

Tema 10. El sistema nervioso humano

A.- Organización general del sistema nervioso: órganos receptores, de coordinación y efectores

B. Bases del funcionamiento del sistema nervioso.

- Descripción de la morfología neuronal.

- Fisiología de la transmisión del impulso nervioso en el axón.

- La comunicación sináptica

C.- Los receptores sensoriales.

- Descripción de los tipos de receptores sensoriales.

- Anatomía del ojo, el oído, el olfato, el gusto y los receptores para el tacto.

- Fisiología general de los receptores sensoriales

D.- Anatomía del Sistema Nervioso Central.

- Anatomía del encéfalo.

- Anatomía de la médula espinal

E.- Anatomía del Sistema Nervioso Periférico

F.- La ejecución de las respuestas: órganos efectores y tipos de respuesta motora.

G.- Patologías más frecuentes del sistema nervioso: enfermedades neurodegenerativas, enfermedades mentales y accidentes medulares

SISTEMA NERVIOSO

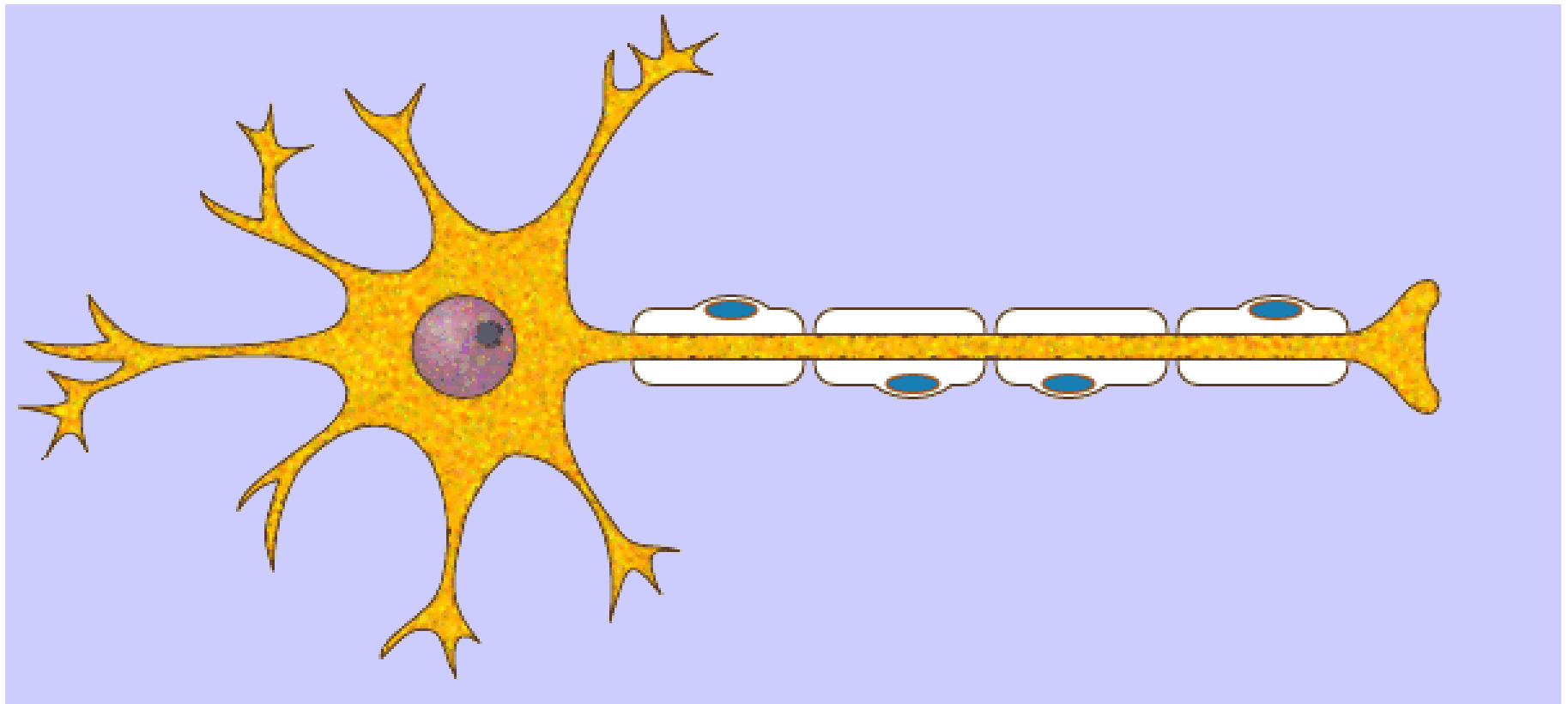
EL IMPULSO NERVIOSO

Las neuronas son células especializadas en emitir por sus axones **impulsos nerviosos**

El impulso nervioso es una onda de despolarización de la membrana del axón. Es una señal de tipo electroquímico

Esta señal es muy rápida: puede viajar a una velocidad de hasta 130 m/s en algunas neuronas

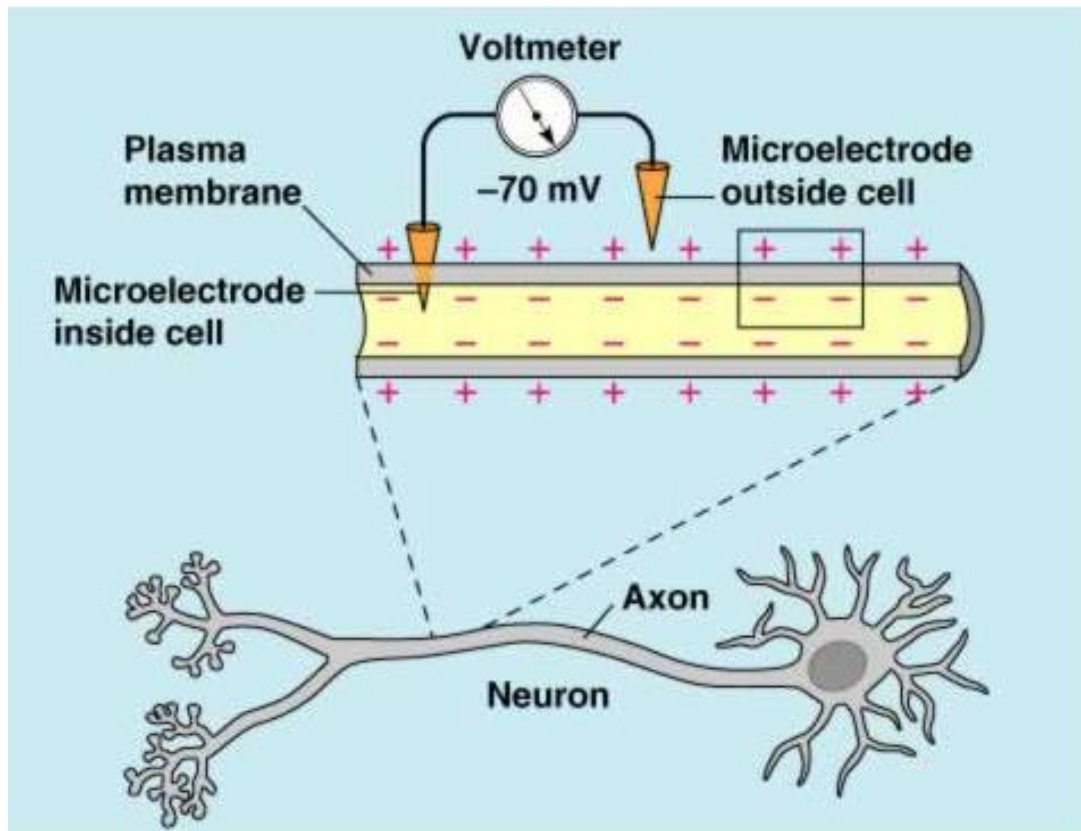
GENERACIÓN DE UN IMPULSO NERVIOSO



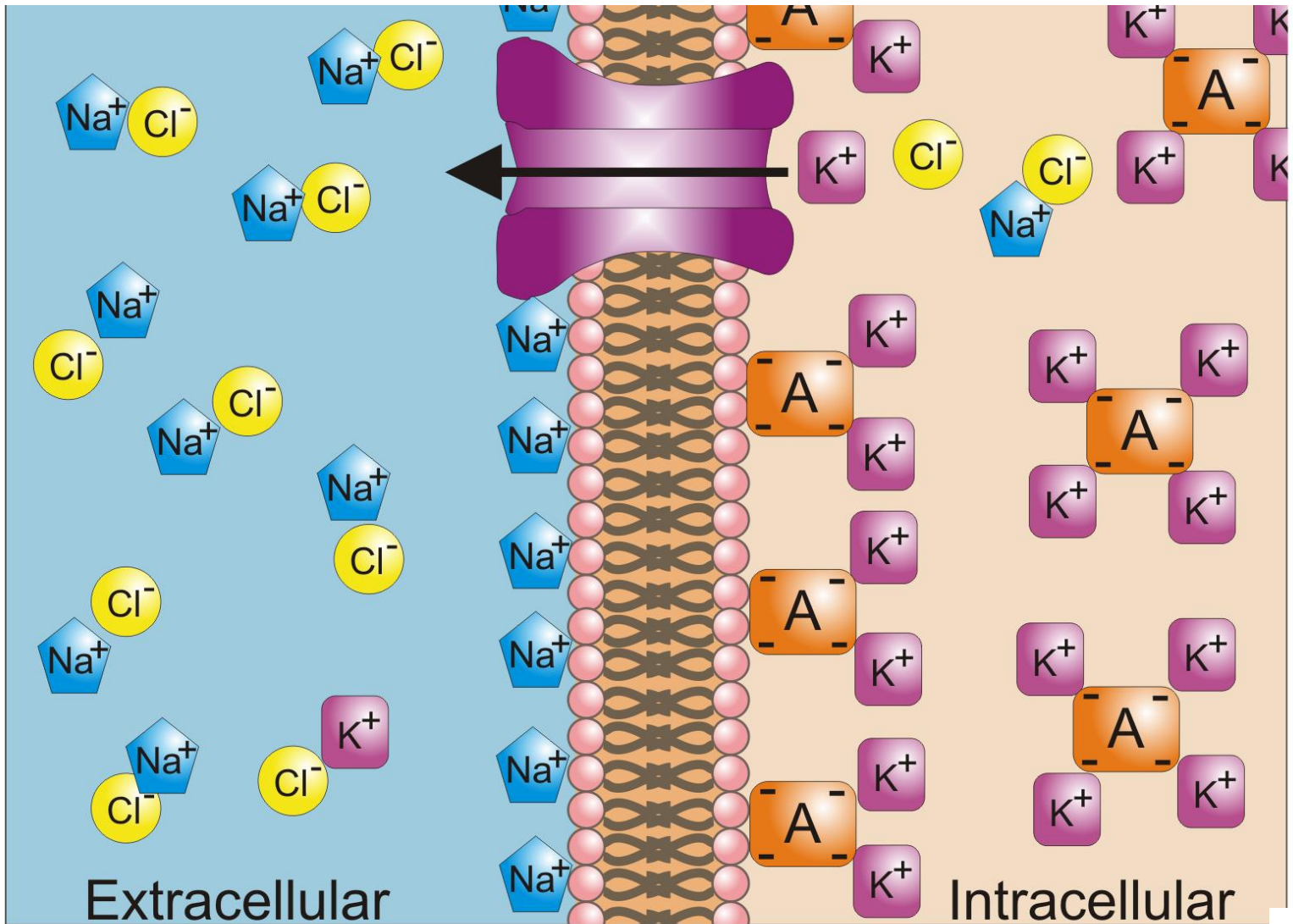
SISTEMA NERVIOSO

La membrana del axón neuronal tiene una diferencia de potencial eléctrico de -70 mV

Este es el llamado ***potencial en reposo***, y se debe a la desigual distribución de iones entre el interior y el exterior celular



