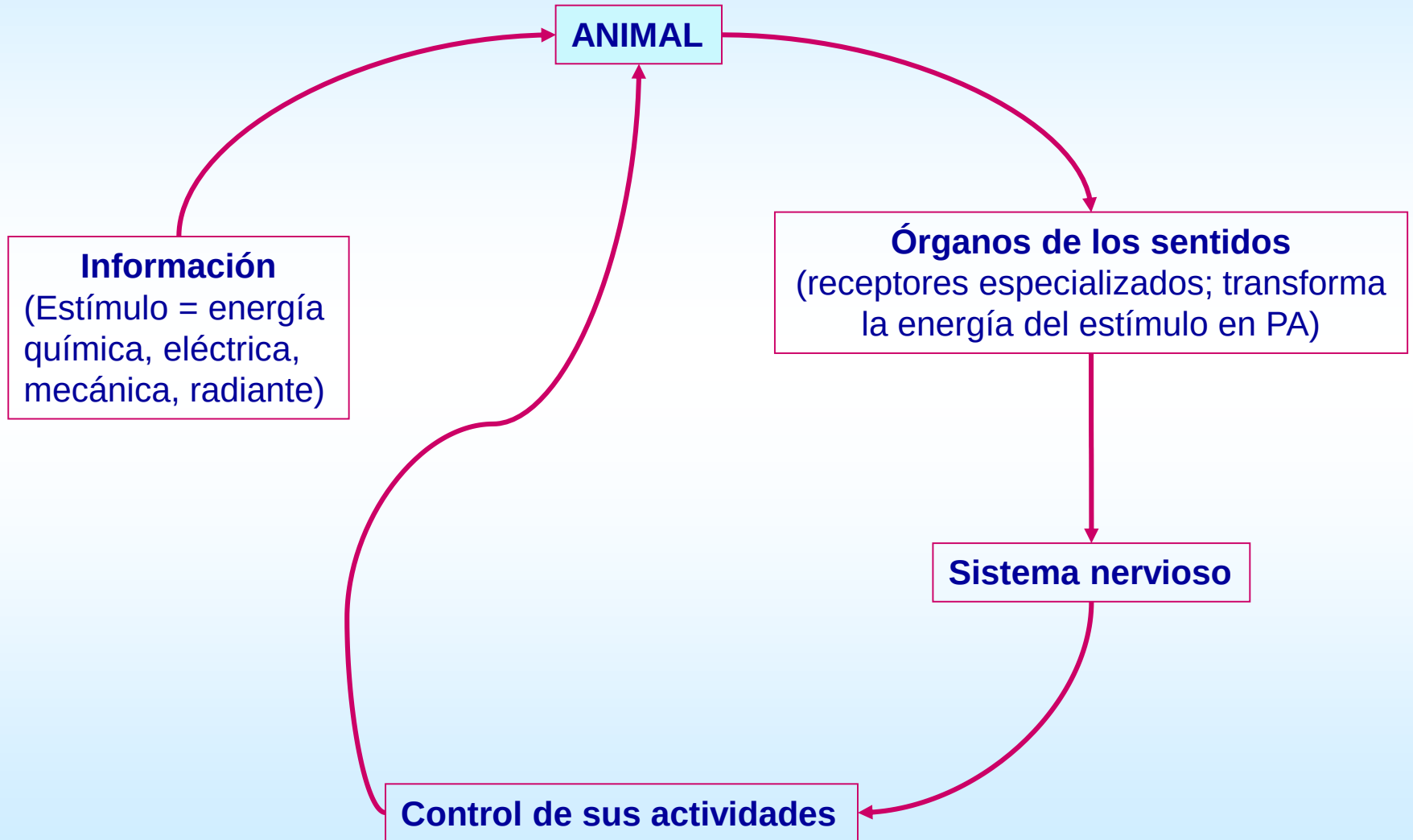


Órganos de los sentidos



Receptores

Son transductores biológicos
Se localizan en los órganos de los sentidos

Codifican



Características fisicoquímicas de los receptores

- ✓ Excitabilidad (capacidad de reacción)
- ✓ Especificidad (estímulo específico).
- ✓ Adaptación (disminución reacción nerviosa)
- ✓ Codificación (envío información)

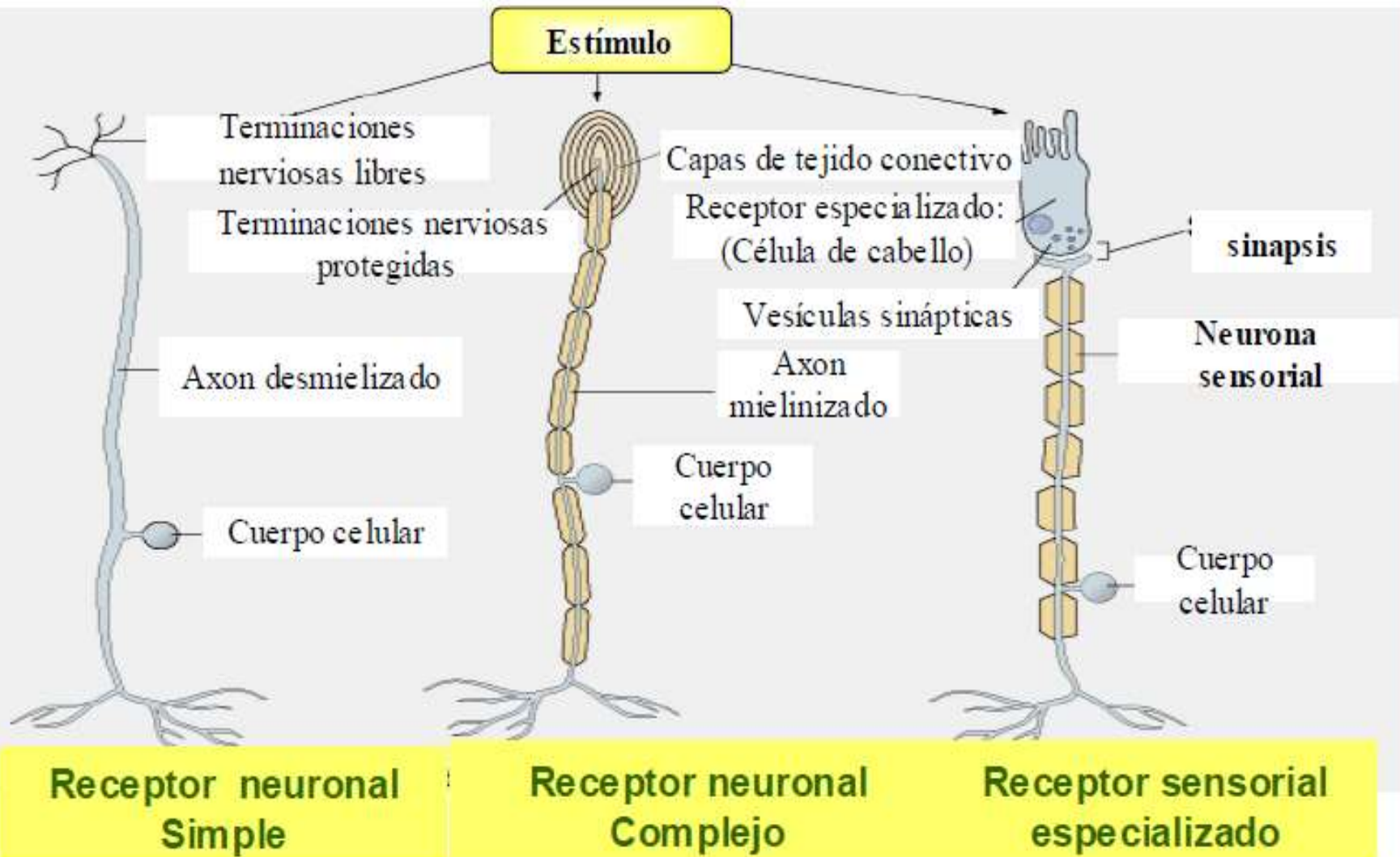
Modalidad
Intensidad
Localización
Duración

del estímulo

Características de las Sensaciones:

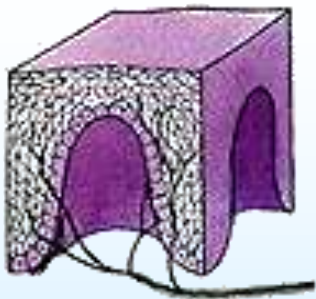
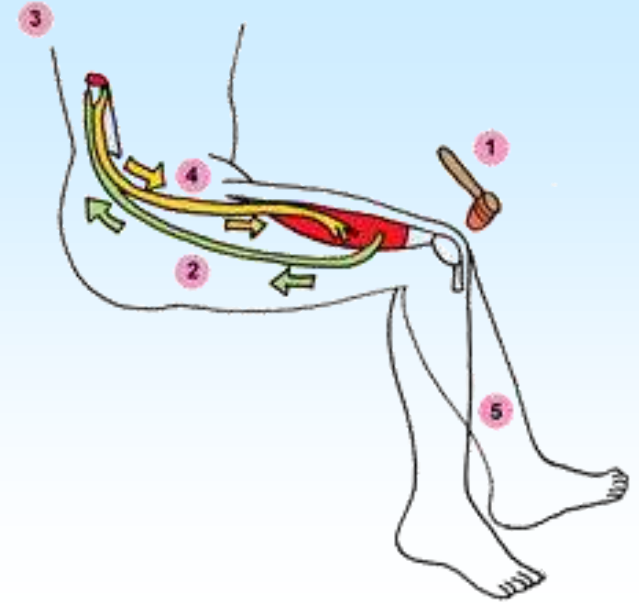
- Modalidad (tipo, ej sentido del gusto)
- Cualidad (grado, ej variedad de sabores)
- Intensidad: Fuerte o tenue (amplitud)
- Dimensión temporo-espacial (duración, localización)
- Dimensión Afectiva (placentero o displacentero)

1. Tipos de receptores: origen ontogénico y morfología



2. Tipos de receptores: Localización

- **Exterorreceptores:** exterocepción es captar estímulos del exterior;
- **Interorreceptores:** interocepción es captar estímulos del interior del cuerpo
- **Propiorreceptores:** propiocepción es captar posición y movimiento del cuerpo, provienen del aparato locomotor



1

Terminaciones libres
nerviosas (dolor)



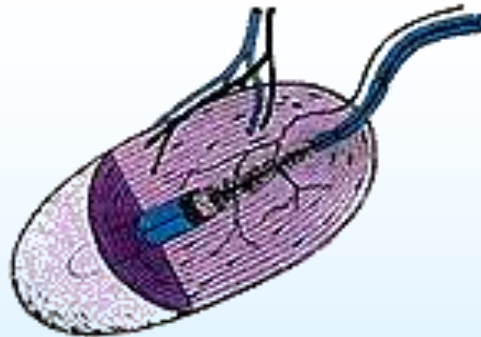
2

Corpúsculos de
Krause (frío)



3

Corpúsculos de Meissner
(tacto fino)



4

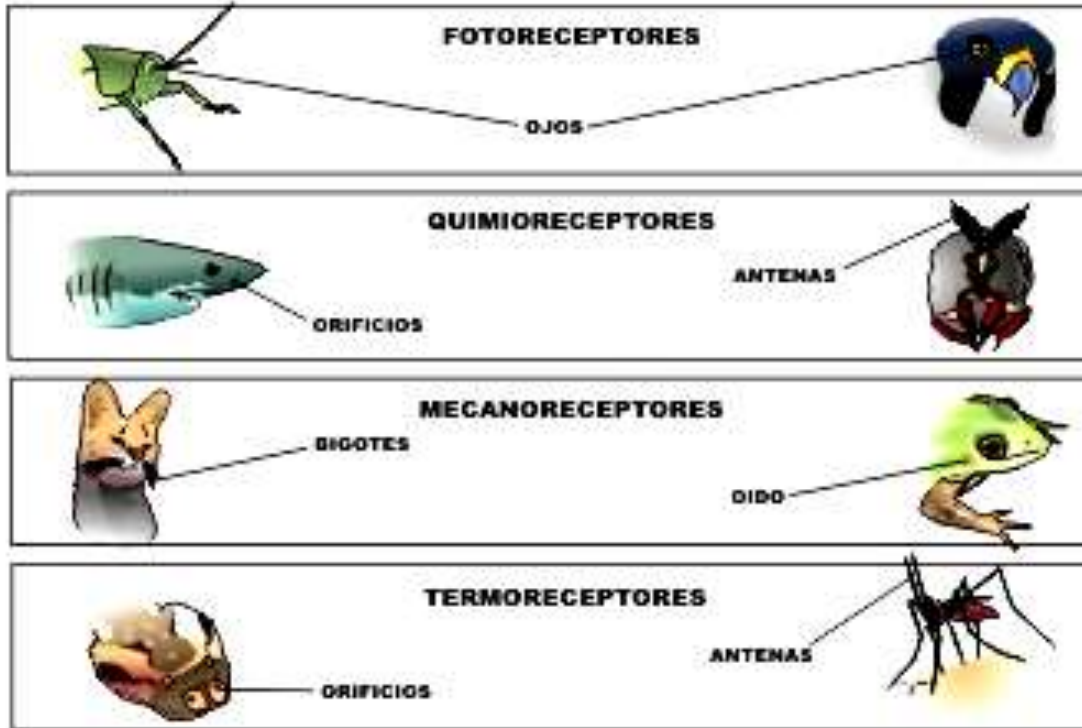
Corpúsculos de Pacini
(presión)



5

Corpúsculos de Ruffini
(calor)

3. Tipos de receptores: Modalidad o energía



Electromagnética: fotorreceptores, magnetorreceptores, electrorreceptores

Química: quimiorreceptores externos (gusto, olfato), quimiorreceptores internos (osmorreceptores, glucorreceptores, oxígeno, pH)

Mecánica: mecanorreceptores, tigmoreceptores, reorreceptores, barorreceptores

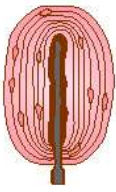
Térmica: temperatura

Estímulos mecánicos, térmicos y químicos extremos: Nocicepción (daño-dolor)

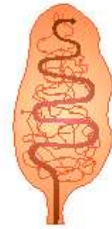
Mecanorreceptores de PIEL



De Ruffini
(tacto y calor)



De Paccini
(tacto y presión)



De Meissner
(tacto)



De Krause
(tacto y frío)

Disco de Merkel

Lámina basal

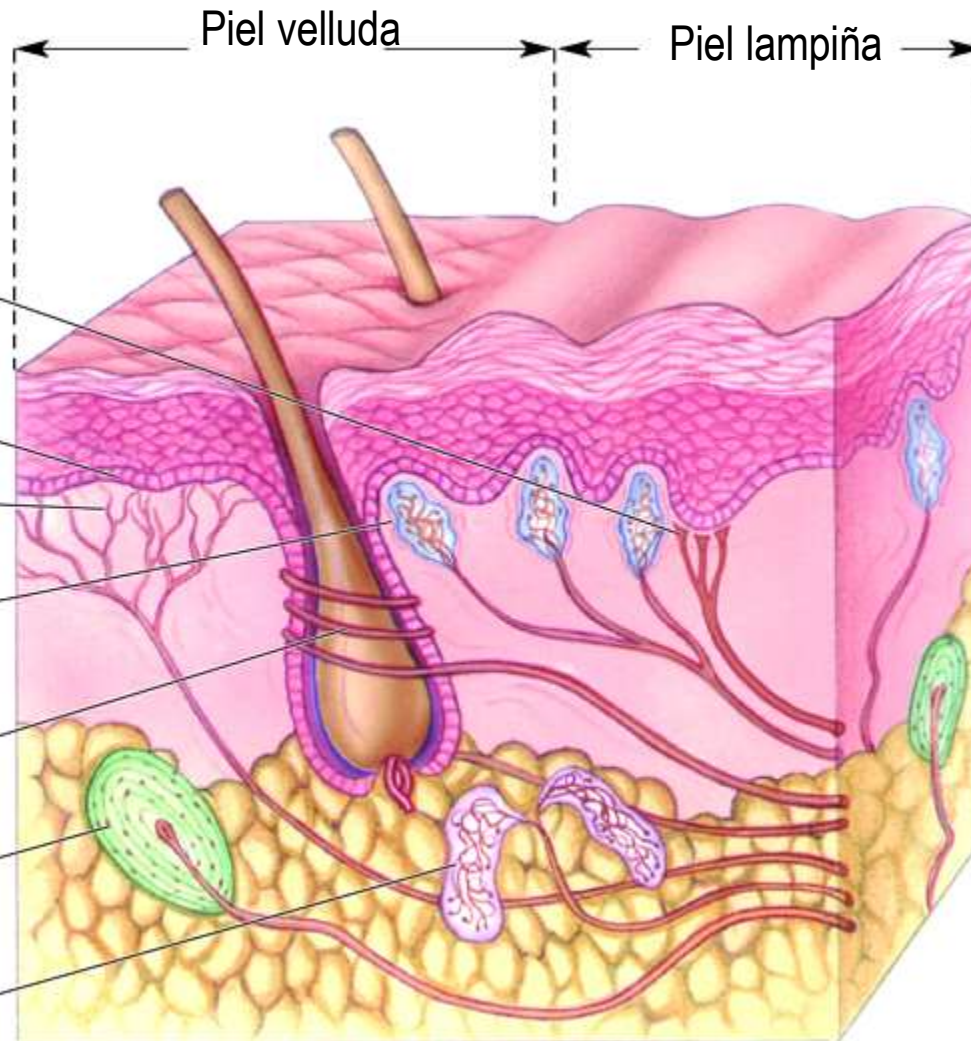
**Terminaciones
Nerviosas libres**

**Corpúsculo de
Meissner**

**Receptor diana
del fólículo piloso**

C. Pacini

T. de Ruffini



Epidermis

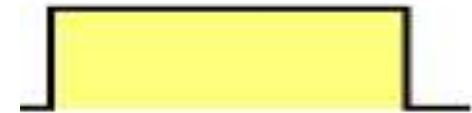
Dermis

**Tejido
celular SC**

4. Tipos de receptores: adaptación sensorial

Adaptación: Capacidad del receptor de responder ante un estímulo sostenido o repetitivo. El que sean tónicos o fásicos permite codificar la duración del estímulo.

- **Receptores Tónicos o de Adaptación Lenta:**
 - La señal se transmite en forma continua al SNC y el cerebro se mantiene informado
 - Ej: propioceptores, termorreceptores, quimiorreceptores, T. de Ruffini.
- **Receptores Fásicos (Movimiento o intensidad) o de Adaptación Rápida:**
 - Descargan al aplicar el estímulo, luego se "silencian", vuelven a descargar al CAMBIAR la intensidad del estímulo
 - Función: "Predictiva"
 - Ej: Corpúsculos de Paccini, Meissner, Receptores en diana del Folículo piloso, células ciliadas de los conductos semicirculares.



