

Sistemas esquelético,  
tegumentario, muscular,  
nervioso y sensorial



## Sistema esquelético

### Sistemas esqueléticos

#### Alternativas

#### Sin esqueleto



**Annelida**

**Crustacea:**  
larvas y adultos  
mudan



**Arthropoda: quitina**  
(polisacárido nitrogenado  
insoluble en agua y otras  
sustancias que se endurece  
en presencia de oxígeno)

**Larvas mudan**

**Insecta**

**adultos no mudan**

#### Exoesqueleto

**Bivalvia**  
(Mollusca)



**Concepto: esqueleto hidrostático y músculos hidrostáticos**

### Endoesqueleto



En el caso de los Vertebrata (Chordata) aportó la ventaja de permitir desarrollar mayor tamaño, mayor masa muscular, movilidad y soporte de órganos

## Sistema esquelético

**Esponjas (Poríferos) espículas calcáreas, silíceas o córneas**



**Calamares (Mollusca): hoja proteica**



**Pulpos (Mollusca): cartílago**



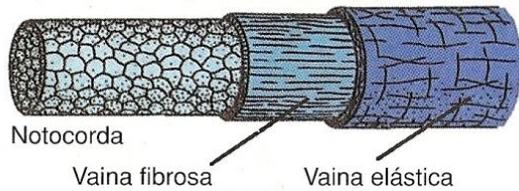
**Estrellas y erizos de mar (Echinodermata): placas endoesqueléticas**



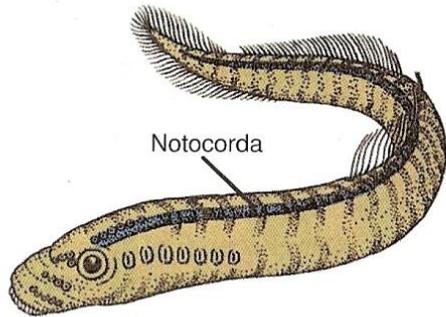
Corbis.com

## Sistema esquelético

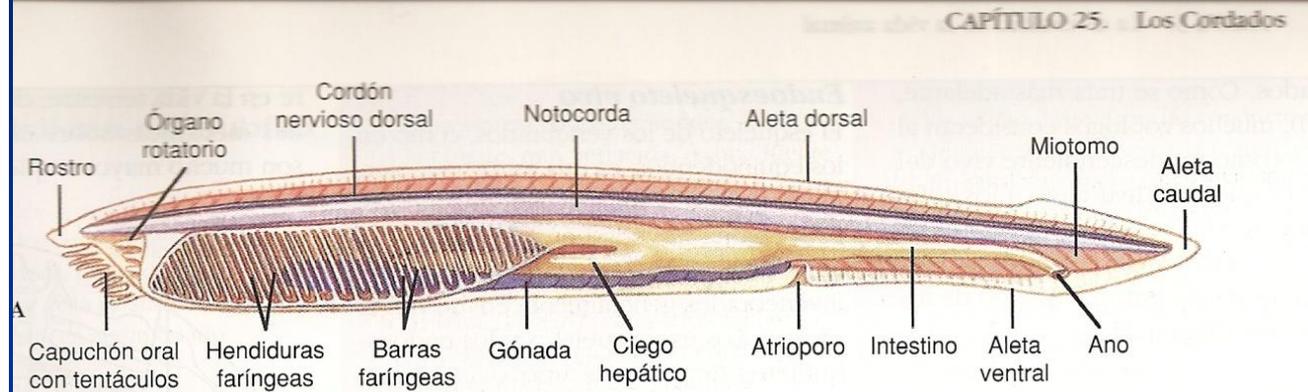
En Chordata, aparece la notocorda, dorsal al TD y ventral al tubo neural. Varilla flexible y rígida que a la vez; otorga base de inserción a los músculos; Primera parte del endoesqueleto en aparecer; puede **persistir toda la vida (Ej: anfiexo, agnatos)** o presentarse sólo en alguna etapa embrionaria (resto de los cordados). Es el eje alrededor del cual se desarrolla la Col. Vertebral



A

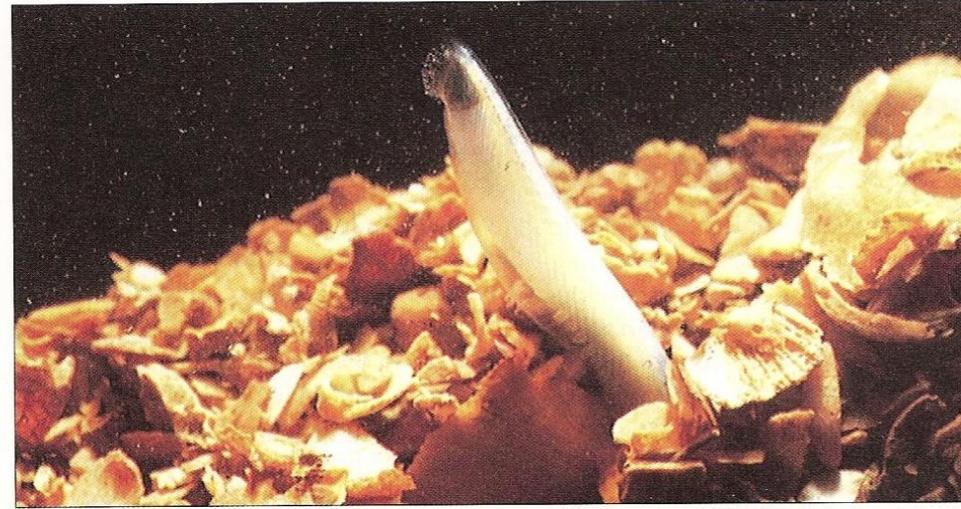


B



esante cefalocordado, andos, posee las cuatro tintivas de los cordados n nervioso dorsal, uiales faríngeas y cola que el antecesor s tenía una organización ra interna. **B**, Anfiexo vivo ca para alimentarse se el capuchón oral ededor de la boca.

B



## Sistema esquelético

Esqueletos cartilaginosos (agnatos y elasmobranquios) y óseos.  
El cartílago en los invertebrados: rádula, gasterópodos, lofóforo  
braquiópodos, cefalópodos).

### Esqueleto

**Huesos dérmicos ("intramembranosos"):** a partir de la dermis  
(ej: cara, cráneo, clavículas)

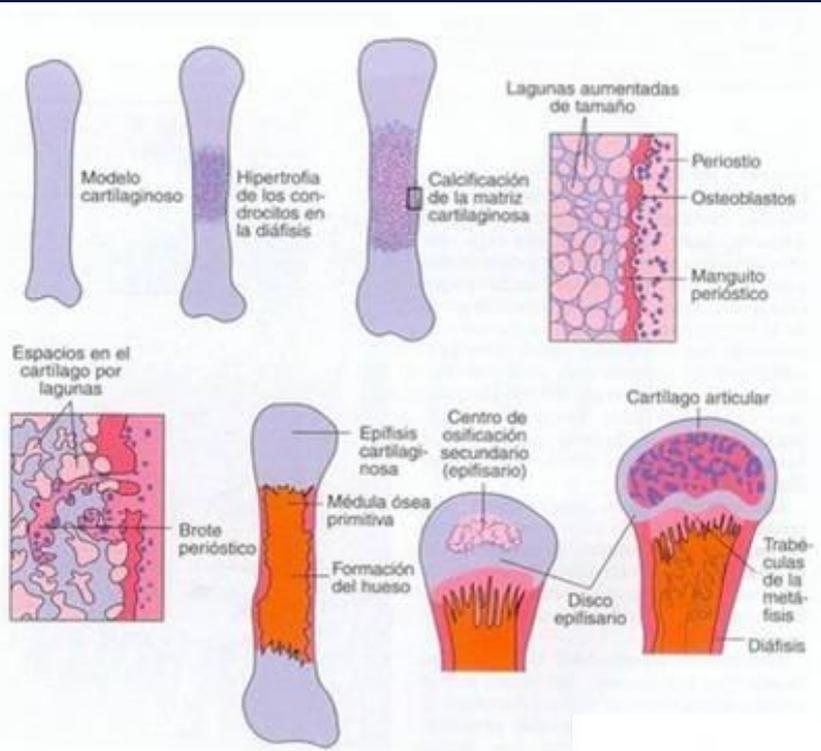
**Huesos de sustitución ("endoesqueleto")** 1º con molde  
cartilaginoso (ej: gran mayoría de los huesos)

### Osificación

**Periostio** (láminas paralelas de osteoblastos y osteoclastos)

**Pericondrio** (condroblastos y condroclastos): luego reemplazado  
por periostio. **Centros de osificación:** diáfisis (compacto) y epífisis  
(esponjoso). **Cartílago** reducido a superficies de epífisis y unión  
entre diáfisis y epífisis

# Huesos endocondrales



Mesenchyme



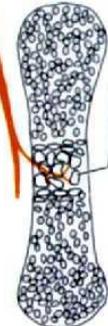
Cartilage



Hypertrophic chondrocytes



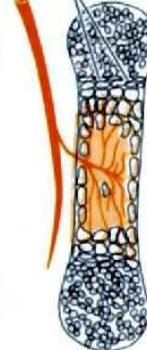
Ostoblasts (bone)



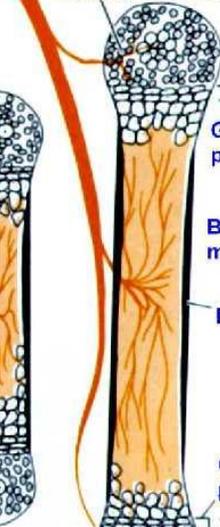
Blood vessel



Proliferating chondrocytes



Epiphyseal cartilage



Growth plate

Bone marrow

Bone

Growth plate

Secondary

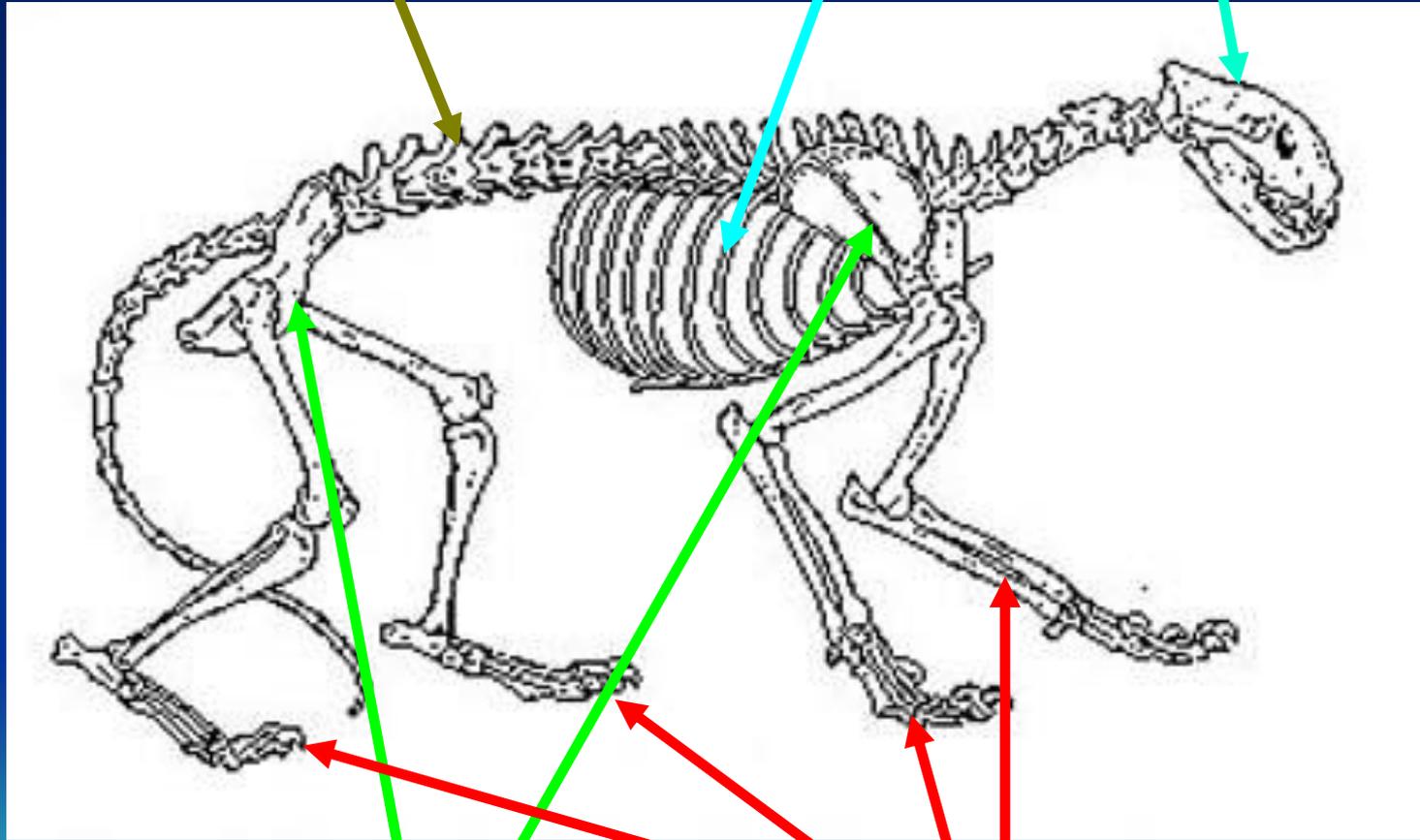
# Sistema esquelético

Esqueleto axial

Columna vertebral

Caja torácica

Cráneo



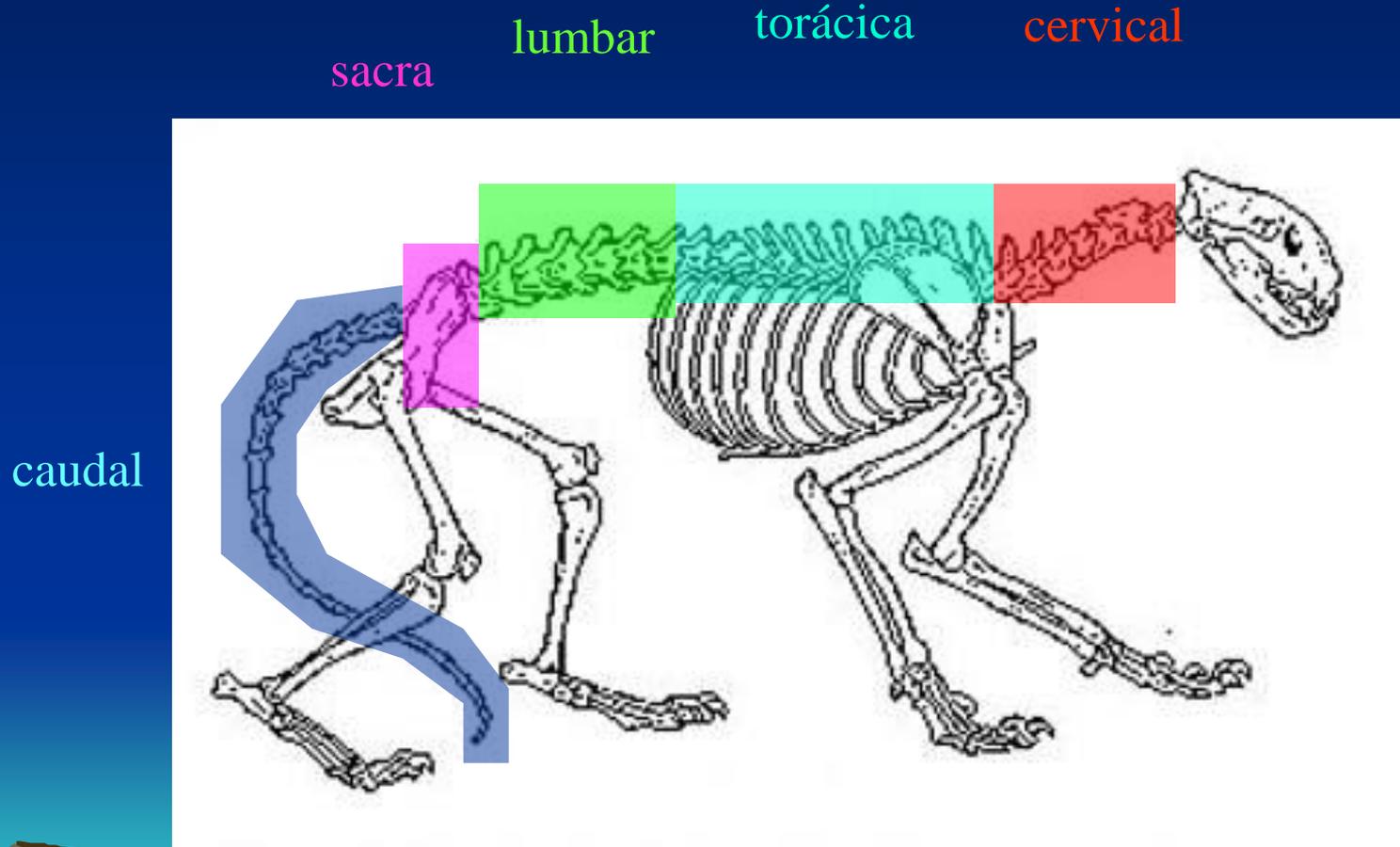
Esqueleto apendicular

Cinturas

Extremidades

## Sistemas esqueléticos

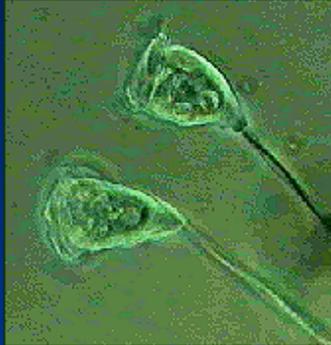
### Columna vertebral (sectores en tetrápodos amniotas)



