia gris)	Responsable de la percepción (interpretación de la información sensorial), las conductas superiores (como el lenguaje, el aprendizaje, el razonamiento o la creatividad), los actos voluntarios (conscientes) y los actos reflejos condicionados (involuntarios, aprendidos y asociados a un estímulo)
	Cuerpo caloso (sustancia blanca)	Une los dos hemisferios cerebrales. Forma parte del sistema límbico , en donde se generan las conductas instintivas (alimentarias, agresivas, sexuales), las emociones y el tono muscular .
DIENCÉFALO	Epífisis o glándula pineal	Produce la melatonina , neurohormona implicada en el control de los ritmos de vigilia y sueño del organismo.
	Tálamo	Recibe, distribuye y filtra la información de los nervios sensitivos (sólo pasa lo relevante). Integrante también del sistema límbico.
	Hipotálamo	Funciones involuntarias relacionadas con la homeostasis (temperatura corporal, composición salina de la sangre, etc.) Control del sistema endocrino a través de la hipófisis.
MESENCÉFALO	Tubérculos cuadrigéminos	Coordinación de los globos oculares y movimientos de la cabeza ante estímulos auditivos.
	Pedúnculos cerebrales	Forma parte del hipocampo , relacionado con la memoria a largo plazo, los estados de ánimo y la capacidad de orientación espacial.
METENCÉFALO	Cerebelo	Coordinación de movimientos voluntarios y mantenimiento del equilibrio y de las posturas.
	Puente de Varoglio	Cruce de las vías nerviosas que unen encéfalo y médula espinal (cambio de lateralidad).
MIENCÉFALO	Bulbo raquídeo	Movimientos automáticos como el ritmo respiratorio, la modulación del ritmo cardiaco, la deglución, la tos, el vómito, el bostezo, el hipo y el estornudo.

Funcionalmente, en el encéfalo se establecen tres grandes regiones: el **tronco cerebral** (el más primitivo y formado por mesencéfalo, mielencéfalo y puente de varoglio), el **sistema límbico** o cerebro emocional (el viejo encéfalo mamífero formado por el bulbo olfatorio, el hipocampo, el tálamo y el hipotálamo) y el **neocortex** (el más evolucionado y

formado por la corteza cerebral y sus cinco lóbulos: frontal, parietal, temporal, occipital y la ínsula de Reil).

La médula espinal establece la comunicación del encéfalo con los órganos del cuerpo (buena parte del tronco y de las extremidades) a través de fibras sensitivas y motoras, pero también es el centro nervioso de muchos **actos reflejos**. Son procesos involuntarios de tipo incondicionado y congénito, en la que participan las tres neuronas integrantes del **arco reflejo**: una sensitiva, una de asociación y una motora. Suelen ser respuestas muy rápidas (debido al corto recorrido y el bajo número de neuronas implicadas) y están relacionadas con la defensa y la supervivencia.



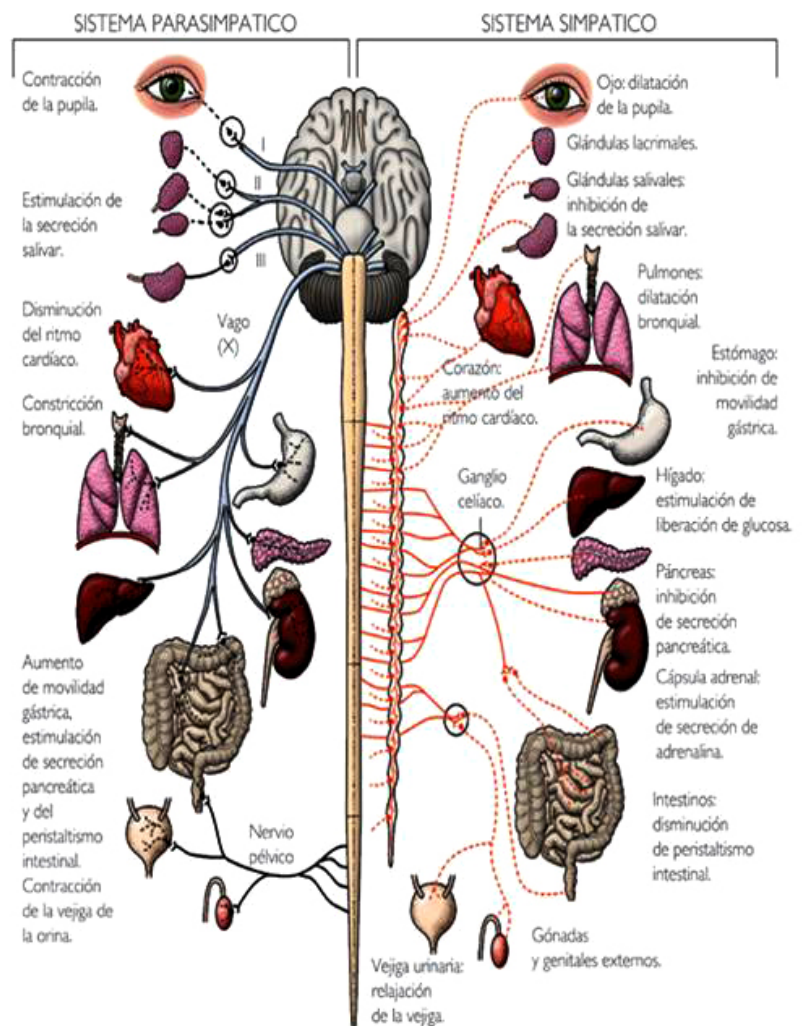
3.4 EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