SISTEMA NERVIOSO



Extracellular

Intracellular



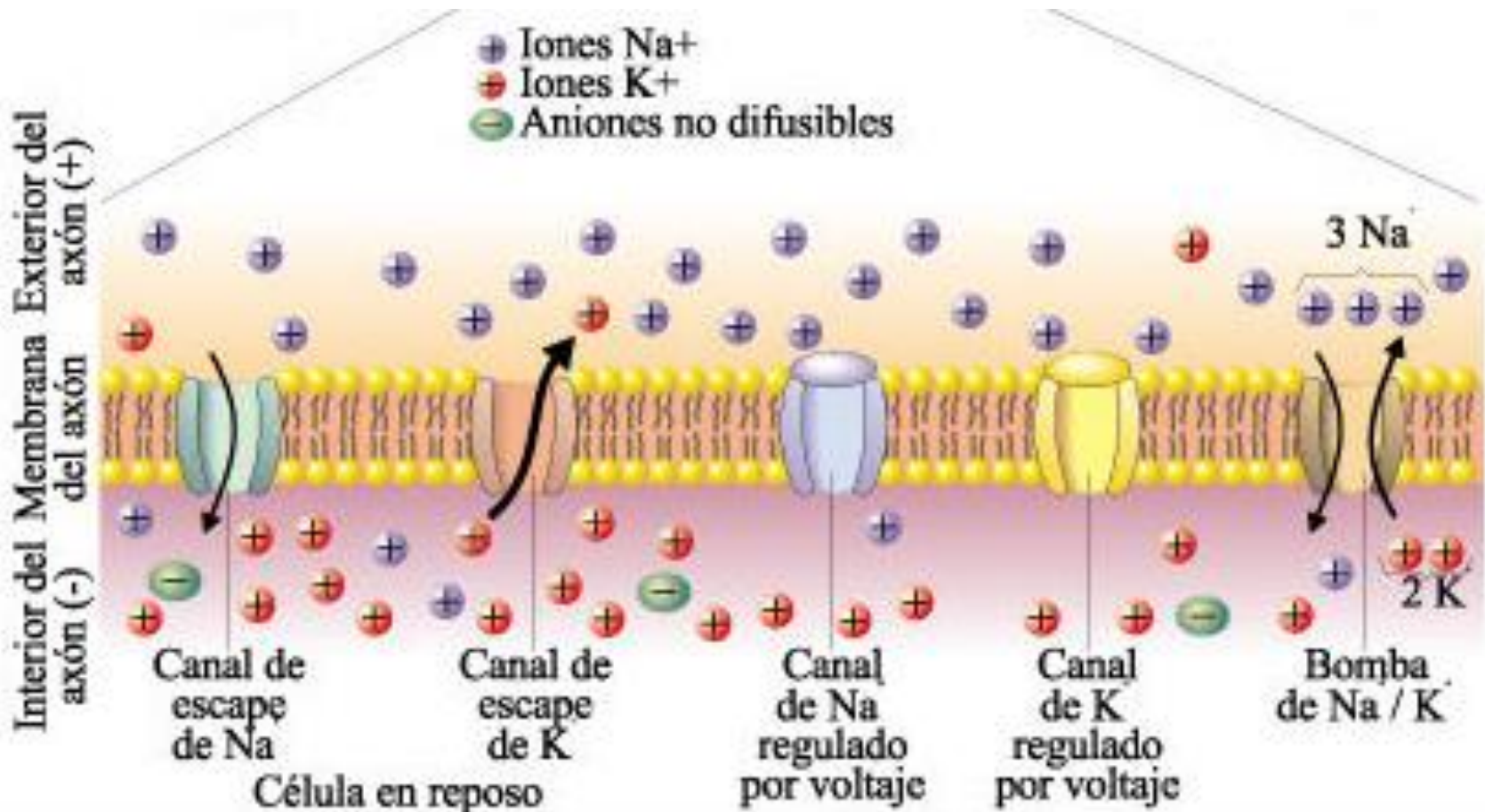
En todas las células vivas hay una serie de mecanismos de transporté de sustancias a través de la membrana.

Estos están formados por unas proteínas de membrana que actúan básicamente como:

- ▶ Canales iónicos para Na^+ y K^+ trabajan dejando salir/entrar los citados iones: **transporte pasivo** sin gasto energético
- ▶ Bombas que introducen o sacan los iones en contra de su tendencia natural. Requieren energía

SISTEMA NERVIOSO

La apertura, o cierre, de los canales para Na^+ y K^+ pueden ser controlados por neurotransmisores o por voltaje...

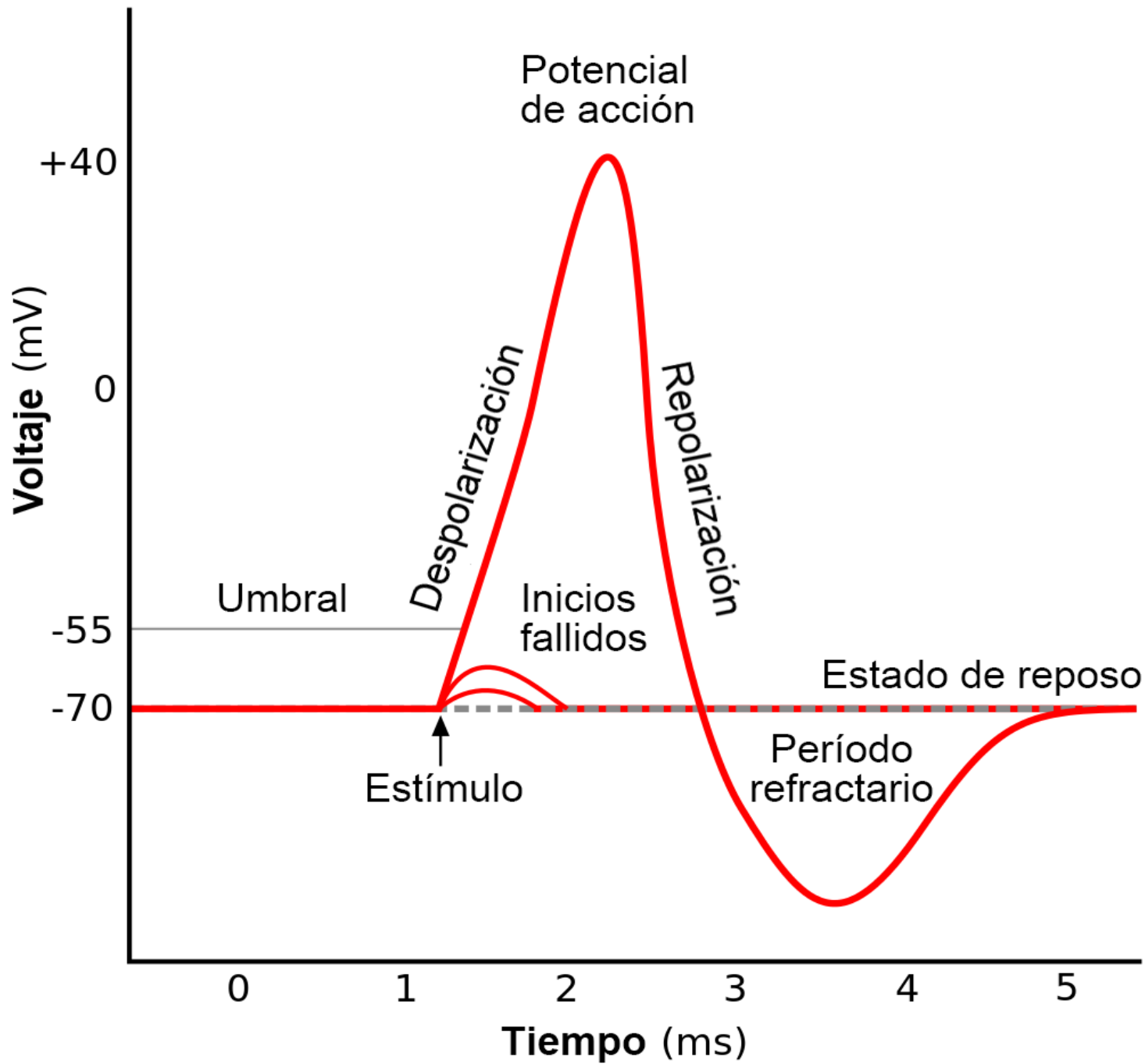


El ***potencial de acción*** se produce por una salida rápida de K^+ y una entrada de Na^+

Esto produce un cambio de polaridad de la membrana y una posterior vuelta a la situación inicial (potencial de reposo) por la actuación de la bomba de Na^+/K^+

Antes de alcanzar de nuevo el potencial de reposo (-70 mv) se produce un repolarización.

Un nuevo estímulo no podrá despolarizar la membrana si no ha transcurrido el llamado ***periodo refractario***



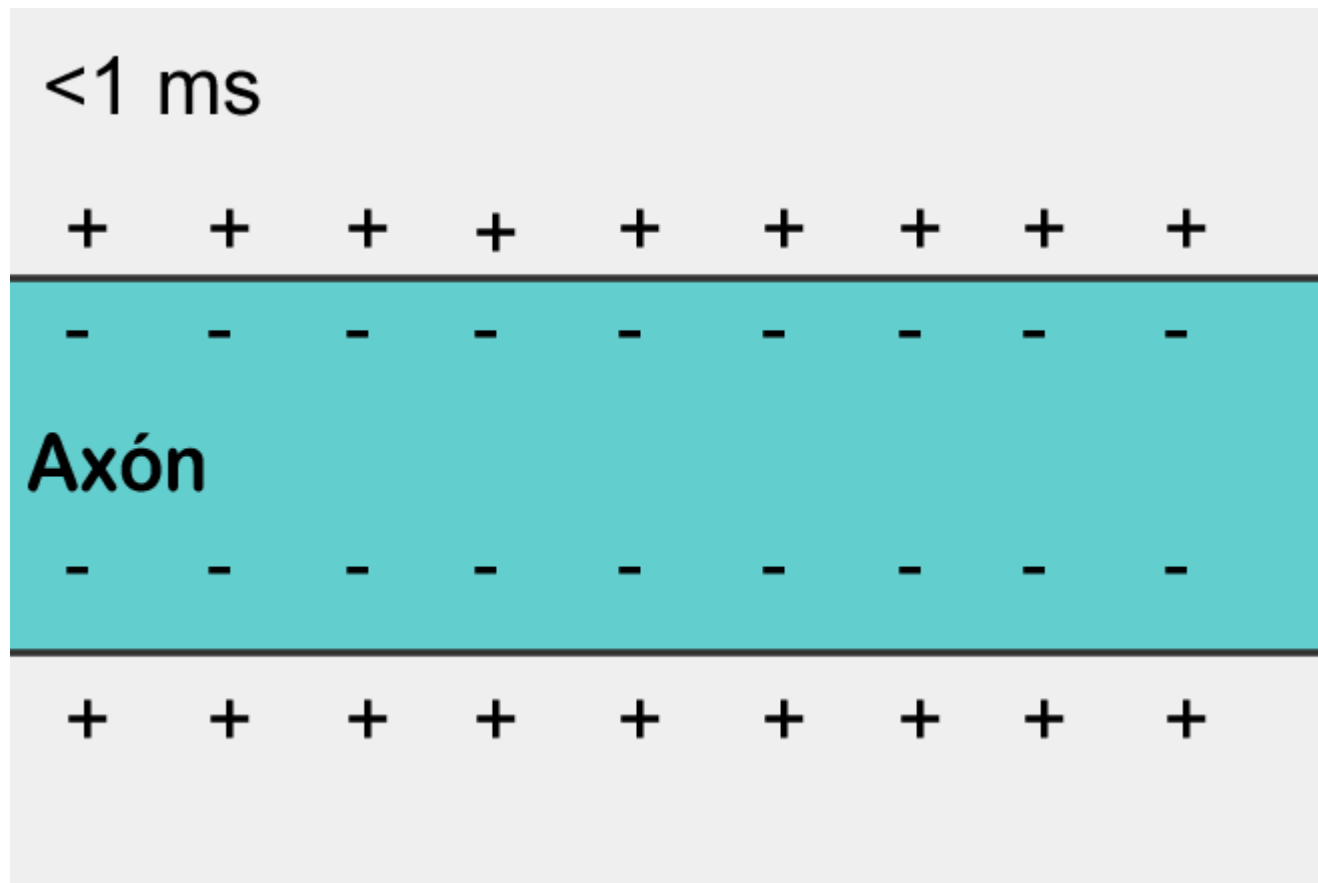
SISTEMA NERVIOSO

La generación del potencial de acción en el cono axónico va a propagarse a lo largo del axón por la apertura de canales activables por voltaje

Esto hace que se propague de un modo parecido a como lo hacen las fichas de dominó, pero a diferencia de esta se va regenerando el potencial de reposo por detrás del impulso nervioso



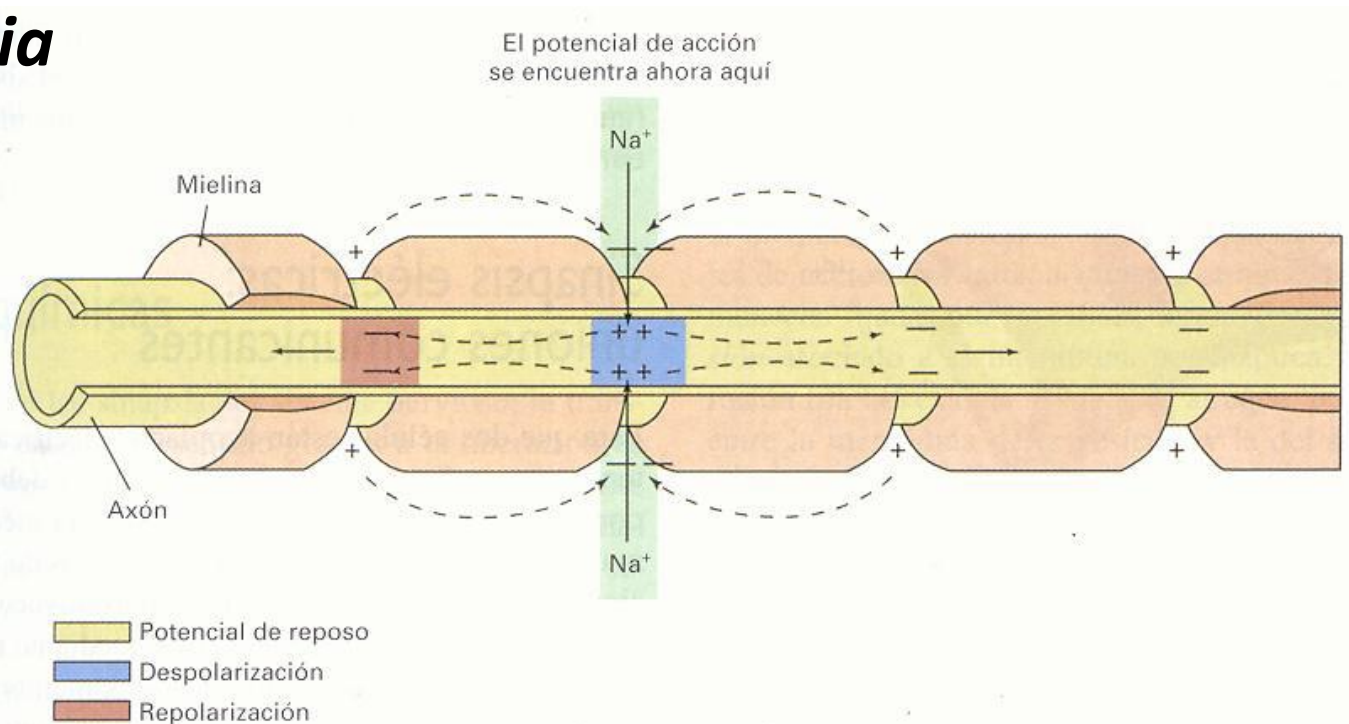
PROPAGACIÓN DEL IMPULSO NERVIOSO



SISTEMA NERVIOSO

En los axones mielinizados el impulso nervioso viaja más rápido porque sólo se produce el tránsito de iones en los ***nódulos de Ranvier***