Tendencias Vertebrados: reducción número huesos craneales y sectorización de columna vertebral

# Sistemas musculares

## Protozoa: miofibrillas

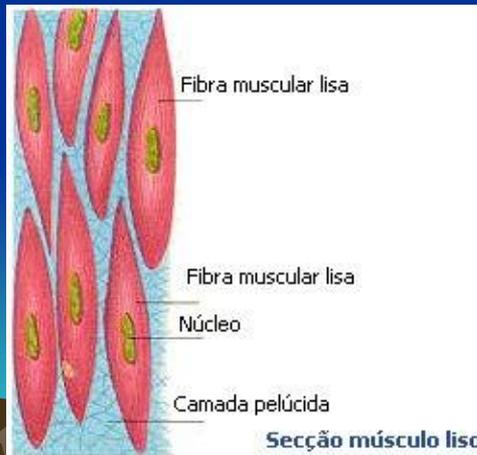


## Cnidaria (menos Antozoa): células mioepiteliales en epidermis y TD

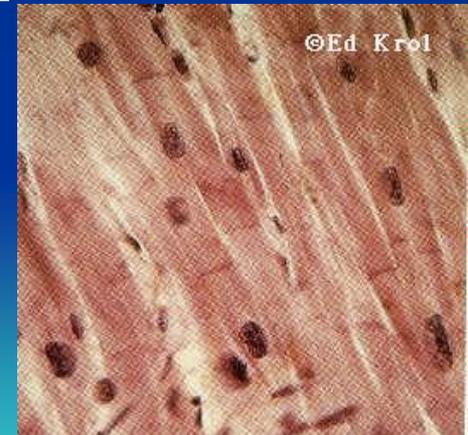


En todos los demás, existe tejido muscular

liso



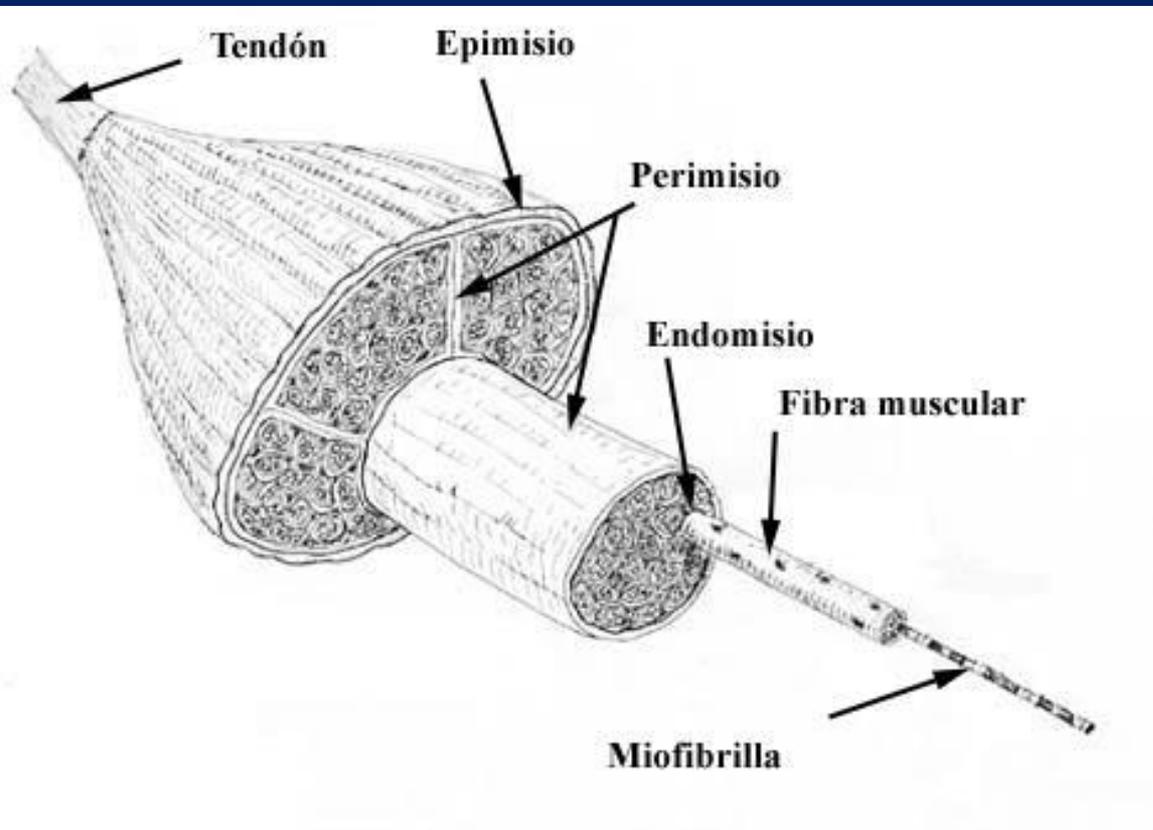
estriado



Mayor velocidad y precisión  
de movimientos: calamares,  
pulpos, almejas, artrópodos,  
vertebrados

## Musculatura esquelética

Fibras estriadas lentas (rojas) y 2 tipos de rápidas: Blancas (anaeróbicas) y aeróbicas (más irrigadas; rojas)



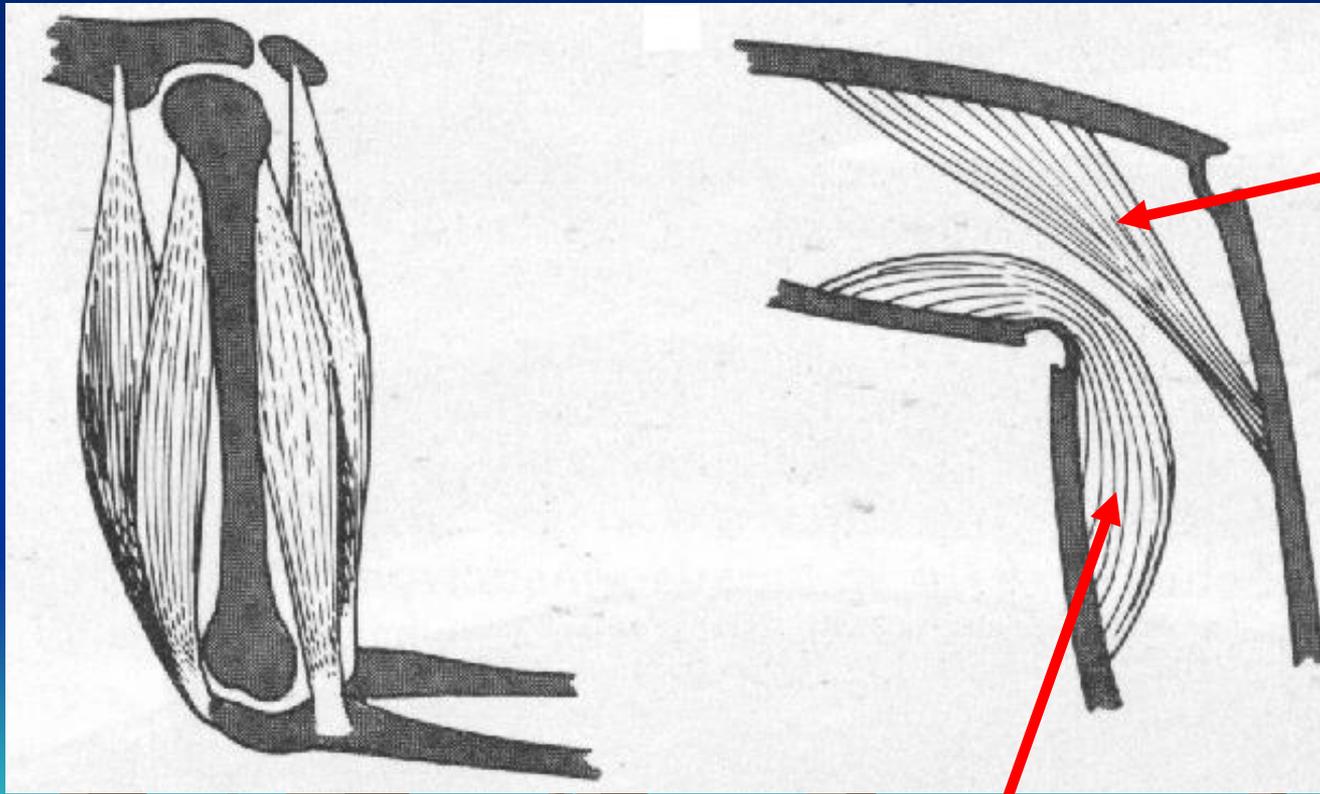
**Fibra muscular:** conjunto de miofibrillas envueltas por una vaina de tejido conjuntivo (endomisio)

**Haz muscular:** conjunto de fibras musculares envueltas por una vaina de tejido conjuntivo (perimisio)

**Músculo:** conjunto de haces musculares envueltos por una vaina de tejido conjuntivo (epimisio) que se continua en tendón.

## Musculatura esquelética

De acuerdo a la acción que producen...



**Flexores**

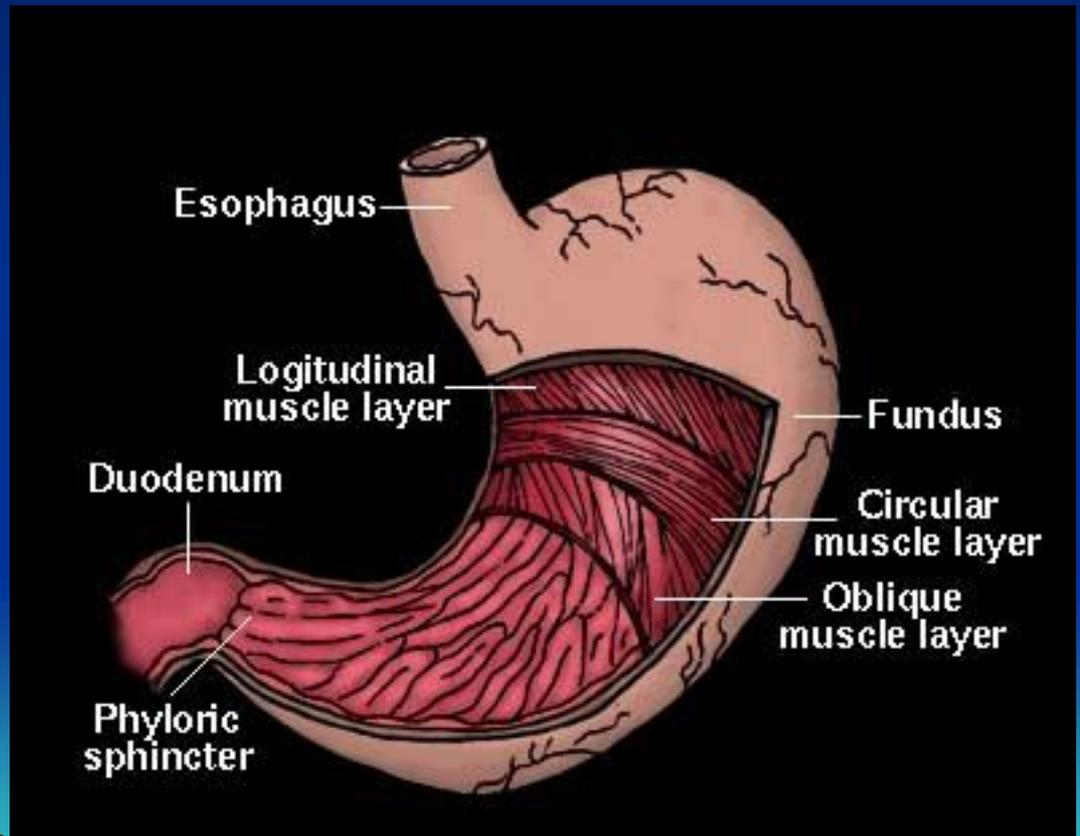
**Extensores**

## De acuerdo a su disposición...

**Circulares**

**Longitudinales**

**Oblicuos**

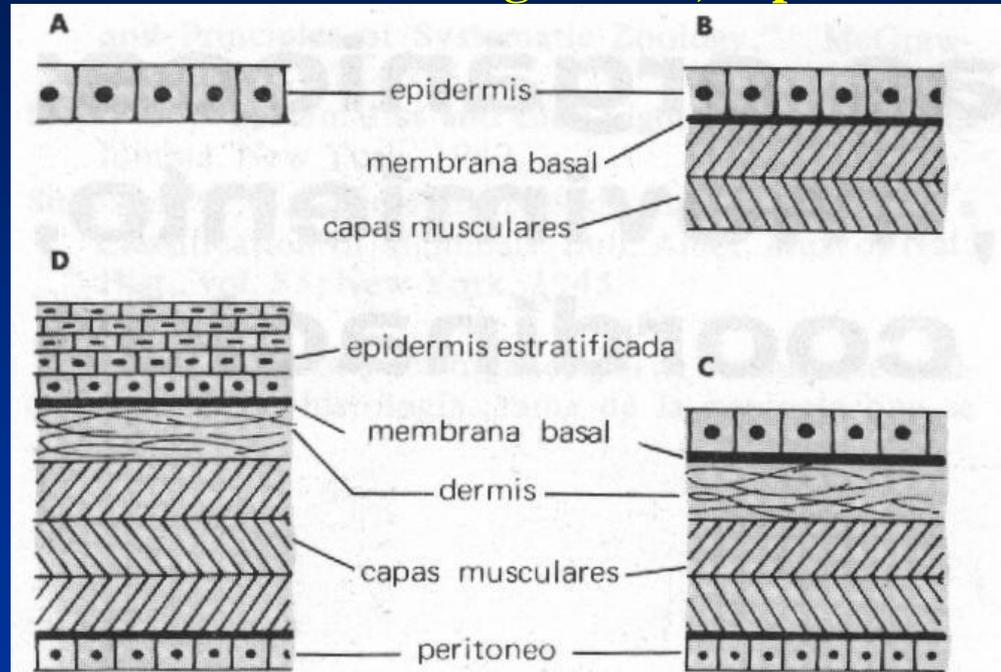


# Sistema tegumentario

**Función: protección, excreción, locomoción, sostén, respiración, recepción sensorial, control y regulación de los estados internos del organismo, captura de alimentos, etc.**

**Piel** | **Epidermis: ectodermo.**  
**Único en Dibrásticos y algunos Triblásticos**  
**Dermis: mesodermo**

**Epidermis: puede ser un sincitio.**  
**Pueden diferenciarse células en glándulas.**  
**Secreción de cobertura: cutículas (generalmente escleroproteínas).**  
**Artrópodos: quitina (exoesqueleto).** Segregación de **valvas. Tubos.**

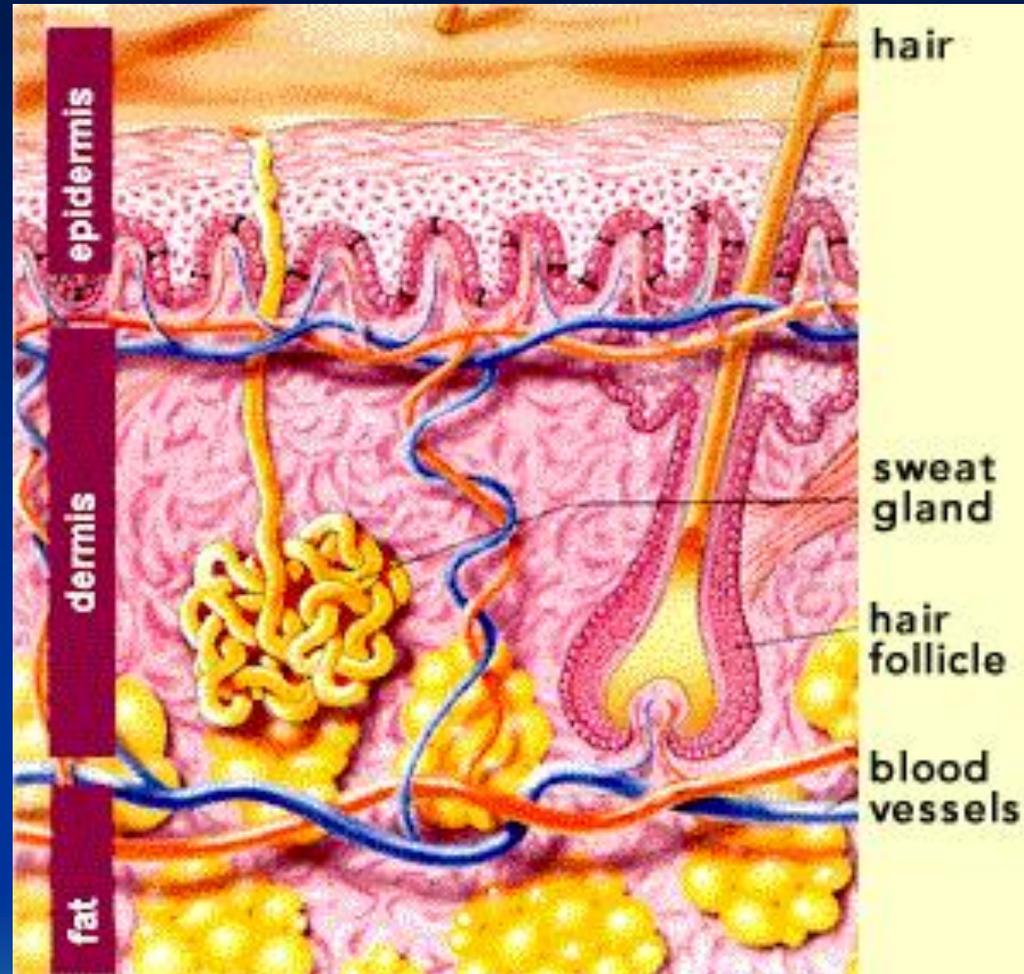


**8.1. Tipos de piel y de pared del cuerpo, esquemático.** A. En los radiados, algunos acelomados. B. En numerosos invertebrados, tanto acelomados como celomados (en este último caso el peritoneo se encuentra debajo de la capa de músculos). C. En algunos invertebrados celomados y en algunos cordados. D. En la mayoría de los vertebrados. En todos los grupos las capas musculares son de disposición longitudinal o transversal si sólo existe una capa de ellos, longitudinales y circulares si existen dos capas musculares, y si existen otras capas tienen disposición diagonal diversa. El orden en que están dispuestas dichas capas, de fuera a dentro, varía ampliamente según los grupos animales.