Estímulo



Potencial de Receptor



Potencial de Acción

Recepción sensitiva

Mecanismos de transducción sensorial:

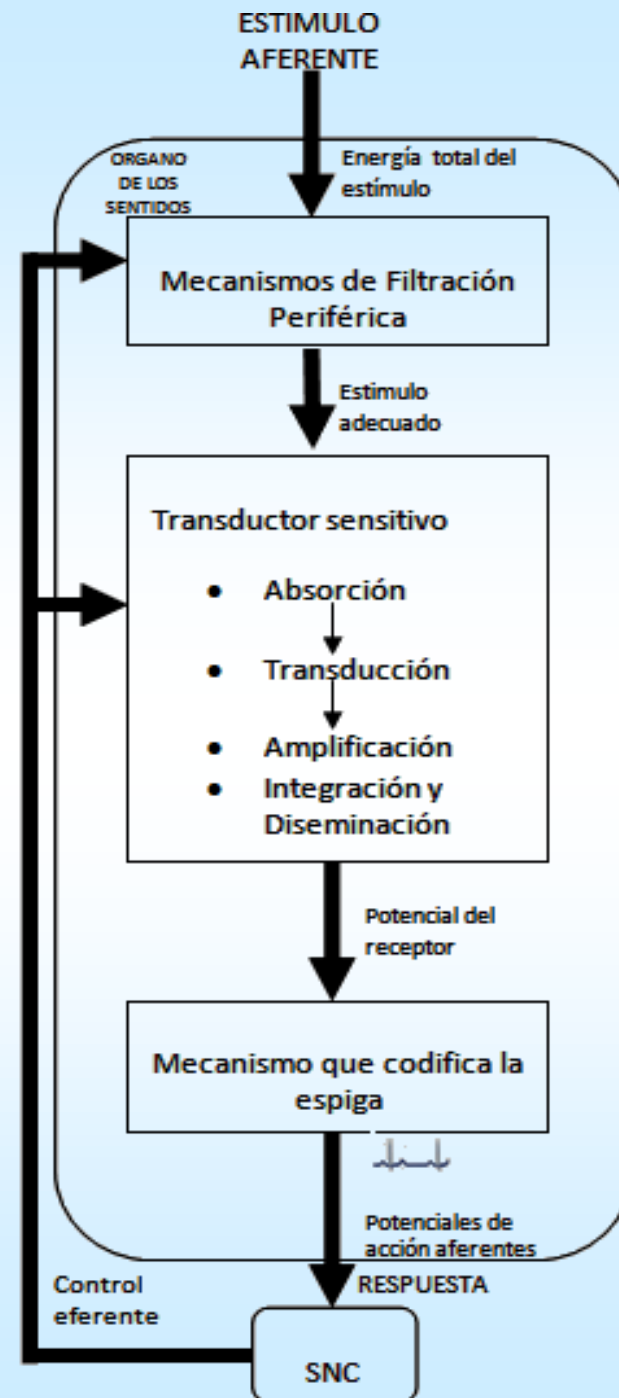
Mecanorrecepción: Canales de Na^+ mediado por estiramiento

Quimiorrecepción: Canales iónicos (Na^+ - K^+)

Fotorrecepción: Canal de Na^+ controlado por GMPc

Termorrecepción y nocicepción: Permeabilidad iónica, cinética, enzimas

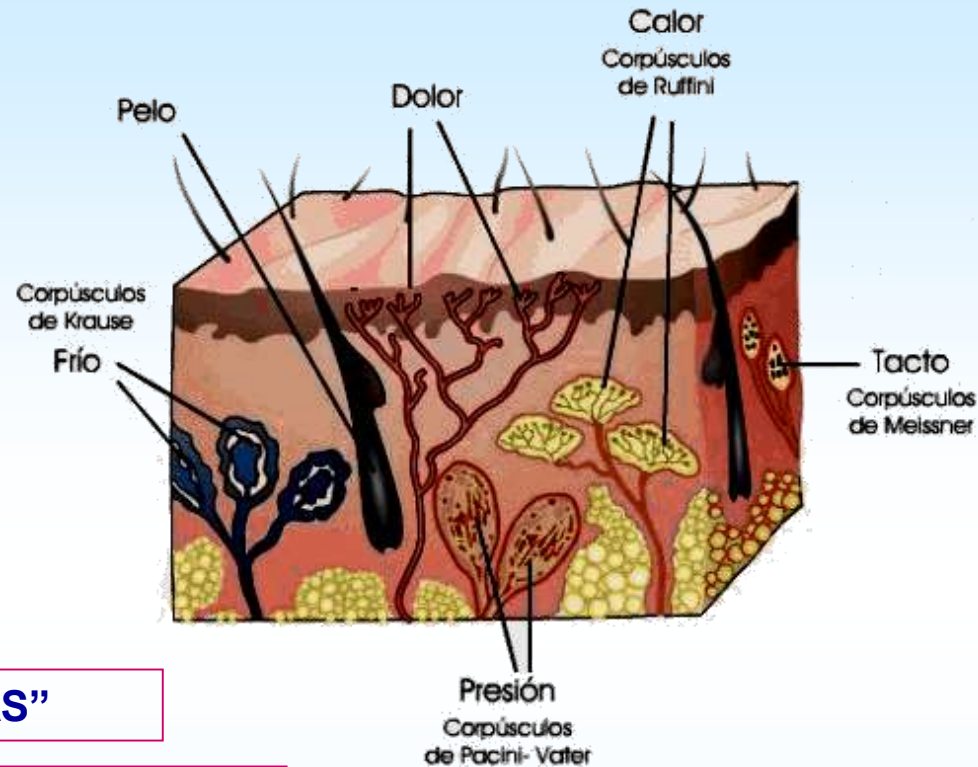
Electrorrecepción: Canal de Na^+ dependiente de voltaje



Especificidad indica que los receptores son sensibles a un solo estímulo; aunque algunos son polimodales o sea que captan varios tipos de estímulos. Según la ley de las energías nerviosas específicas (Muller, s XIX) “cada nervio” responde de una manera propia independientemente de la manera de estimulación

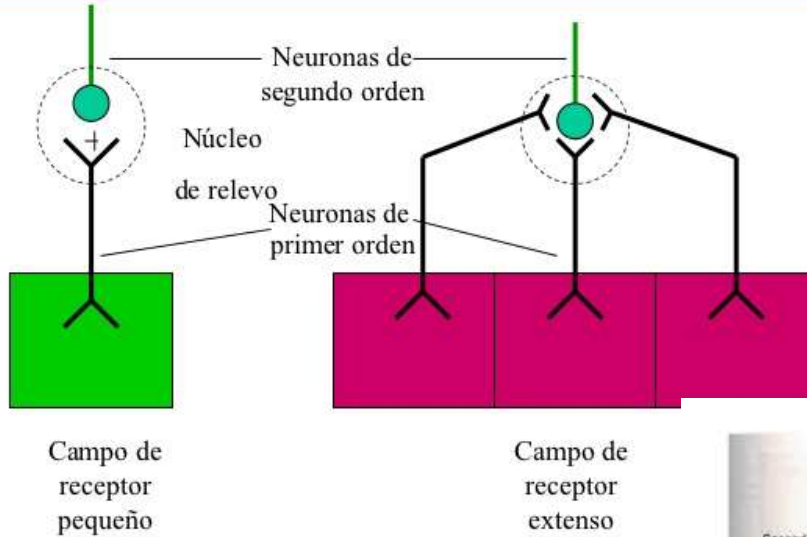
“LÍNEAS ENCASILLADAS O ETIQUETADAS”

Esta teoría se deriva de la ley de las energías específicas. Existe una conexión específica entre los receptores, las fibras nerviosas que conducen el estímulo y la región del cerebro que las recibe: llegan desde una parte del cuerpo a una zona específica de la corteza; según la anatomía de las vías: estas conducen cierto tipo de información; este es un mecanismo básico para definir el tipo y la localización del estímulo.



Campos de Receptores

Área del cuerpo que al ser estimulada produce una frecuencia de disparo en la neurona sensorial.
(Excitatorios o Inhibitorios)



Inhibición lateral: para realzar la detección precisa de un estímulo

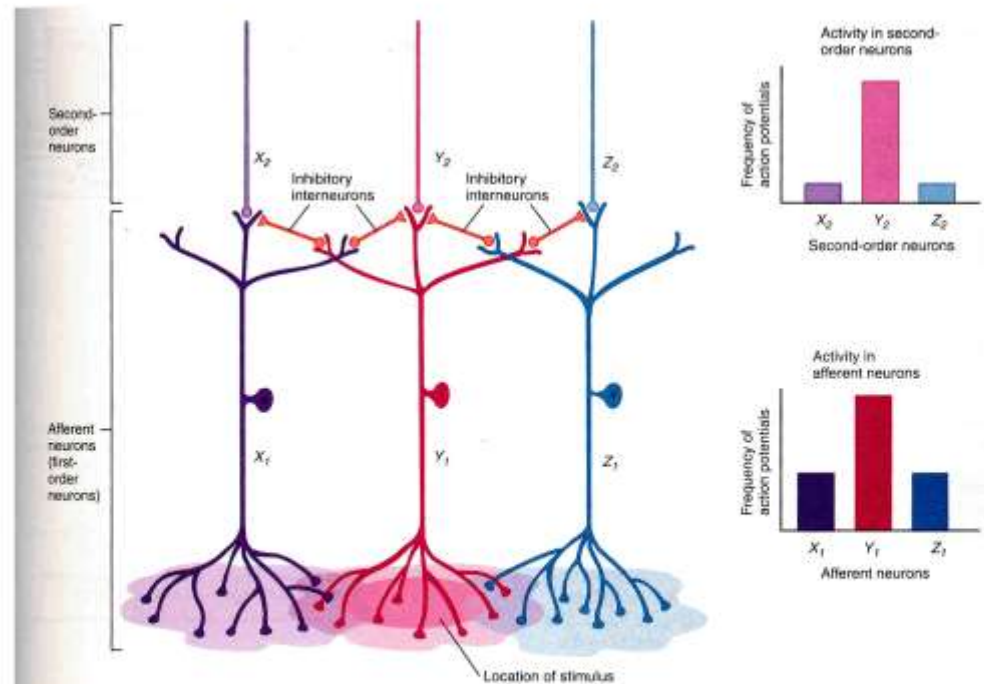


FIGURE 9.11 Lateral inhibition. Lateral inhibition enhances contrast between sites of strong and weak stimulation. In this example, the stimulus is applied in the center of the receptive field for afferent neuron Y_1 , and in the periphery of the receptive fields for afferent neurons X_1 .

POTENCIAL DE RECEPTOR DEL CORPÚSCULO DE PACINI



Corpúsculo de Pacini

El área que se ha deformado →
apertura de canales de Na.



Aumenta la positividad eléctrica
dentro de la fibra.



Potencial del receptor.



Formando un circuito local.



Que es transmitido a lo largo de
la fibra.

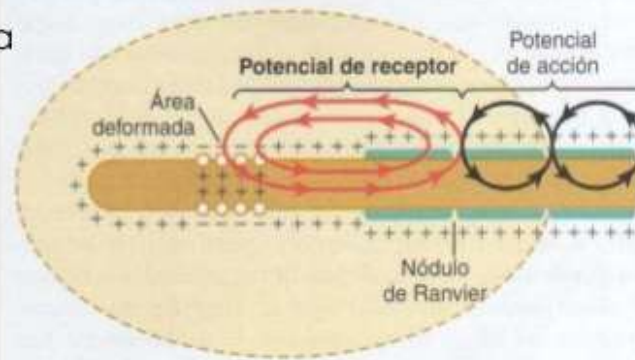


Figura 46-3

Excitación de una fibra nerviosa sensitiva por un potencial de receptor producido en un corpúsculo de Pacini. (Modificado a partir de Loewenstein WR: Excitation and inactivation in a receptor membrane. Ann N Y Acad Sci 94:510, 1961.)

Rango dinámico: gama de intensidades del estímulo que pueden detectar. Se manifiesta como variaciones en la frecuencia de los trenes de onda que origina. Como hay un máximo de PA que puede originar por segundo el receptor se satura. Si el rango es muy grande sería difícil poder detectar por un mismo receptor los estímulos débiles y fuertes, para ello una alternativa es fragmentar el rango (subpoblaciones de receptores que detecten rangos distintos), y la otra es la codificación logarítmica de la intensidad, con lo cual se puede captar la variación.

Quimiorrepción

✓ Sentido más antiguo y extendido

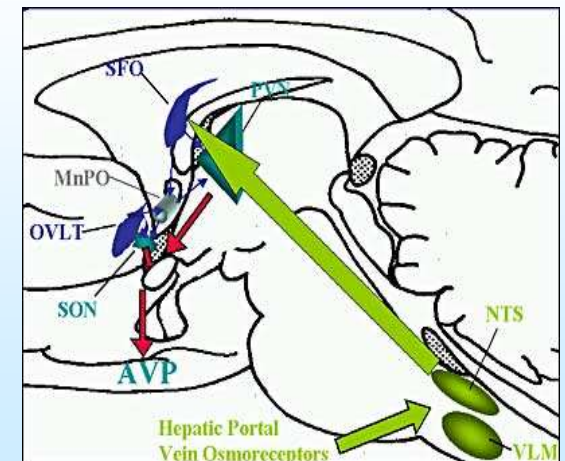
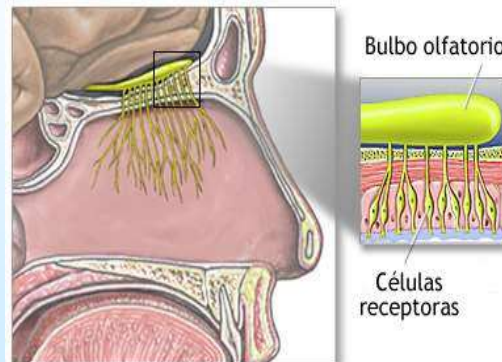
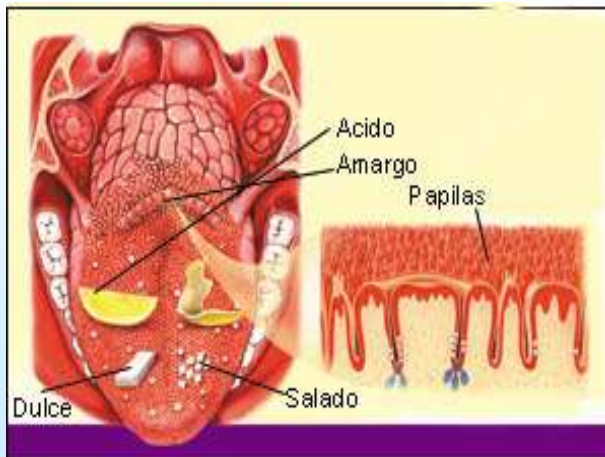
Receptores químicos

De contacto (quimiotaxis, protozoos)

A distancia (especializado, olfato)

Quimiorreceptores

- Del gusto: papilas gustativas.
- Olfatorios: epitelio olfatorio.
- Del oxígeno en sangre arterial: cayado aórtico y seno carotideo.
- Osmolalidad: neuronas de núcleos supraópticos.
- CO₂ y PA: bulbo raquídeo, aorta y cuerpos carotídeos.
- Glucostato: hipotálamo

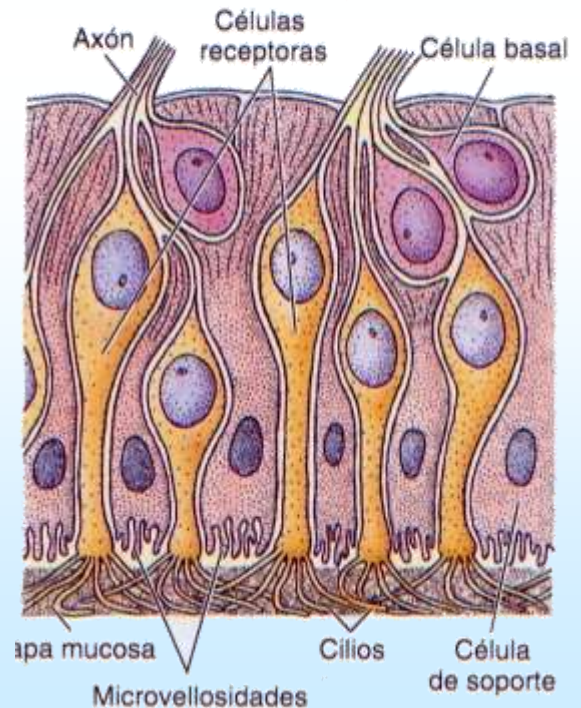
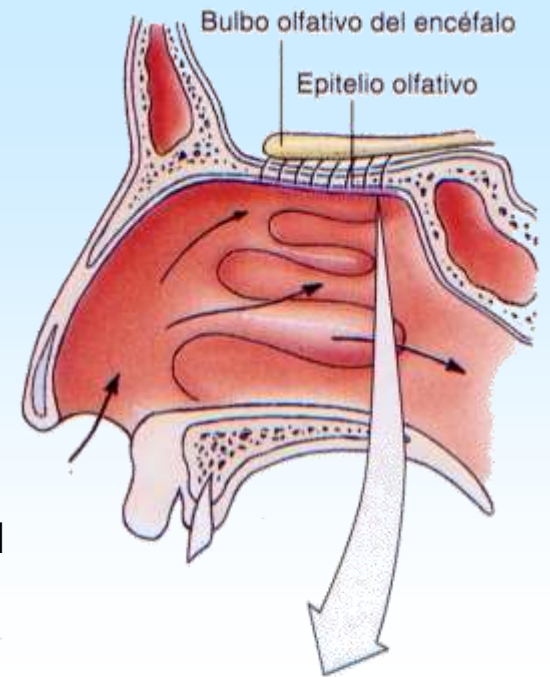
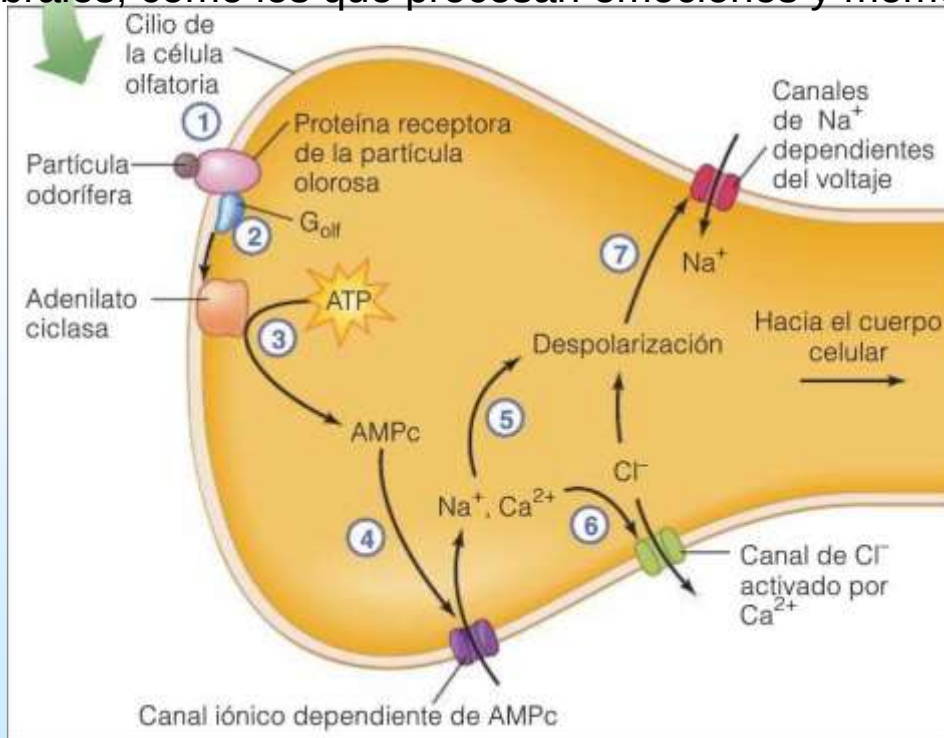


Olfato

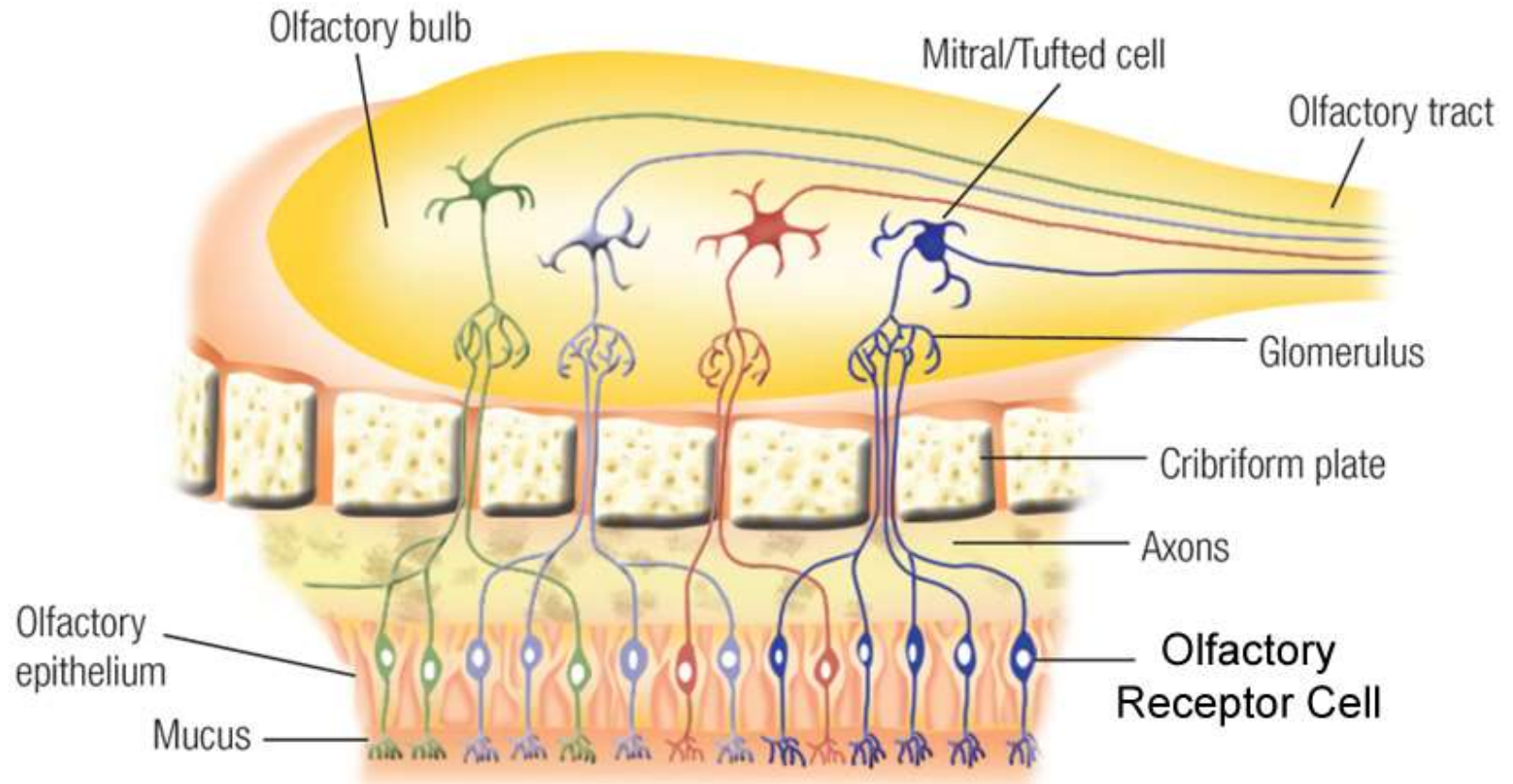
- Búsqueda e identificación alimento
- Localización y selección pareja sexual
- Jerarquía social
- Delimitación territorial

Olfación en vertebrados

Transducción: moléculas odorantes se unen a proteínas receptoras en los cilios, proteína G activa 2º mensajeros que abren canales de Na^+ , potencial de acción va por nervio olfatorio al lóbulo olfativo, a la corteza olfativa y se integra con otros centros cerebrales, como los que procesan emociones y memoria.