Este tipo de transmisión del impulso se llama ***conducción saltatoria***

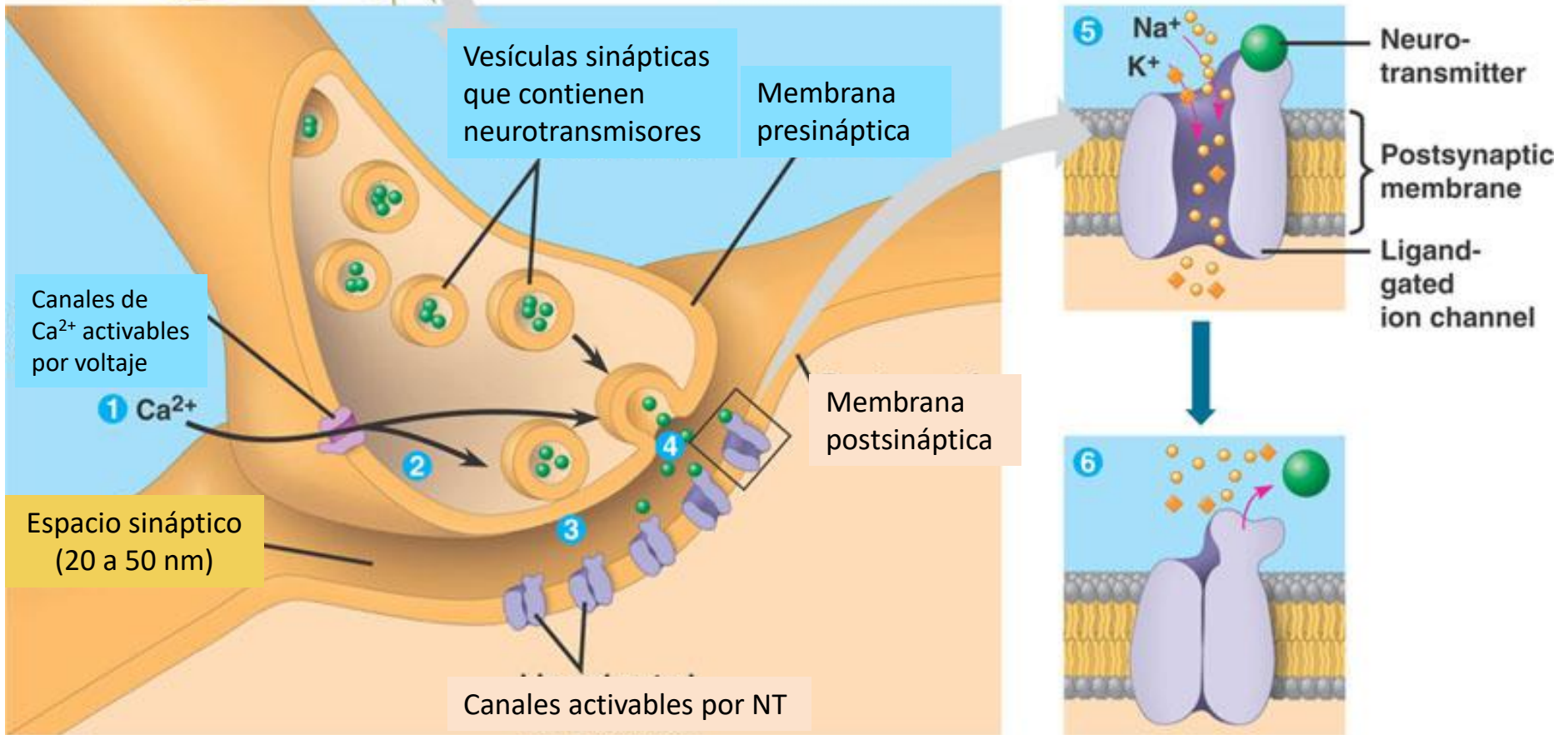


El impulso nervioso tiene las siguientes características:

- ▶ Es unidireccional: se propaga desde el soma neuronal hasta el terminal axónico, nunca al revés
- ▶ Es del tipo todo/nada
- ▶ Siempre tiene la misma amplitud
- ▶ No depende de la intensidad del estímulo ni de su naturaleza

SISTEMA NERVIOSO

SINAPSIS



En general, la llegada del neurotransmisor induce en la neurona un ***potencial postsináptico*** que puede ser de tipo:

- **Despolarizante** si produce la entrada de Na^+
- **Hiperpolarizante**, se hace más negativo el interior respecto del exterior, si sale K^+ o entra Cl^-

Este potencial es de tipo ***graduado***, no es un potencial de acción.

Sólo cuando los impulsos alcancen un ***umbral*** la neurona emitirá el potencial de acción

La sinapsis química supone un retraso en la transmisión de la señal (0,5 ms)...

En un momento determinado una neurona individual recibe la descarga de muchas sinapsis simultáneamente

Este proceso se llaman ***sumación temporal y espacial***

Muchas personas mandando un *whastapp* a una «neurona» es equivalente a la **sumación espacial**; y una persona mandando muchos *whastapp* repetidos a la misma: **sumación temporal**

Por tanto, cuando la neurona postsináptica recibe el impulso nervioso pueden ocurrir diferentes respuestas dependiendo del tipo de neurotransmisor...

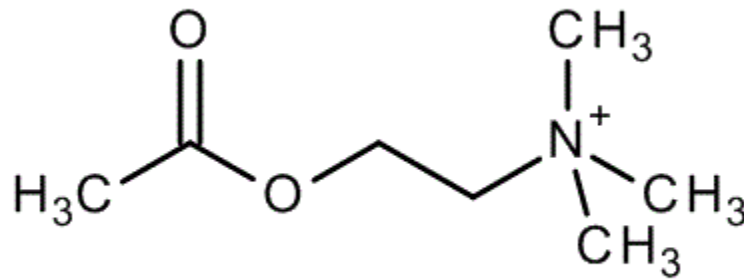
- ▶ **Excitarse**, es decir, el NT induce a la neurona postsináptica a emitir a un impulso nervioso
- ▶ O puede **inhibirse**: bloquear la emisión de un nuevo impulso nervioso

Vamos a describir los principales neurotransmisores...

ACETILCOLINA

Es principalmente un NT de tipo excitatorio

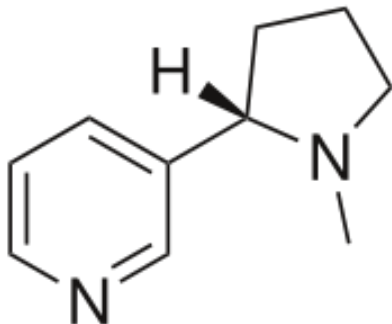
Es el NT que se libera en los nervios motores (SNP) y también en algunas sinapsis del SNC



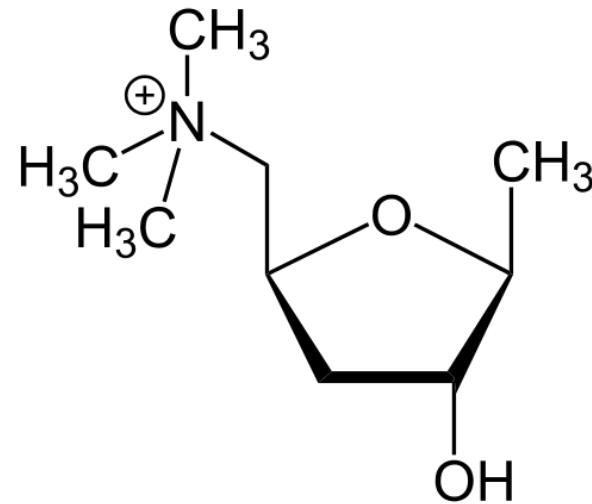
SISTEMA NERVIOSO

Hay que tener en cuenta que un mismo neurotransmisor puede tener diferente efecto en la célula postsináptica dependiendo del tipo de receptor de membrana al que se une

Un ejemplo bien conocido son los receptores colinérgicos de tipo nicotínico y muscarínico



Nicotina

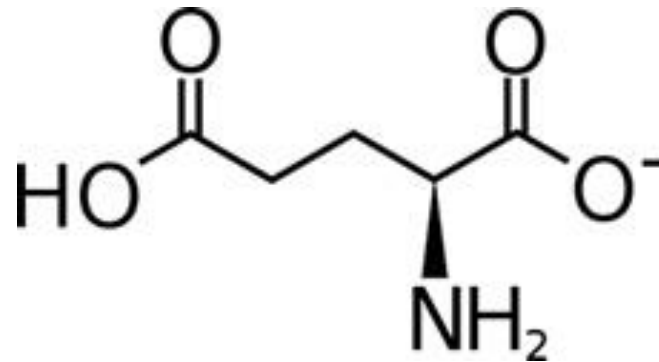


Muscarina

GLUTAMATO

Es el NT excitatorio más extendido en el SNC

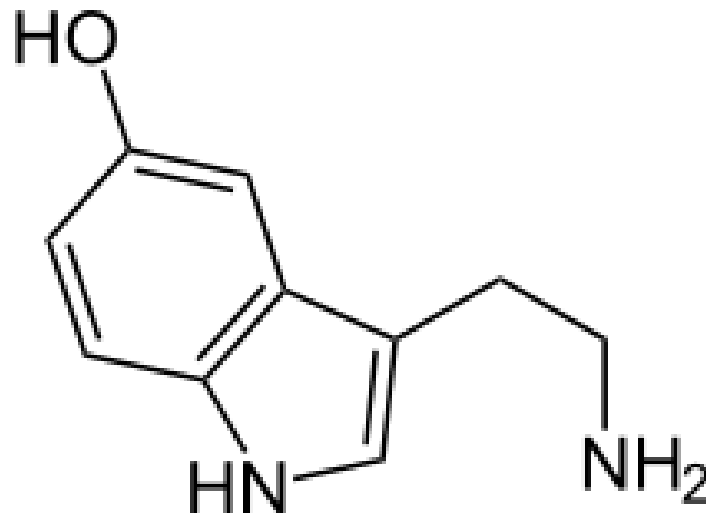
Induce una despolarización muy potente en las neuronas postsinápticas



SEROTONINA

Producida por neuronas localizadas en el SNC (bulbo raquídeo y núcleos del rafe) Principalmente de tipo inhibitorio

Actúa en la percepción sensorial, la regulación de la temperatura, el estado de ánimo y el hambre

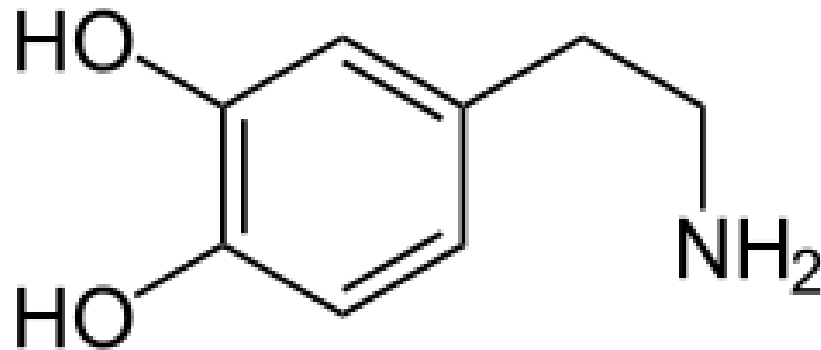


DOPAMINA

También es de tipo excitatorio

Actúa en el SNC, principalmente en el sistema límbico
(*substantia nigra*)

Liberado en situaciones placenteras y que generan
comportamientos adictivos

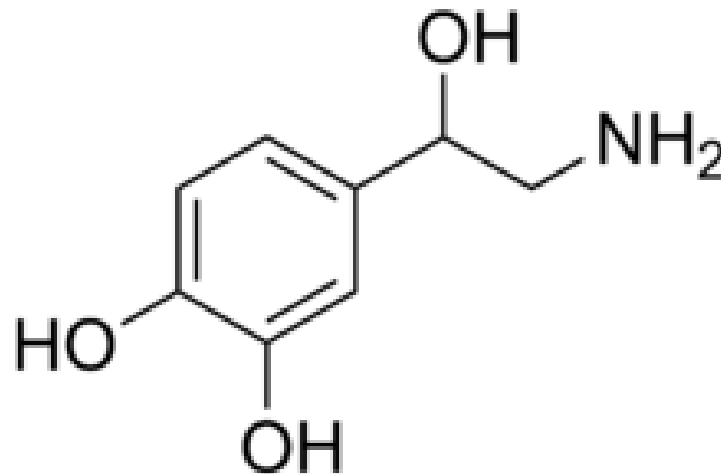


NORADRENALINA

Es principalmente de tipo excitatorio

Ampliamente distribuida en el SNC y SNP

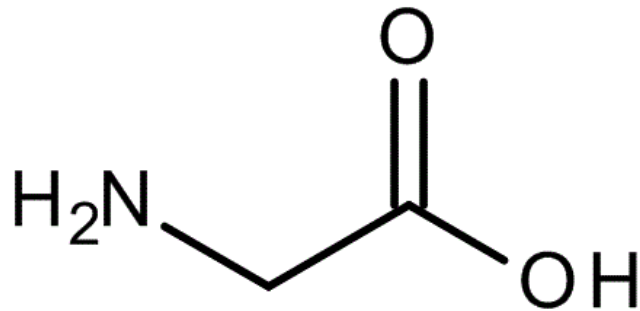
Tiene un papel importante en el estado de ánimo