## Sistema tegumentario

**Dermis: tejido fibroelástico. Vasos y nervios. Cromatóforos. Receptores de tacto, presión, calor y dolor.**

**Regulación de temperatura.  
Producción de depósitos calcáreos:  
huesos planos (=dérmicos) de  
Vertebrados. Dientes (- esmalte).**



## Sistema tegumentario

**Vertebrados**

**Peces: epitelio simple y glandular**

**Tetrápodos: epitelio pluriestratificado (células viejas se cargan de queratina, insoluble)**

**Invaginaciones**

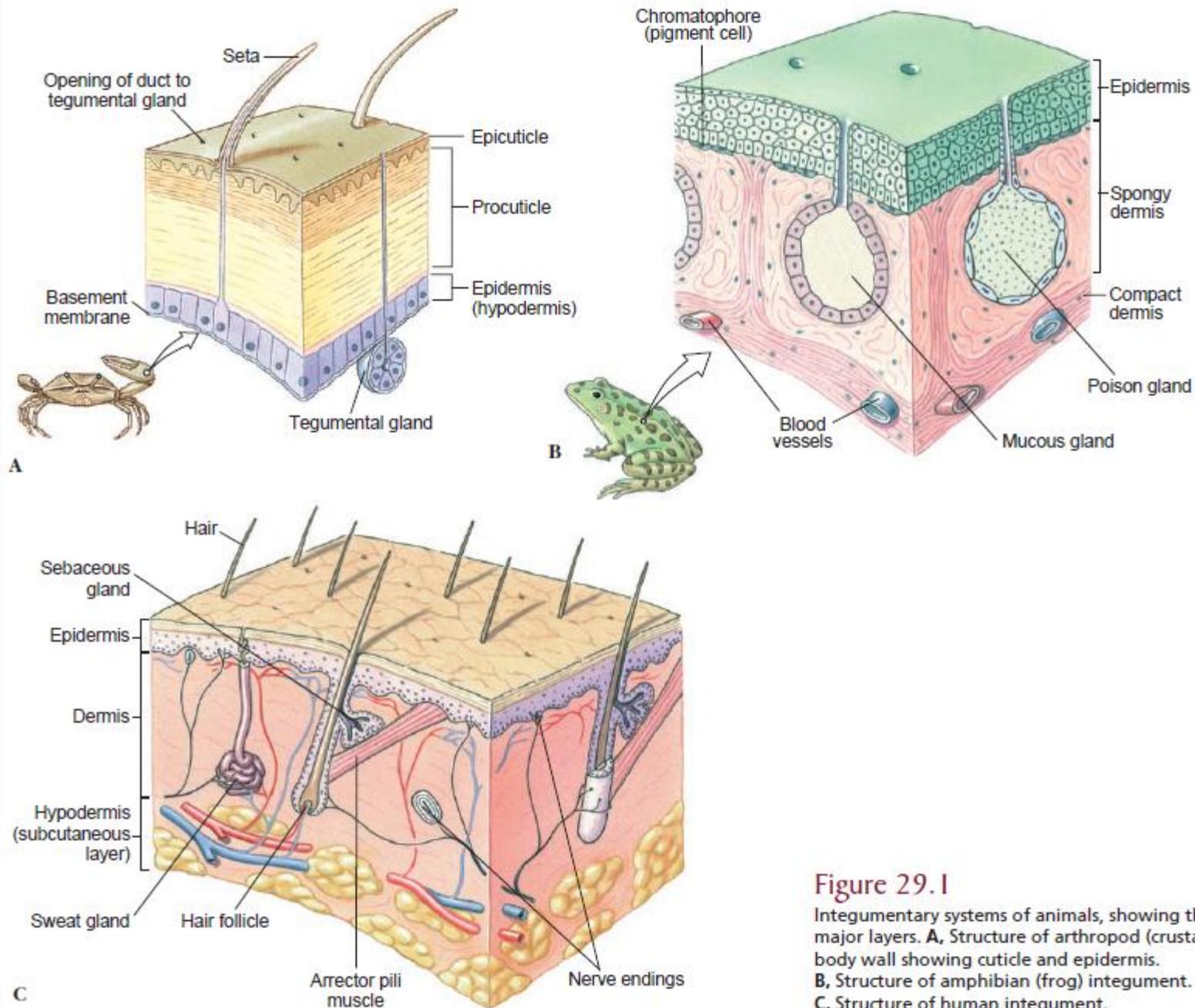
**Glándulas mucosas**

**Glándulas sudoríparas (mamíferos)**

**Glándulas sebáceas (mamíferos)**

**Otras ....**

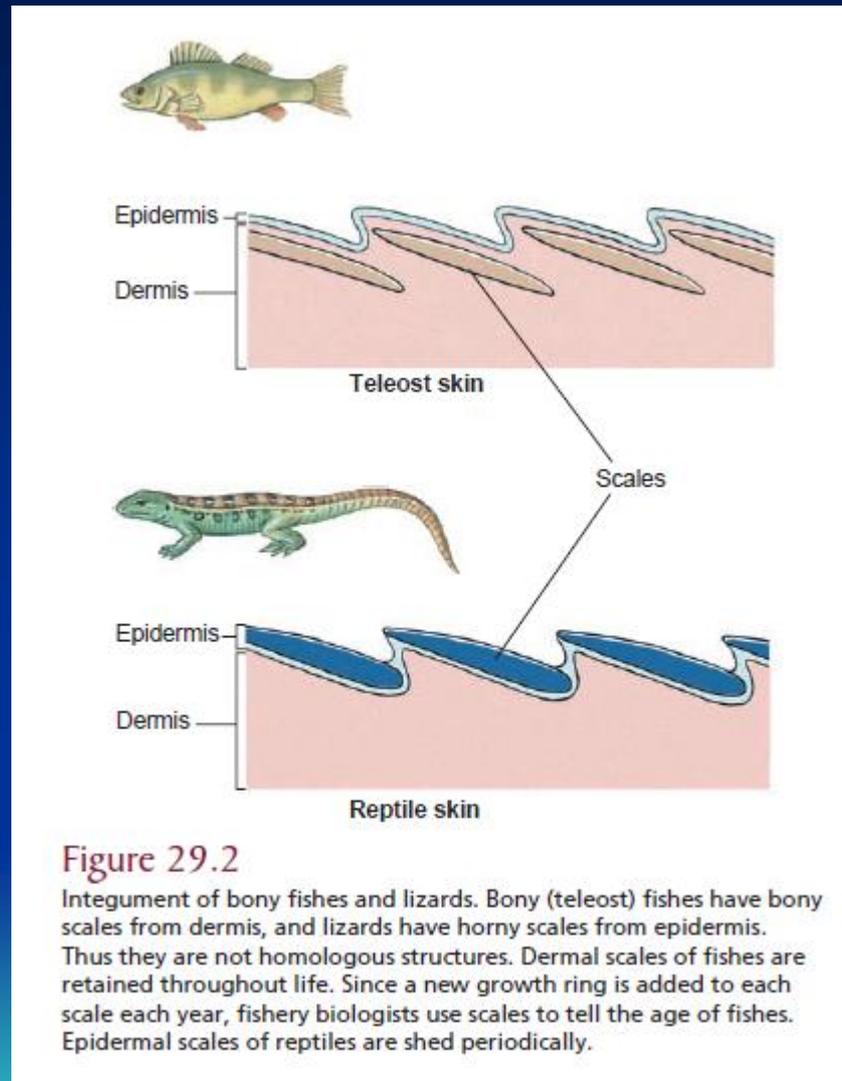




**Figure 29.1**

Integumentary systems of animals, showing the major layers. **A**, Structure of arthropod (crustacean) body wall showing cuticle and epidermis. **B**, Structure of amphibian (frog) integument. **C**, Structure of human integument.

## Comparación escamas de peces óseos (dérmicas) - escamas de reptiles (epidérmicas)

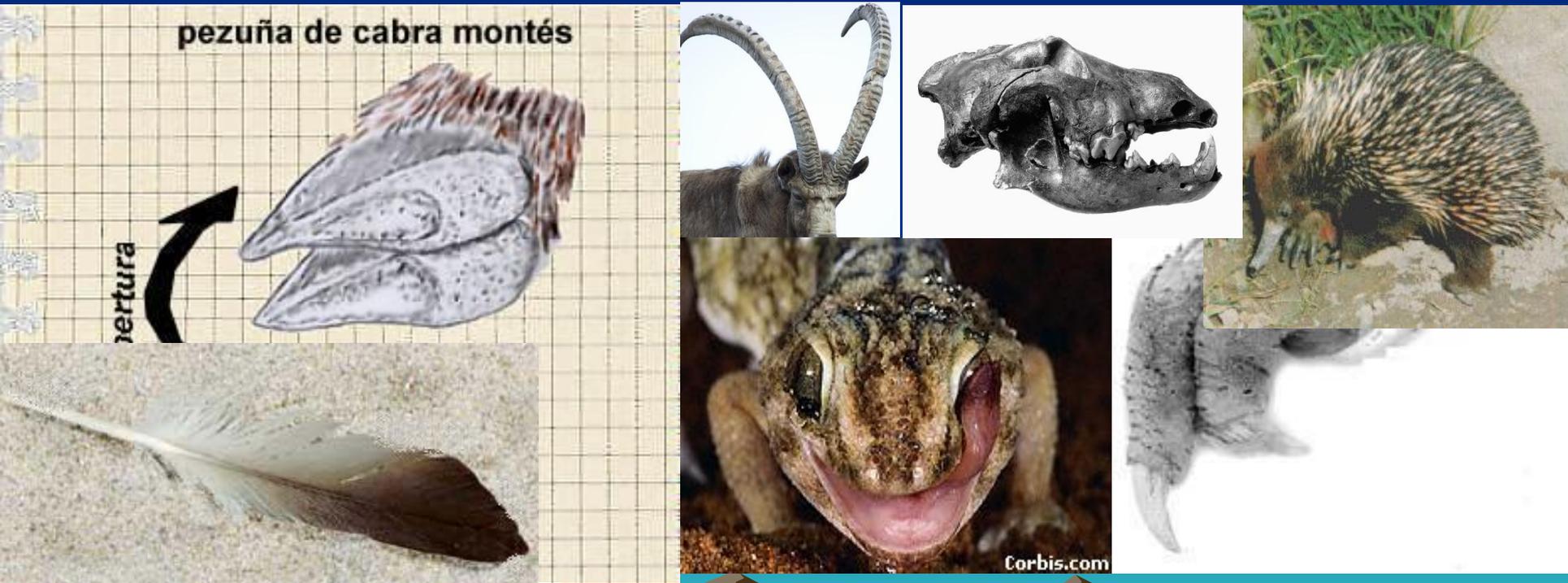


**Figure 29.2**

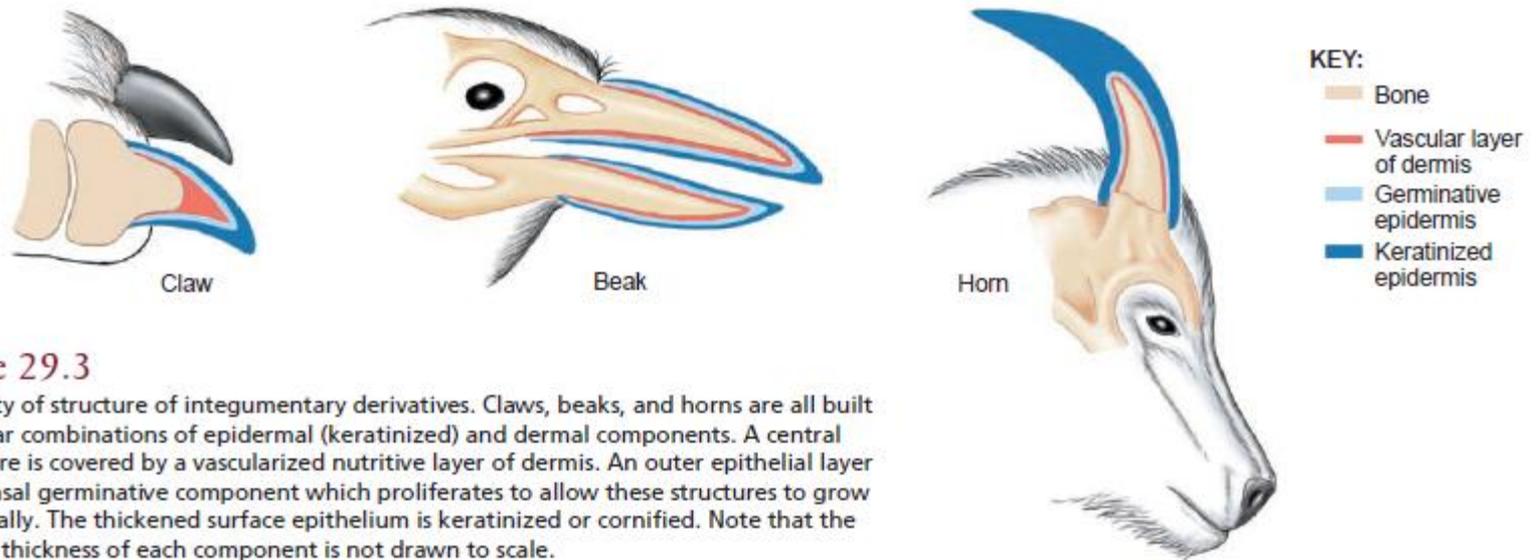
Integument of bony fishes and lizards. Bony (teleost) fishes have bony scales from dermis, and lizards have horny scales from epidermis. Thus they are not homologous structures. Dermal scales of fishes are retained throughout life. Since a new growth ring is added to each scale each year, fishery biologists use scales to tell the age of fishes. Epidermal scales of reptiles are shed periodically.

**Engrosamientos: callosidades (anfibios y mamíferos)**

**Especializaciones: pezuñas, garras y uñas, caparazones de tortugas, cuernos, dientes córneos, escamas de serpientes y lagartos, pangolines y armadillos, pelos, púas, plumas, esmalte dentario.**



## Similitud de estructuras tegumentarios: garras, picos, cuernos



**Figure 29.3**

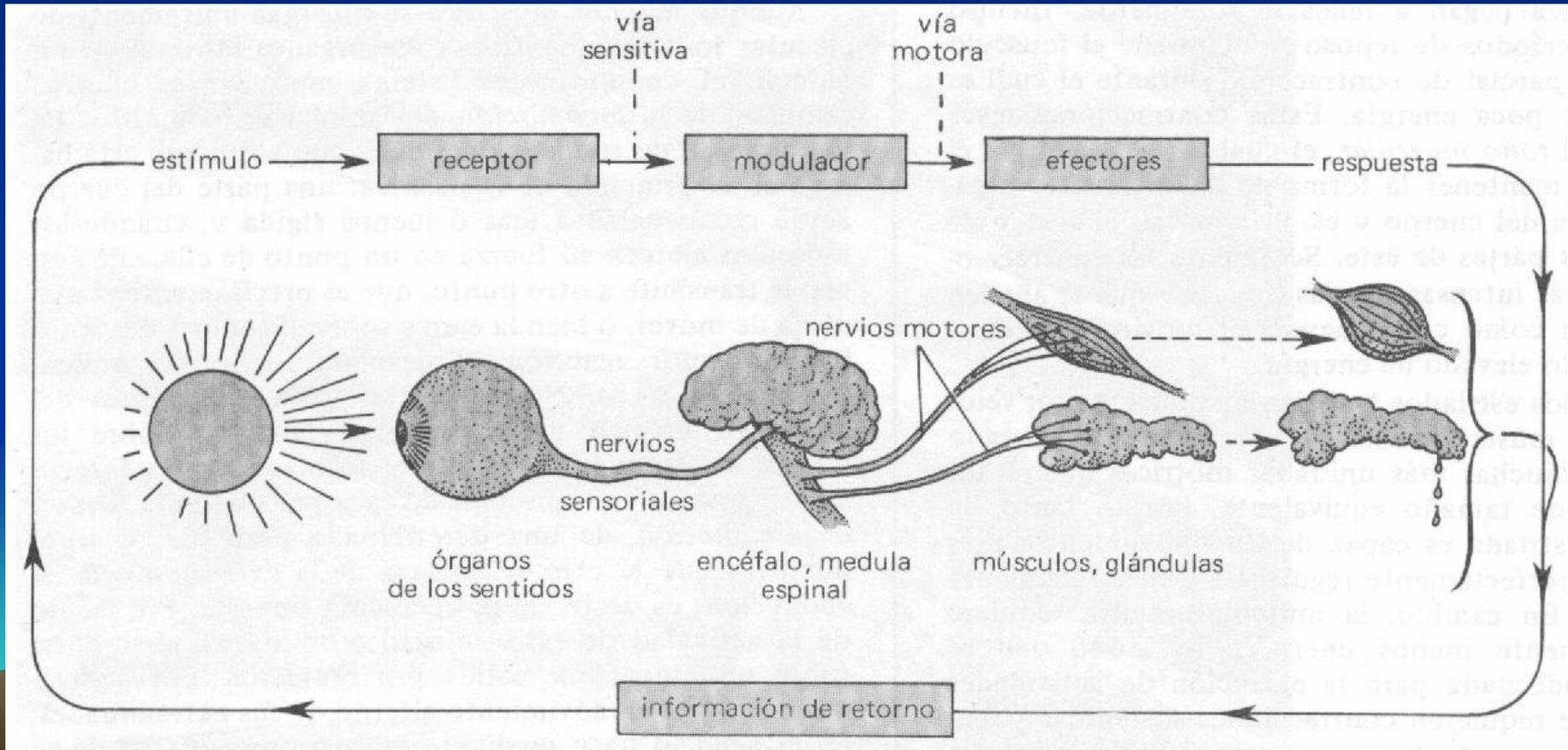
Similarity of structure of integumentary derivatives. Claws, beaks, and horns are all built of similar combinations of epidermal (keratinized) and dermal components. A central bony core is covered by a vascularized nutritive layer of dermis. An outer epithelial layer has a basal germinative component which proliferates to allow these structures to grow continually. The thickened surface epithelium is keratinized or cornified. Note that the relative thickness of each component is not drawn to scale.