El **sistema nervioso somático** está formado por nervios mixtos que conectan los órganos sensoriales (con sus receptores) al S.N.C. por el lado sensitivo e inervan los músculos esqueléticos por su parte motora. Sus neuronas tienen los somas en el S.N.C, mientras que unos largos axones mielínicos llegan hasta el músculo. Está implicado en las funciones voluntarias que se generan en la corteza cerebral.

El **sistema nervioso autónomo** (S.N.A.) es un conjunto de nervios raquídeos que controlan las actividades involuntarias de las vísceras. Consta de dos ramas de acción antagónica y que inervan los mismos órganos:

- La rama simpática, que prepara al organismo para situaciones de actividad (defensa, lucha y huida).
- La rama parasimpática, que actúa en situaciones de reposo (conservación y reparación del organismo).

Los nervios del S.N.A. constan de dos fibras motoras que establecen sinapsis entre sí en unos ganglios en donde están los cuerpos neuronales. Esta es la razón por la que se distingue entre la **fibra pre-ganglionar** (va del S.N.C. al ganglio) y la **fibra postganglionar** (va del ganglio al efector)



Diferencias entre las dos ramas del sistema nervioso autónomo:

CARACTERÍSTICA	RAMA SIMPÁTICA	RAMA PARASIMPÁTICA
FIBRAS PREGANGLIONARES	Cortas	Largas
FIBRAS POSTGANGLIONARES	Largas	Cortas
UBICACIÓN DE LOS GANGLIOS	Cerca de la médula.	Cerca de las vísceras.
SALIDA DEL S.N.C	Regiones torácica y lumbar.	Regiones craneal y sacra.
NEUROTRANSMISOR	<u>Preganglionar</u> : Acetilcolina <u>Postganglionar</u> : Adrenalina y Noradrenalina	Acetilcolina
EFFECTO GENERAL	Promueve respuestas de alarma, lucha o huida (implica gasto de energía).	Promueve funciones reparadoras y de placidez (recupera energía).

4- LA COORDINACIÓN HORMONAL EN ANIMALES

El sistema hormonal o endocrino controla y regula numerosas funciones y está integrada por glándulas endocrinas que elaboran hormonas que vierten a la sangre. Las **hormonas** son sustancias químicas que actúan como mensajeros y que se producen en órganos neurosecretores o en las glándulas endocrinas. Presentan las siguientes características:

- Su naturaleza química es variada, aunque se dividen en dos grandes grupos: hidrosolubles (aminoácidos y polipéptidos) y liposolubles (derivados de ácidos grasos, o esteroides derivados del colesterol).
- Actúan en pequeñas cantidades y se inactivan rápidamente.
- Están regulados por mecanismos de **retroalimentación negativa**, en que altos niveles de una hormona inhiben su producción.