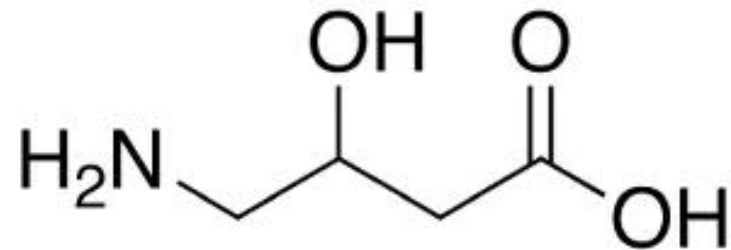
GLICINA Y ÁCIDO GANMA (γ) AMINO BUTÍRICO (GABA)

Son los dos principales NT inhibitorios el primero en el SNP y el GABA en el cerebro

La tercera parte de las sinapsis cerebrales liberan GABA



Glicina



GABA

Es importante recordar que la señal del NT debe ser eliminada de la sinapsis rápidamente, de lo contrario se produciría un excitación o inhibición permanente en la neurona postsináptica

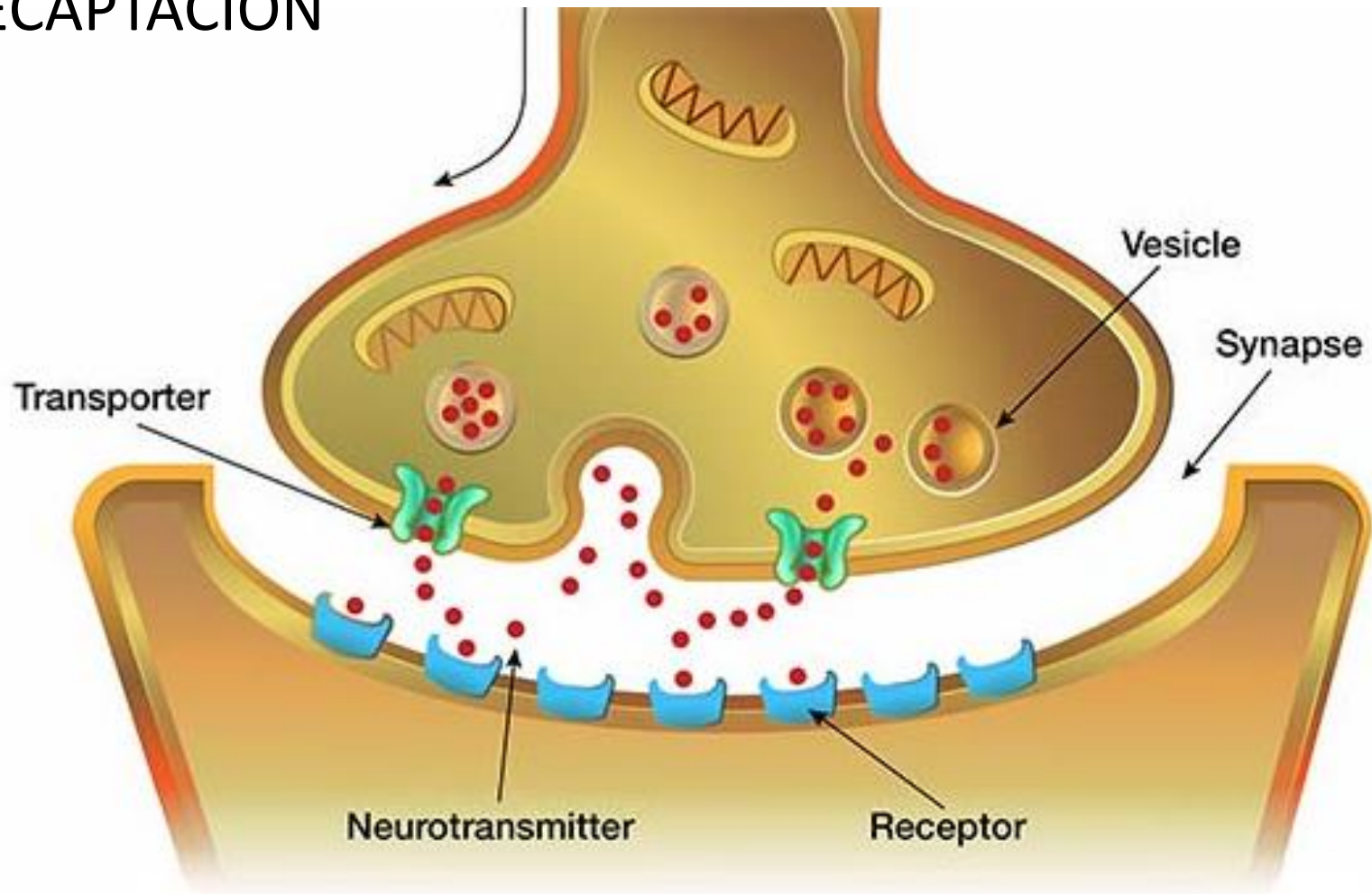
Esto se puede lograr por tres vías:

Degradación enzimática

Recaptación selectiva

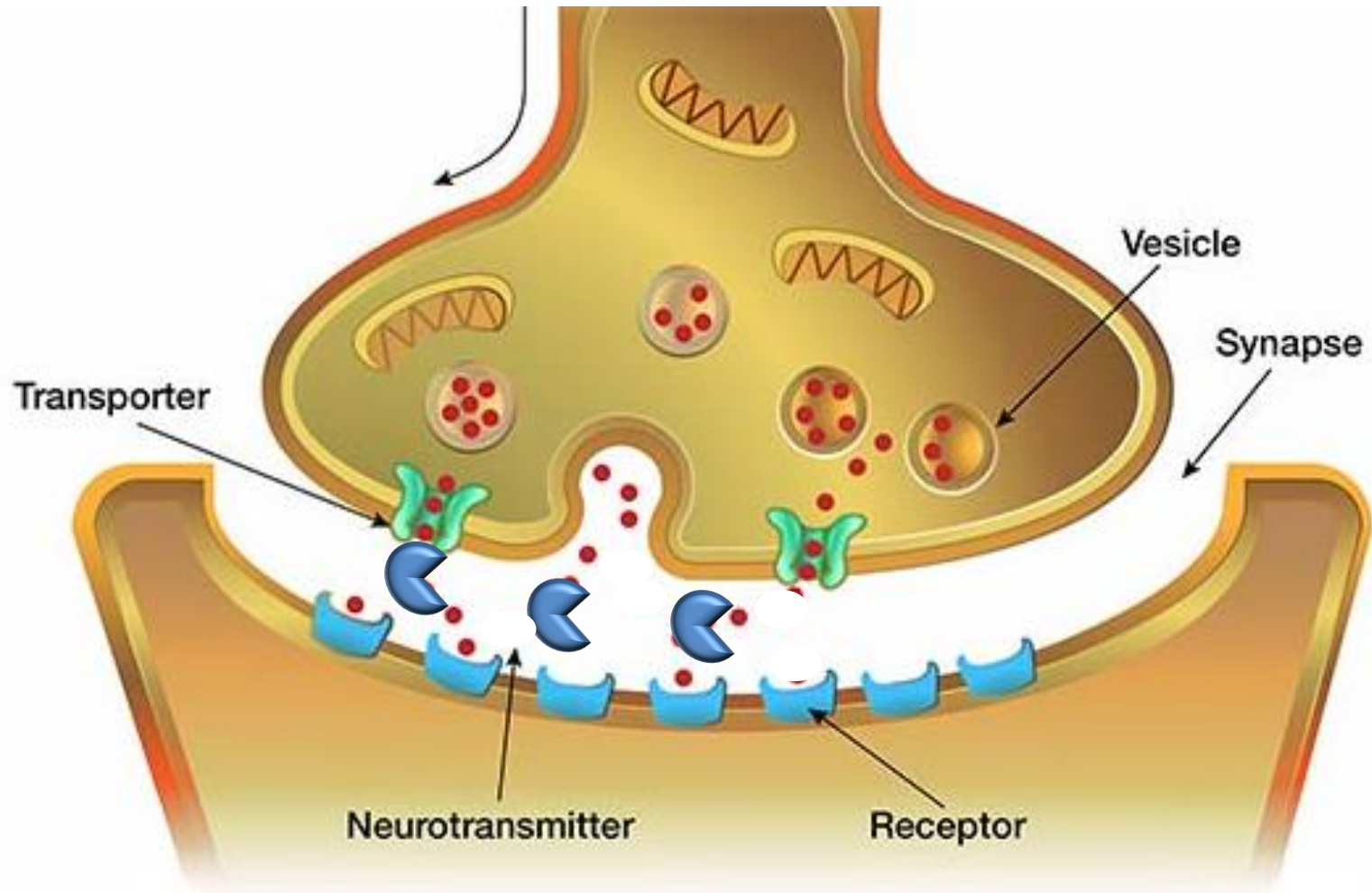
Difusión fuera de la brecha sináptica

RECAPTACIÓN



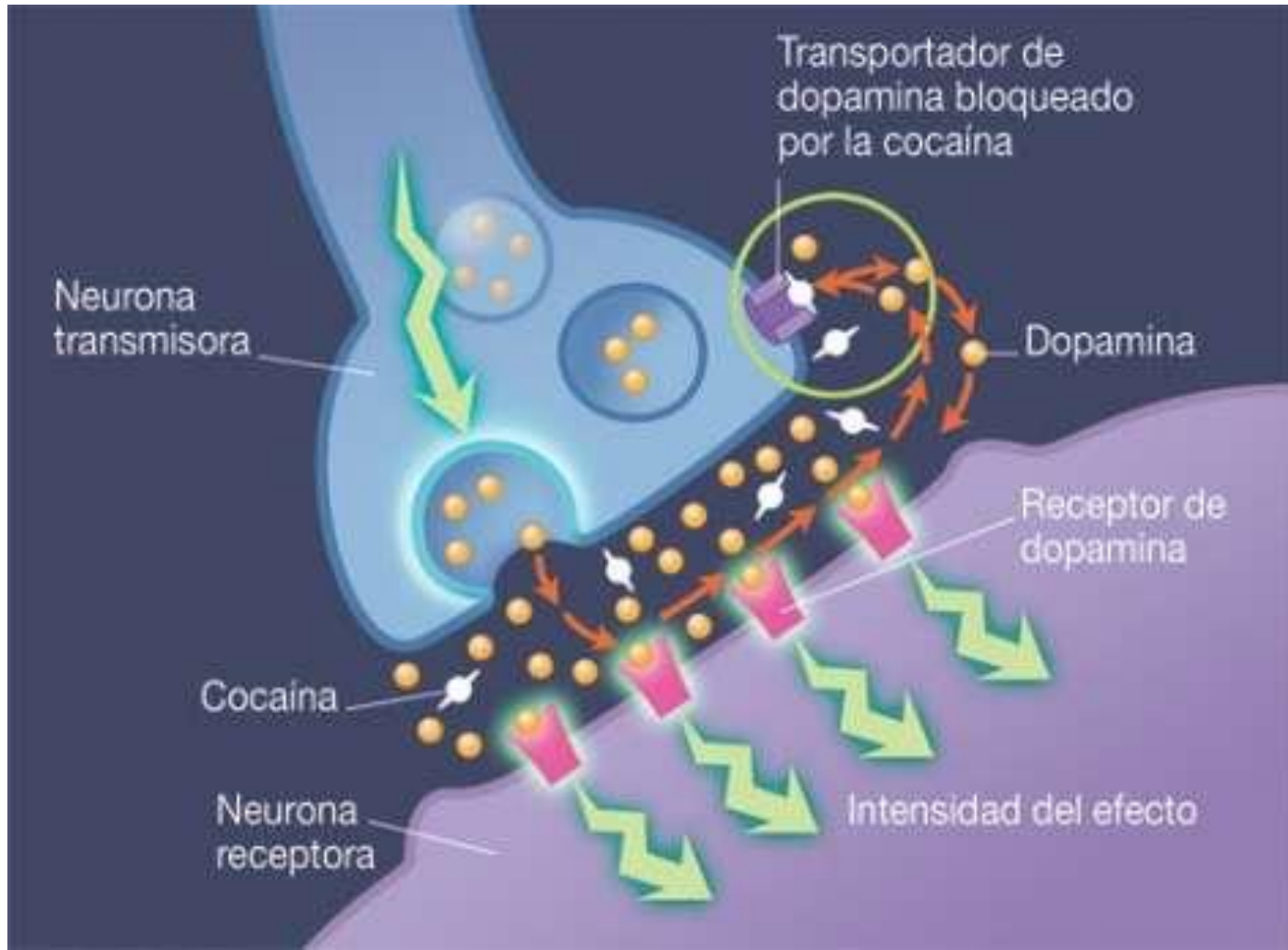
SISTEMA NERVIOSO

DEGRADACIÓN ENZIMÁTICA



SISTEMA NERVIOSO

EFFECTO DE LA COCAINA SOBRE LA RECAPTURA DE LA DOPAMINA



La clasificación de los receptores se puede hacer atendiendo a diversos criterios:

LOCALIZACIÓN

- ▶ **Exteroceptores.** Se sitúan en el exterior del cuerpo y reciben estímulos externos: oído, vista, tacto...
- ▶ **Interoceptores.** Situados en los vasos sanguíneos, vísceras, y otras estructuras internas; son sensibles a cambios del medio interno
- ▶ **Propioceptores.** Están en músculos, tendones ...y dan información de la posición, tensión etc