## Sistema nervioso

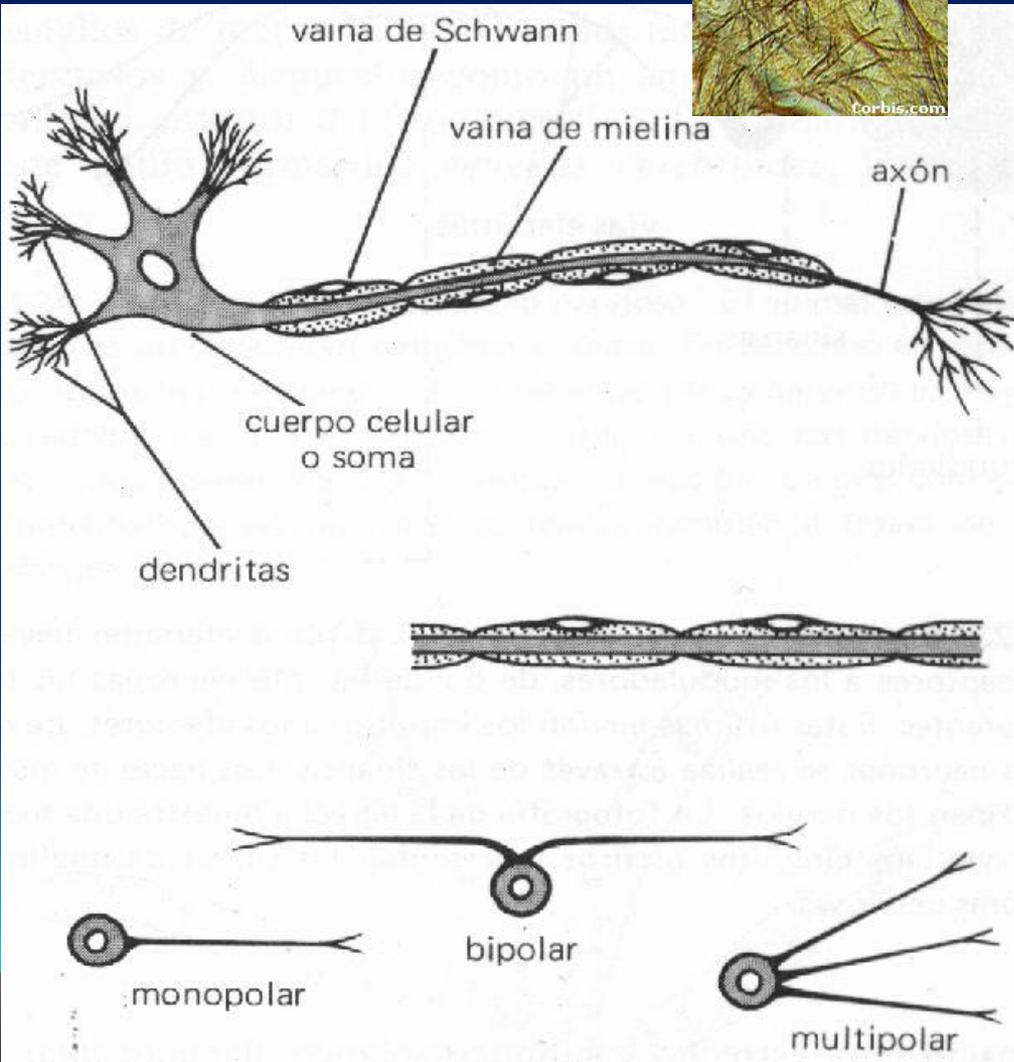
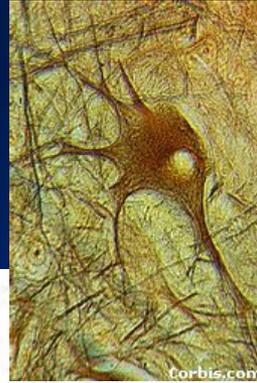
Unidad funcional: Arco reflejo simple

Componentes:

- ✓ Receptor
- ✓ Vía Sensitiva
- ✓ Modulador
- ✓ Vía motora
- ✓ Efector



## Unidad estructural: neurona



Espacio entre axón y  
dendrita: sinapsis



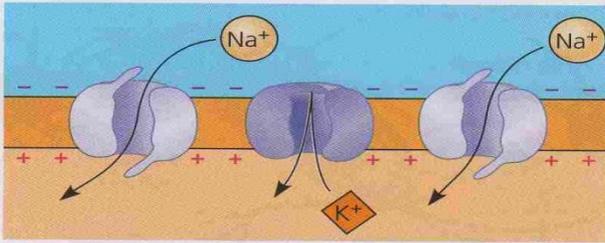
En general se considera:

- ✓ Moduladores: centros nerviosos
- ✓ Vías sensitivas y motoras: sistema nervioso periférico

**Nervio:** conjunto de fibras nerviosas encerradas en una vaina de tejido conjuntivo.

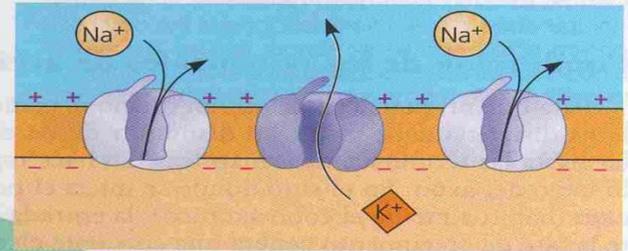
Hay nervios sensitivos, motores y mixtos.

# La generación del potencial de acción



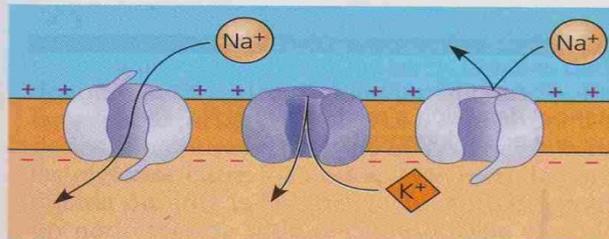
### 3 Fase creciente del potencial de acción

La despolarización abre las puertas de activación de la mayoría de los canales de  $\text{Na}^+$ , mientras que las puertas de activación de los canales de  $\text{K}^+$  se mantienen cerradas. El influjo de  $\text{Na}^+$  torna positivo el interior de la membrana en relación con el exterior.

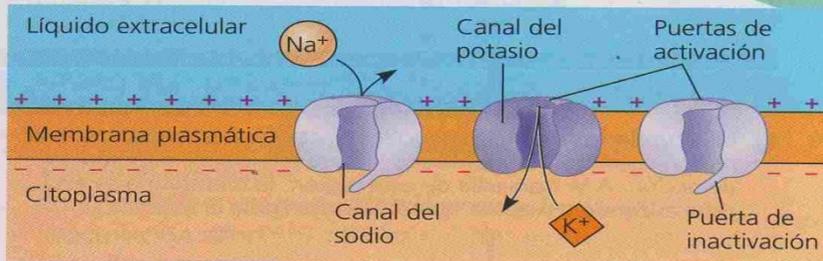
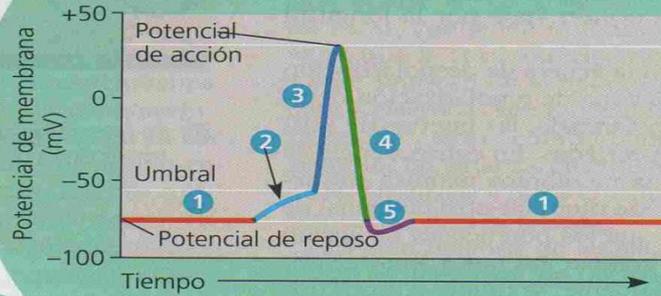


### 4 Fase de caída del potencial de acción

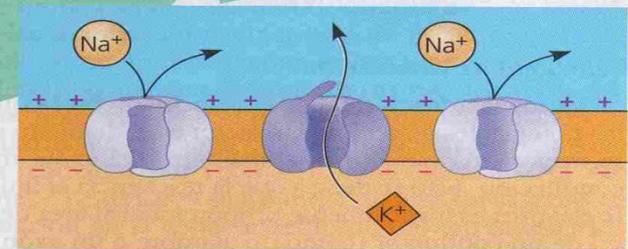
Las puertas de inactivación de la mayoría de los canales de  $\text{Na}^+$  se cierran y bloquean la entrada de  $\text{Na}^+$ . Las puertas de activación en la mayoría de los canales de  $\text{K}^+$  se abren y permiten la salida de  $\text{K}^+$  que nuevamente vuelve negativo el interior de la célula.



**2 Despolarización** Un estímulo abre las puertas de activación de algunos canales de  $\text{Na}^+$ . El influjo de  $\text{Na}^+$  a través de esos canales despolariza la membrana. Si la despolarización alcanza el umbral, se desencadena un potencial de acción.



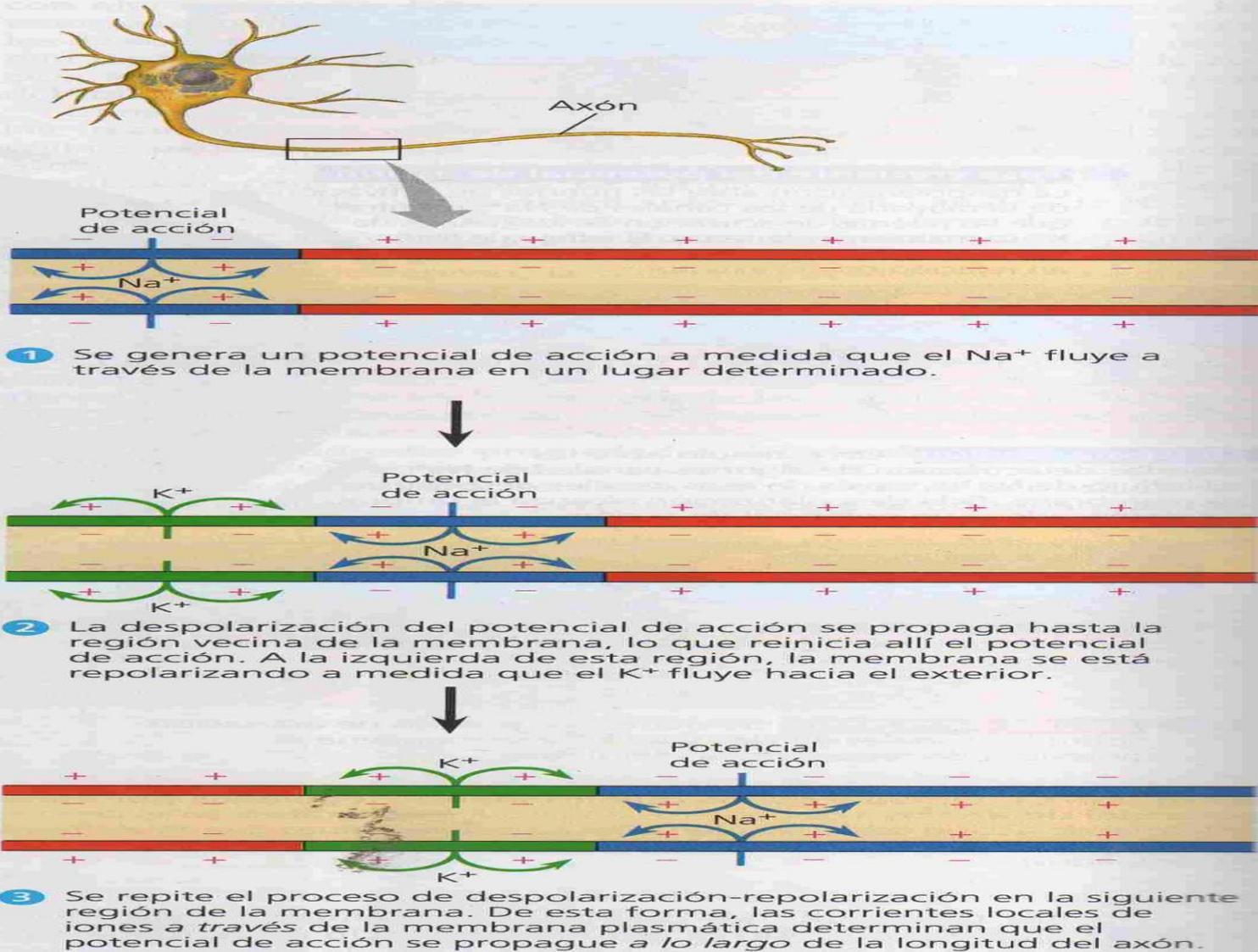
**1 Estado de reposo** Se cierran las puertas de activación sobre los canales de  $\text{Na}^+$  y de  $\text{K}^+$  y se mantiene el potencial de reposo de la membrana.



**5 Hiperpolarización** Ambas puertas de los canales del  $\text{Na}^+$  están cerradas, pero las puertas de activación de algunos canales de  $\text{K}^+$  siguen abiertas. A medida que estas puertas se cierran en la mayoría de los canales de  $\text{K}^+$ , y las puertas de inactivación se abren en los canales de  $\text{Na}^+$ , la membrana vuelve a su estado de reposo.

**▲ Fig. 48-13. El papel de los canales iónicos regulados por voltaje en la generación de un potencial de acción.** Los números en círculos del gráfico en el centro y los colores de las fases del potencial de acción corresponden a los cinco diagramas que muestran los canales de  $\text{Na}^+$  y de  $\text{K}^+$  regulados por voltaje en la membrana plasmática de una neurona (no se muestran los canales iónicos no regulados).