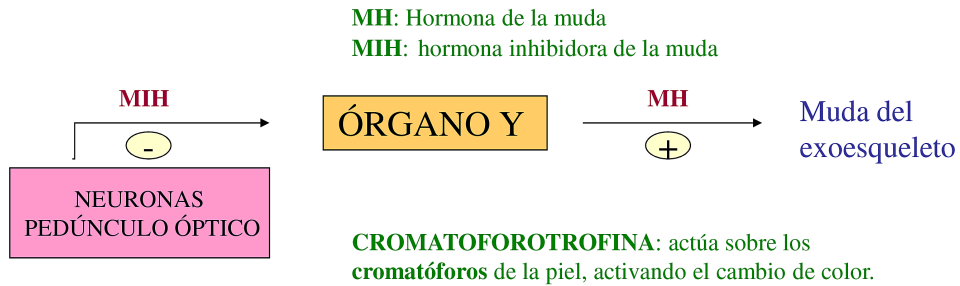
Una **glándula endocrinas** segrega una hormona específica a la sangre, que la lleva al órgano o **tejido diana**. Ésta es una estructura alejada de la glándula que posee **receptores** específicos de la hormona, que estimula en ella una actividad fisiológica determinada.



4.1 – LA COORDINACIÓN HORMONAL EN INVERTEBRADOS

La mayoría de la secreción hormonal se realiza mediante **neurohormonas** producidas por neuronas modificadas presentes en ganglios cerebroides o periféricos. Controlan funciones como el crecimiento (muda y metamorfosis), la regeneración de tejidos, los cambios de color de la piel y la reproducción.

En los crustáceos, existe un hormona de la muda producida por una glándula (el órgano Y) que induce la muda del exoesqueleto y que es inhibida por una neurohormona.



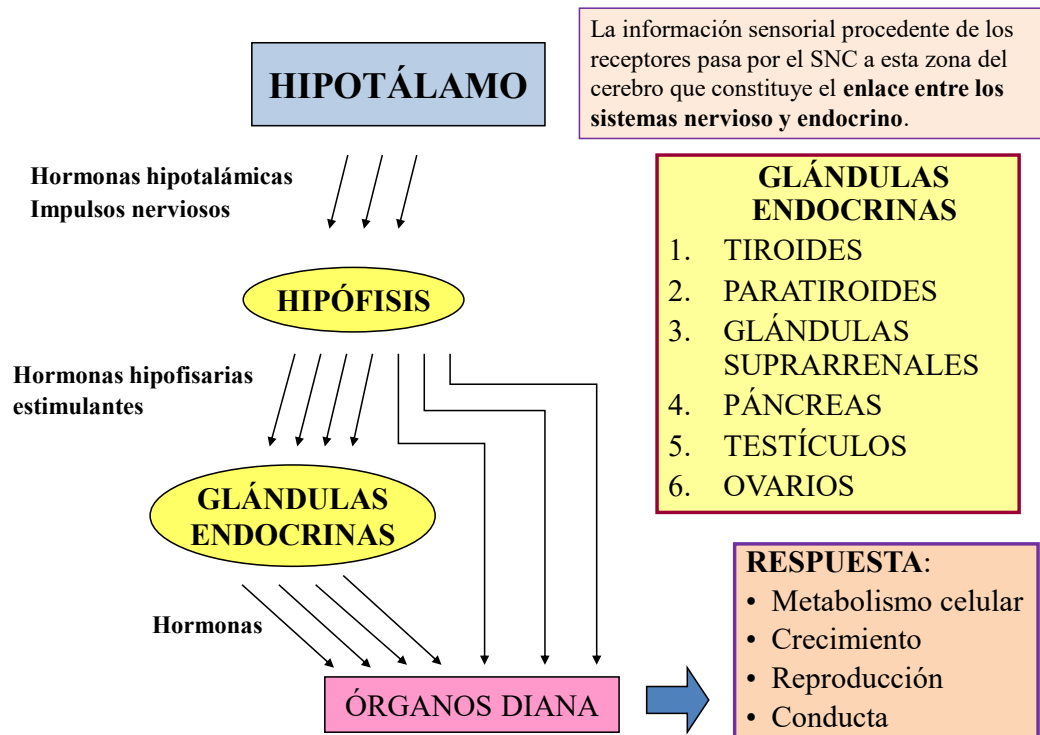
En los insectos se segregan neurohormonas como la hormona juvenil y hormonas producidas por glándulas como la ecdisona. Regulan el crecimiento y la metamorfosis (ver el cuadro). También tienen unas glándulas exocrinas productoras de feromonas, mensajeros químicos importantes en el comportamiento y en la morfogénesis.