TIPO DE ESTÍMULO

- ▶ ***Mecanorreceptores***: presión, deformación, estiramiento, etc
- ▶ ***Termorreceptores***: cambios de temperatura
- ▶ ***Fotorreceptores***: a la luz
- ▶ ***Quimiorreceptores***: presencia de sustancias químicas
- ▶ ***Nociceptores***: responden al daño físico
- ▶ ***Osmorreceptores***: a la presión osmótica de los líquidos internos

SISTEMA NERVIOSO

Cuando una neurona de un órgano sensitivo es estimulada emite impulsos nerviosos

Cuando el estímulo se mantiene en el tiempo la frecuencia de impulsos emitidos disminuye, y en algunos casos incluso desaparece, es el fenómeno llamado ***adaptación***

Hay dos tipos de respuesta adaptativa:

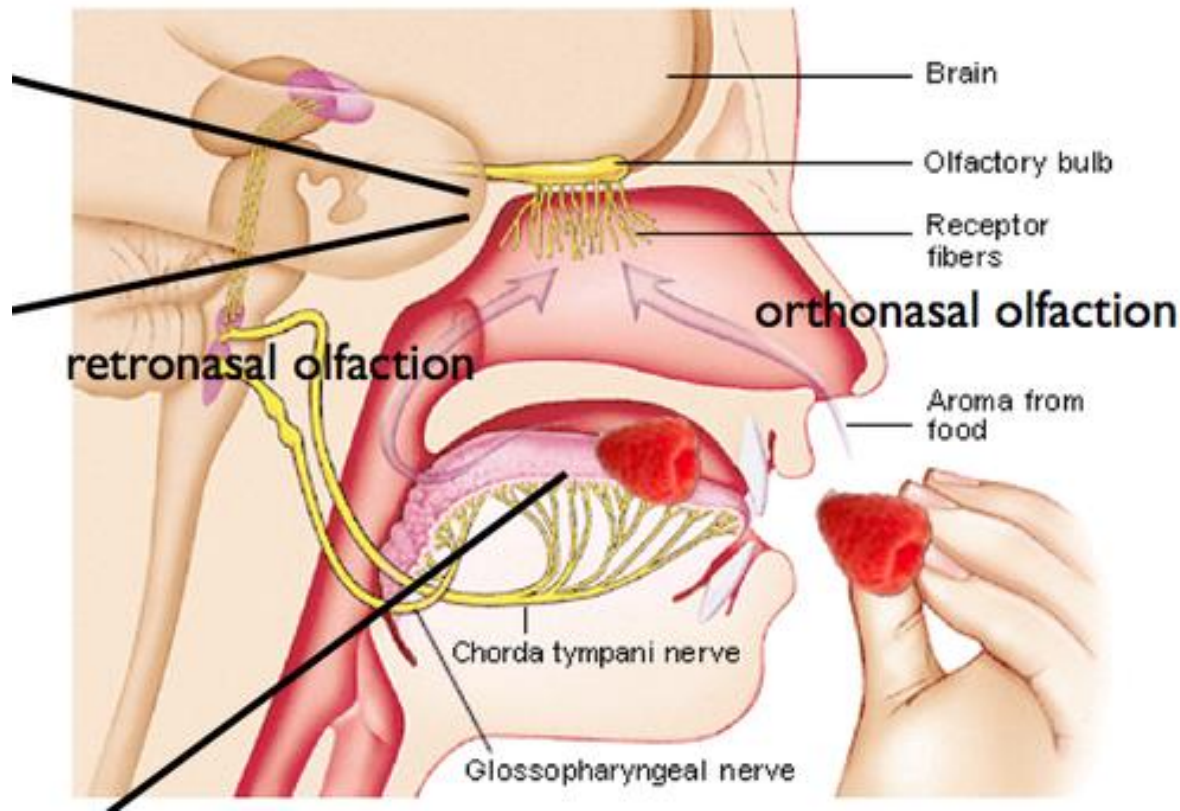
Rápida: como los que forman el tacto o el olfato

Lenta: como los del dolor, posición...

SISTEMA NERVIOSO

El gusto y el olfato son dos receptores de tipo químico

Aunque tienen una diferente localización, las sensaciones gustativas y olfativas están íntimamente interrelacionadas

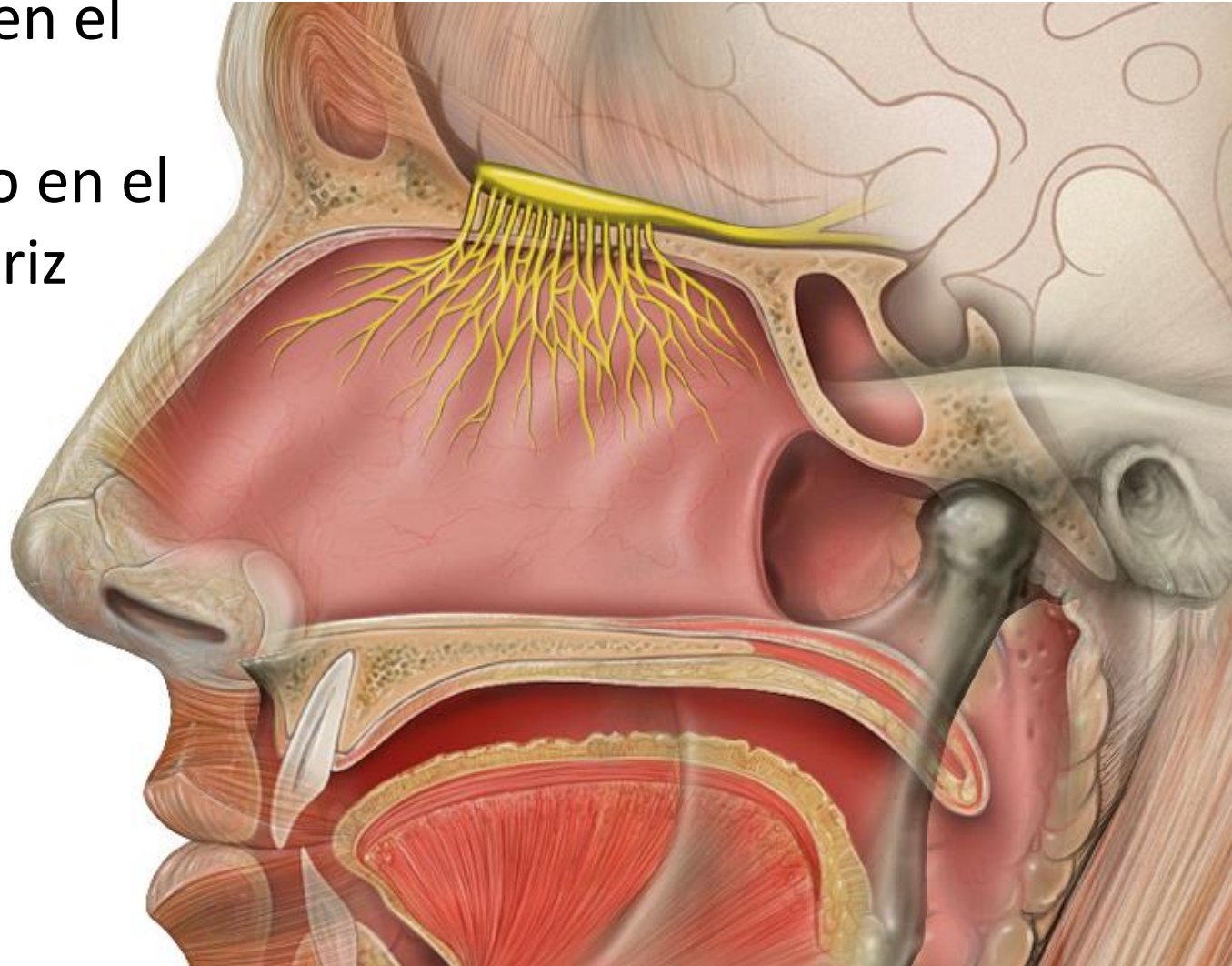


OLFATO

Es un tipo de quimiorreceptor que nos permite diferenciar sustancias volátiles presentes en muy baja concentración en el aire



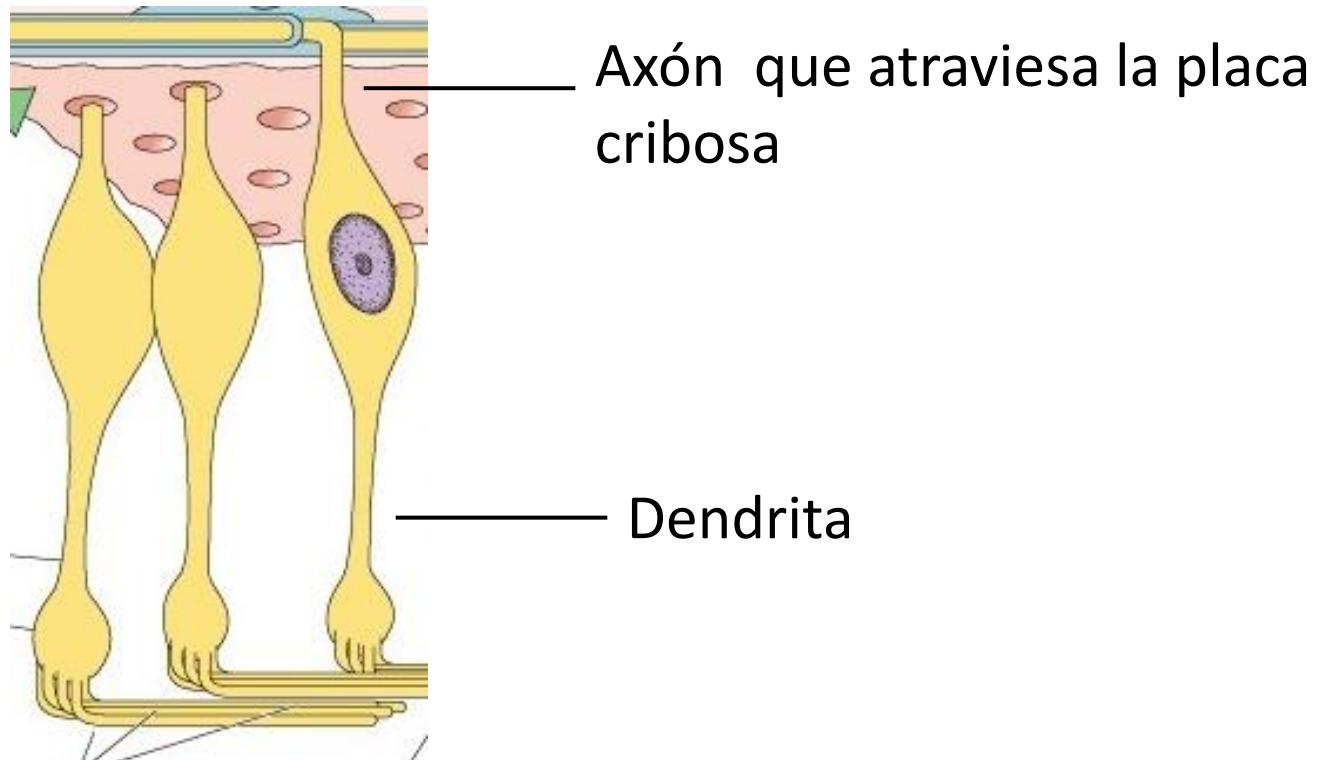
El olfato reside en el llamado bulbo olfatorio situado en el interior de la nariz