# La transmisión del impulso nervioso: la conducción del potencial de acción

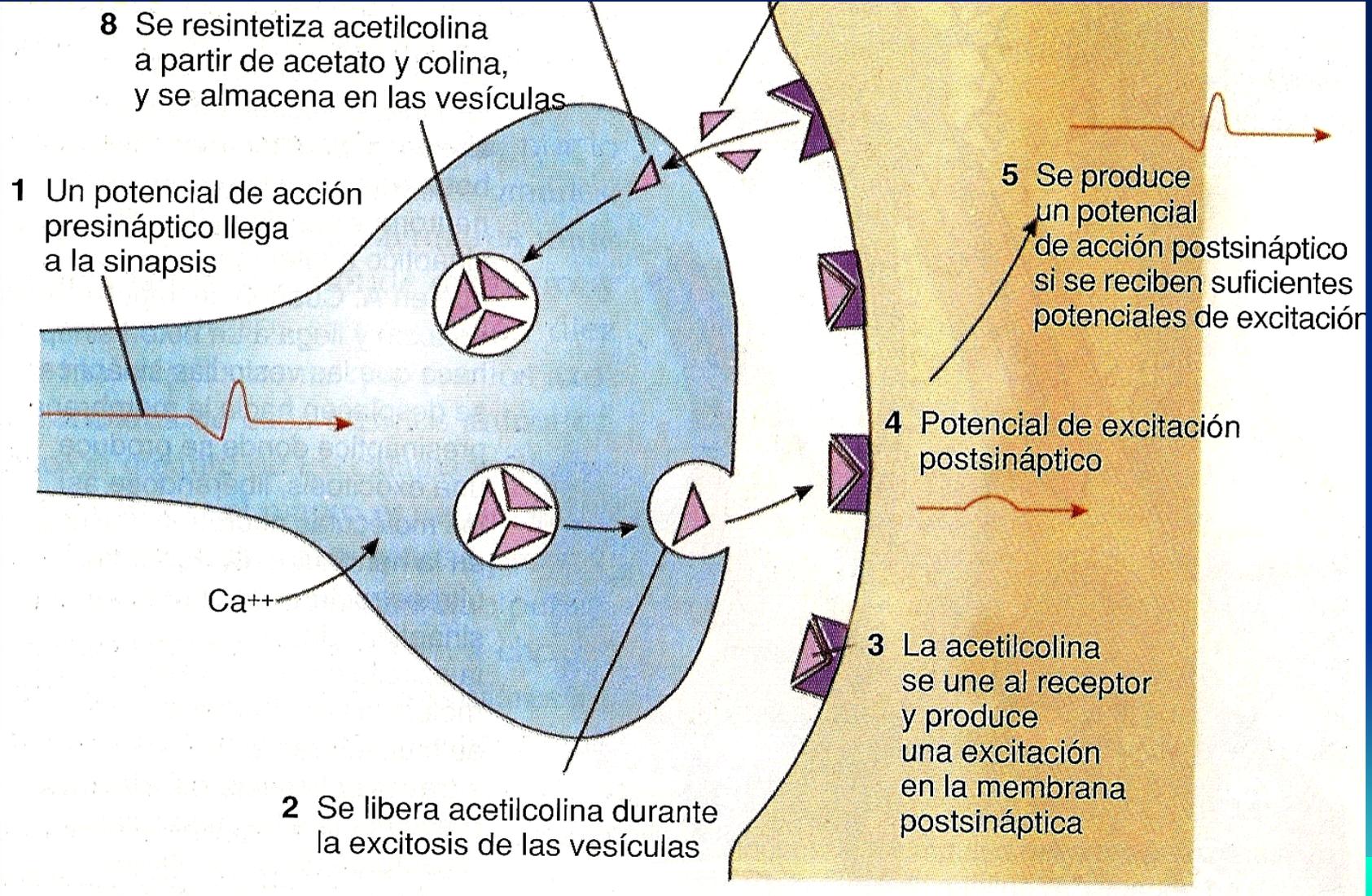


▲ **Fig. 48-14. Conducción de un potencial de acción.** Las tres partes de esta figura muestran los acontecimientos que se desarrollan en un axón en tres momentos sucesivos a medida que un potencial de acción pasa de izquierda a derecha. En cada punto a lo largo del axón, los canales iónicos regulados por voltaje atraviesan la secuencia de cambios descritos en la figura 48-13. Los colores de las regiones de la membrana que se muestran aquí corresponden a las fases del potencial de acción de la figura 48-13.

# Sinapsis química

7. Terminal presináptico reabsorve colina

6. Acetilcolina se separa en acetato y colina x acetilcolinestrasa



## Sistema nervioso

**Protozoa:** No hay “sistema” pero si reacción.  
Caso de neurofibrillas (coordinación cilios,  
flagelos; infraciliatura).



**Silicispongea y Calcispongea**  
(esponjas): probablemente sin SN  
(hay reacciones locales e  
“independientes” a estímulos)



**Epitheliozoa:** lo más primitivo es el plexo nervioso, presente en el tubo  
digestivo de casi todos, además de ser lo único existente en:

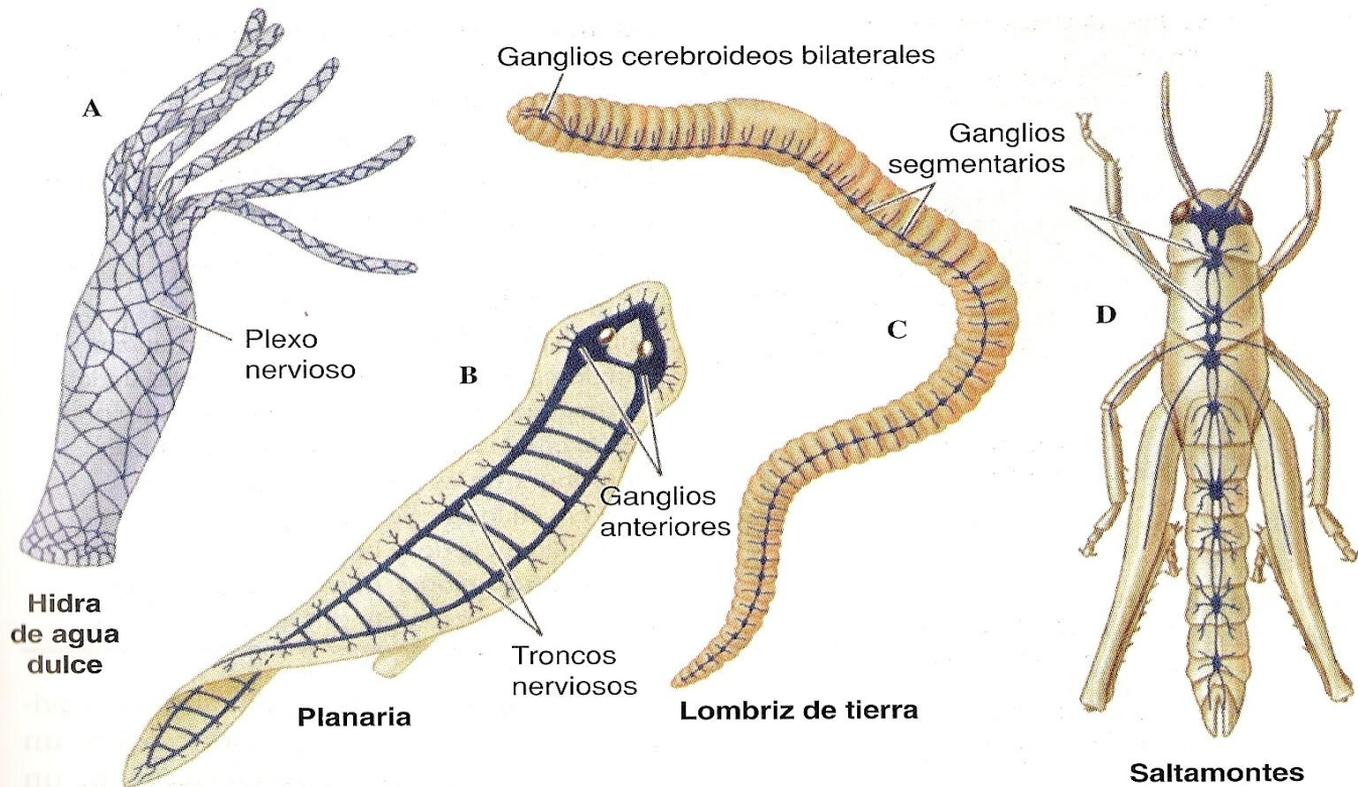
**Radiados**

**Echinodermata**

**Hemichordata**



# SN de algunos invertebrados



**Figura 35-9**

Sistemas nerviosos de algunos invertebrados. **A**, Plexo nervioso de los cnidarios, el más simple de los sistemas nerviosos. **B**, El de los platelmintos es el más sencillo de los sistemas nerviosos de tipo lineal, con dos troncos nerviosos intercomunicados por una compleja red nerviosa. **C**, En los anélidos hay un ganglio cerebroideo bilobulado y una cadena nerviosa ventral con ganglios segmentarios. **D**, El sistema nervioso de los artrópodos posee unos grandes ganglios y tiene asociados unos órganos de los sentidos muy desarrollados.

**Nota: la velocidad de transmisión del impulso nervioso es muy variada; Ejemplos: cnidarios: aprox. 10 cm/seg; algunos mamíferos: hasta 120m /seg;**

## Sistema nervioso

**Nervios:** axones – fascículos (haz) nervioso- vaina conjuntiva

**Cordones nerviosos:** a diferencia de los nervios, existen cuerpos neuronales

**Ganglios:** concentración de cuerpos celulares y terminaciones nerviosas. Hay sensitivos, motores y mixtos.



**En alg. invertebrados de vida sésil:** pocos ganglios simples.

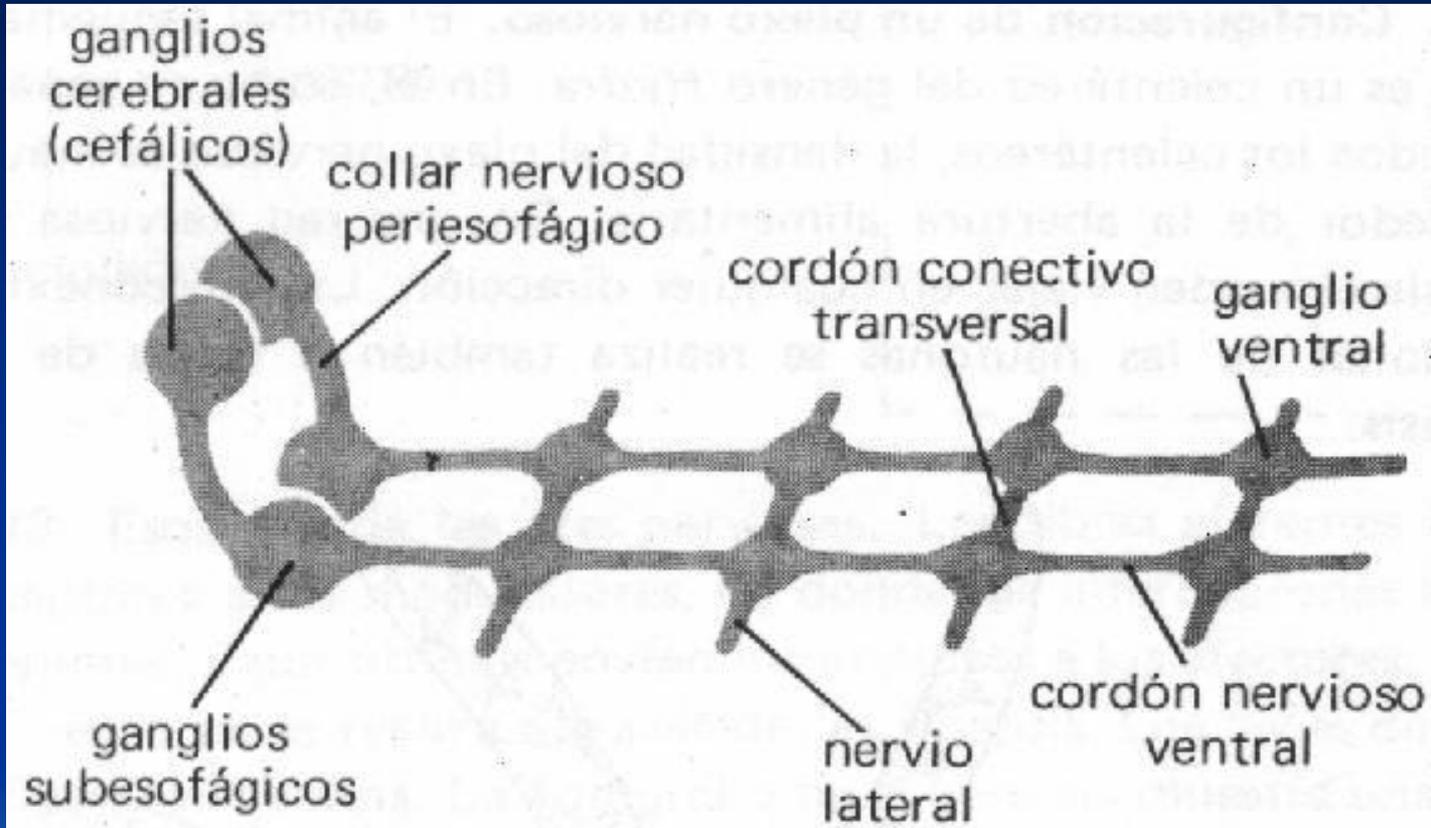


**En alg. invertebrados de vida móvil:** s.n. escalera (G.planos) o con ganglios metaméricos

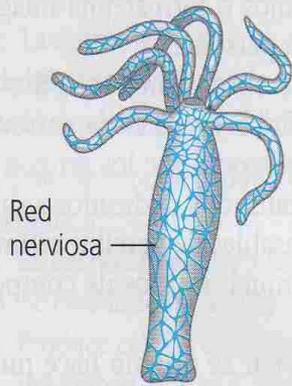


## Sistema nervioso

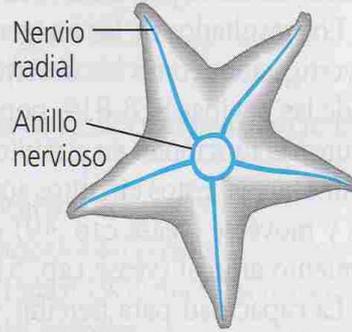
### Sistema nervioso en escalera



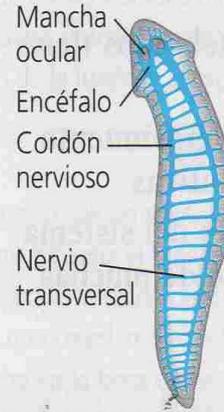
# Invertebrados: sistema nervioso



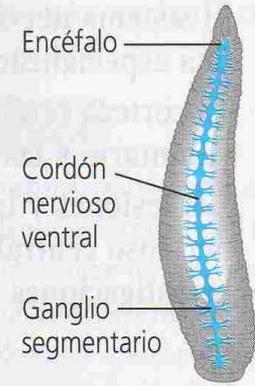
(a) Hidra (cnidario)



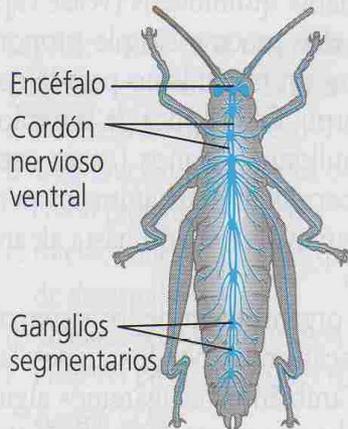
(b) Estrella de mar (equinodermo)



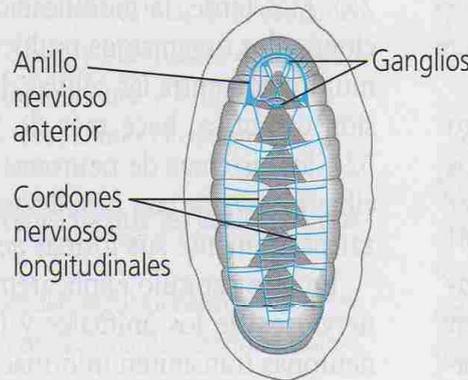
(c) Planaria (platelminto)



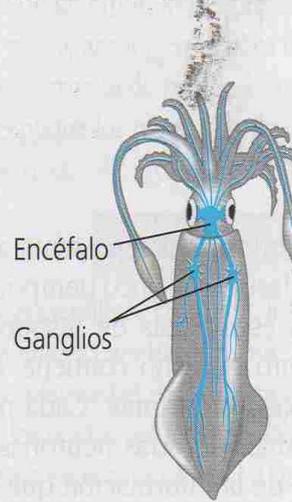
(d) Sanguijuela (anélido)



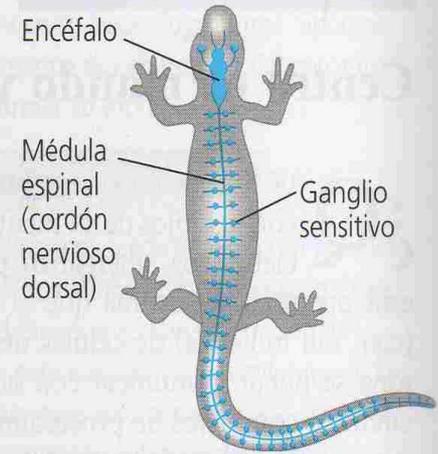
(e) Insecto (artrópodo)



(f) Quitón (molusco)



(g) Calamar (molusco)



(h) Salamandra (cordado)

▲ Fig. 48-2. Organización de algunos sistemas nerviosos.