Olfato

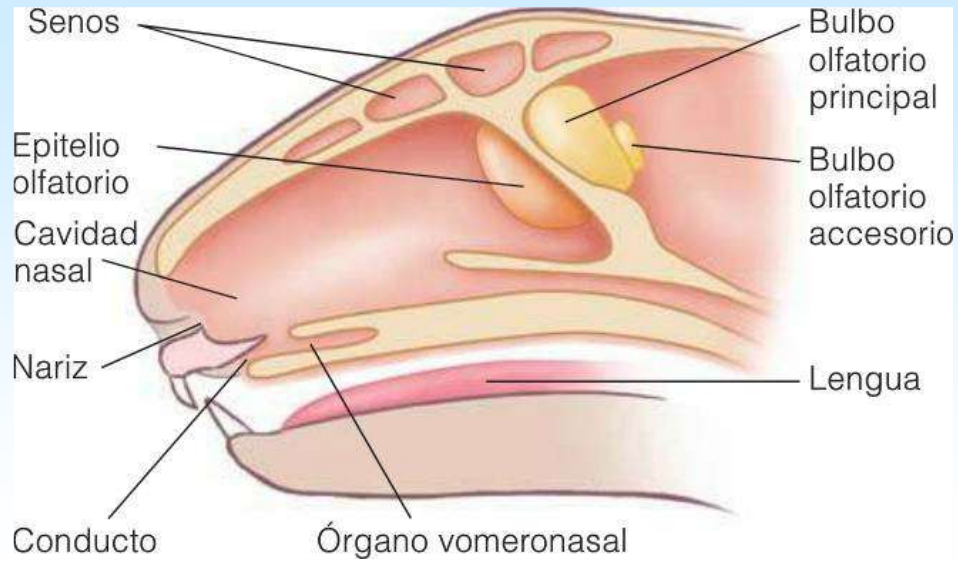


350-400 olfactory proteins in humans (aprox 1000 genes, unos 400 expresan)

1:1:1 rule: 1 ORC -> expressing 1 OR protein -> 1 ORP-specific glomerulus

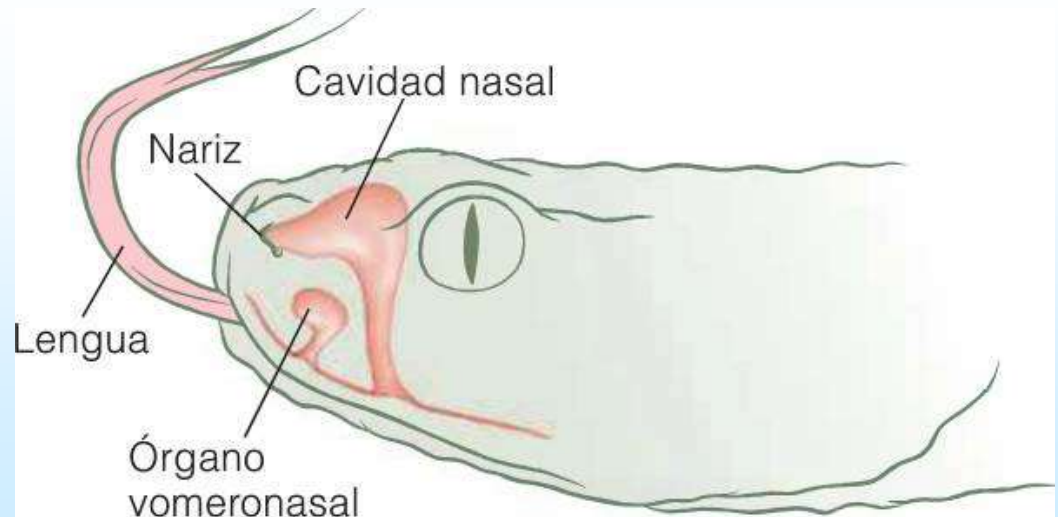
Cada neurona receptora expresa un receptor de membrana que puede reconocer más de un olor, de modo que un olor se identifica por la activación de varias neuronas receptoras (3 o más), por eso es posible identificar miles de olores (20mil en mamíferos).

Feromonas

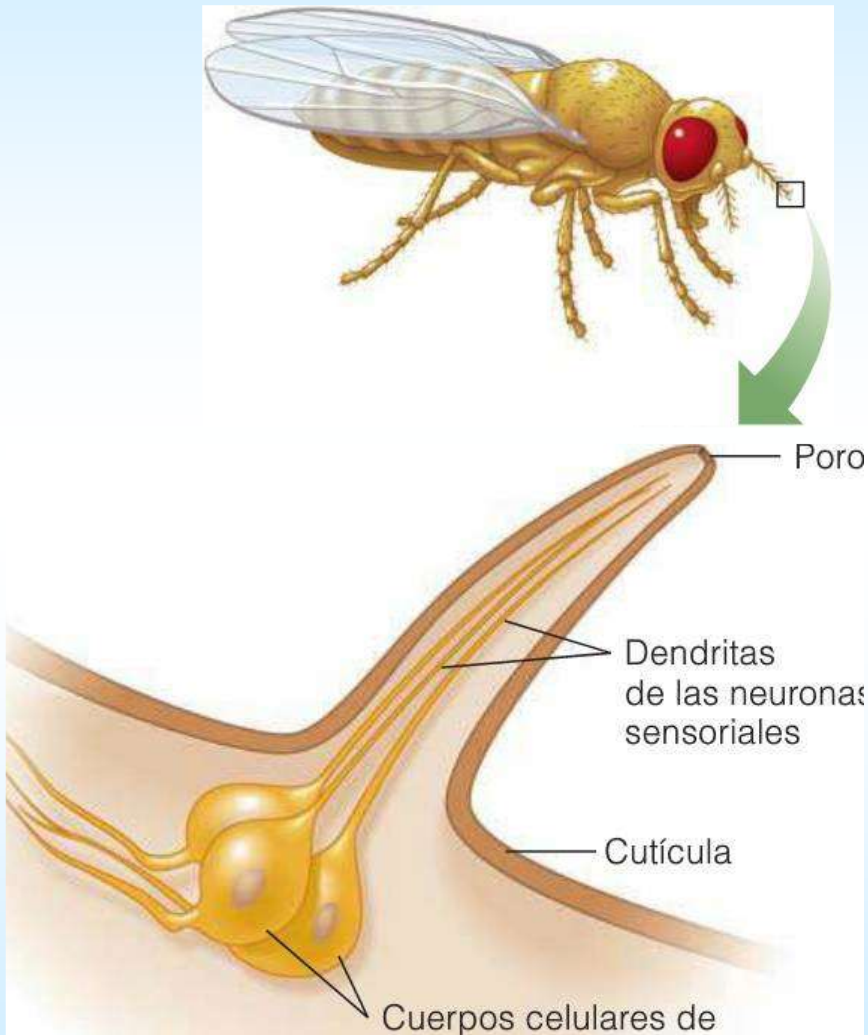


OVM en mamíferos

OVM en reptiles



Quimiorrecepción en invertebrados: Sensilios



Los de olfacción están localizados en la parte anterior, ej antenas, también otras.

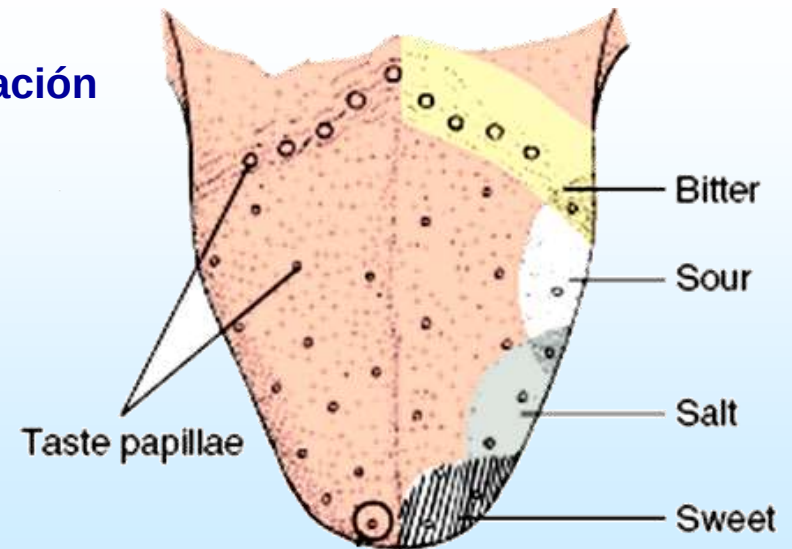
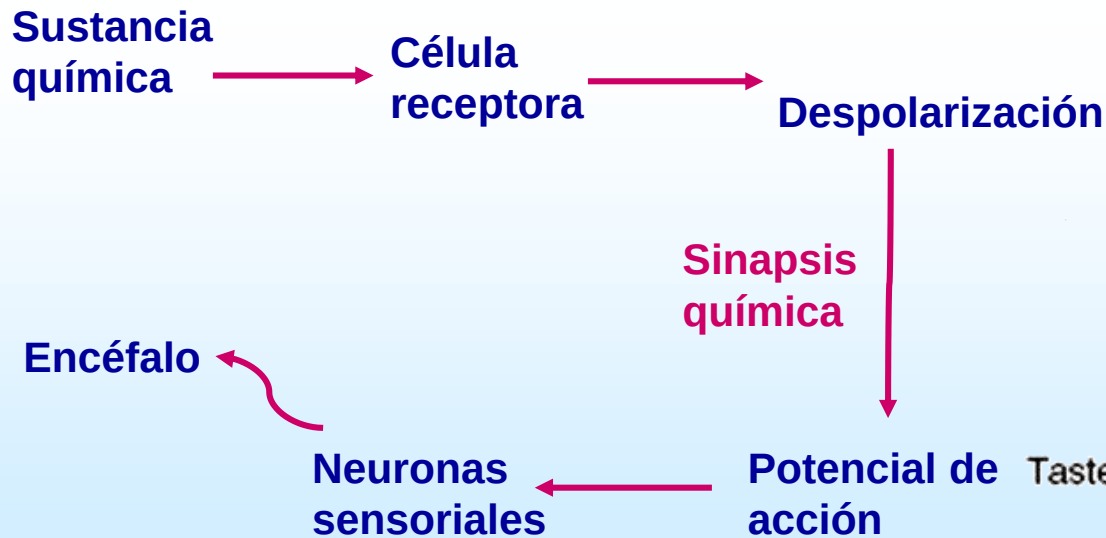
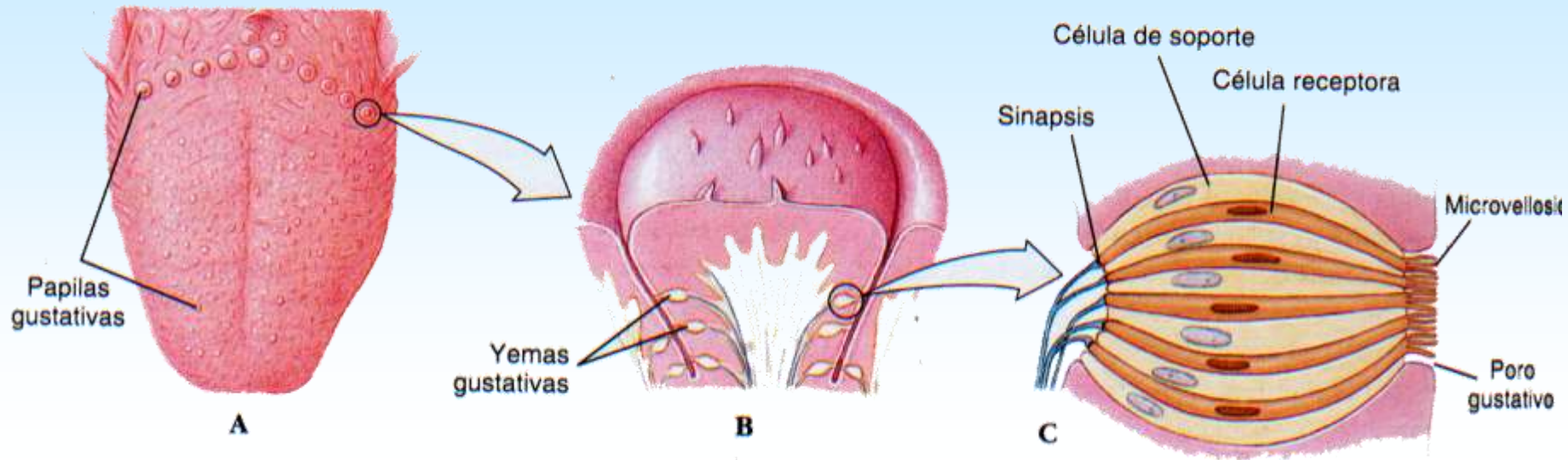
Se basan principalmente en segundos mensajeros AMPc, aunque las secuencias son diferentes a vertebrados.

Neuronas sensoriales olfativas muy sensibles.

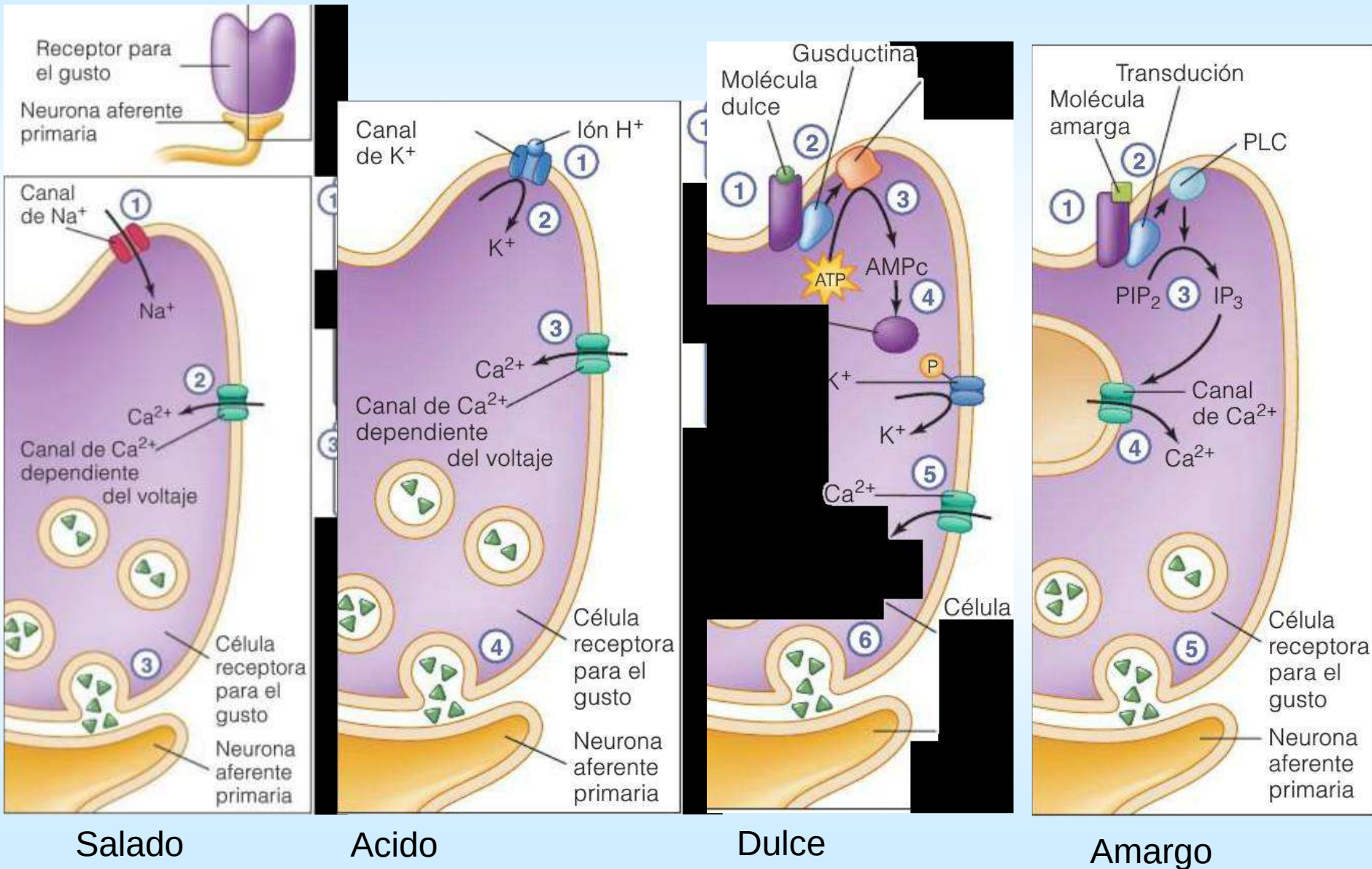
En *Drosophila* detección es combinatoria, mientras en *C. elegans* una célula detecta varios olores.

También detectan feromonas.