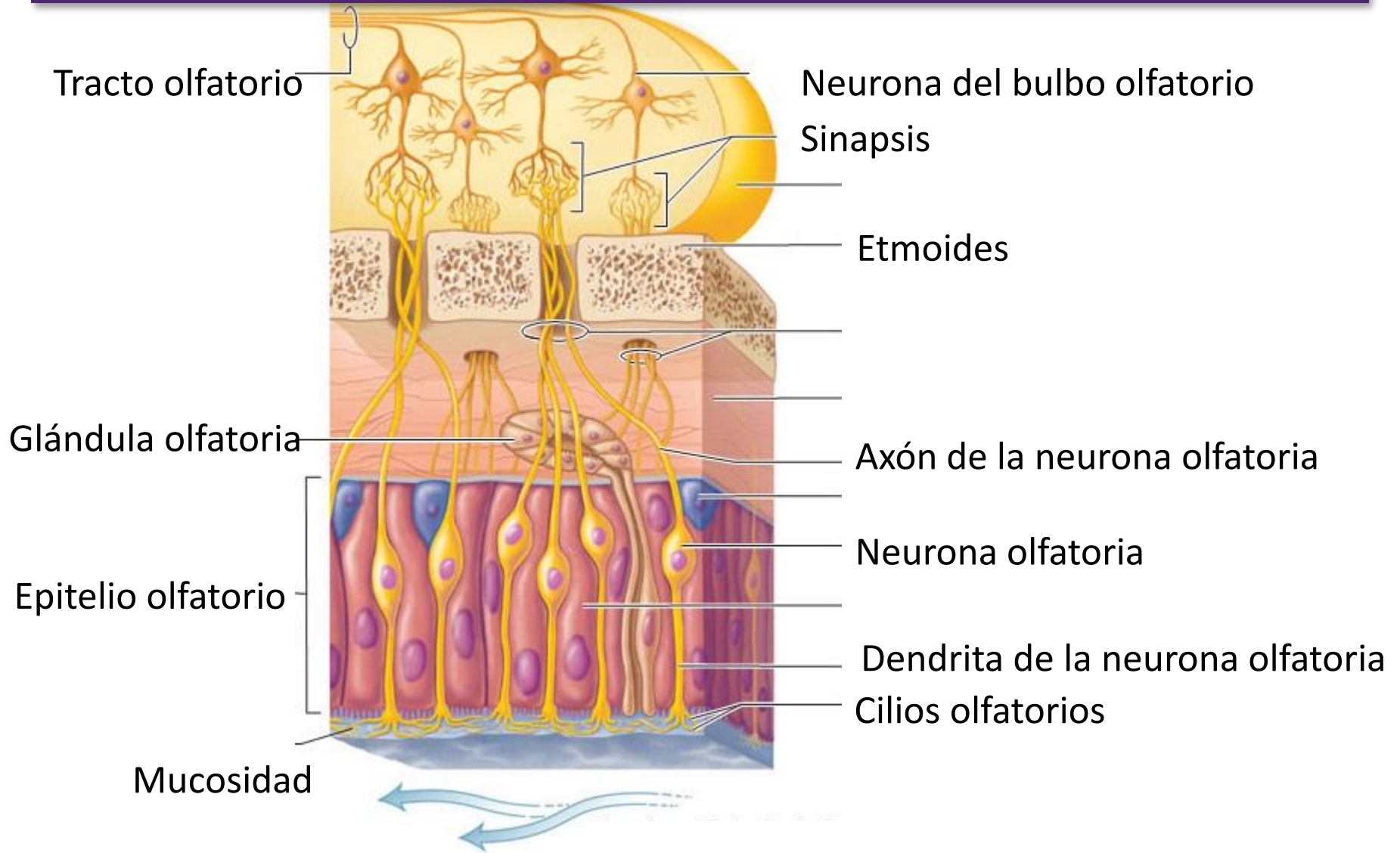
SISTEMA NERVIOSO

La nariz contiene entre 10 y 100 millones de receptores olfativos

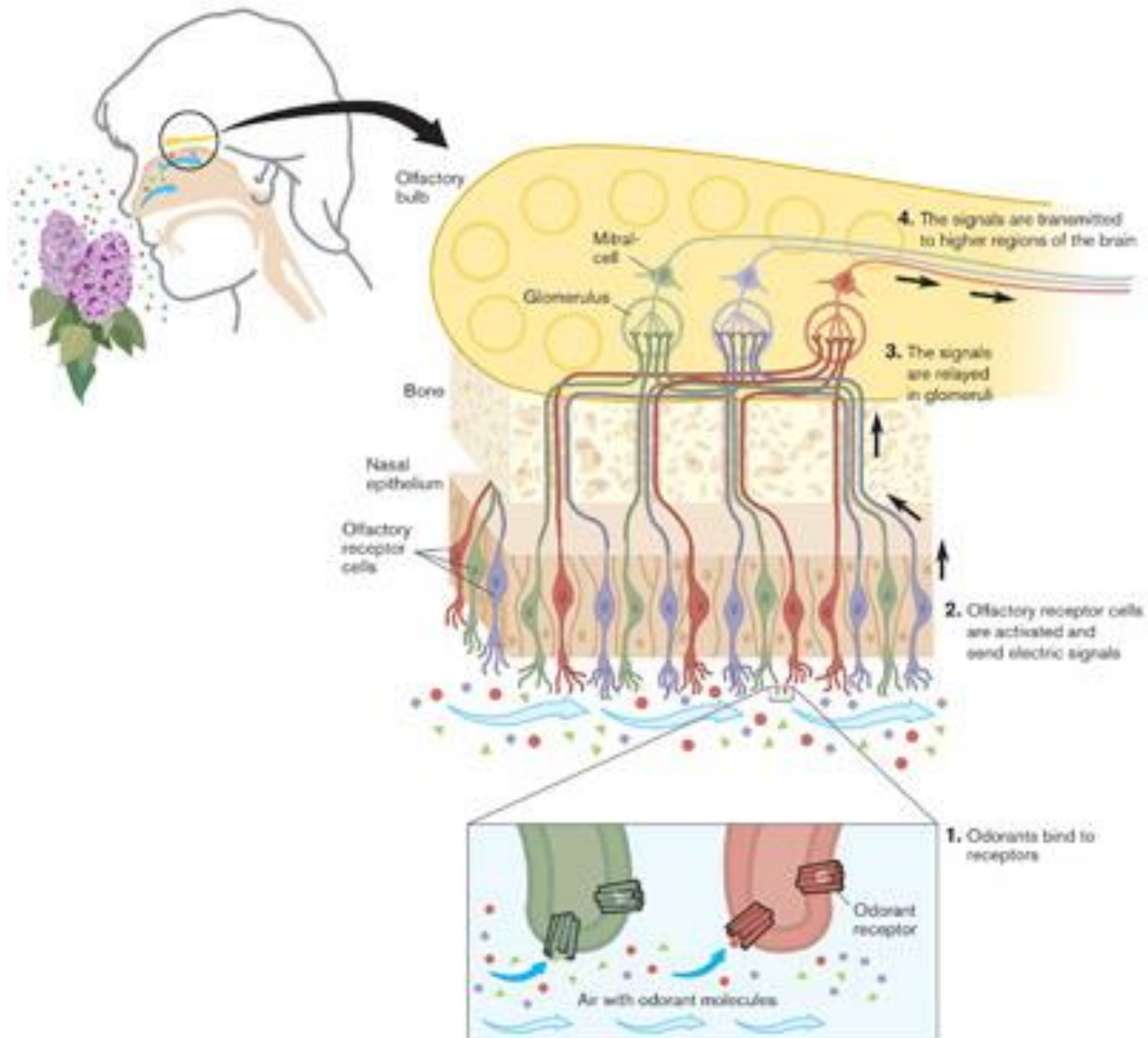
Los receptores olfativos son neuronas de tipo bipolar



SISTEMA NERVIOSO



SISTEMA NERVIOSO



UMBRALES OLFATORIOS

| Sustancia | mg/L de aire |
|---------------------|--------------|
| Éter Etilico | 5.83 |
| Cloroformo | 3.30 |
| Piridina | 0.03 |
| Aceite de menta | 0.02 |
| Yodoformo | 0.02 |
| Ácido Butírico | 0.009 |
| Propilmercaptano | 0.006 |
| Almizcle artificial | 0.00004 |
| Metilmercaptano | 0.0000004 |

Podemos detectar $0,4 \cdot 10^{-9}$ g por litro de aire de β mercaptoetanol

GUSTO

El sentido del gusto, al igual que el olfato, es un tipo de quimiorreceptor

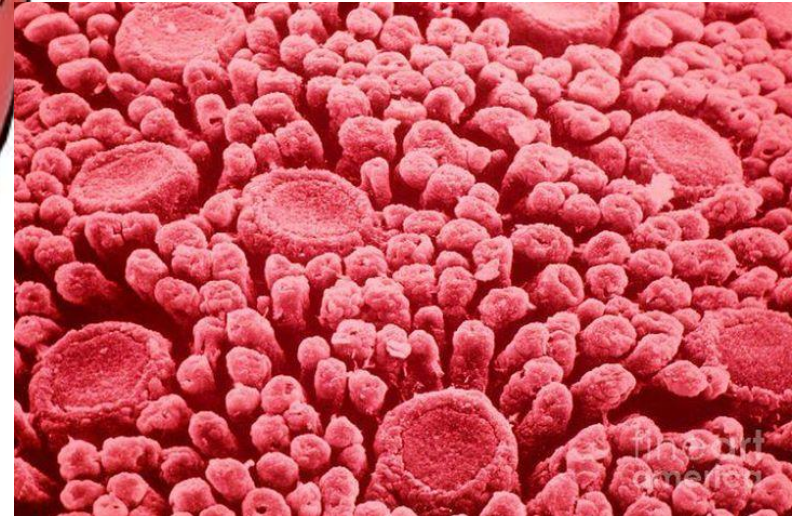
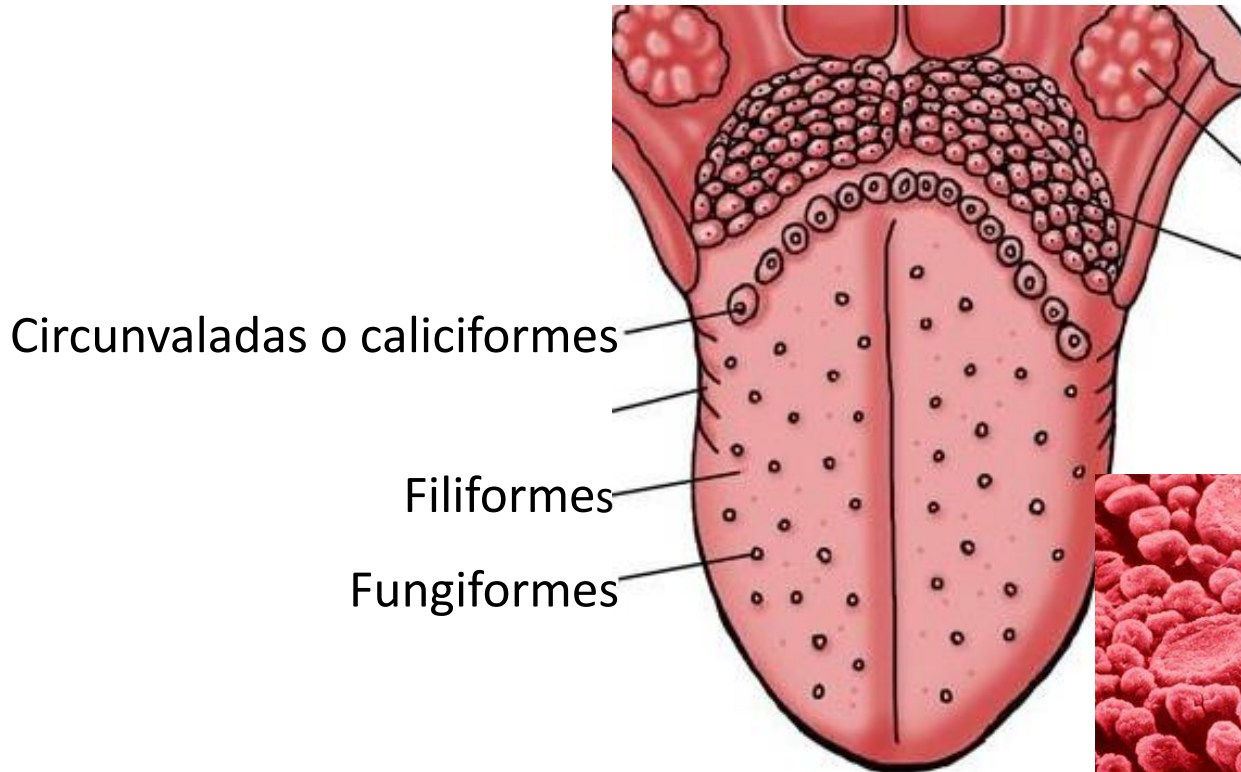
En este caso las sustancias sápidas deben disolverse en la saliva para ser detectadas