# Sistema nervioso

Vertebrados

E n c é f a l o

Cerebro anterior

Telencéfalo (par)

Lóbulos olfatorios  
Hemisferios cerebrales  
(aves y mamíferos)

Diencéfalo (impar)

Tálamo (integra y retransmite)  
Hipotálamo (f.autónomas, apetencias, factores liberadores hipófisis)  
Glándula pineal **epífisis**  
Quiasma óptico  
**Hipófisis o pituitaria**

Cerebro medio  
(mesencéfalo)

Lóbulos ópticos  
Núcleos (control inv. tono muscular)

Cerebro posterior  
(rombencéfalo)

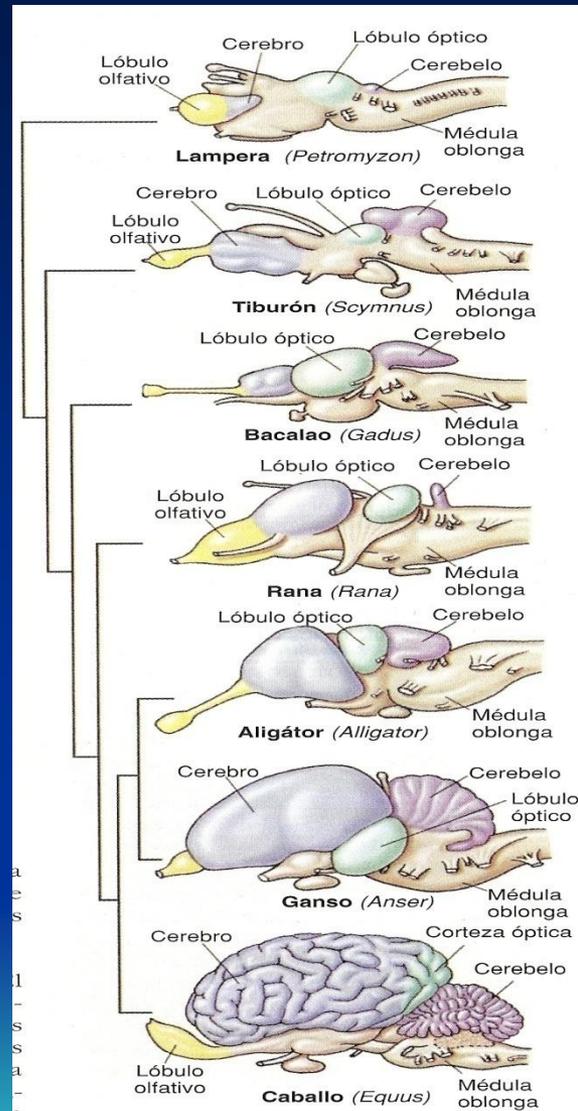
Metencéfalo

Cerebelo  
Puente de Varolio  
(mamíferos)

Mielencéfalo

Moduladores del ritmo  
cardíaco y pulmonar

# Evolución del encéfalo de los vertebrados

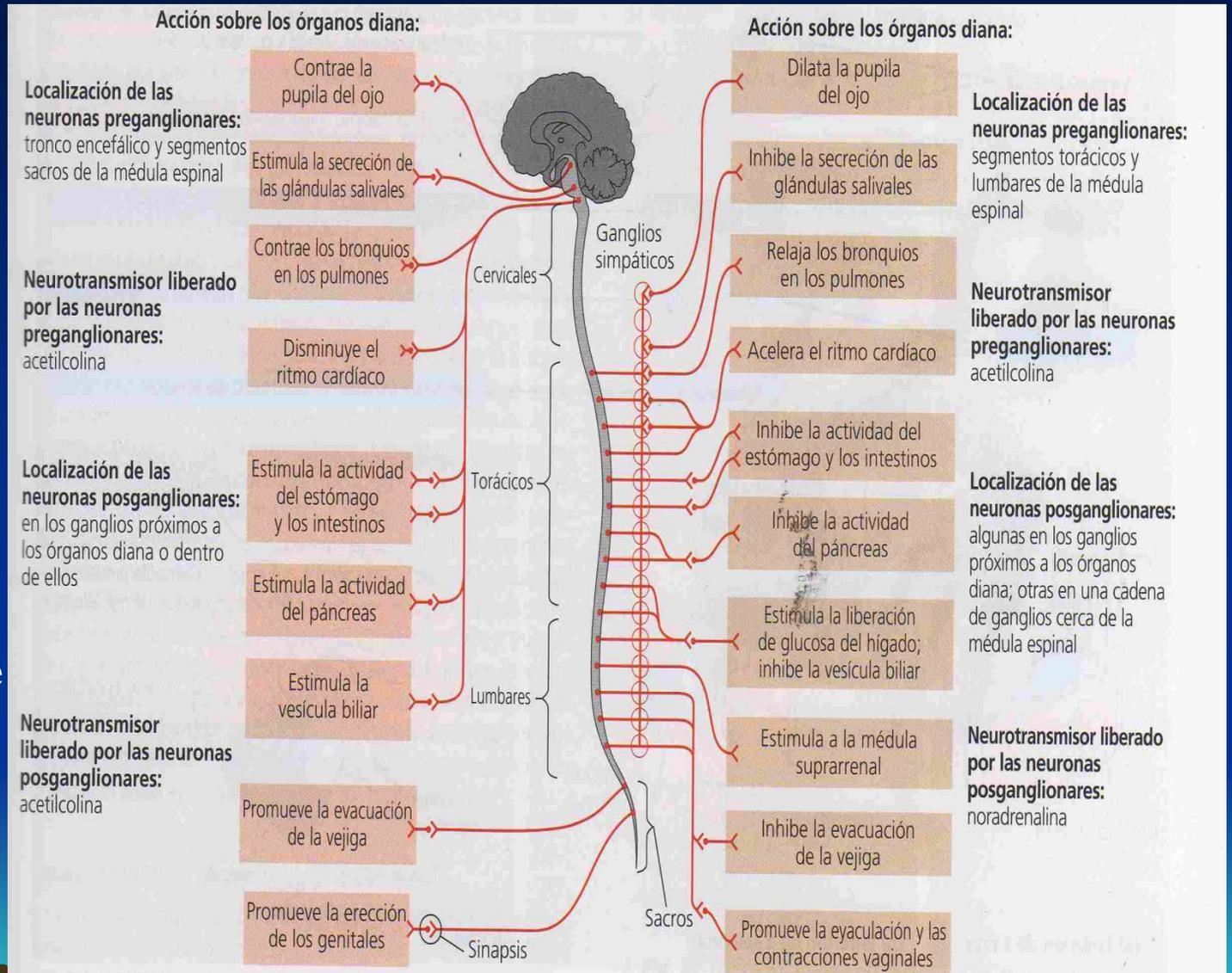


**Figura 35-12**

Evolución del encéfalo de los vertebrados. Nótese el aumento progresivo del tamaño del cerebro. El cerebelo, que está relacionado con el equilibrio y la coordinación motora, está más desarrollado en los animales en los que el equilibrio y los movimientos tienen que ser más precisos (peces, aves y mamíferos).

# Sistema nervioso

**Sistema nervioso autónomo:** musculatura lisa, glándulas, corazón, etc., con moduladores en médula y bulbo. De bulbo y extremo posterior de médula salen fibras del sistema parasimpático. De la mayor parte de la médula salen fibras del sistema simpático. Ambos sistemas producen efectos antagónicos.



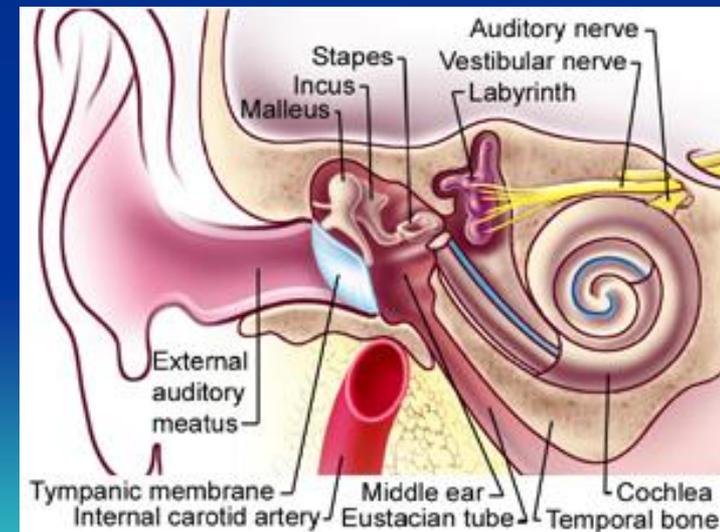
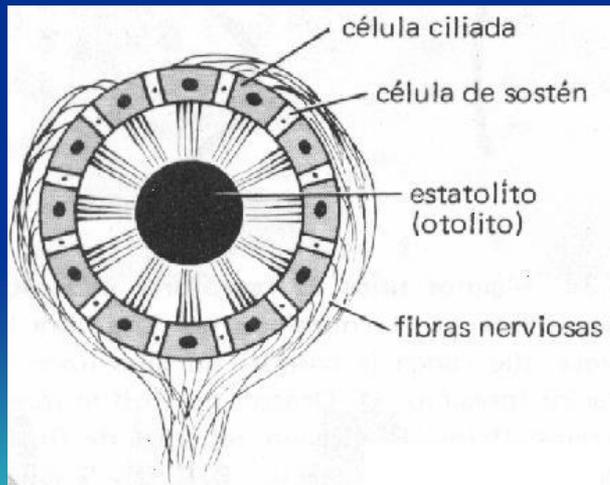
### Receptores sensoriales

Interorreceptores (estímulos internos)

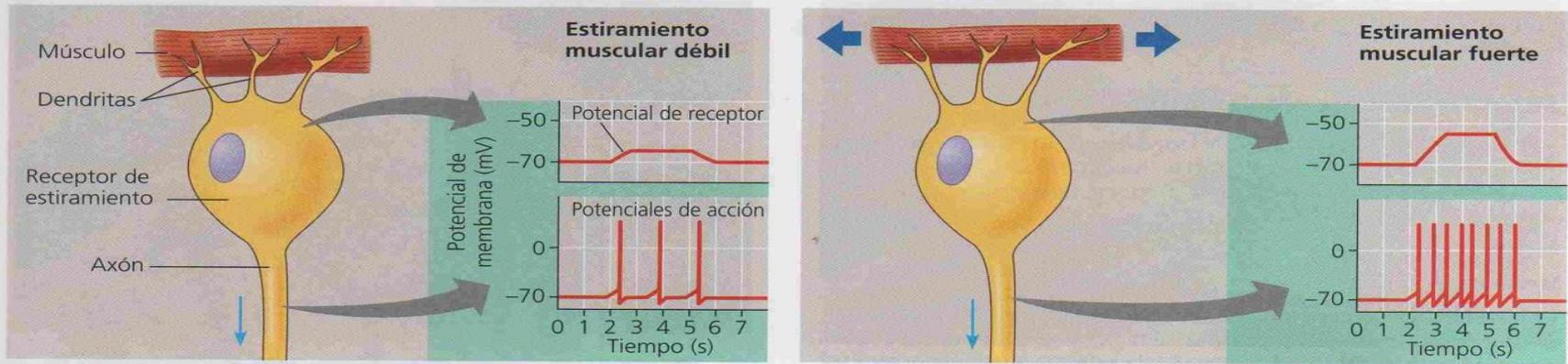
Exterorreceptores (estímulos externos)

Propiorreceptores (músculos, tendones y articulaciones)

Quimiorreceptores – Tangorreceptores (tacto, presión mecánica) – línea lateral (peces)- Estatorreceptores (oído interno, estatocistos)- Fonorreceptores– Fotorreceptores – Termorreceptores –



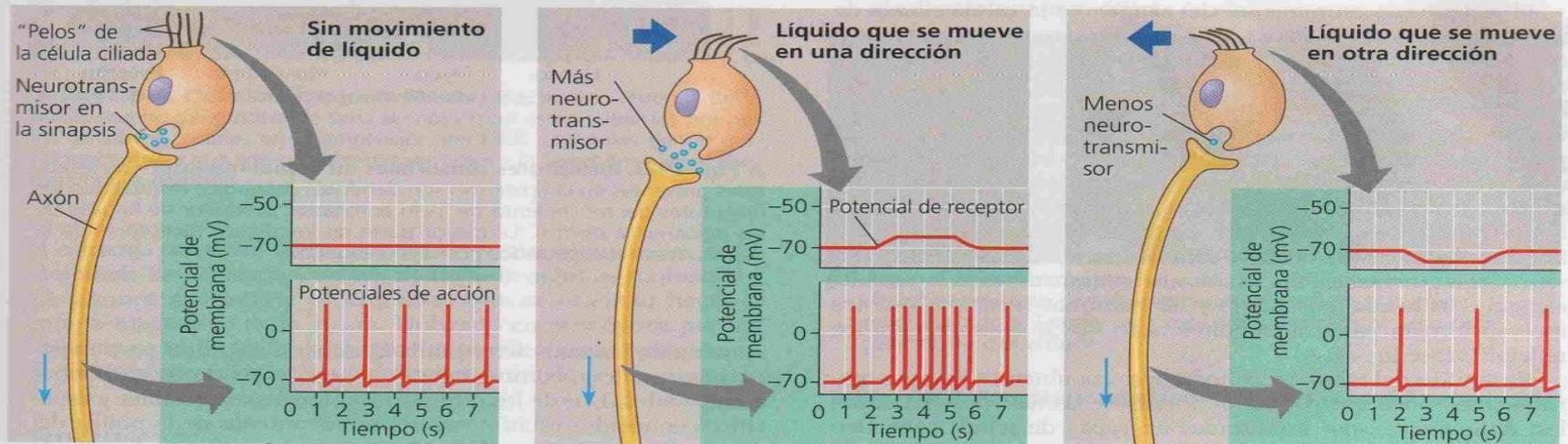
# Mecanismos de recepción sensitiva generalizados



(a) Los receptores de estiramiento del cangrejo tienen dendritas introducidas en los músculos abdominales. Cuando el abdomen se inclina, los músculos y las

dendritas se estiran, lo que produce un potencial de receptor en el receptor de estiramiento. El potencial de receptor desencadena potenciales de acción en el

axón del receptor de estiramiento. Un estiramiento más fuerte produce un potencial de receptor más grande y una frecuencia mayor de potenciales de acción.



(b) Las células ciliadas de los vertebrados tienen cilios especializados o microvellosidades ("pelos") que se inclinan cuando el líquido circundante se mueve. Cada célula ciliada libera un

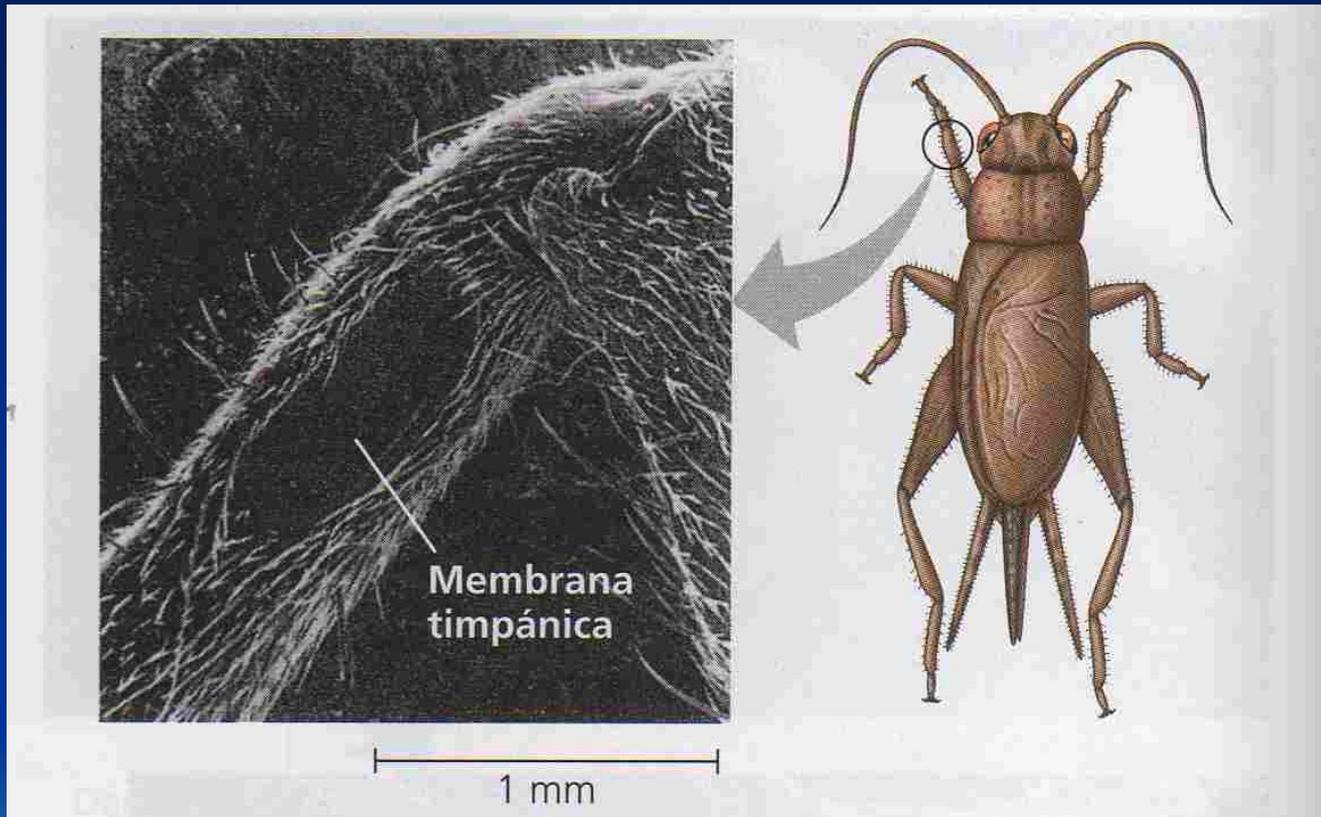
neurotransmisor excitatorio en una sinapsis con una neurona sensitiva, que conduce potenciales de acción hasta el SNC. La inclinación en una dirección despolariza la célula ciliada, que libera más neurotransmisor y

aumenta la frecuencia de potenciales de acción en la neurona sensitiva. La inclinación en la otra dirección tiene efectos opuestos. Por tanto, las células ciliadas responden a la dirección del movimiento y a su fuerza y velocidad.

▲ Fig. 49-2. Recepción sensitiva: dos mecanismos.

Mecanoreceptores: (movimiento: tacto; presión (dolor), sonido, vibraciones, estiramiento, gravedad).