Gusto

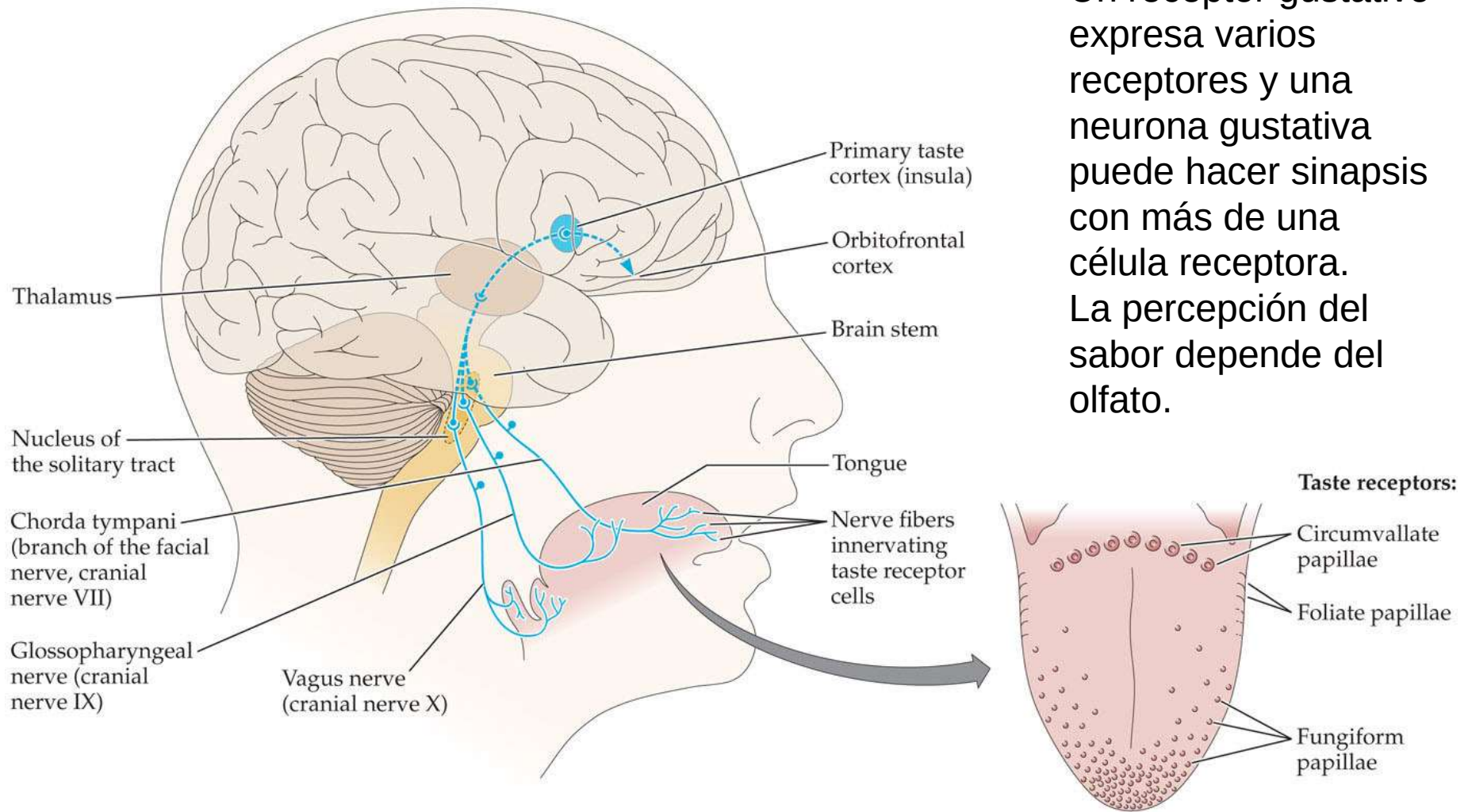


Transducción en el gusto



Vía nerviosa del gusto

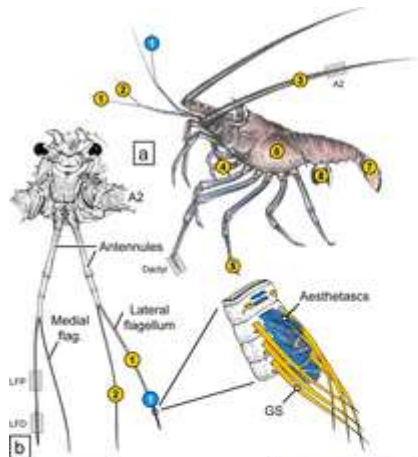
Un receptor gustativo expresa varios receptores y una neurona gustativa puede hacer sinapsis con más de una célula receptora. La percepción del sabor depende del olfato.



Taste

- Many arthropods have taste chemoreceptors
- Flies have them in sensory hairs located on their feet

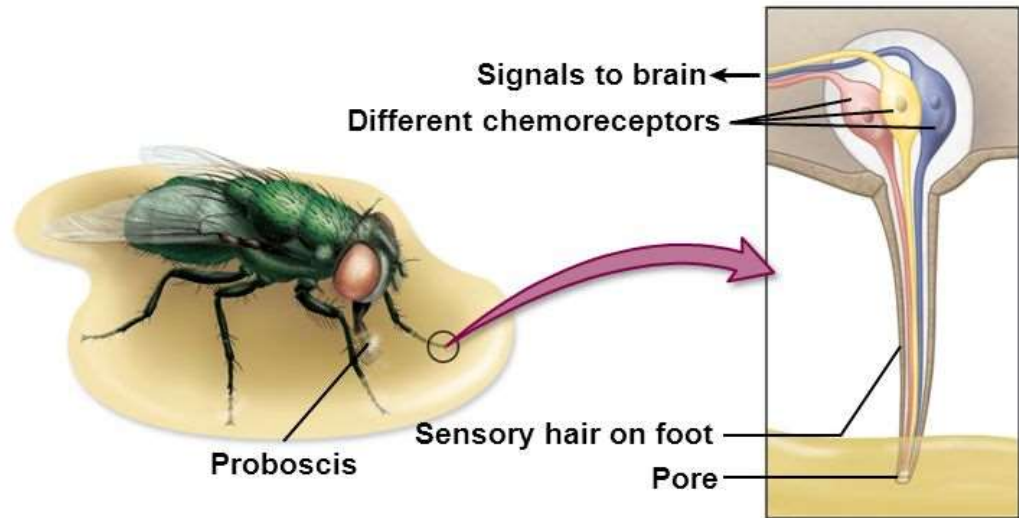
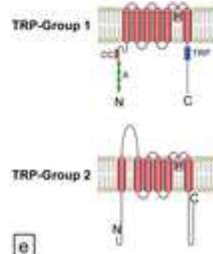
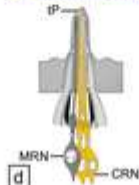
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Olfaction



Distributed Chemoreception



Mecanorrecepción

Fuerzas
cuantitativas

Tacto

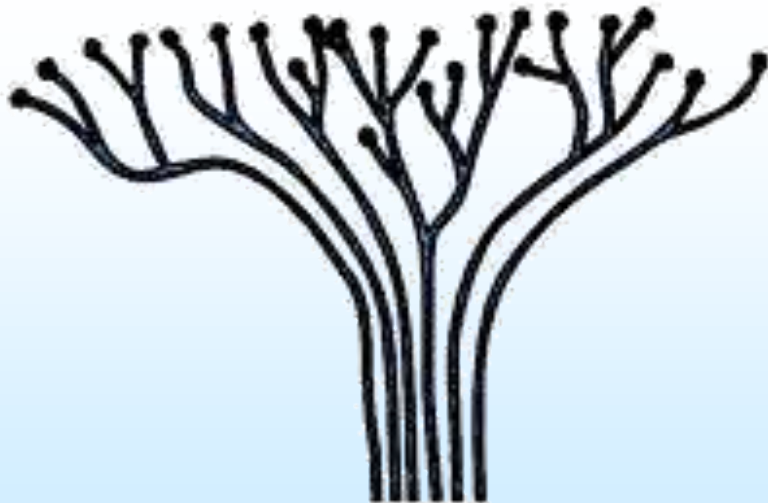
Presión

Estiramiento

Sonidos

Vibraciones

Gravedad



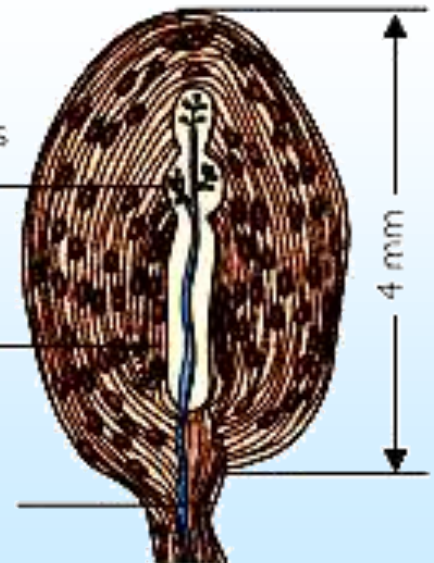
Terminaciones
nerviosas libres

Corpúsculo
de Vater-Pacini

Terminaciones
nerviosas
del axón

Tejido
conjuntivo

Fibra nerviosa



SENSIBILIDAD SOMATICA

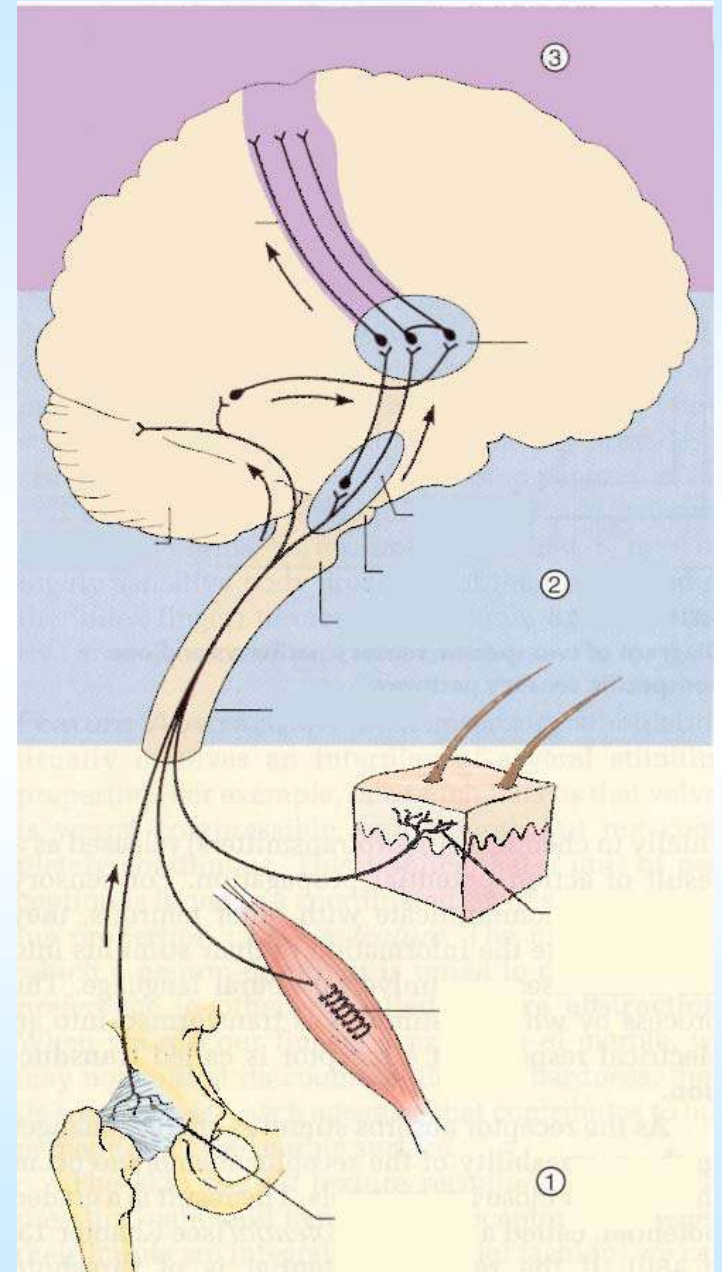
1. Nivel de recepción: mecanorreceptores
2. Nivel de circuitos: vías nerviosas que conducen los estímulos
3. Nivel de percepción: procesamiento en SNC

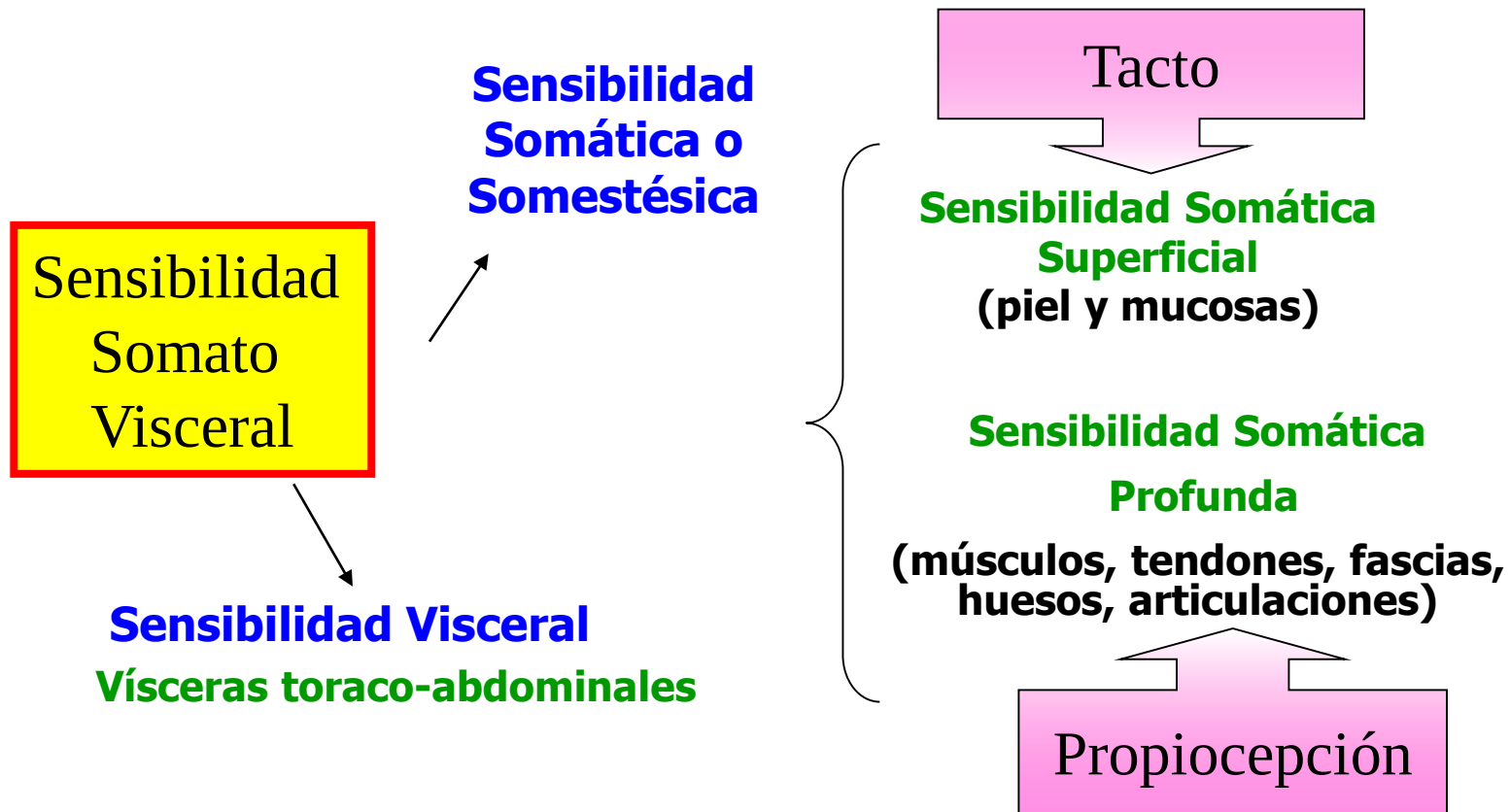
Sensación:

Detección de cambios en el medio externo.

Percepción:

Interpretación de estos cambios.





Termoalgesia: Dolor superficial y temperatura (localiza mal, poco discriminativo)

Tactopresión: roce y presión

Tacto fino (es discriminativo, localiza el punto específico y las variaciones)

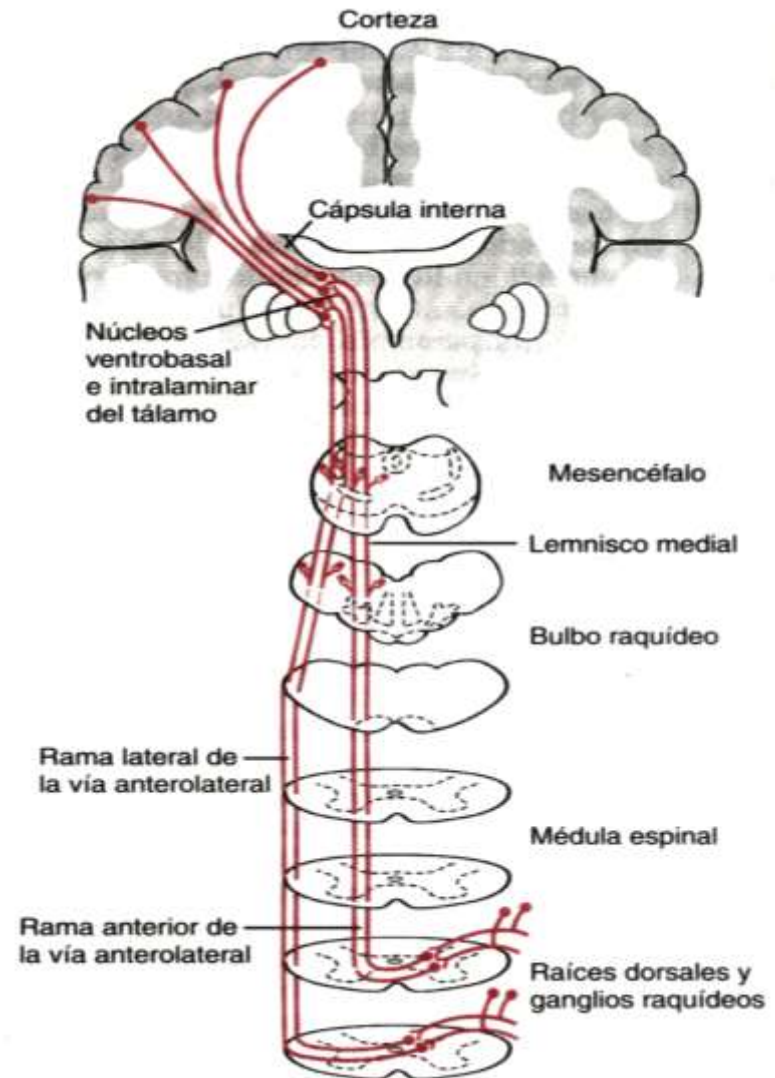
VÍA NERVIOSA DEL TACTO

Formado por fascículos espinotalámico anterior y lateral

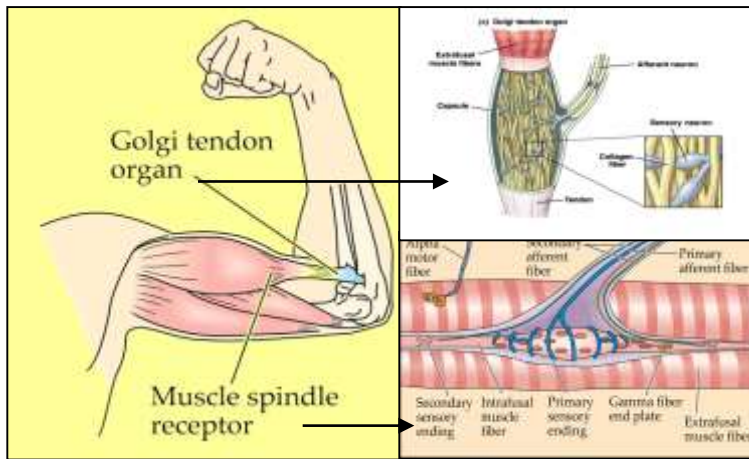
Transmite termoalgesia (temperatura y dolor), tacto-presión (tacto grueso, presión), picor, cosquilleo y sensaciones sexuales.

Fibras con menor velocidad de conducción, menor resolución, localiza mal

- **Primera neurona:** neuronas sensoriales en SNP, cuerpos en ganglios espinales, axones entran al asta posterior de la médula. Sinapsis con interneuronas de la sustancia gelatinosa para neuromodulación.
- **Segunda neurona:**
Cuerpos: Asta posterior de la médula espinal
Axones: -Tractos espinotalámicos (se decusan a nivel de la médula espinal)
-Fibras espinoreticulares (conectan en formación reticular en tallo cerebral).
- **Tercera neurona:**
Cuerpos: Tálamo: -Núcleo ventral posterior lateral (VPL). -Núcleos intralaminares.
Axones: Fibras talamocorticales que finalizan en corteza somatosensorial I (lobo parietal).



Propioceptores:



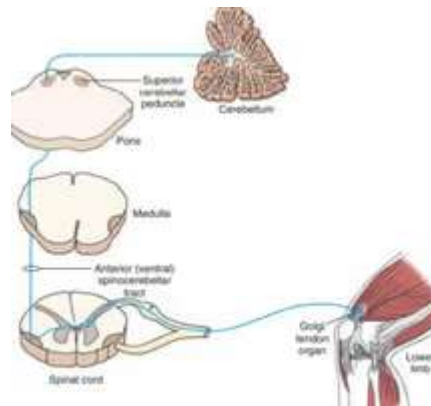
Vía nerviosas de la propiocepción

Primera Neurona: Soma en ganglios espinales; axones en nervios espinales desde receptores, hasta bulbo raquídeo.