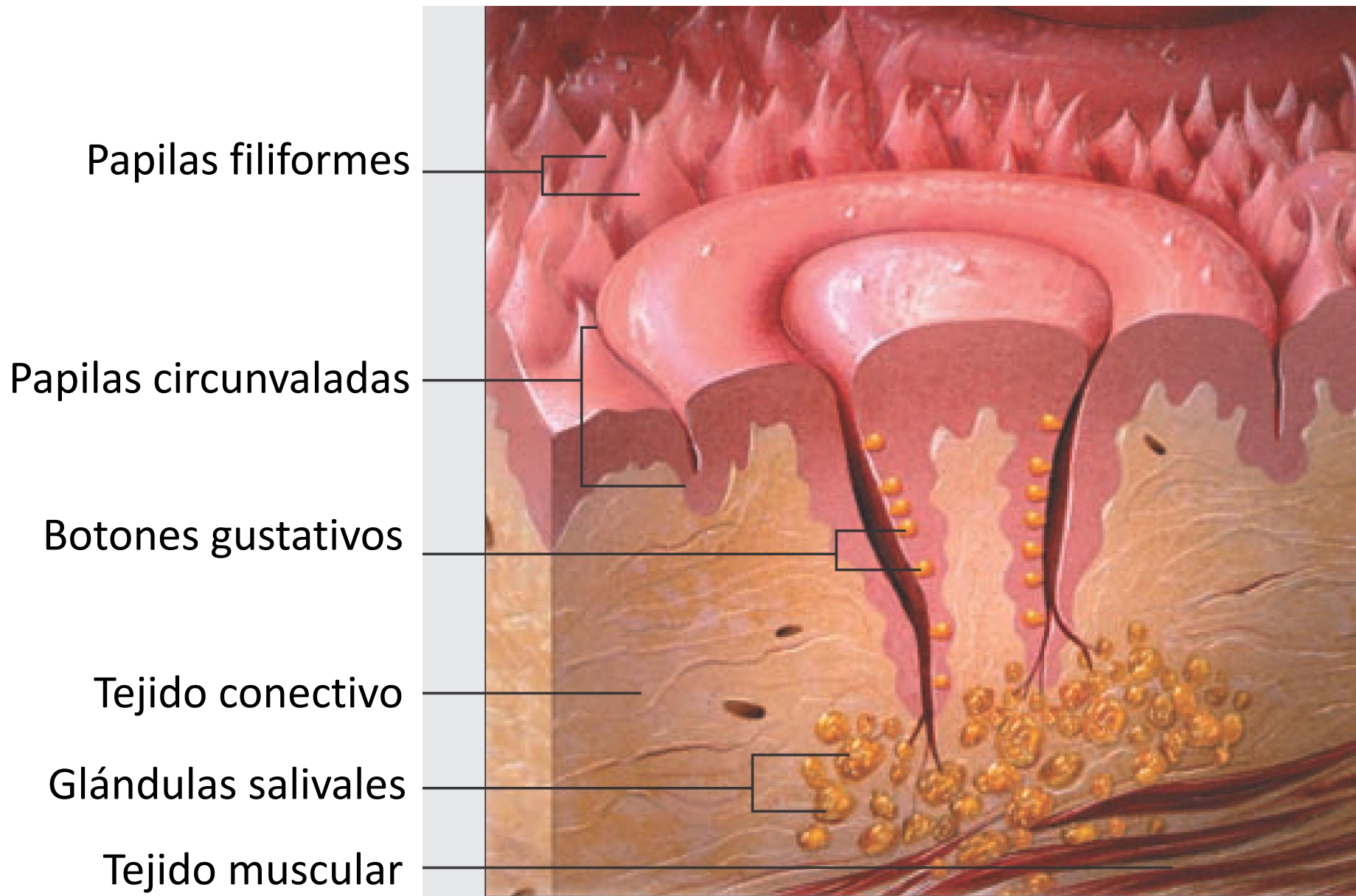
SISTEMA NERVIOSO

El sentido del gusto reside en las papilas gustativas de la lengua

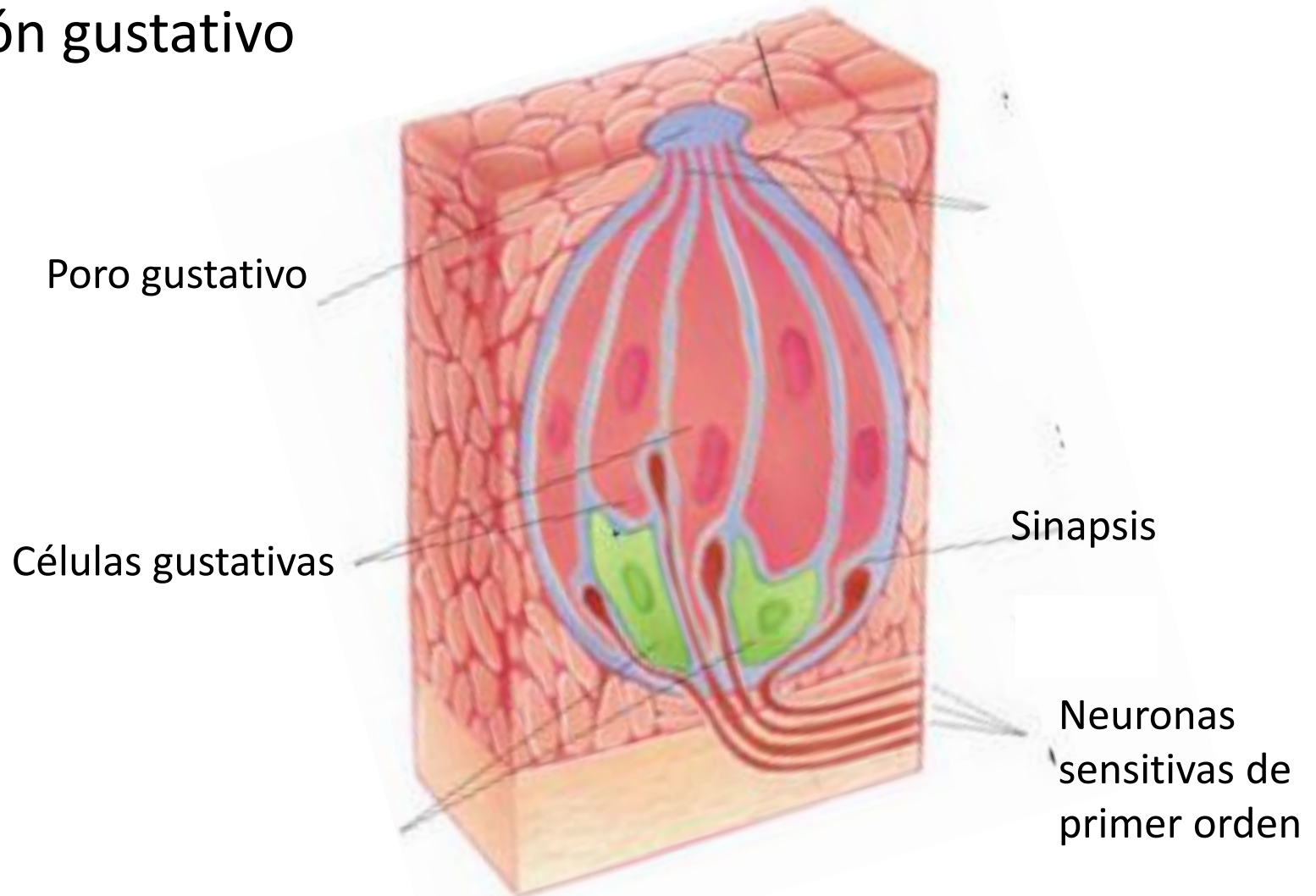
Hay tres tipos: filiformes, circunvaladas y fungiformes



SISTEMA NERVIOSO



Botón gustativo



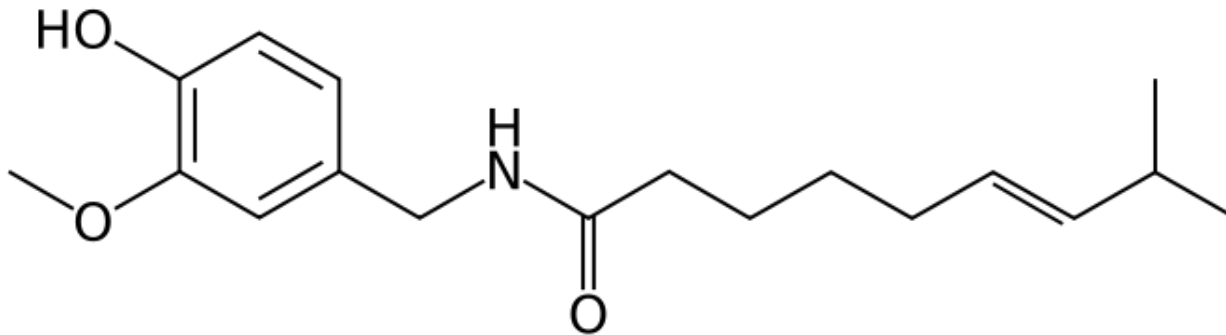
Las sustancias gustativas activan diferentes mecanismos neuronales:

► El Na^+ activa el sabor salado, entrando mediante canales, al igual que los H^+ el sabor ácido.

Cualquier sal sódica «sabe salado» y cualquier ácido, «sabe ácido»

► Los sabores dulces, amargos y umami actúan a través de receptores, parecidos a los olfativos

¿Por qué pican las guindillas?



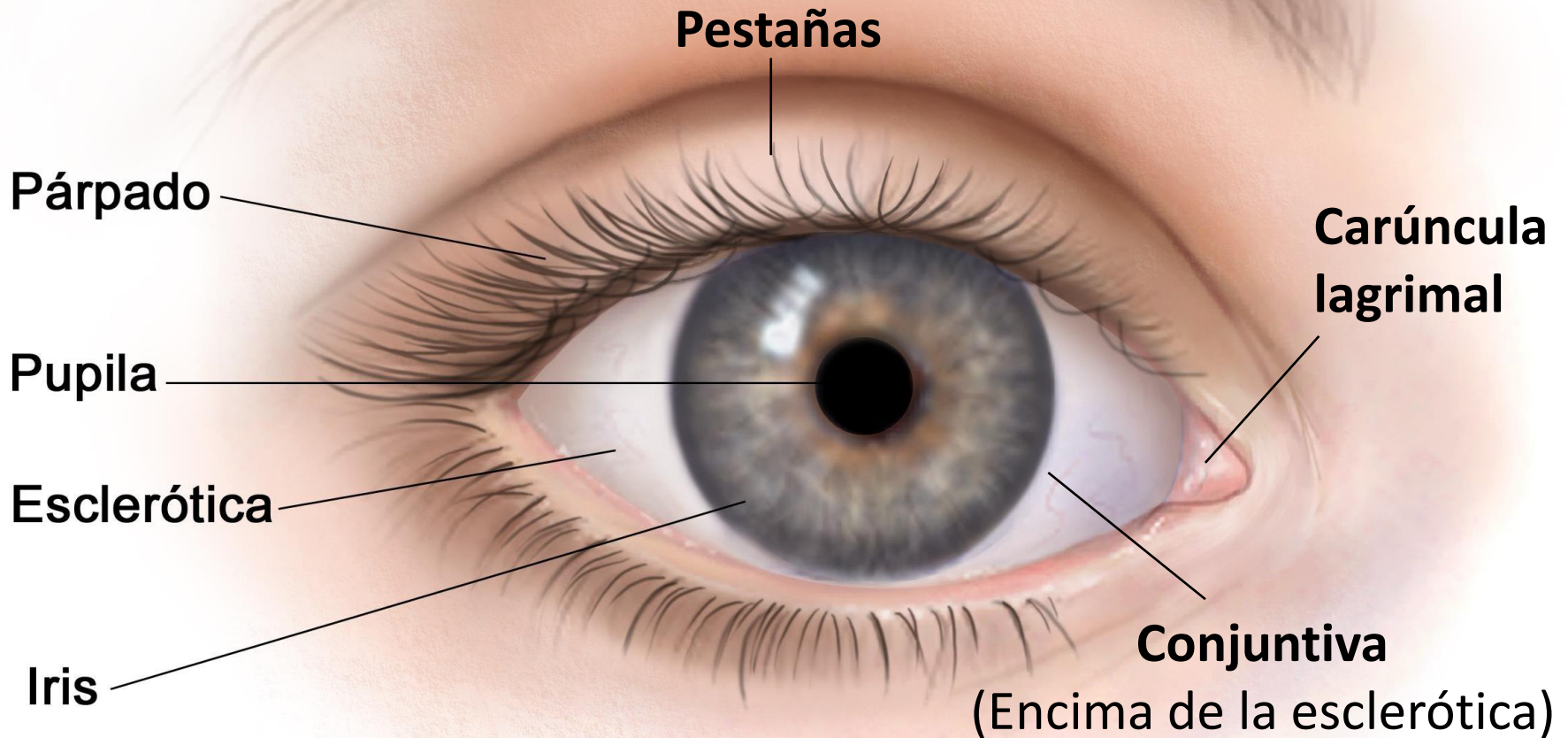
Capsaicina

VISTA

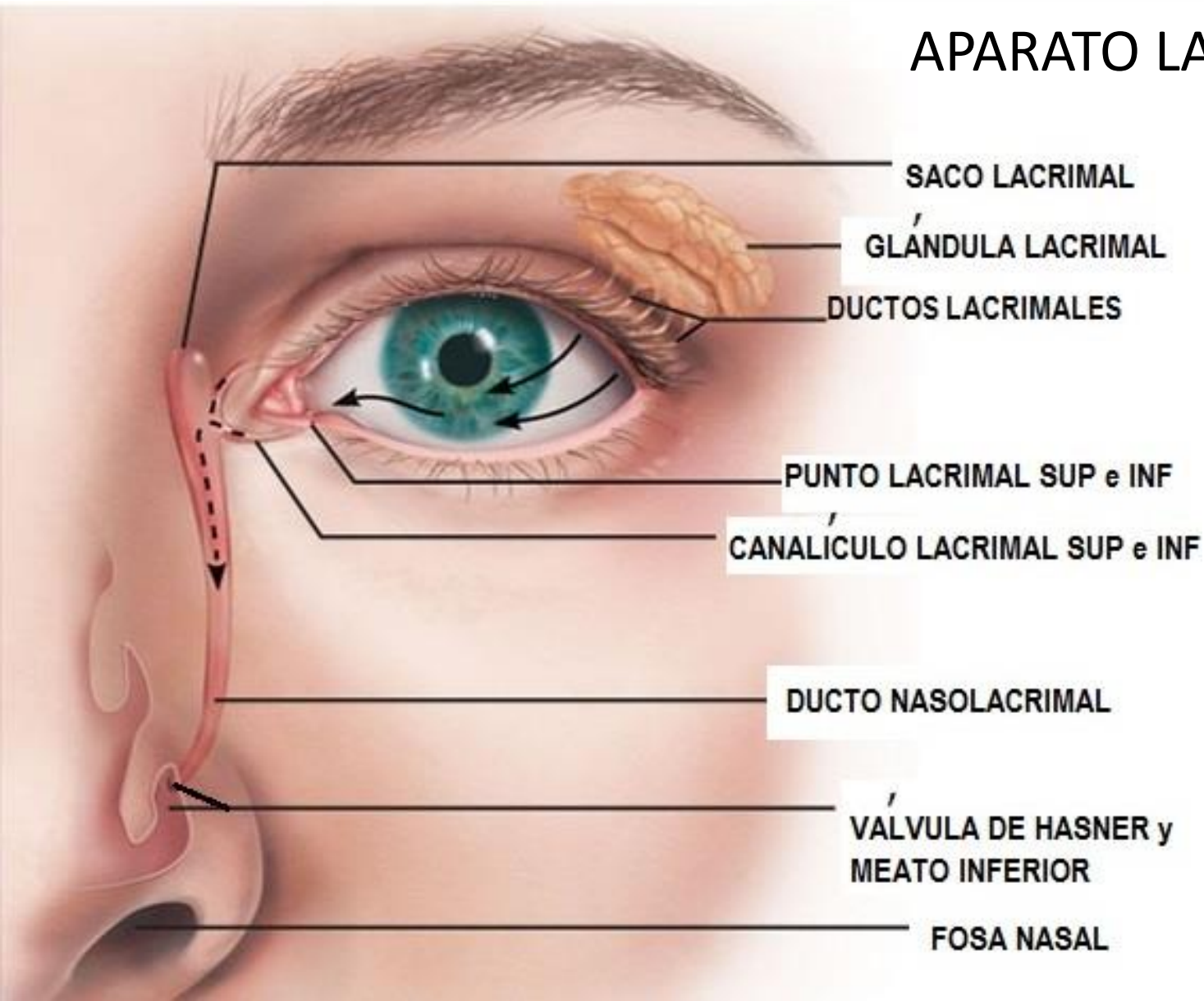
La visión es un órgano muy importante para la supervivencia humana: es el sentido que nos aporta más información externa. Aproximadamente el 70% de la información sensorial que recibe el cerebro procede de la visión