Oído de insecto



▲ **Fig. 49-7. El oído de un insecto.** La membrana timpánica, visible en esta MEB de la pata delantera de un grillo, vibra en respuesta a las ondas sonoras. Las vibraciones estimulan mecanorreceptores fijados al interior de la membrana timpánica.

# Oído mamíferos

## Orígenes

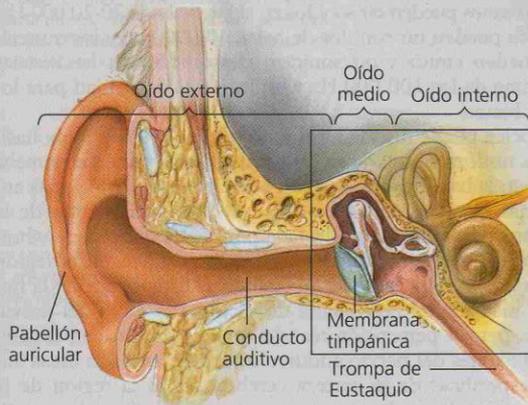
Lagena > cóclea

Huesillos oído medio de huesos mandibulares o soportes mandibulares

Estribo del hiomandibular  
Yunque del cuadrado  
Martillo del articular

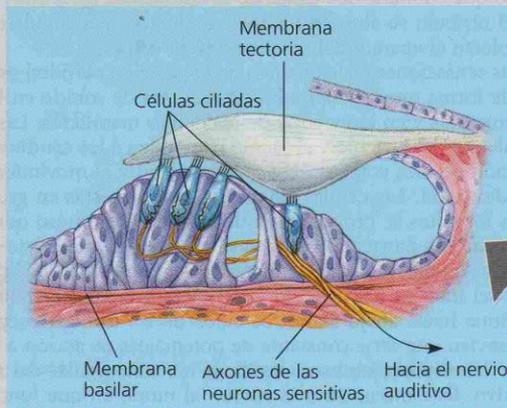
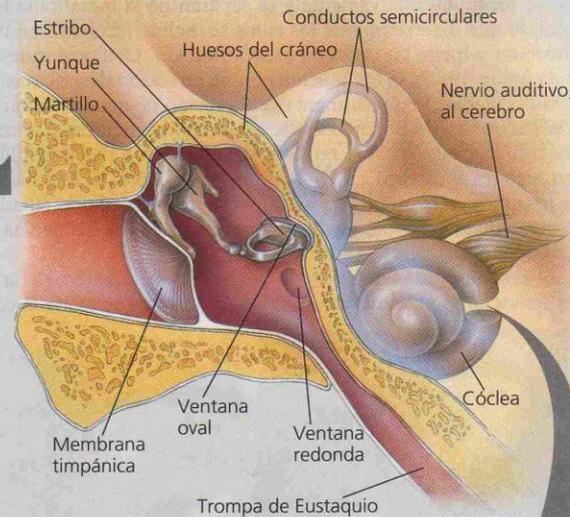
NOTA: anfibios, reptiles  
Y aves tienen solo estribo

**1 Panorama general de la estructura del oído.** El oído de los mamíferos se puede dividir en tres regiones: el oído externo, el oído medio y el oído interno. El **oído externo** se compone del pabellón auricular del conducto auditivo, que recoge las ondas sonoras y las canalizan hasta la **membrana timpánica** (timpano) que separa el oído externo del oído medio.



**2 Oído medio y oído interno.** En el **oído medio**, tres huesos pequeños—el **martillo**, el **yunque** y el **estribo**—transmiten vibraciones hasta la **ventana oval**, que es una membrana situada por debajo del estribo. El oído medio también se abre a la **trompa de Eustaquio**, que conecta con la faringe e iguala la presión entre el oído medio y la atmósfera, lo que permite destapar los oídos cuando, por ejemplo, cambia la altitud.

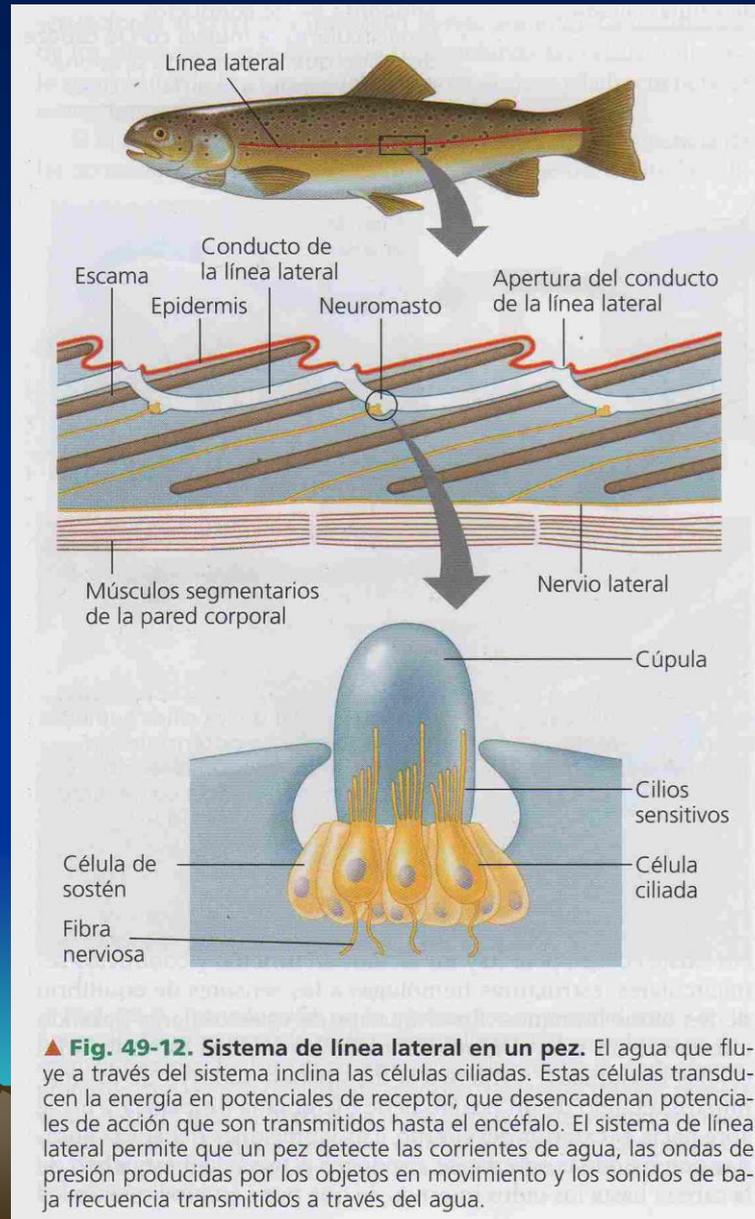
El **oído interno** consiste en un laberinto de cámaras llenas de líquido en el interior del hueso temporal del cráneo. Estas cámaras incluyen los **conductos semicirculares**, que funcionan en el equilibrio, y la **cóclea** espiralada (en latín, "caracol"), que participa en la audición.

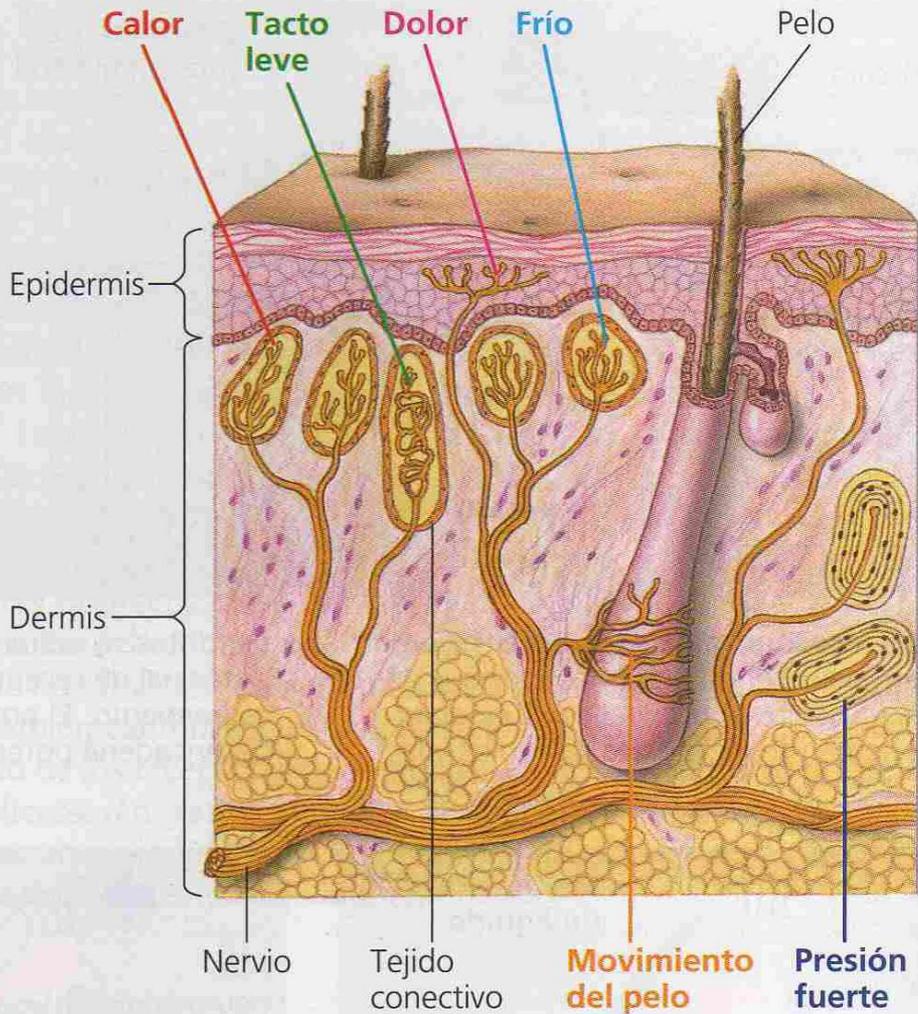


**4 El órgano de Corti.** El suelo del conducto coclear, la membrana basilar, soporta al **órgano de Corti**, que contiene los mecanorreceptores del oído, células ciliadas con cilios que se proyectan al conducto coclear. Muchos de los cilios están fijados a la membrana tectoria, que cuelga sobre el órgano de Corti como un estante. Las ondas sonoras hacen vibrar a la membrana basilar, lo que produce a la inclinación de los cilios y la despolarización de las células ciliadas.

**3 La cóclea.** La cóclea tiene dos conductos grandes—un conducto vestibular superior y un conducto timpánico inferior—separados por un conducto coclear más pequeño. Los conductos vestibular y timpánico contienen un líquido denominado perilinfa y el conducto coclear está lleno de un líquido denominado endolinfa.

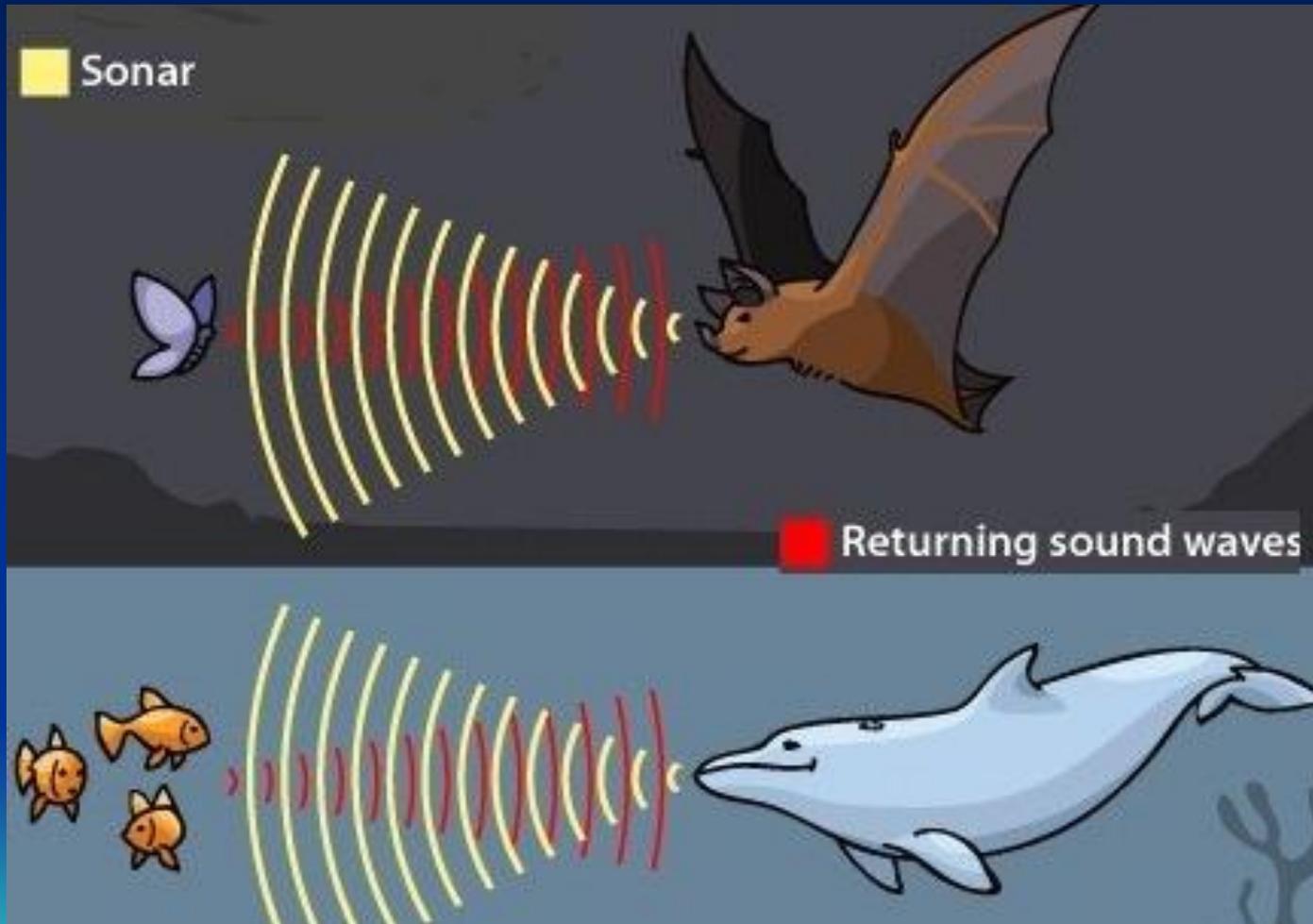
# Linea lateral de los peces (corrientes de agua, ondas y sonidos de baja frecuencia)



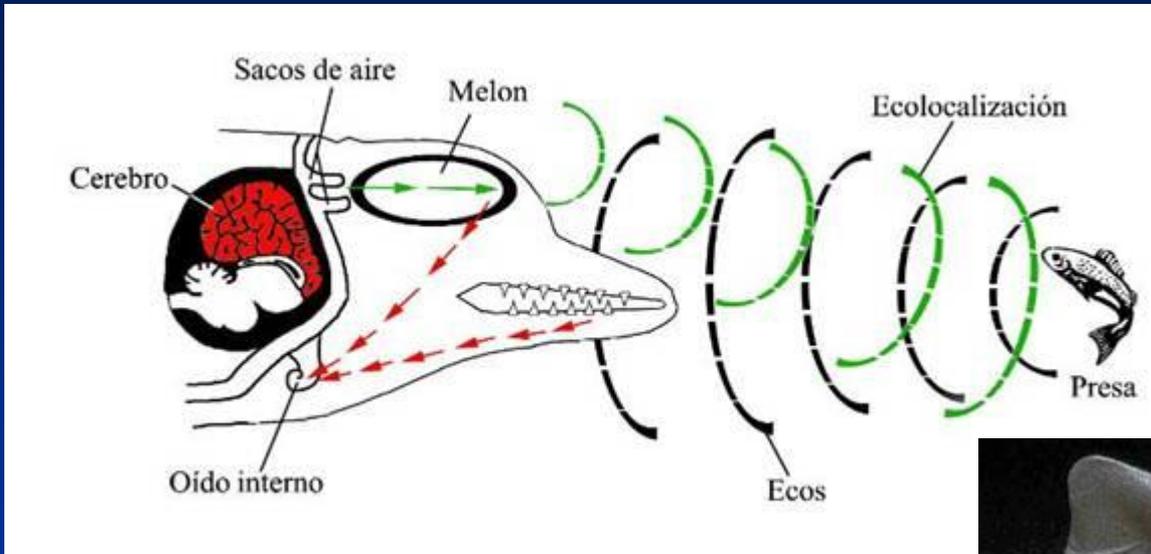


▲ **Fig. 49-3. Receptores sensoriales en la piel humana.** Los receptores presentes en la epidermis son dendritas desnudas, al igual que los receptores del movimiento del pelo enrollados alrededor de la base de los pelos en la dermis. La mayor parte de los demás receptores de la dermis están encapsulados por tejido conectivo.