HORMONA	LUGAR de PRODUCCIÓN	ACCIÓN
Hormona juvenil (JH)	Ganglios cerebrales	Mantener los caracteres larvarios durante el crecimiento
Ecdisona (Hormona de la muda)	Glándula protorácica (activada a su vez por una neurohormona cerebral)	Activar las mudas larvarias (con la JH en altos niveles) y la metamorfosis (con la JH en bajos niveles).

4.2- LA COORDINACIÓN HORMONAL EN VERTEBRADOS

El **hipotálamo** es una reducida región neurosecretora del cerebro que se encarga de regular la acción de la **hipófisis**, una pequeña glándula situada en la base del cráneo. Sobre ésta actúan los factores liberadores, unas neurohormonas que inducen la secreción de las hormonas hipofisarias. La hipófisis tiene dos regiones: la neurohipófisis (posterior y formado por tejido nervioso) y la adenohipófisis (anterior y formado por tejido glandular).

ESQUEMA GENERAL DE LA COORDINACIÓN HORMONAL EN VERTEBRADOS



Principales hormonas de los vertebrados:

GLÁNDULA	HORMONA	TEJIDO DIANA	ACCIONES PRINCIPALES
ADENO- HIPÓFISIS	Somatotropina (hormona del crecimiento)	Todos los tejidos	Estimula el crecimiento del organismo.
	Prolactina (PL)	Glándulas mamarias	Estimula la producción de leche.
	Folículo estimulante (FSH)	Gónadas	Estimula la formación del folículo ovárico y la espermatogénesis.
	Luteinizante (LH)	Gónadas	Formación del cuerpo lúteo y la ovulación. Estimulación de la secreción de testosterona.
	Tirotropina (TSH)	Tiroides	Estimula la producción de hormonas tiroideas.
	Corticotropina (ACTH)	Corteza adrenal	Estimula la producción de hormonas adrenocorticales.
	Melanocito estimulante (MSH)	Dermis de la piel	Producción de melanina por los melanocitos.
NEURO- HIPÓFISIS	Antidiurética (ADH)	Túbulos renales	Aumento de la reabsorción de agua.
	Oxitocina	Miometrio Glándulas mamarias	Contracciones uterinas. Eyección de la leche.
TIROIDES	Tiroideas (tiroxina)	Todos los tejidos	Estimula el metabolismo celular y la actividad en general. Metamorfosis en las ranas.
	Calcitonina	Huesos	Estimula el depósito de Ca^{+2} en los huesos, por lo que disminuye su concentración en la sangre.
PARATIROIDES	Paratohormona	Huesos, riñones y aparato digestivo	Aumenta la absorción de Ca^{+2} por el intestino, y su liberación de los huesos, además de inhibir su excreción, lo que aumenta su concentración en la sangre.
CORTEZA SUPRARRENAL	Glucocorticoides (cortisol)	Todos los tejidos	Activa la producción de glucosa a partir de las reservas (preparación para situación de alarma). Efecto antiinflamatorio y antialérgico.
CORTEZA SUPRARRENAL	Mineralocorticoides (aldosterona)	Túbulos renales	Regula la concentración salina de la sangre. Estimula la ingesta de agua por la sed.
MÉDULA SUPRARRENAL	Adrenalina y noradrenalina	Músculos, hígado, corazón y vasos sanguíneos	Activa las respuestas ante el peligro (lucha o huida) aumentando la actividad cardíaca, la tensión arterial y aumentando la glucemia.

GLÁNDULA	HORMONA	TEJIDO DIANA	ACCIONES PRINCIPALES
PÁNCREAS (islotos de Langerhans)	Insulina	Hígado, músculo y demás tejidos.	Estimula la formación de glucógeno en el hígado y músculo, así como la entrada de glucosa en las células, lo que disminuye la glucemia.
	Glucagón	Hígado	Estimula la síntesis de glucosa y liberación de la misma a partir del glucógeno, lo que hace que aumente la glucemia.
TESTÍCULO	Andrógenos (testosterona)	Todos los tejidos, Testículos.	Crecimiento y desarrollo del aparato reproductor masculino, así como la aparición de caracteres sexuales secundarios. Induce la espermatogénesis.
OVARIO	Estrógenos	Todos los tejidos, Útero.	Crecimiento y desarrollo del aparato reproductor femenino y aparición de los caracteres sexuales secundarios.
	Progesterona	Útero y glándulas mamarias.	Prepara el útero para el embarazo (crecimiento del endometrio). Aumento del tamaño de las mamas.