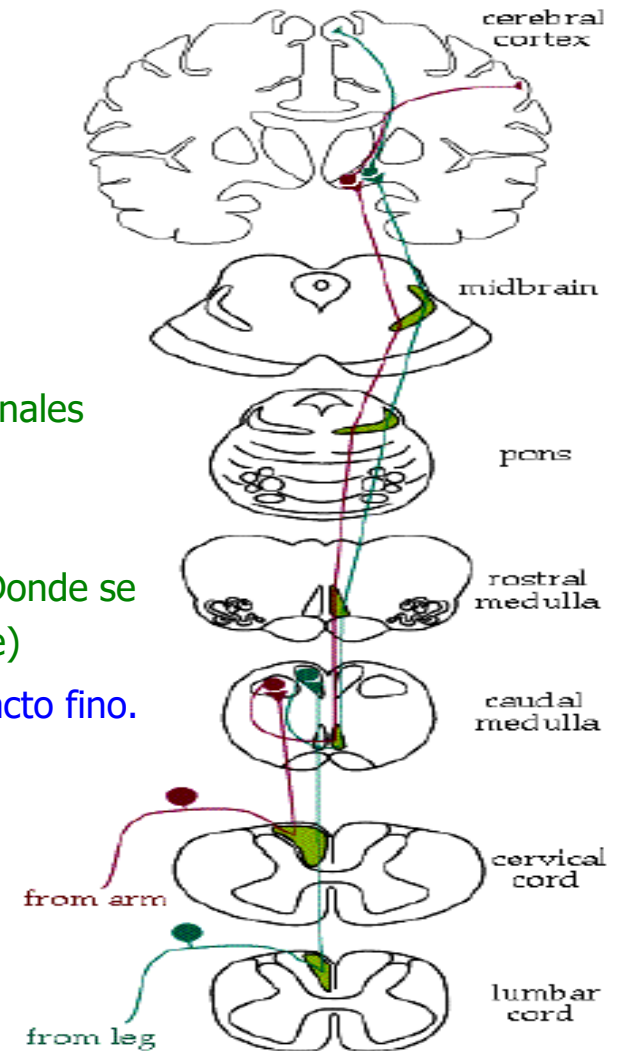
Segunda Neurona: llegan al tálamo.

Tercera Neurona: finaliza en la corteza somatosensorial I (primaria). Donde se interpreta posición y movimiento del cuerpo (propiocepción consciente)

Vía rápida, discriminativa y da buena resolución, También transmite tacto fino.



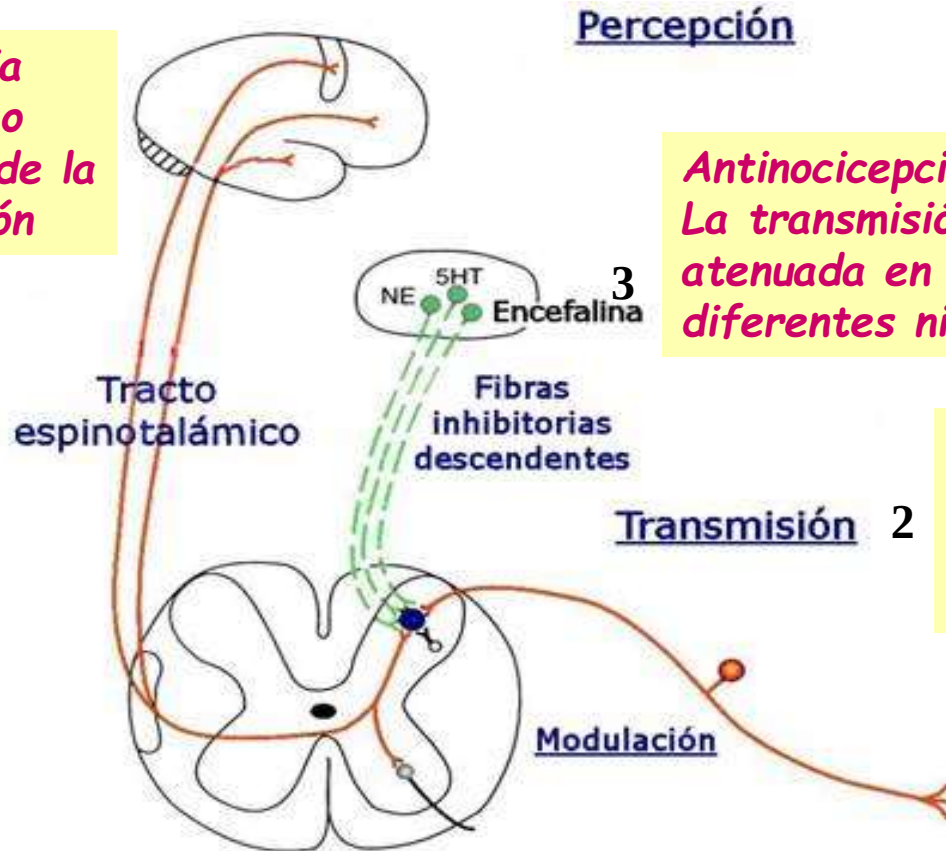
Tractos **espinocerebelosos** conducen la propiocepción inconsciente, llega directo al cerebelo



Proceso neurofisiológico del dolor

4

Experiencia emocional o subjetiva de la estimulación



Antinocicepción: La transmisión es atenuada en diferentes niveles

Receptores de dolor: terminaciones nerviosas libres. Responden a estímulos extremos. No se adaptan

Propagación del potencial de acción al SNC

Transducción

1

Los estímulos nocivos son transformados en potenciales de acción

Experiencia emocional y sensorial displacentera asociada a daño, potencial o real, de los tejidos. Funciona como un sistema de alerta que busca prevenir el daño de los tejidos.

Clasificación del dolor:

Función neurofisiológica:

- rápido: avisa de un daño, va por fibras mielínicas (tipo Ad), llega más a corteza, NT glutamato, por efecto mecánico o térmico) y
- lento: avisa que el daño continúa, va por fibras amielínicas (tipo C), llega más a formación reticular, NT sustancia P, por destrucción de los tejidos



Clínica: agudo (< 3 meses) y crónico (> 3 meses)

Según origen:

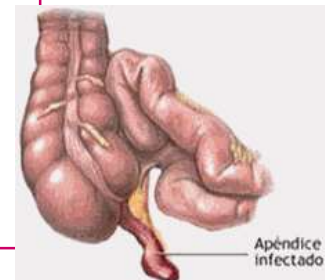
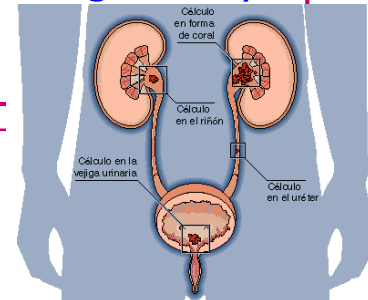
- Nociceptivo: dolor verdadero, causado por daño en los tejidos
- Neuropático: dolor patológico, causado por daño estructural o funcional en el tejido nervioso que genera altera el procesamiento de las señales haciendo que el SNC las interprete como dolor sin que haya daño en los tejidos, ejemplos: neuralgia del trigémino y dolor del miembro fantasma.



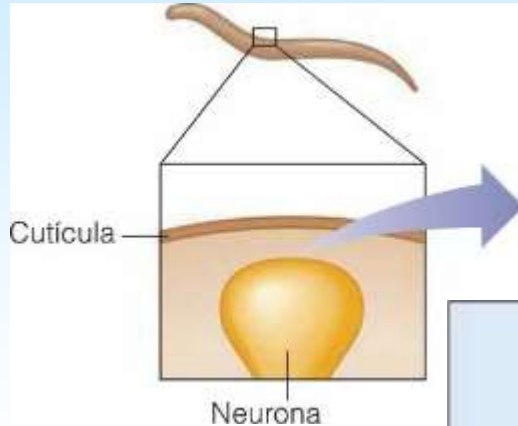
El dolor nociceptivo puede ser:

- Somático: lesión en piel-mucosas o en músculoesquelético
- Visceral: lesión en órganos internos, las vísceras sólidas no son sensibles, pero las huecas sí. Los cólicos son espasmos del músculo liso, las inflamaciones como gastritis, cistitis. Dolor vago, difuso, mal localizado. Con reacciones reflejas motoras y vegetativas.

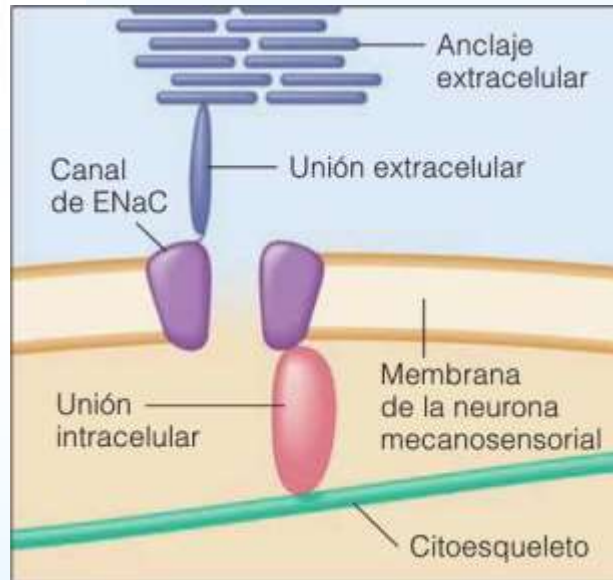
Dolor referido (se siente en otra región diferente al origen real).



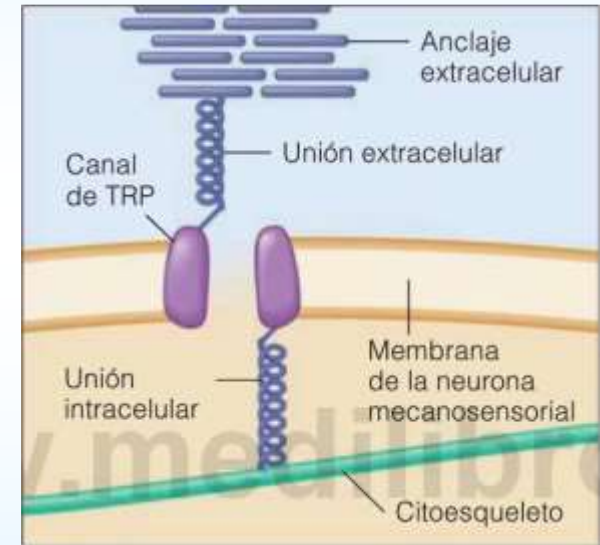
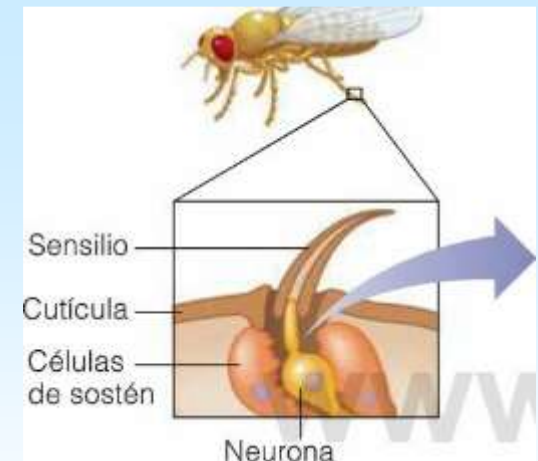
Tipos de proteínas mecanorreceptoras en neuronas mecanosensoriales



Canal ENaC



Canal TRP



Tipo mecanorreceptor Células Tipo I

Estructura celular

Neuronas bipolares ciliadas

Localización

Asociadas con cutícula

Canal iónico mecanosensorial TRP

Función

Propiocepción; tacto; oído

Células Tipo II

Neuronas multipolares no ciliadas

Asociado con músculo o tejido conjuntivo

ENaC

Receptores de estiramiento; propiocepción

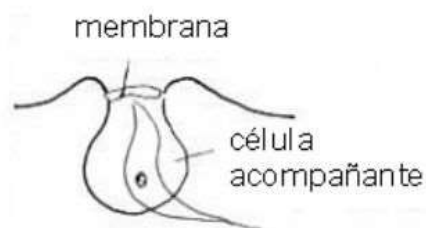
ÓRGANOS SENSORIALES

Sensilio (Sensila): Es un elemento sensorial que agrupa células sensoriales, células envoltantes, células protectoras y células responsables de la formación del componente cuticular.

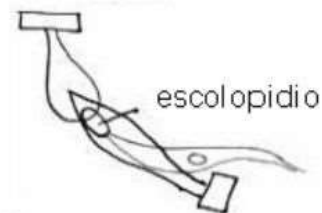
sensilio
tricoideo



sensilio
campaniforme



órganos cordotonales
(escolopóforos)

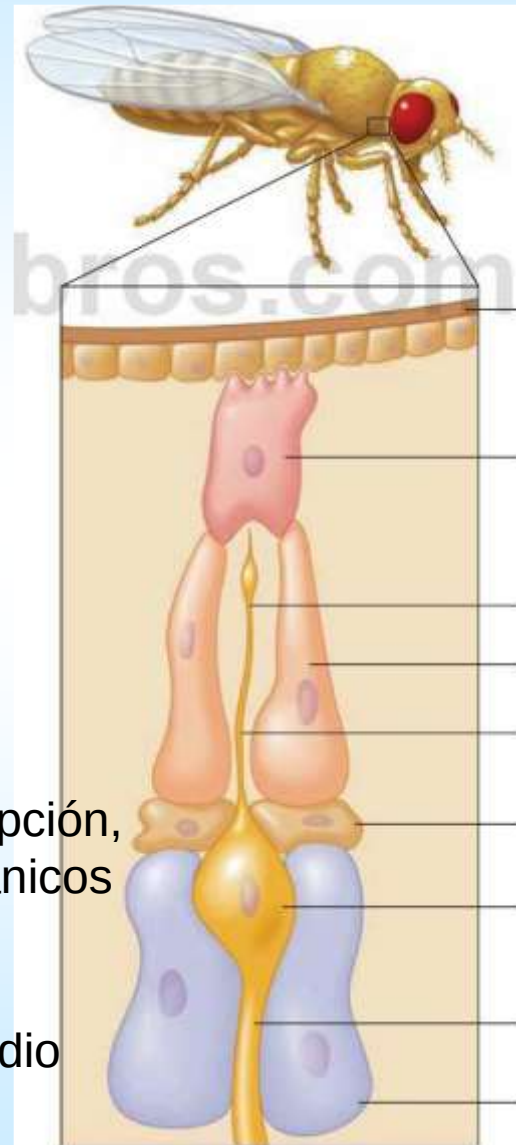


Olfación, gusto
mecanorecepción

Cerca de las
articulaciones: para
propiocepción

Para propiocepción,
órganos timpánicos

Escolopidio



Línea lateral media

- A distancia
- Vibraciones y corrientes

Perturbación del agua



Línea lateral media



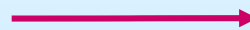
Neuromasto



Deformación de la cúpula



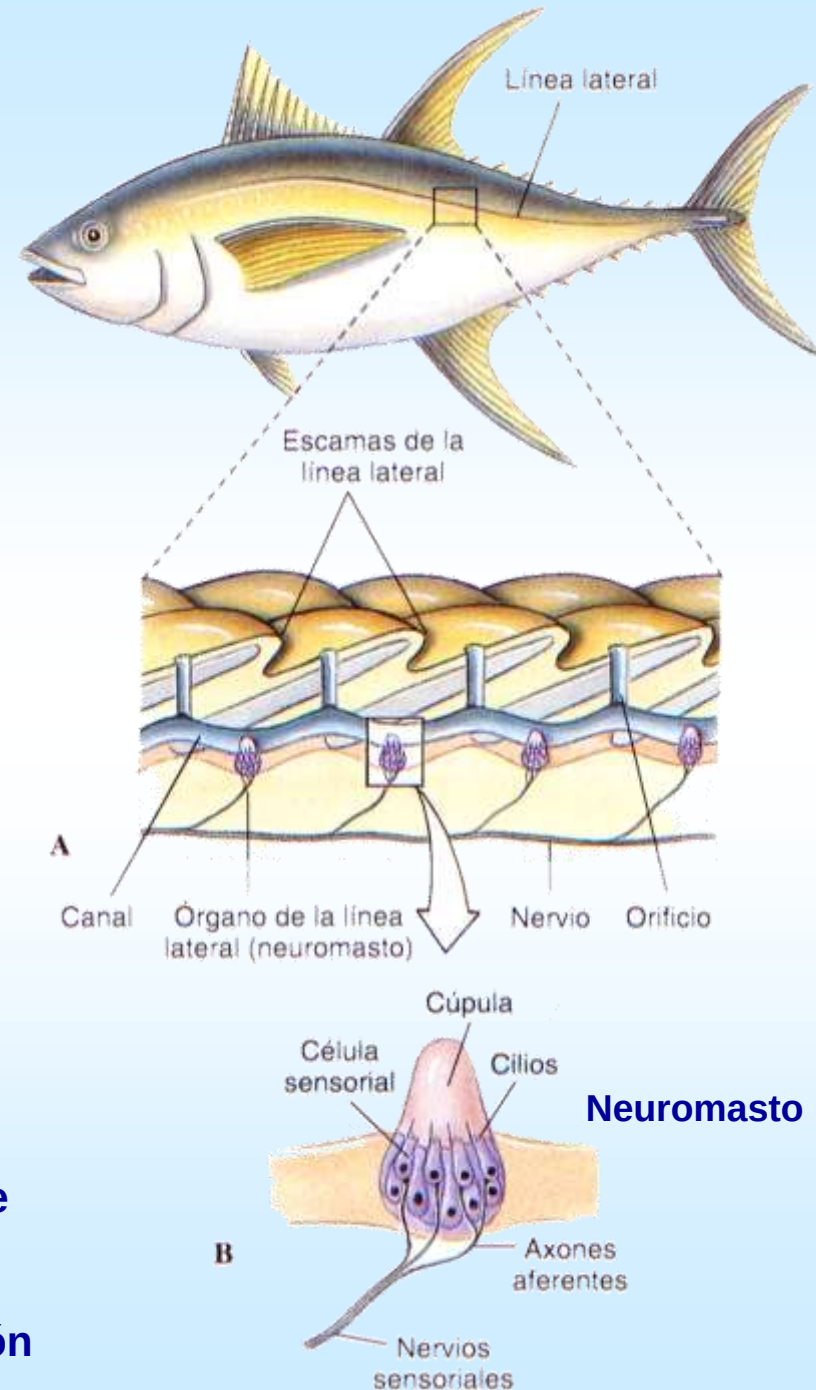
Célula pilosa



Neurona aferente



Potencial de acción



Oído

✓ Sólo en algunos artrópodos (crustáceos, arácnidos e insectos)