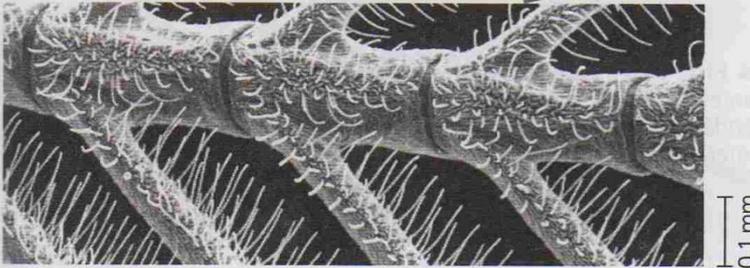
# ecolocación



# Delfines y murciélagos



# Quimiorreceptores y otros

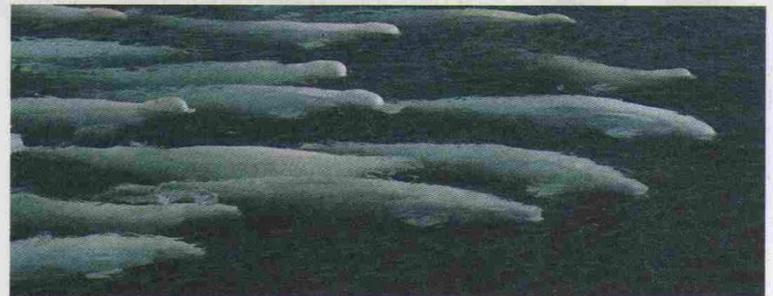


▲ **Fig. 49-4. Quimiorreceptores en un insecto.** Las antenas de la polilla macho del gusano de seda *Bombyx mori* están cubiertas por pelos sensitivos, visibles en la ampliación del MEB. Los pelos tienen quimiorreceptores que son sumamente sensibles a la feromona sexual liberada por la hembra.

el salmón, palomas, tortugas marinas y seres humanos), en el abdomen de las abejas, en los dientes de algunos moluscos y en algunos protistas y procariontes que se orientan hacia el campo magnético de la Tierra. Utilizado en otra época por los marinos como brújula, la magnetita puede formar parte de un mecanismo de orientación en muchos animales.

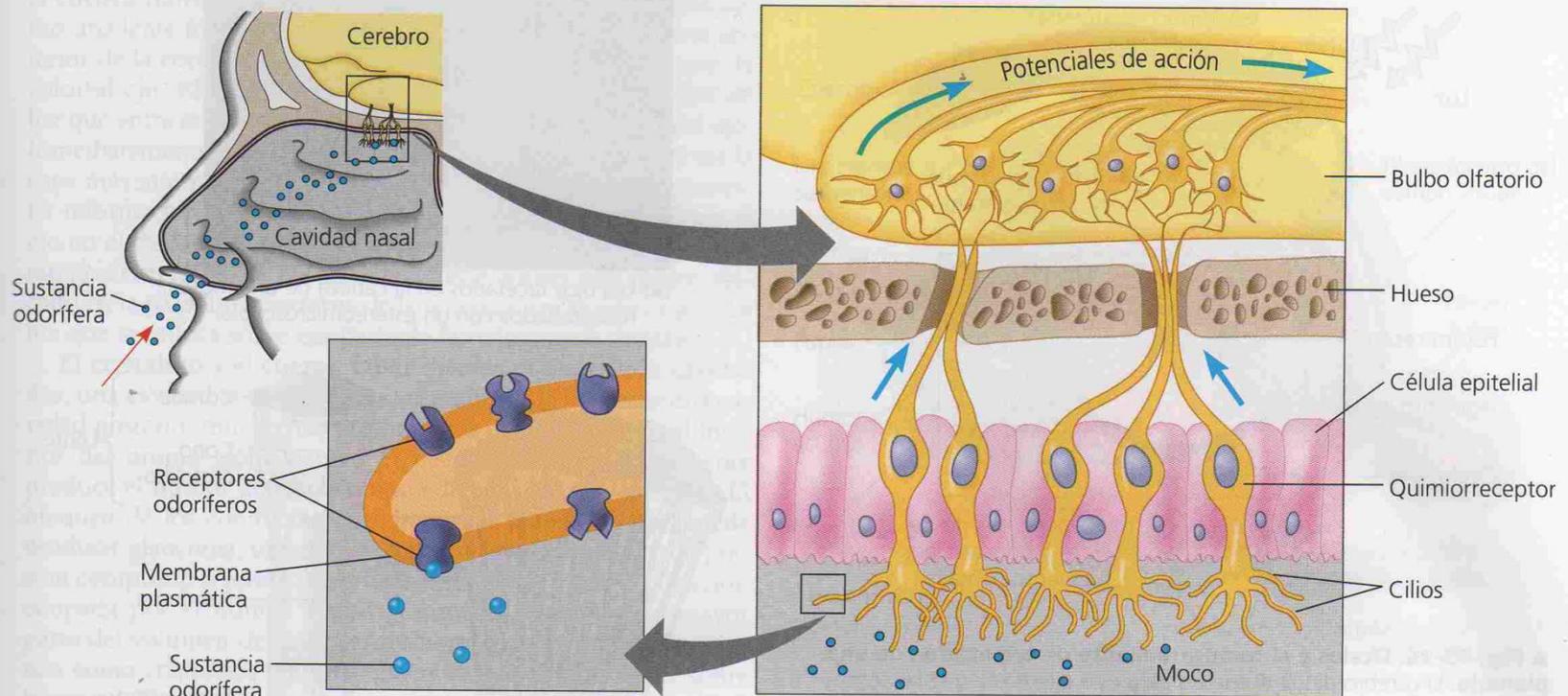


(a) Esta serpiente de cascabel y otras serpientes con fosetas (crosálidos) tienen un par de receptores infrarrojos, cada uno ubicado entre ojo y fosa nasal. Los órganos son lo suficientemente sensibles como para detectar la radiación infrarroja que emite el cuerpo tibio de un ratón ubicado a un metro de distancia. La serpiente mueve la cabeza de un lado a otro hasta que los dos receptores detectan la misma cantidad de radiación, lo que indica que el ratón está justo delante de ella.



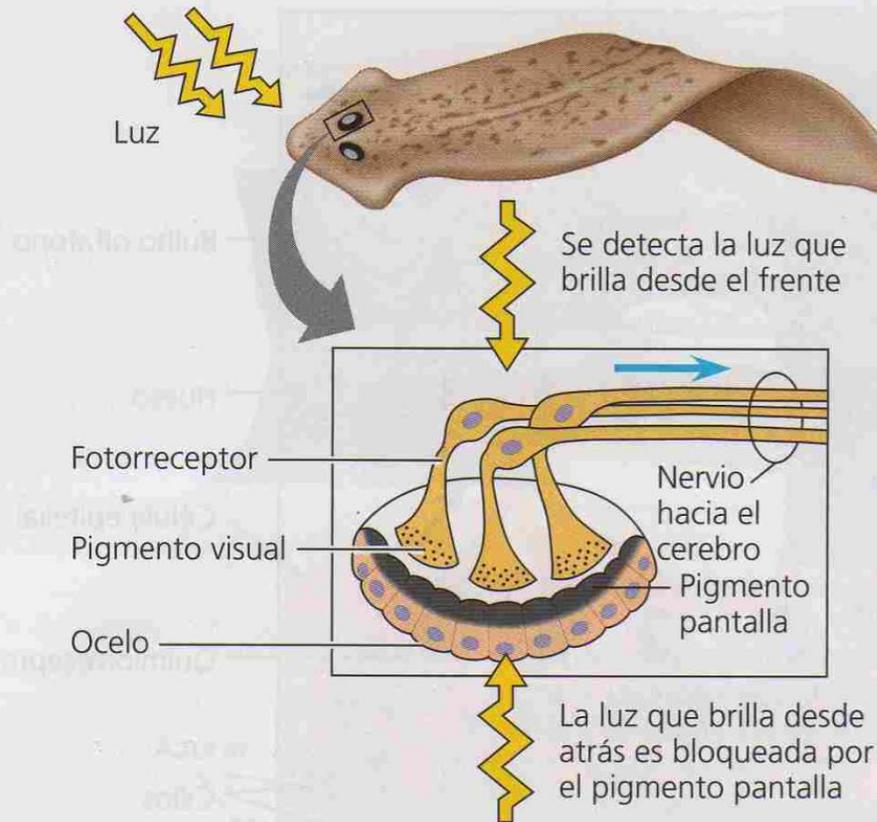
(b) Algunos animales migratorios, como estas ballenas beluga (*Delphinapterus leucas*), aparentemente perciben el campo magnético de la Tierra y usan esta información, junto con otras señales, para orientarse.

# olfato



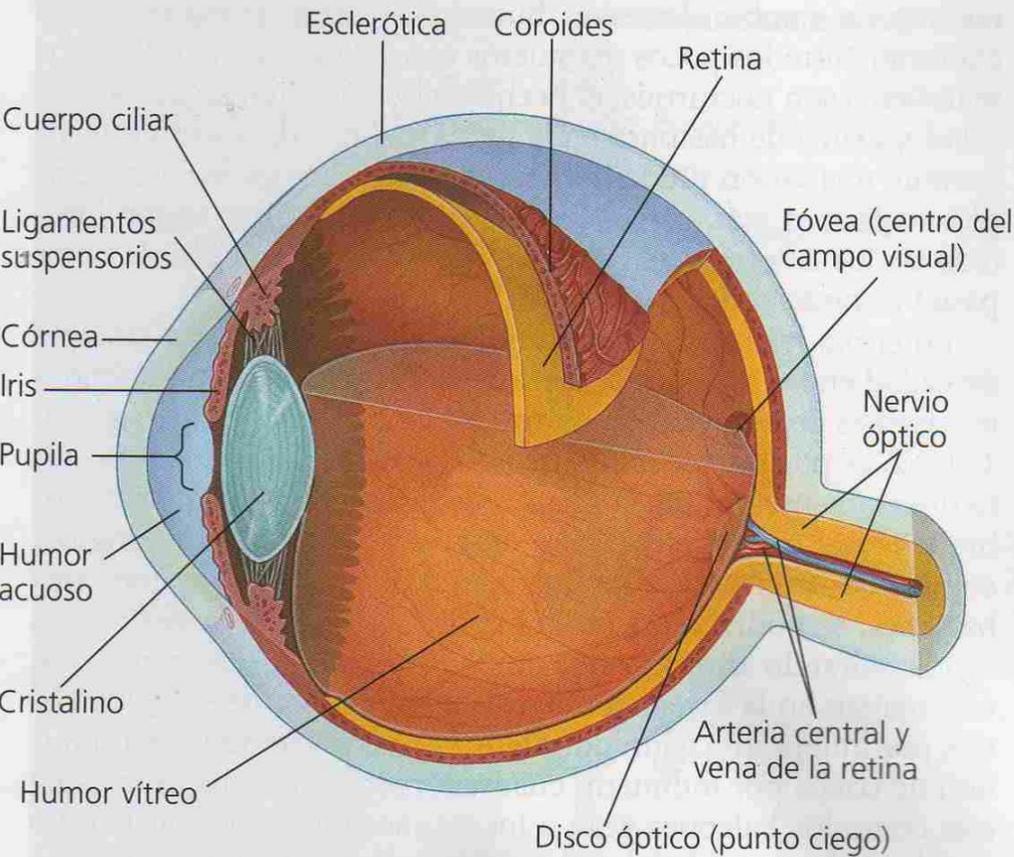
▲ **Fig. 49-15. El olfato en los seres humanos.** Las moléculas odoríferas se unen a proteínas receptoras específicas en la membrana plasmática de los quimiorreceptores, lo que desencadena potenciales de acción.

# fotorreceptores

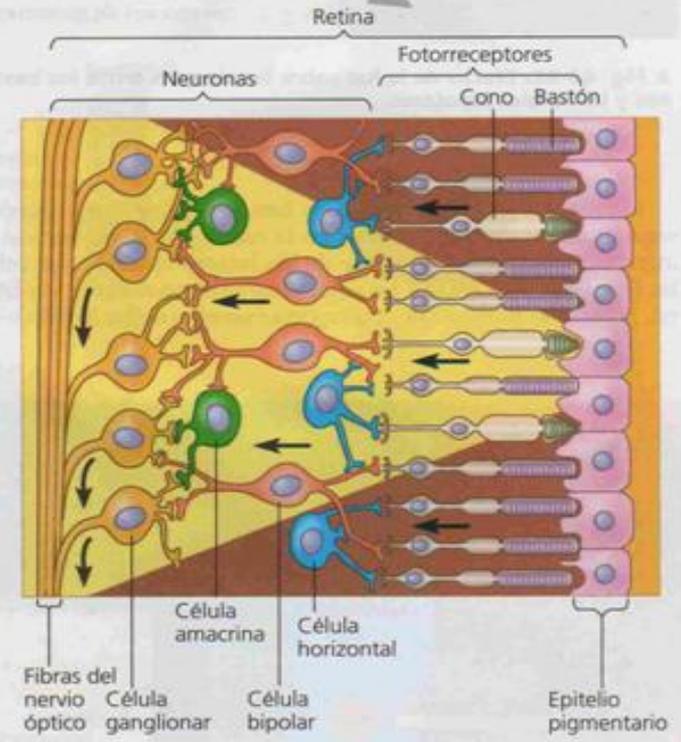
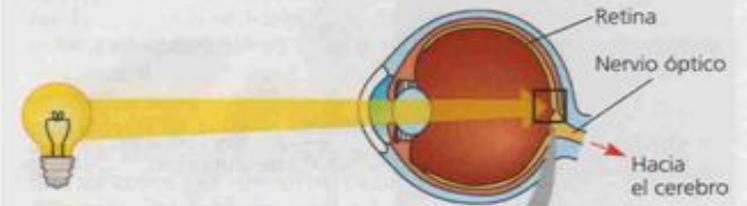


▲ **Fig. 49-16. Ocelos y el comportamiento de orientación de una planaria.** El cerebro dirige al cuerpo para que gire hasta que las sensaciones de los dos ocelos sean iguales y mínimas, lo que determina que el animal se aleje de la luz.

# Fotorreceptores



▲ **Fig. 49-18. Estructura del ojo de los vertebrados.** En este corte longitudinal del ojo sólo se muestra el humor vítreo gelatinoso en la mitad inferior del globo ocular. No se muestra la conjuntiva, una membrana mucosa que rodea a la esclerótica.

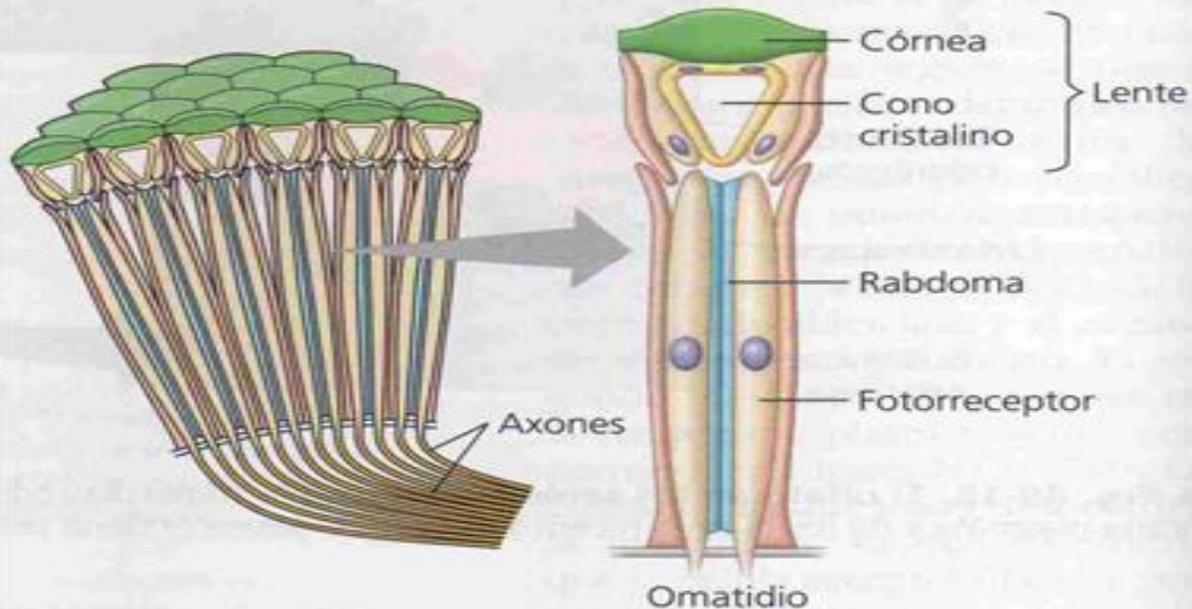


▲ **Fig. 49-23. Organización celular de la retina de los vertebrados.** La luz debe atravesar varias capas relativamente transparentes de células antes de alcanzar los bastones y los conos. Estos fotorreceptores se comunican a través de las células bipolares con células ganglionares, que tienen axones que transmiten sensaciones visuales (potenciales de acción) hasta el cerebro. Cada célula bipolar recibe información de varios bastones o conos y cada célula ganglionar la recibe de varias células bipolares. Las células horizontales y amacrinas integran la información a través de la retina. Las flechas negras indican la vía de información visual desde los fotorreceptores hasta el nervio óptico.



## Ojos compuestos insectos

(a) Los ojos facetados en la cabeza de una mosca, fotografiados con un estereomicroscopio.



) La córnea y el cono cristalino de cada ommatidio funcionan como una lente que enfoca la luz sobre el rabdoma, un tallo de placas pigmentadas en el interior de un círculo de fotorreceptores. El rabdoma atrapa la luz y la guía hasta los fotorreceptores. La imagen formada por un ojo compuesto es un mosaico de puntos producidos por diferentes intensidades de luz que entran en los numerosos ommatidios desde diferentes ángulos.

# Ojo de cefalópodos