Existen además órganos integrantes de otros aparatos y sistemas que poseen grupos de células que sintetizan hormonas, como el riñón (eritropoyetina), el estómago (gastrina y secretina), el intestino delgado (colescitoquinina), el timo (timosina) e incluso el corazón. Las funciones de sustancias como las prostaglandinas (implicadas en respuestas inflamatorias y muchas más funciones) y las endorfinas (producidas por el hipotálamo y de acción analgésica o placentera) se pueden considerar análogas a las de las hormonas.

5- EL APARATO LOCOMOTOR y LA RESPUESTA MOTORA

El aparato locomotor es el responsable de los movimientos del animal y consta de dos partes:

1. **Esqueleto:** formado por huesos unidos entre sí por articulaciones. Es la parte pasiva y rígida del aparato locomotor y realiza otras funciones como el sostén, la protección y la reserva de minerales.
2. **Músculos esqueléticos:** son los órganos activos y contráctiles que se anclan en el esqueleto mediante tendones. Se conectan con los centros nerviosos a través de los nervios motores.

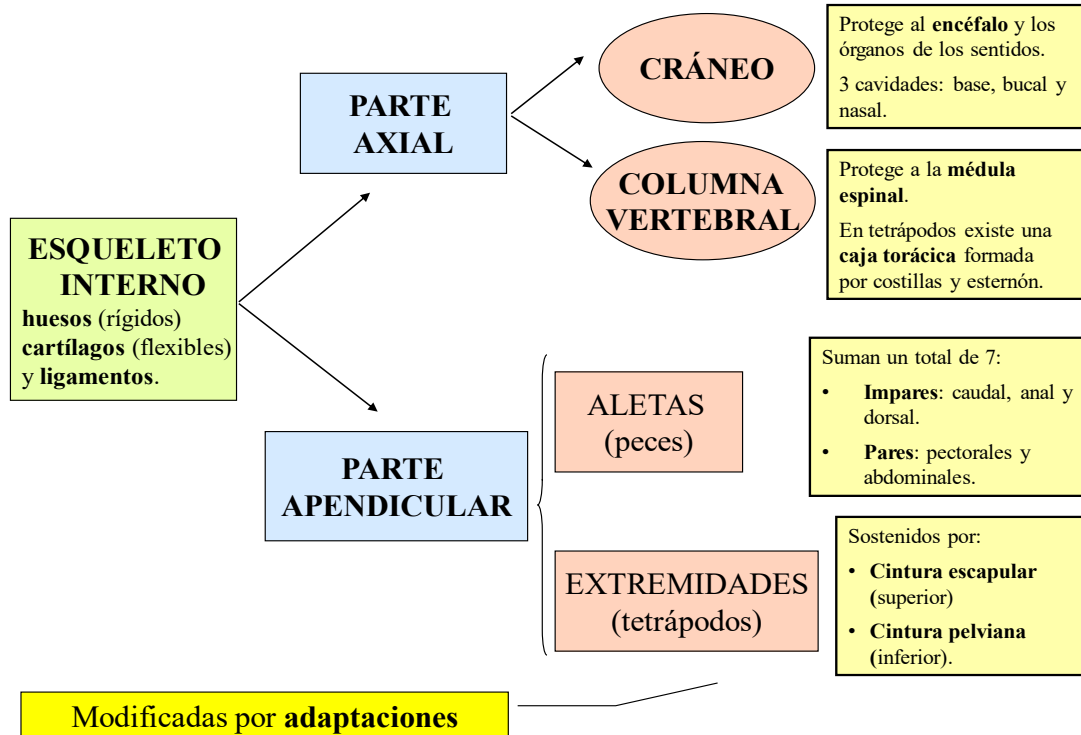
5.1- TIPOS DE ESQUELETO

Los invertebrados de cuerpo blando como los gusanos (platelmintos, nemátodos y anélidos) presentan esqueletos hidrostáticos (hidroesqueletos) consistentes en la presión que ejerce la musculatura corporal sobre los líquidos internos de la cavidad general del cuerpo.