A1 = sonidos ultrasónicos

A2 = sonidos de alta intensidad

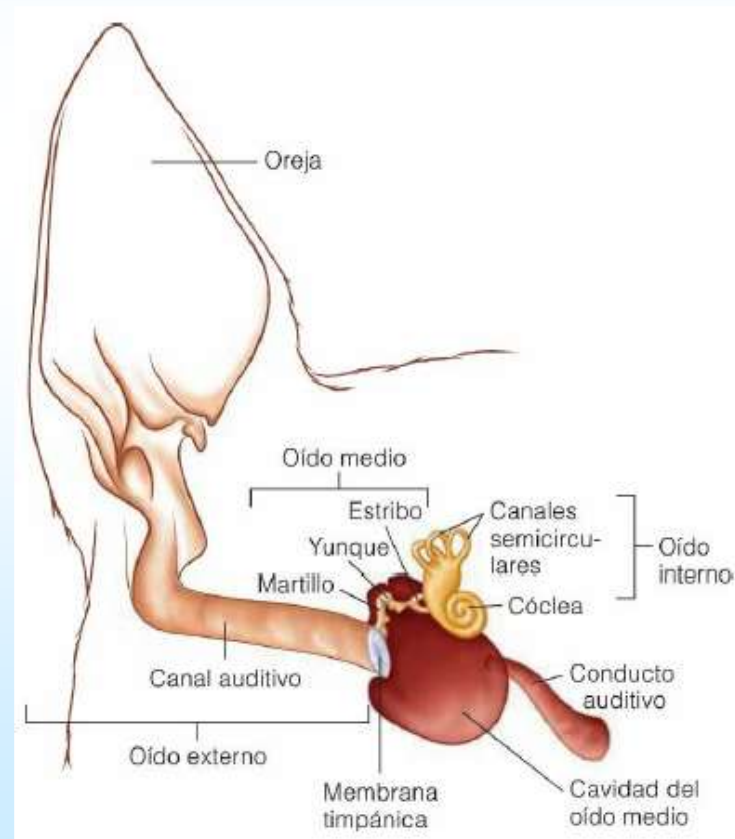
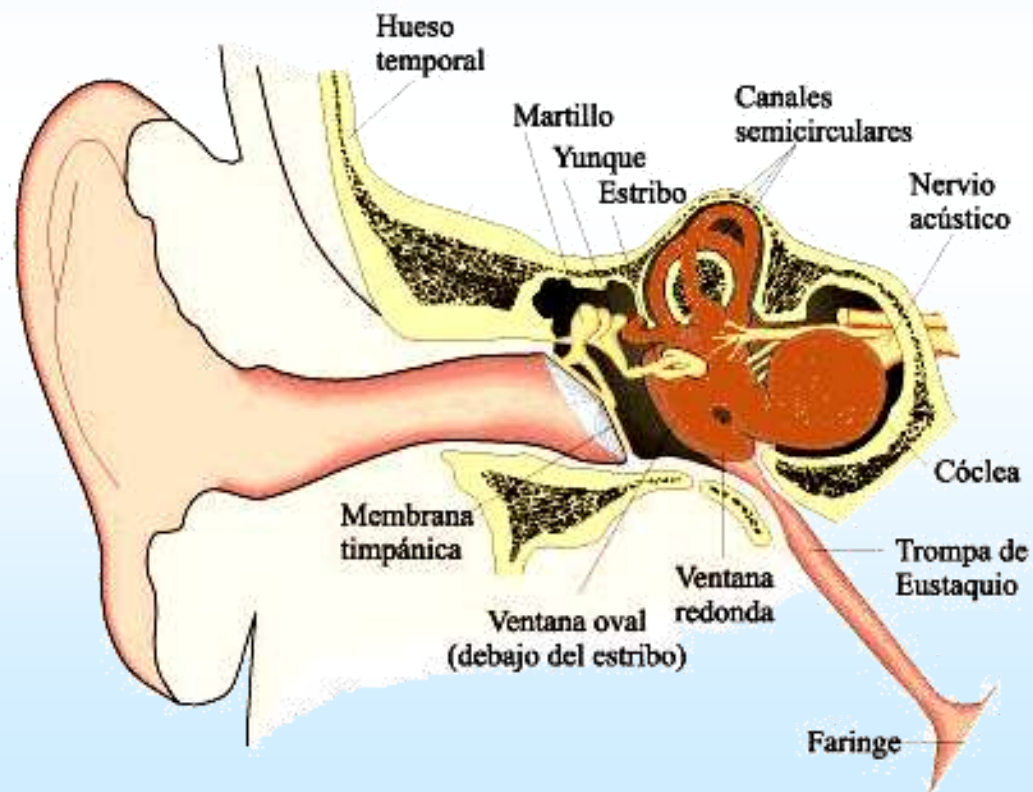
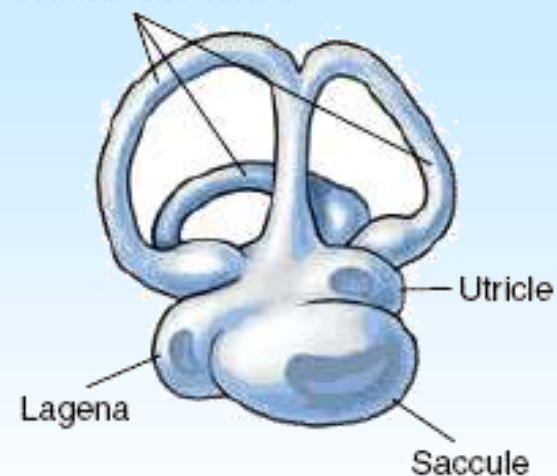
- Laberinto (órgano del equilibrio)

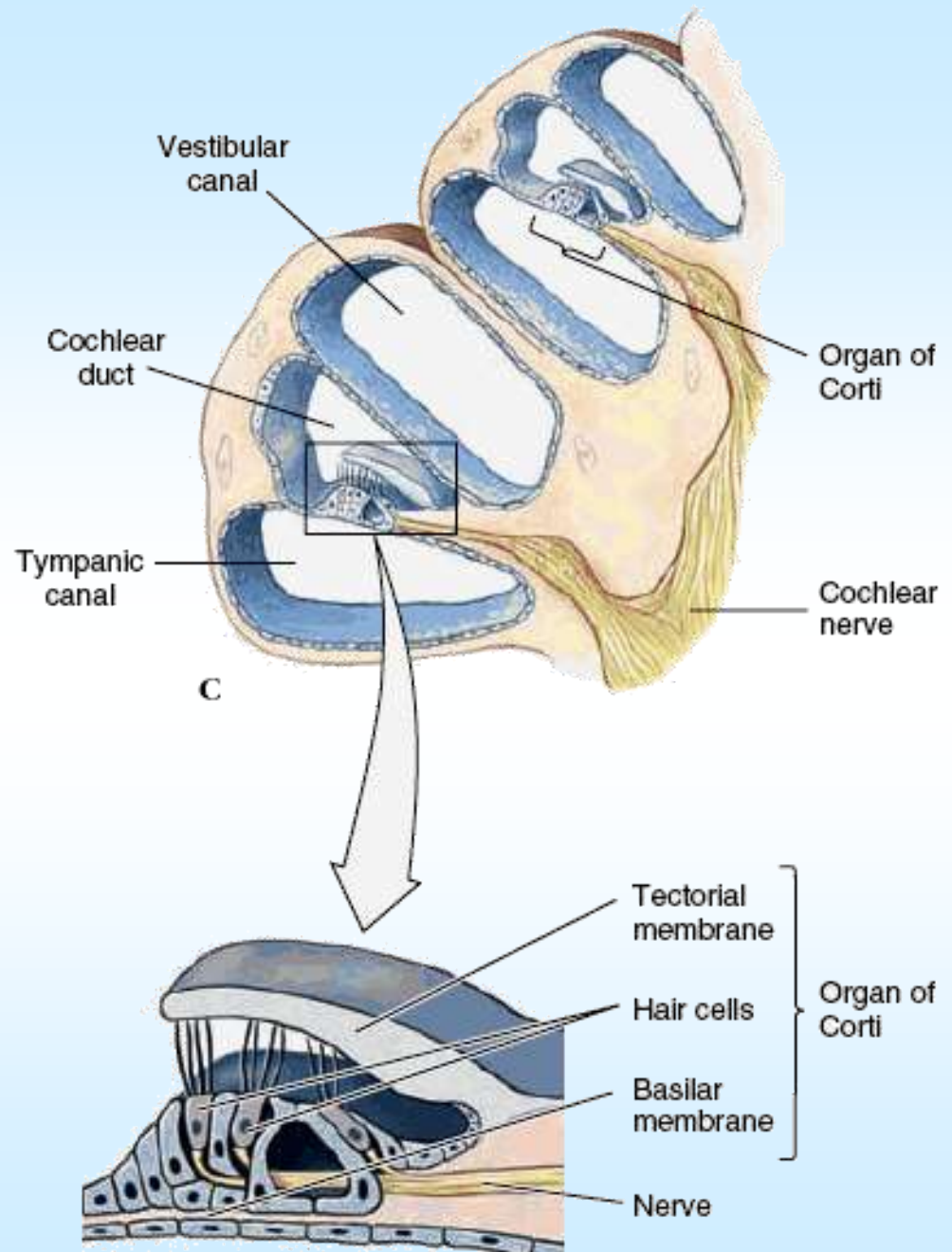
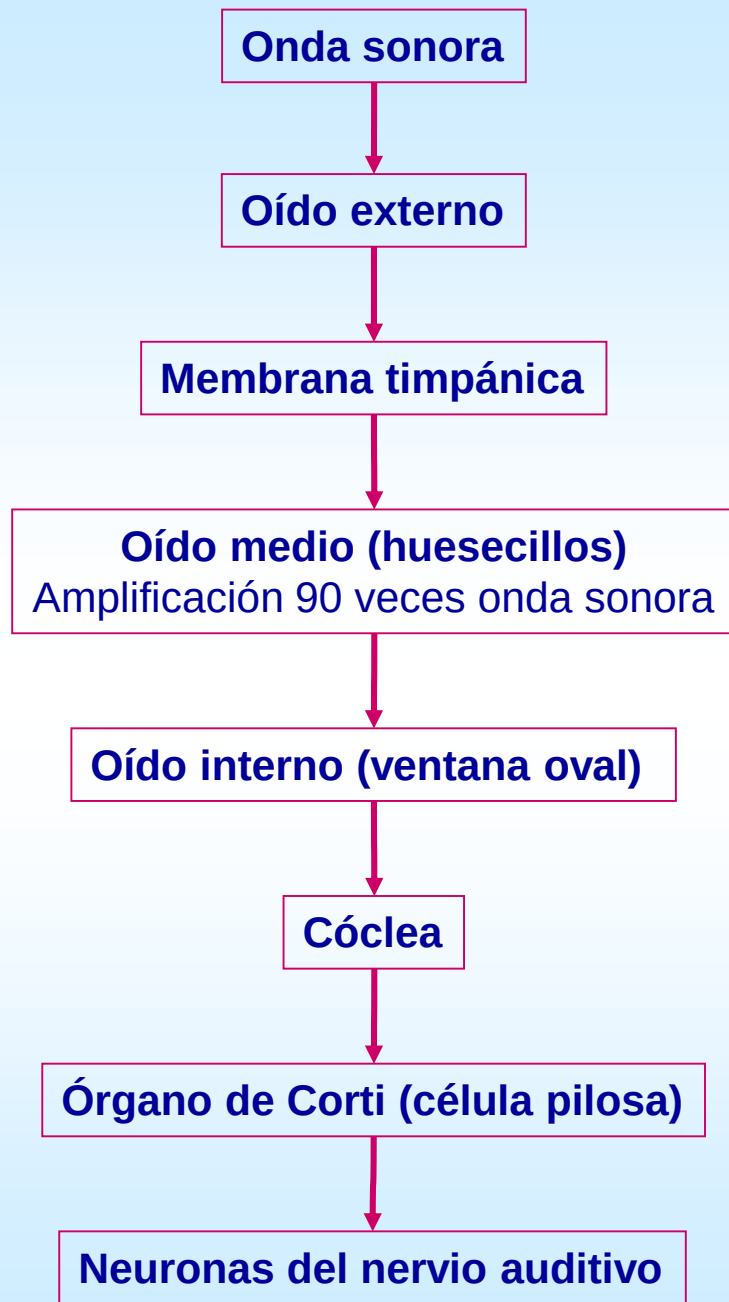
- Lagena (peces)



Cóclea (aves y mamíferos)

Semicircular canals

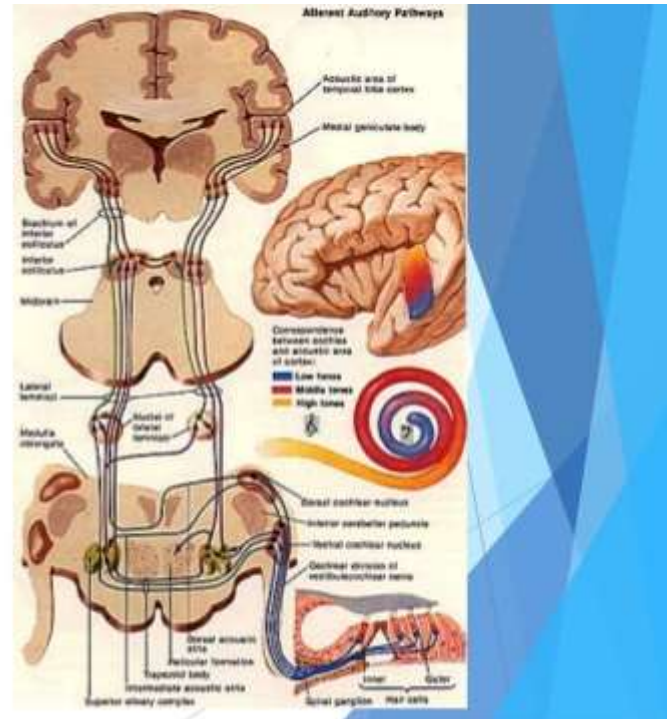




Vía nerviosa auditiva

Vía Auditiva

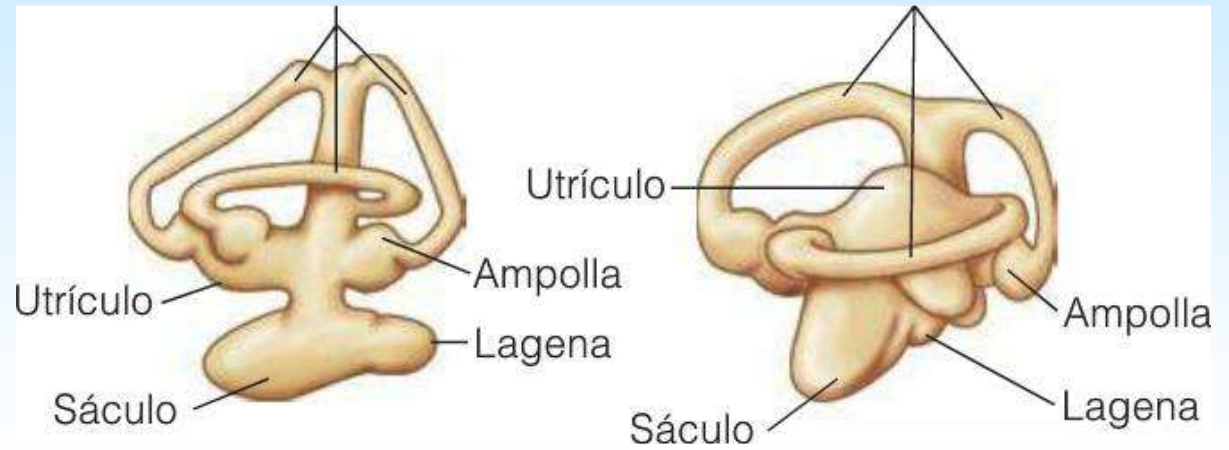
1. Ganglio espiral
2. Núcleos cocleares anterior y posterior (bulbo)
3. Colículos inferiores (mesencéfalo)
4. Núcleo geniculado medial (tálamo)
5. Corteza auditiva primaria (circunvolución temporal superior)



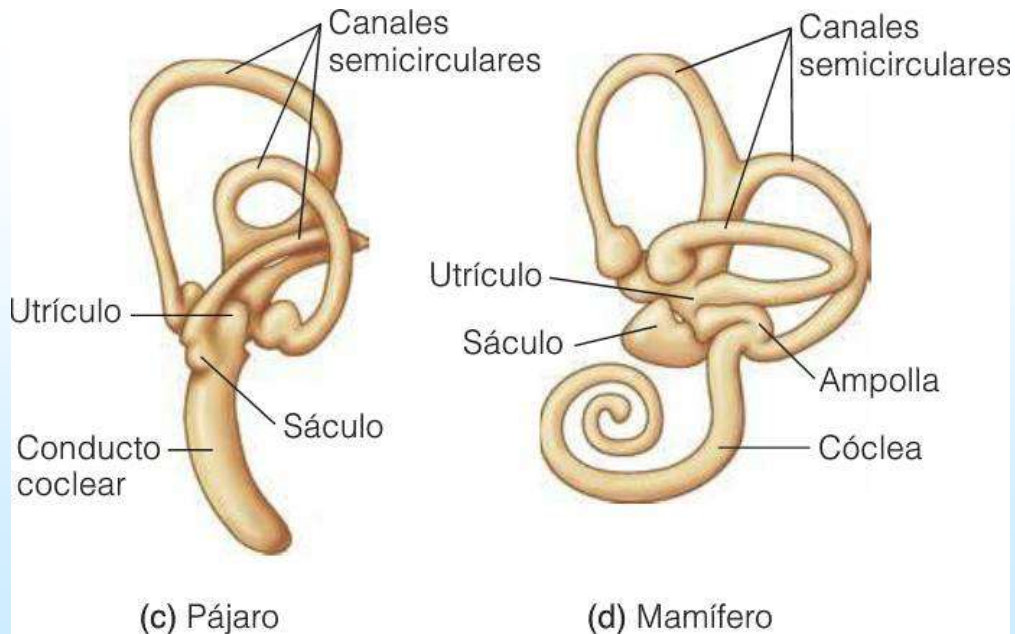
Cóclea codifica sonidos de forma tonotópica: frecuencias altas en la base y las graves en la punta.

Oído interno en los vertebrados

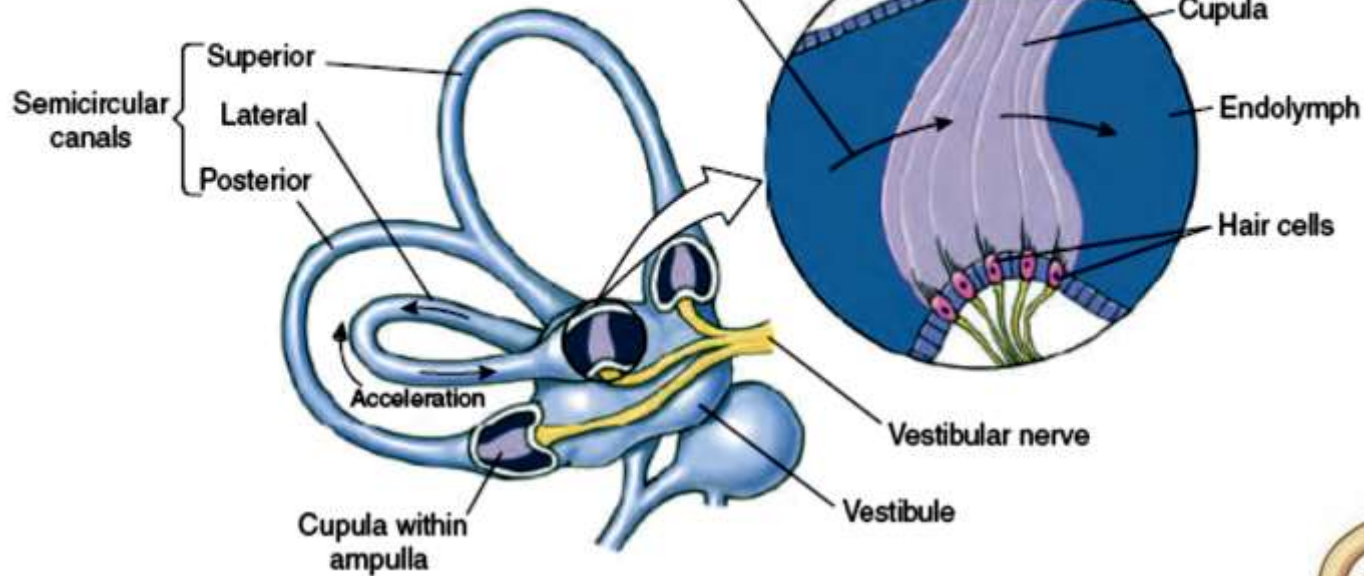
Pez teleósteo



Rana



Direction of endolymph movement (opposite direction of acceleration)



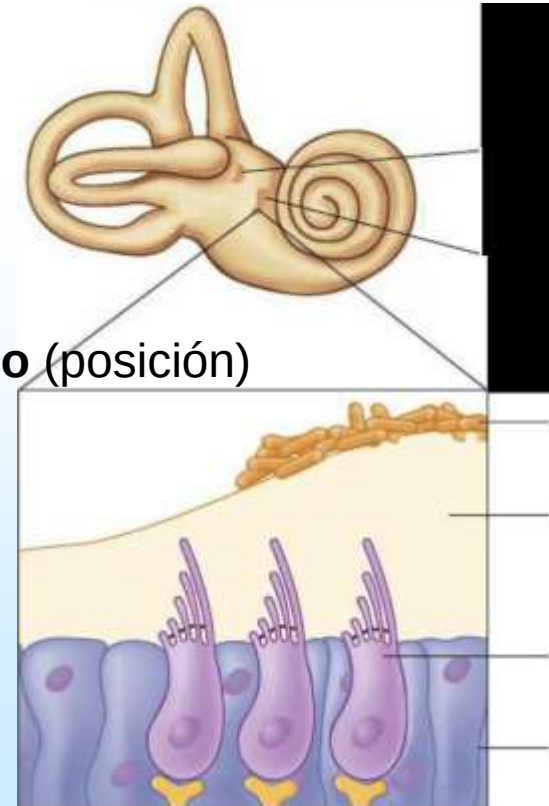
Equilibrio en vertebrados

Ampolla en canales semicirculares

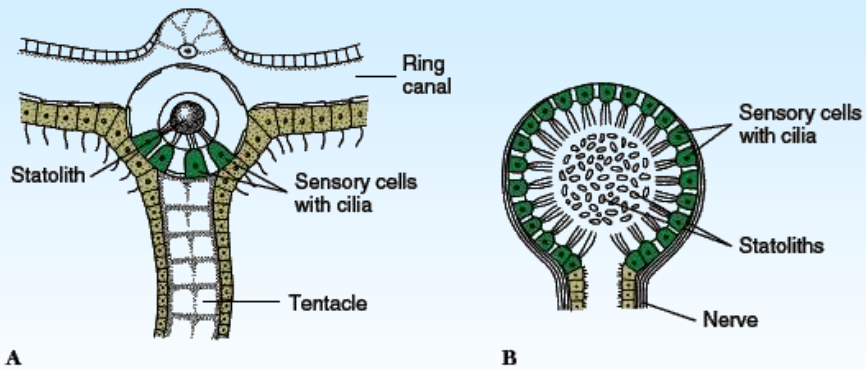
Células pilosas o ciliadas
Cúpula
detectan aceleración angular

Mácula Sáculo y utrículo (posición)

Otolitos estimulan la mácula. Detectan aceleración lineal, utrículo horizontal y sáculo vertical



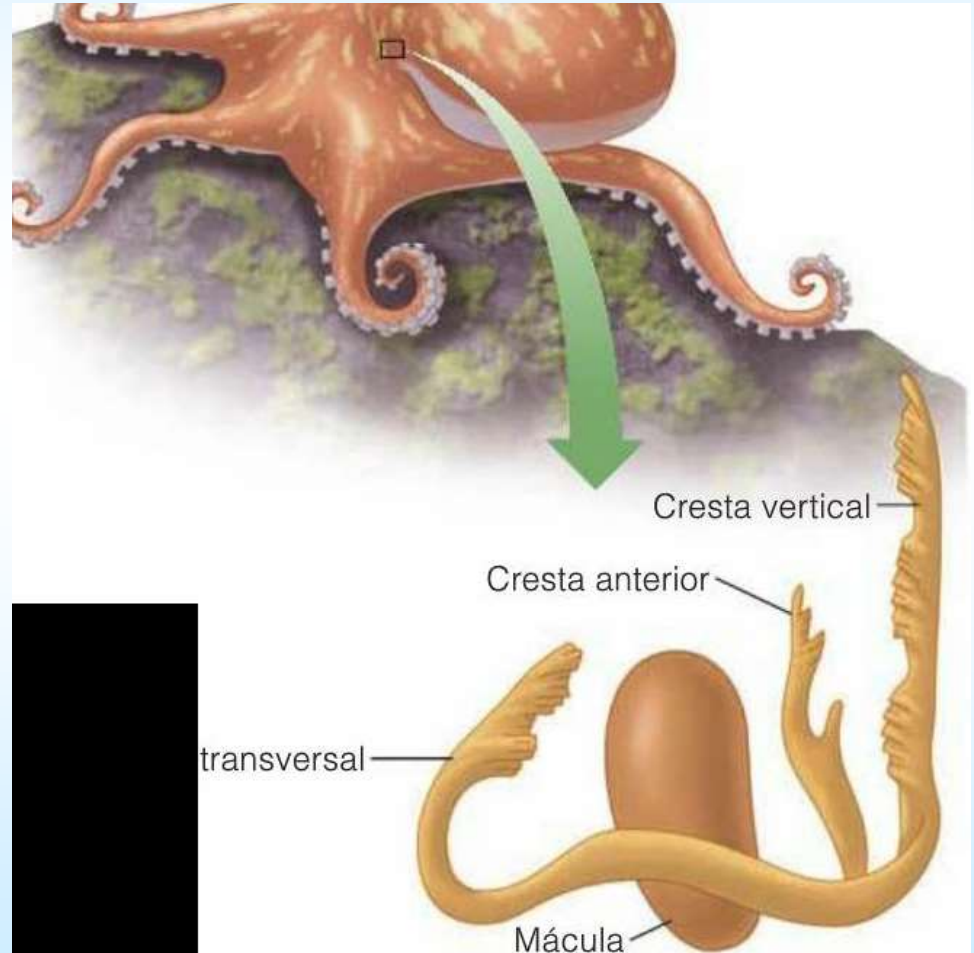
Equilibrio en invertebrados



A. Estatocisto *Obelia* (Hidrozoa)

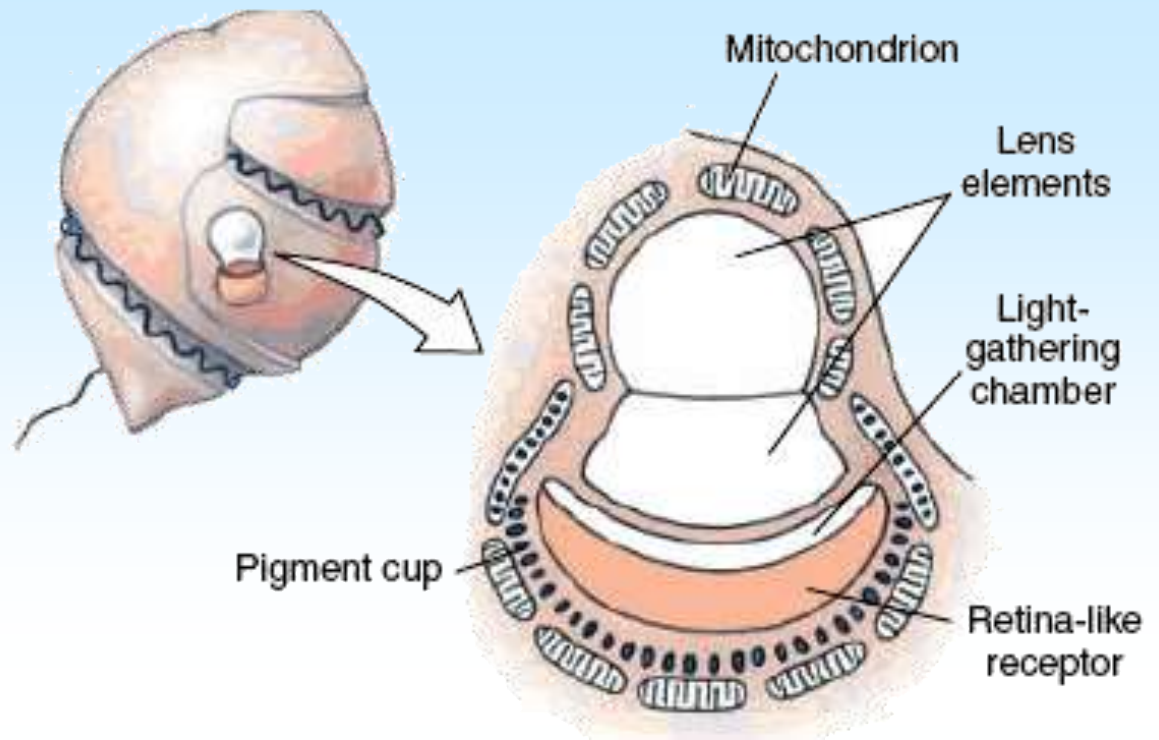
B. Estatocisto *Pecten* (Bivalvia).

Estatocisto en el pulpo



Fotorrecepción

- Células sensibles
- Manchas oculares
- Ojos compuestos
- Ojos camerulares



Mancha ocular del dinoflagelado *Nematodinium*

Funciones

- Orientación
- Distribución de cromatóforos
- Ajuste ciclo reproductor
- Cambios en el comportamiento

Ojos compuestos (insectos y muchos crustáceos)

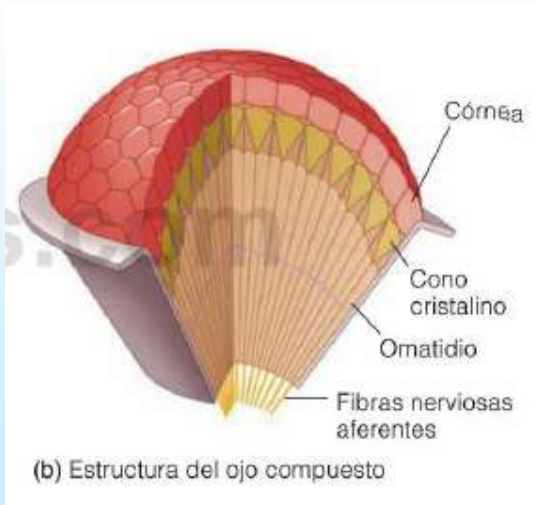
Omatidio (fotorreceptor)

Imagen

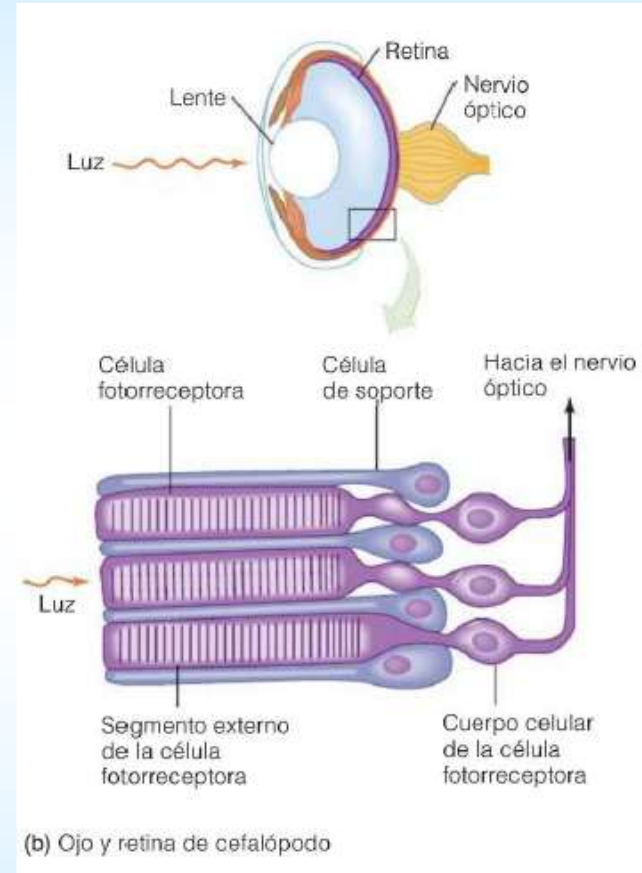
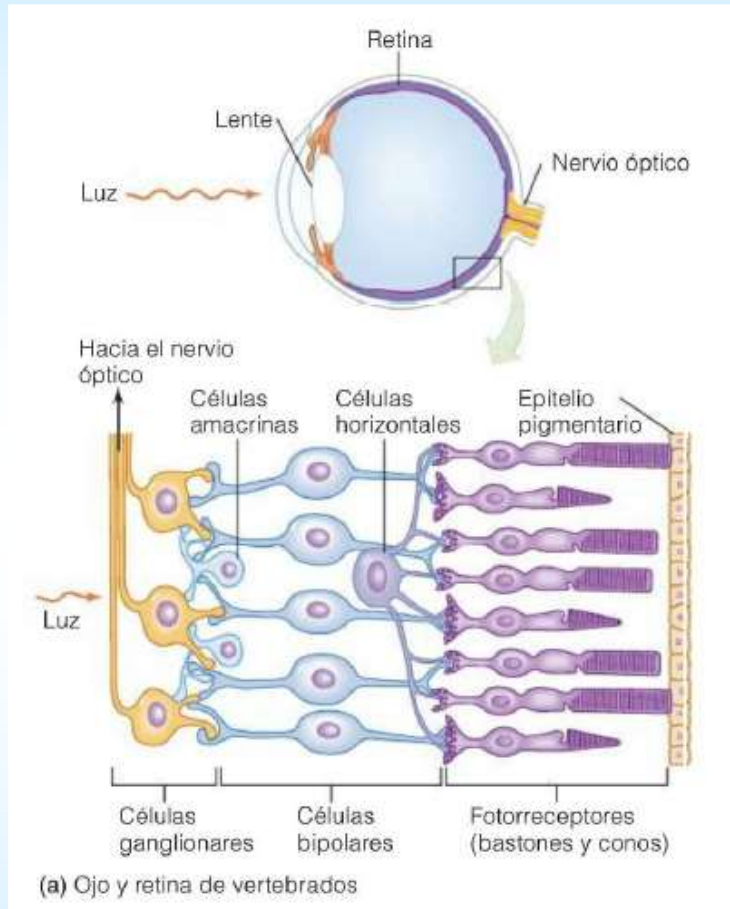
Aposición o en mosaico (puntos de luz); spp diurnas

Superposición (acumular luz en la penumbra);
spp nocturnas

Visión a color



Ojos camerulares



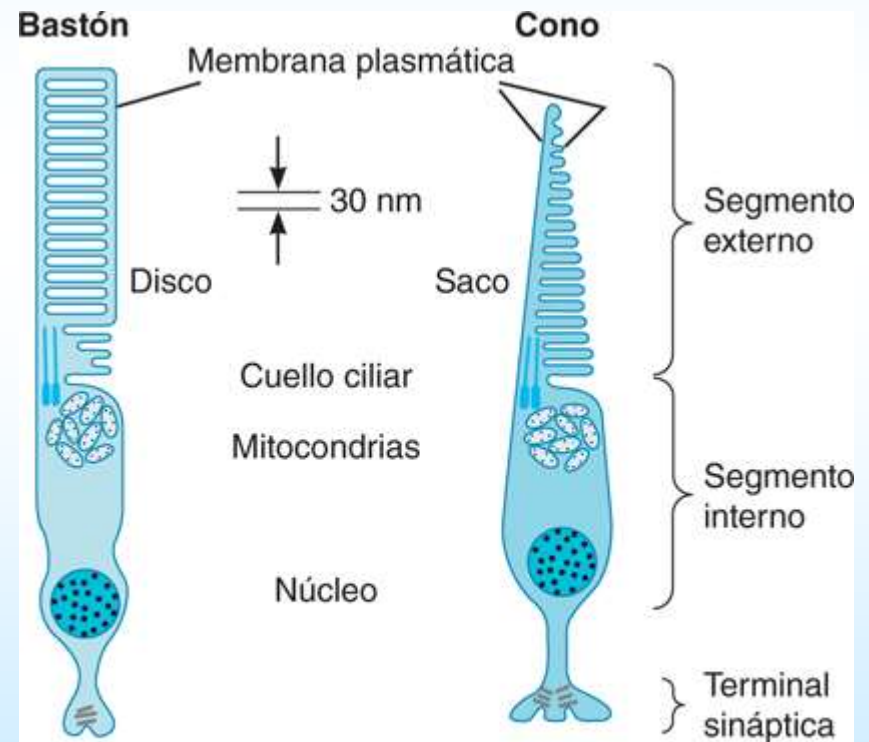
Córnea más refracción en terrestres que en acuáticos. Lente o cristalino tiene la función de acomodación o visión cercana.

Fotorreceptores

-**rabdoméricos**: superficie apical tiene múltiples evaginaciones o microvellosidades que contienen los ftopigmentos. En la mayoría de invertebrados, excepto cnidarios y algunos moluscos.

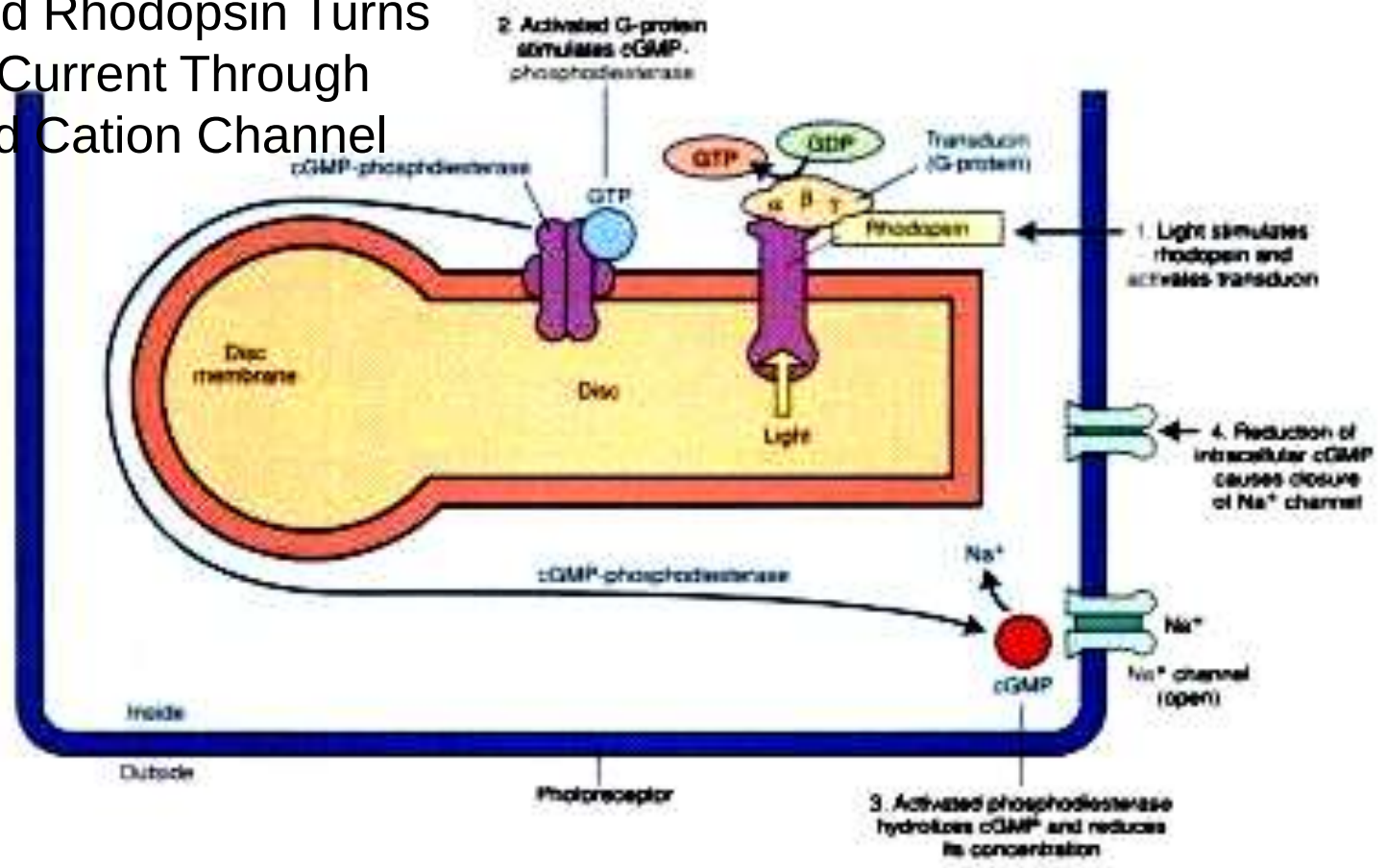
-**ciliados**: membrana ciliada protruye contiene membrana plegada formando discos con los pigmentos que reaccionan con la luz. En vertebrados, pero con diversidad para ver el color. Estos se dividen en:

- a) **Bastones**: poseen más ftopigmentos –rodopsina-, más sensibles a la luz pero se satura más rápido, para visión de oscuridad.
- b) **Conos**: responden a la luz brillante, tiene varios ftopigmentos para ver el color.
- Fotopigmento es la combinación de un cromóforo ej retinal y una proteína fotorreceptora u opsina acopladas a proteínas G.



Fuente: Kim E. Barrett, Susan M. Barman, Scott Boritano, Heddwen L. Brooks: *Ganong. Fisiología médica*, 25e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

Light-Activated Rhodopsin Turns Off a Dark Current Through cGMP-gated Cation Channel



Luz incide en fotorpigmento y cambia retinal 11-cis a all-trans; esto activa una enzima que lleva a la formación de un 2º mensajero, lo cual modifica el V_m y la subsiguiente liberación del neurotransmisor.

En invertebrados: PLC---DAG---abre canales de cationes --- despolarización

En vertebrados: proteína G inhibidora o transducina que activa la enzima PDE, la cual hidroliza GMPc en GMP, esto cierra canales de Na y lleva a una hiperpolarización, que lleva a una menor liberación de neurotransmisor.

Receptive Field Reflects Vertical and Horizontal Neural Projections: On-Center and Off-Center Bipolar Cells

Cones signal vertically to both off-center and on-center bipolar cell.
Rod cells only signal through on-center bipolar cells.