Los **exoesqueletos** son estructuras que refuerzan el organismo por fuera como la cubierta calcárea de los corales (cnidarios), la **concha** calcárea externa o interna segregada por el manto en los moluscos o el **exoesqueleto epidérmico** de quitina (un impermeabilizante, a veces calcificado) en los artrópodos. Este último es rígido, aunque ligero, por lo que exige mudas al crecer.

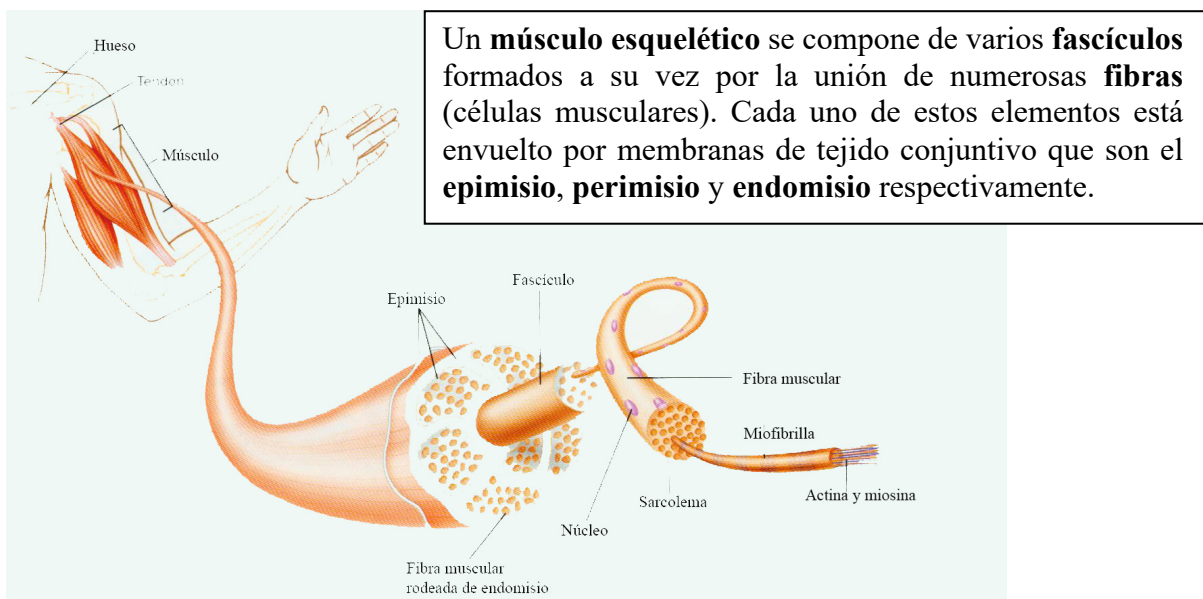
Los esqueletos internos o **endoesqueletos** están formados por piezas duras y rígidas ocultas entre los tejidos del animal. En este grupo estarían los esqueletos de los poríferos, formados por **espículas** (calcáreas o silíceas) o fibras de **espongina**, los **esqueletos dérmicos** con placas calcáreas de los equinodermos y los **esqueletos internos** con huesos y/o cartílagos articulados en los vertebrados.

EL ESQUELETO EN VERTEBRADOS

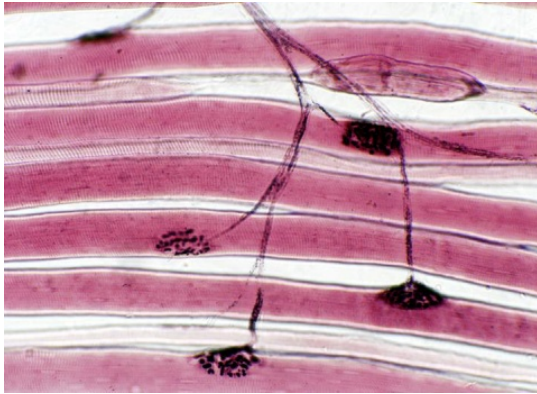


5.2 EL SISTEMA MUSCULAR

Los músculos esqueléticos son los implicados en la locomoción y están formados por tejido muscular estriado. Están presentes en algunos moluscos, en los artrópodos y en los vertebrados. Su acción se basa en el principio de la palanca, uniéndose a los huesos mediante los tendones. Muchos músculos tienen una acción antagonista para permitir movimientos más rápidos.



Las fibras contienen en su interior **miofibrillas** contráctiles formadas por fibras de actina y miosina que se deslizan entre sí y permiten su acortamiento y alargamiento.



La **placa motora** es el lugar donde se produce la unión de una neurona motora y una fibra muscular, mediante la sinapsis neuromuscular. Al llegar el impulso nervioso a la placa motora, la acetilcolina liberada se une a receptores de la membrana de la fibra y desencadena un potencial de acción que, a su vez, hace que se libere Ca^{+2} del retículo sarcoplásmico al citoplasma. Este catión cataliza el deslizamiento de los filamentos de actina y miosina y la contracción de la miofibrilla, de la fibra y del músculo.

5.3- LA LOCOMOCIÓN

En el medio acuático:

Pasivo	<ul style="list-style-type: none"> - Órganos flotadores rellenos de aire o grasas. - Aumento de la superficie del cuerpo .
Activo	<ul style="list-style-type: none"> - Movimientos ondulatorios de la musculatura (gasterópodos, gusanos). - Arrastre por el fondo marino mediante los pies ambulacrales (equinodermos). - Propulsión a chorro mediante un sifón (cefalópodos). - Propulsión por aletas (peces) o extremidades transformadas (cetáceos, insectos acuáticos, pingüinos).

En el medio terrestre:

Suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Reptación: arrastre del cuerpo (gusanos, ofidios, urodelos). - Marcha (andando, al paso o a la carrera): cuerpo levantado del suelo (mamíferos y artrópodos). - Saltos: extremidad posterior muy desarrollada. (anuros, canguros, saltamontes). - Trepa: uñas, dedos, colas prensiles y órganos adhesivos (anfibios, reptiles, primates, insectos). - Bipedestación: sobre extremidades posteriores (aves, algunos mamíferos).
Aire	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de alas (aves, quirópteros, insectos). Existen dos tipos de vuelo: el batido y el planeo.

6- EL COMPORTAMIENTO

En muchas ocasiones, las respuestas que desarrollan los animales ante los estímulos externos no están aisladas y se pueden encadenar para dar lugar a la conducta o comportamiento. Se establecen los siguientes niveles de complejidad creciente:

1. El **tropismo** es una respuesta siempre igual ante estímulos externos. Pueden ser positivos (de atracción) o negativos (de repulsión).
2. El **instinto** consiste en respuestas innatas y heredables (mediante los genes) propias de cada especie. Son independientes del ambiente y de la experiencia previa.
3. El **aprendizaje** es un conjunto de respuestas subordinadas a otros estímulos que son independientes del primero. Supone modificar la conducta instintiva y el

almacenamiento de experiencias en la memoria mediante una impresión o impronta (la primera vez) o mediante ensayo y error.

4. La **inteligencia** consiste en la presencia de respuestas adecuadas a cada nueva situación y nunca presentada antes en la experiencia del animal. Aquí ya interviene la percepción y la comprensión.

El **comportamiento social** es el resultado de la interacción entre dos o más individuos de la misma especie, apareciendo ventajas para su supervivencia como la defensa ante los depredadores, el apareamiento o el cuidado de las crías. Para ello es básico la **comunicación**, consistente en el intercambio de información entre organismos y que se puede realizar por varias vías:

- **Química**: mediante sustancias (**feromonas**) producidas por glándulas exocrinas. Son captadas mediante quimiorreceptores (por olfato o al ingerirlas con el alimento).
- **Gestual**: mediante músculos de la cara o movimientos del cuerpo.
- **Sonora**: está muy extendida y a veces tiene sus órganos específicos (siringe de aves o cuerdas vocales de mamíferos). El **lenguaje** es un sistema de comunicación que utiliza sonidos articulados complejos.

Un caso especial de comportamiento social es la que existe en los **insectos sociales** (abejas, hormigas, termitas, etc.), debido a su carácter complejo y jerarquizado, con aparición de una diferenciación morfológica asociada a un reparto del trabajo.