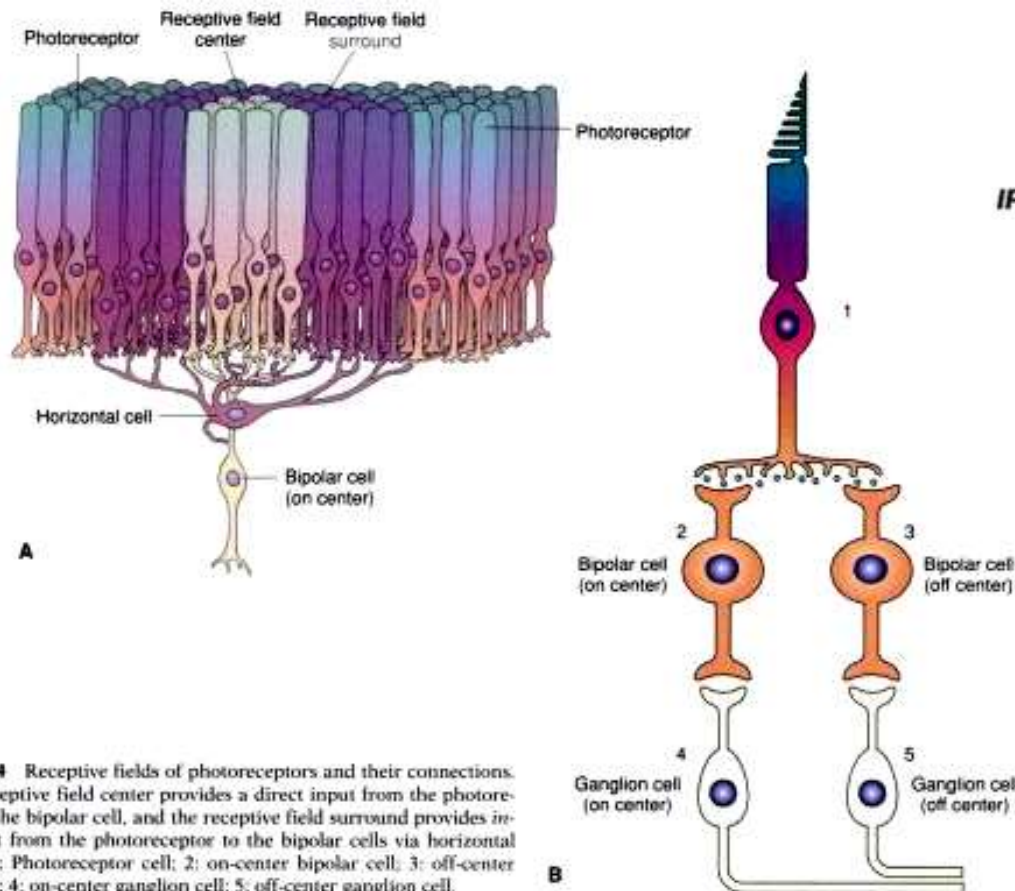
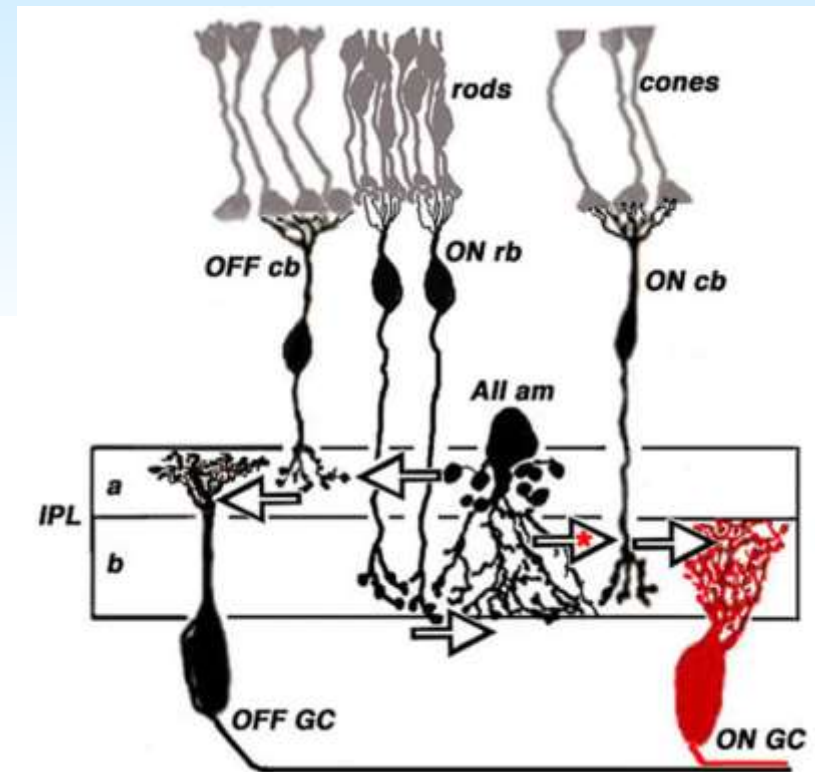


Figure 16-4 Receptive fields of photoreceptors and their connections. (A) The receptive field center provides a direct input from the photoreceptors to the bipolar cell, and the receptive field surround provides *indirect* input from the photoreceptor to the bipolar cells via horizontal cells. (B) 1: Photoreceptor cell; 2: on-center bipolar cell; 3: off-center bipolar cell; 4: on-center ganglion cell; 5: off-center ganglion cell.

Horizontal Cells Provide Lateral Inhibition That Enhances Detection of Contrast

Basis of Color Perception Lies In Overlapping But Distinct Absorption Spectra of Cone Photoreceptors

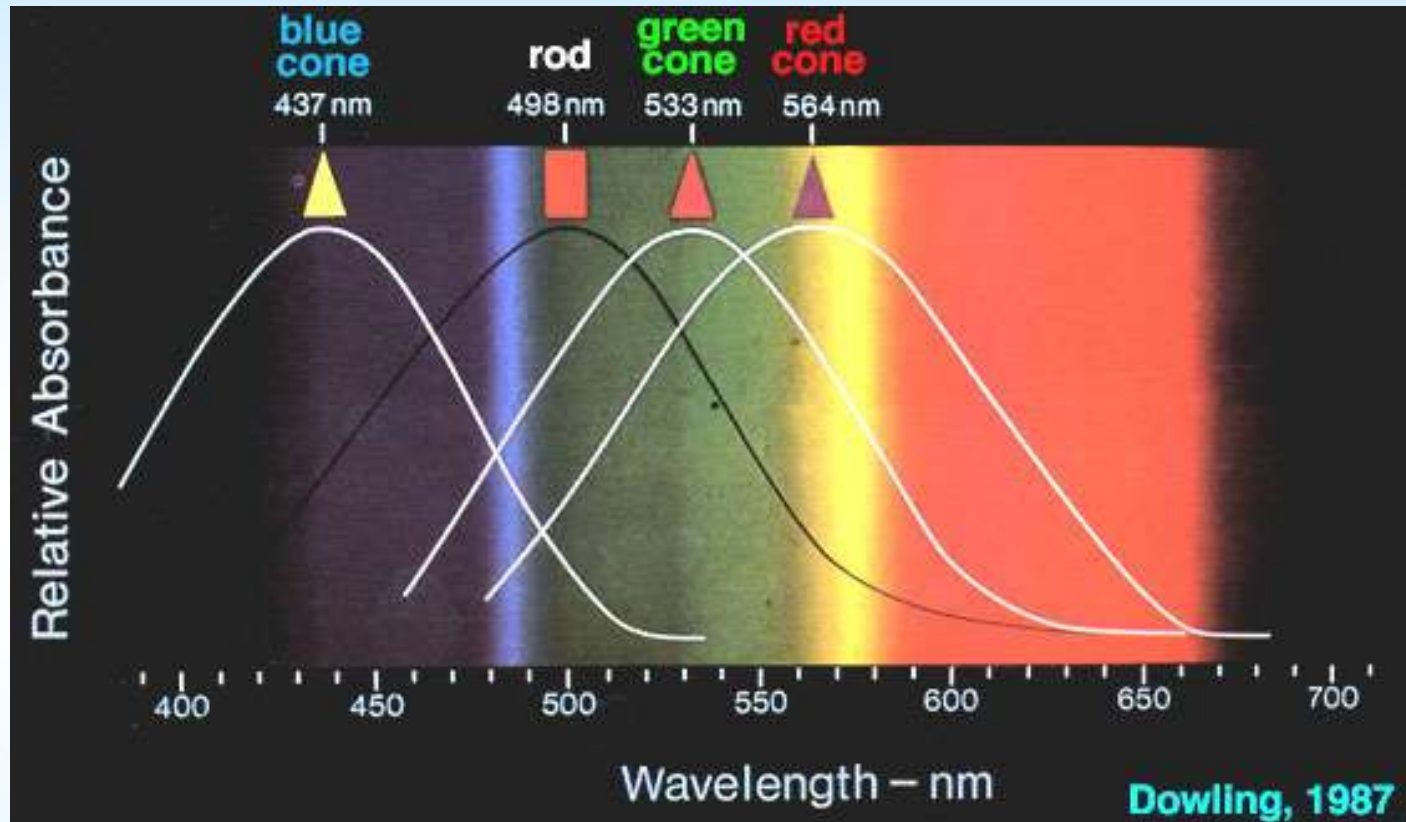
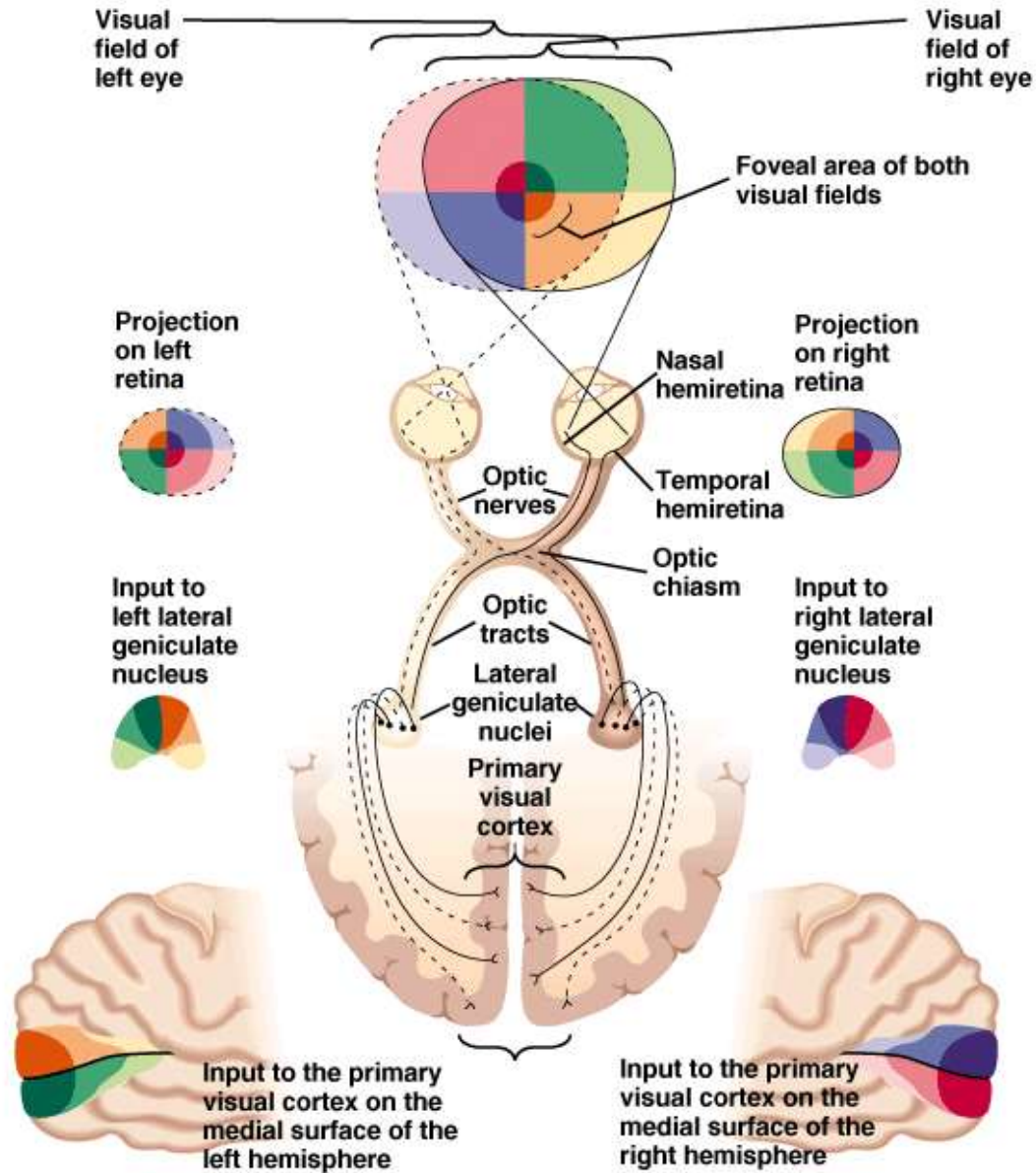


Fig. 14. The peak spectral sensitivities of the the 3 cone types and the the rods in the primate retina (Brown and Wald, 1963). From Dowling's book (1987).

Muchos animales son dicromáticos, perdieron la visión del rojo. Aves, reptiles y peces de aguas superficiales pueden ser tricromáticos o tetracromáticos.

► Retina-Geniculate-Striate System

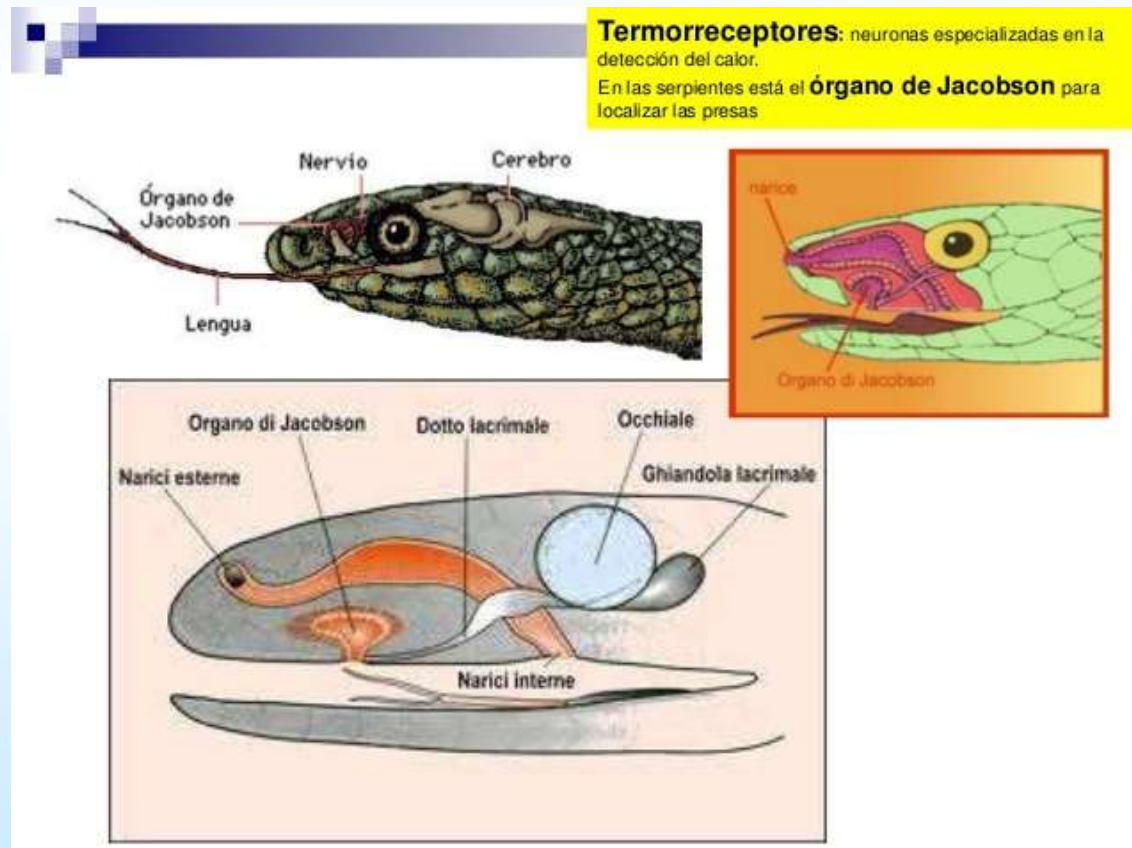
Vía nerviosa
visual



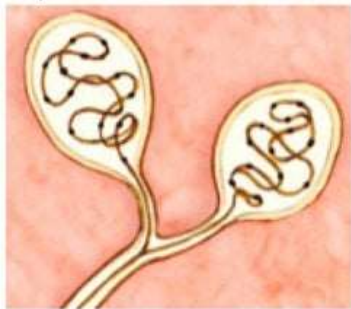
Termorrecepción

Terminaciones nerviosas libres que tienen la proteína termoTRP, detectan calor, frío y valores extremos que producen daño-dolor.

Organo foseta en víboras y fosetas labiales en boas



Corpúsculo de Krause



Detecta sensaciones de frío

Corpúsculo de Ruffini



Detecta sensaciones de calor

Electrorrecepción

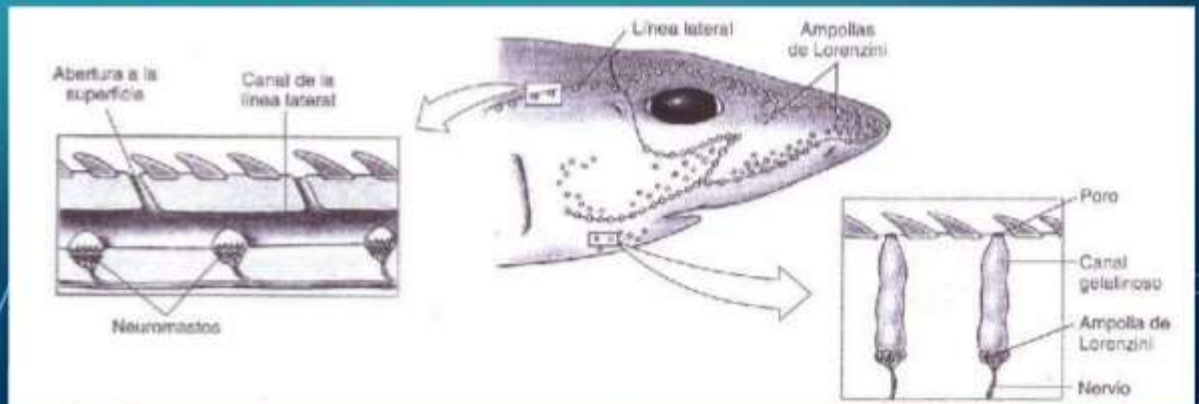
Capacidad de detectar campos eléctricos, son abundantes en el medio acuático por los efectos iónicos y se producen con el movimiento animal. Se basan en células ciliadas modificadas de la línea lateral.

Ampollas de Lorenzini en tiburones

Hay peces eléctricos que generan descargas para localización.

En terrestres casi no, ej monotrema platypus que los tiene en el pico.

- Este se encuentra unido a un nervio que transporta la señal hasta el cerebro. En presencia de campos eléctricos las ampollas detectan la diferencia de voltaje entre el poro y la base del canal lleno de gel del poro. Detectan electricidad, tacto y temperatura
- Los tiburones y las rayas cuentan con ampollas de Lorenzini en la zona del hocico.
- Las ampollas de Lorenzini se llaman así en honor al anatomista que las describió en 1768: Stefano Lorenzini.



Magnetorrecepción

- Diversos animales pueden percibir el campo magnético terrestre, utilizándolo como fuente de información para orientarse en el espacio durante sus migraciones, regresar a un área espacialmente restringida conocida por el animal o simplemente desplazarse dentro de su hábitat.



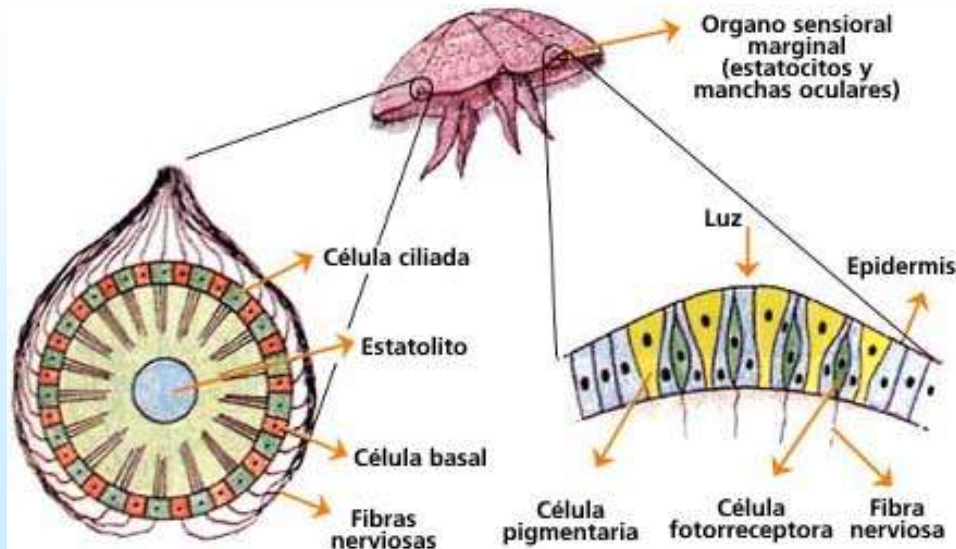
Abejas tiene
Magnetita en su abdomen.



Las Palomas
en su pico.



Magnetita



Magnetorrecepción