Más de la mitad de los receptores sensoriales están en el ojo y una gran parte de la corteza cerebral se encarga del procesamiento de la información visual

Estructuras accesorias del ojo



APARATO LAGRIMAL



SISTEMA NERVIOSO

Los ojos se encuentran situados en las llamadas órbitas oculares formadas por los huesos del cráneo

Cada ojo se mueve gracias a la actividad de seis ***músculos extrínsecos del ojo***



SISTEMA NERVIOSO

MÚSCULOS EXTRÍNSECOS DEL OJO



Elevador del párpado

Recto superior

Oblicuo superior

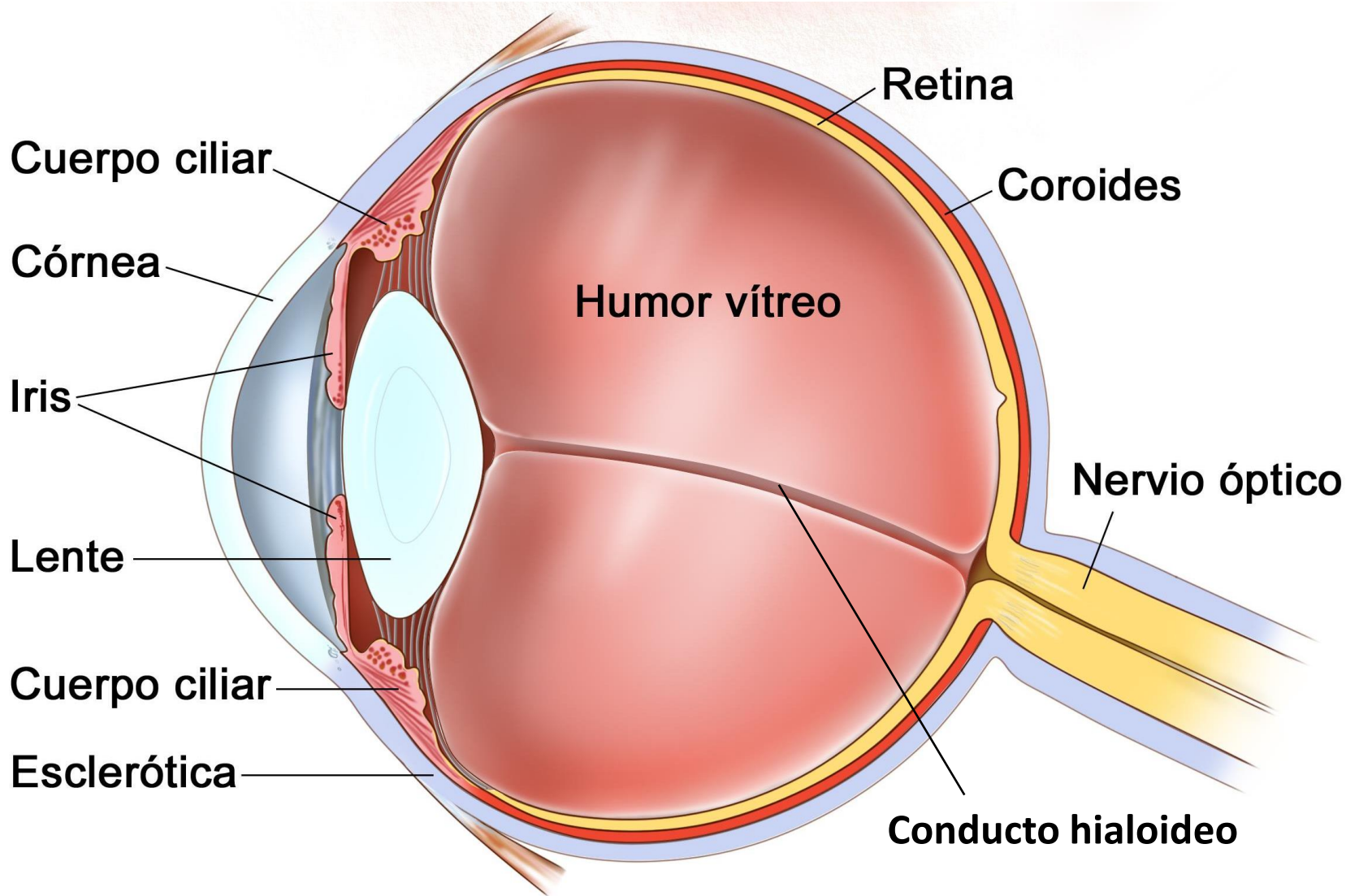
Recto interno

Recto externo

Oblicuo inferior

Recto inferior

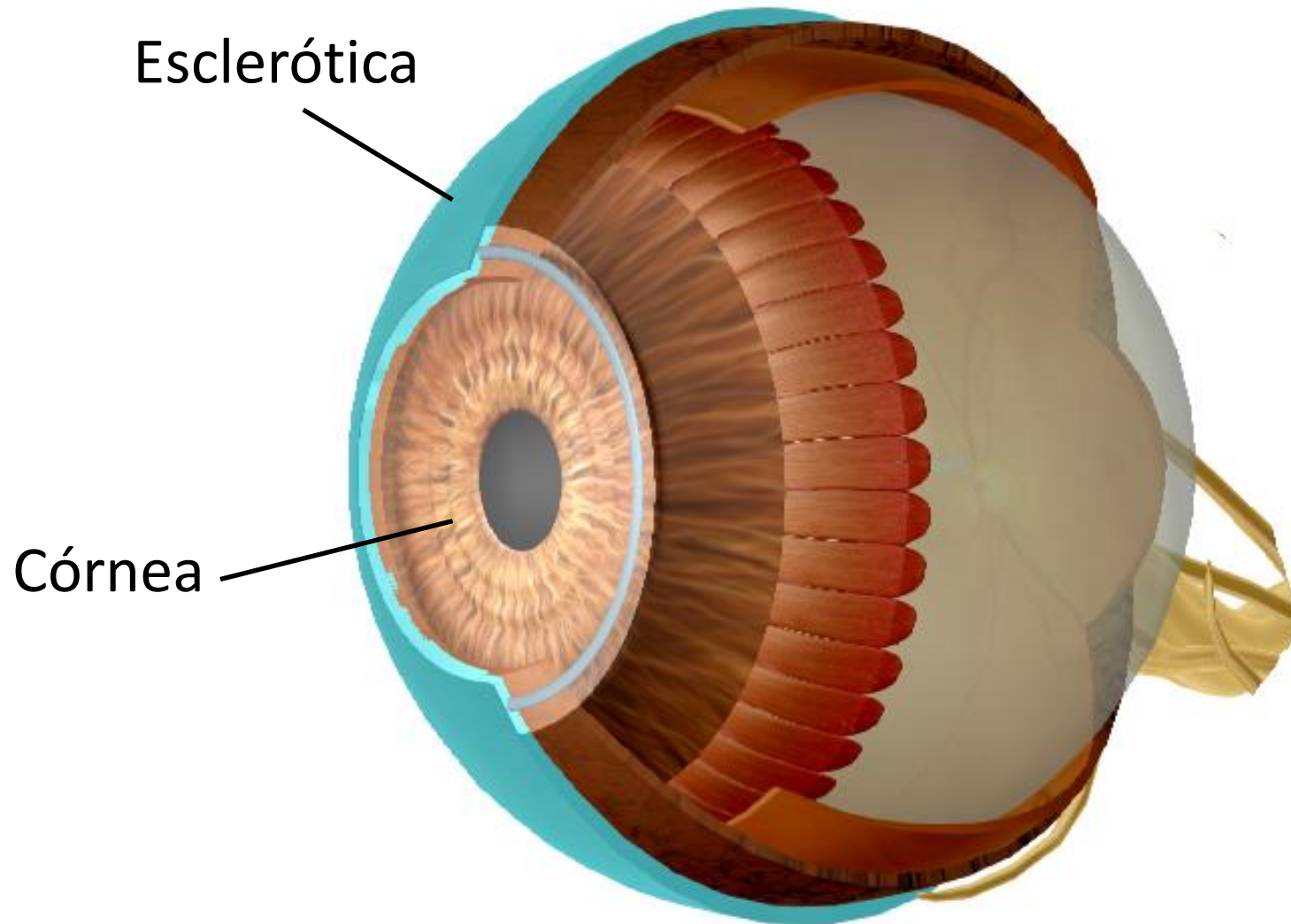
SISTEMA NERVIOSO



El globo ocular está formado por tres capas

Capa fibrosa. Forma la parte más externa. Le da forma y le confiere rigidez. En la parte delantera es transparente y recibe el nombre de ***córnea*** ,y en el resto forma la ***esclerótica***, un tejido conectivo denso (el blanco de los ojos)

SISTEMA NERVIOSO



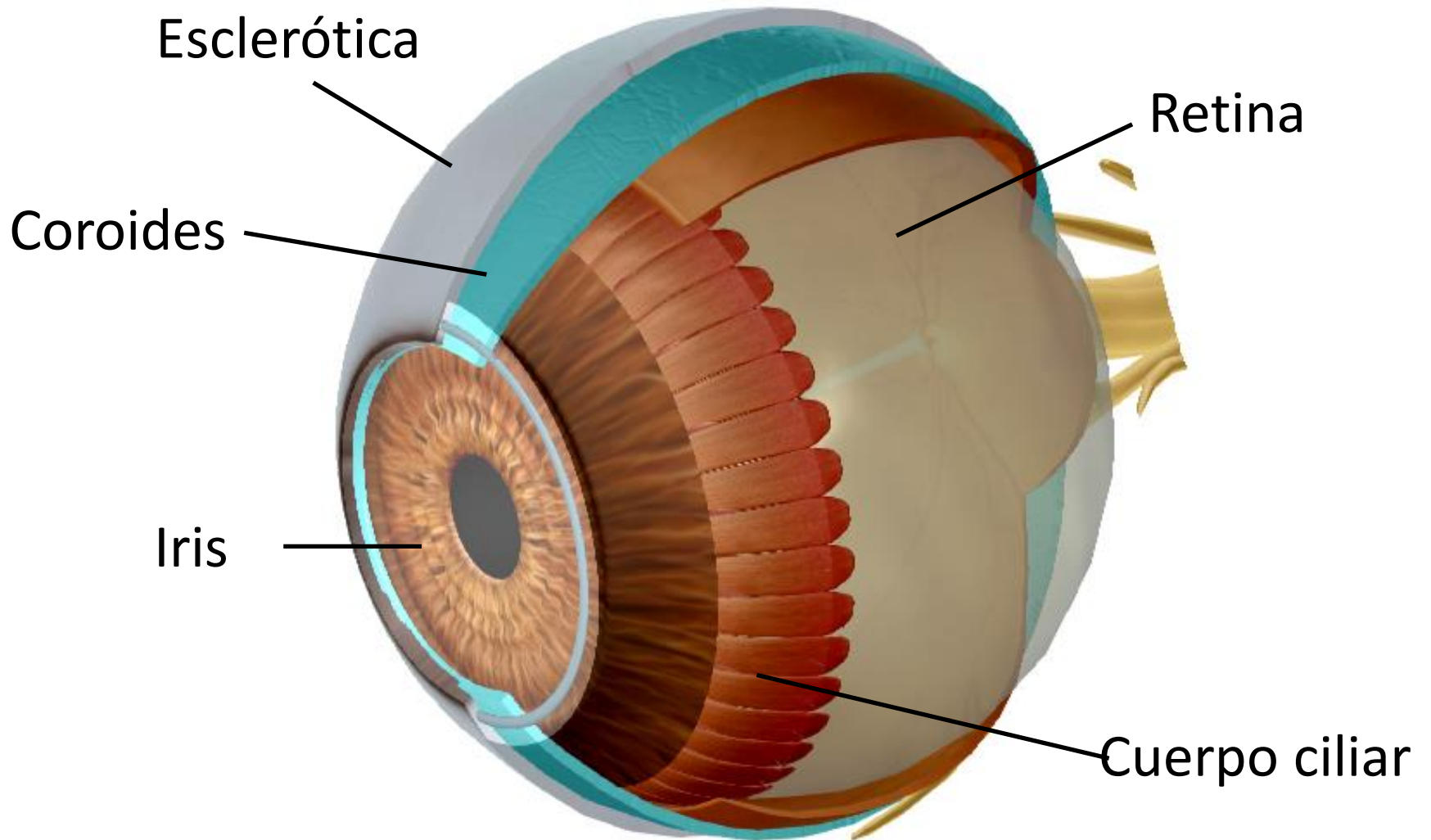
Capa vascular. Es la capa media y consta a su vez de tres partes:

▶ **Coroides.** Está muy vascularizada y cubre la mayor parte de la esclerótica es de color negro.

▶ **Cuerpo ciliar.** Se encuentra en la parte media anterior, los procesos ciliares contienen capilares que segregan el **humor acuoso** y el músculo ciliar que modifica la curvatura del **crystalino**

▶ **Iris.** Es la parte coloreada se encuentra entre la córnea y el cristalino. Está formada por musculo liso radial y circular

SISTEMA NERVIOSO

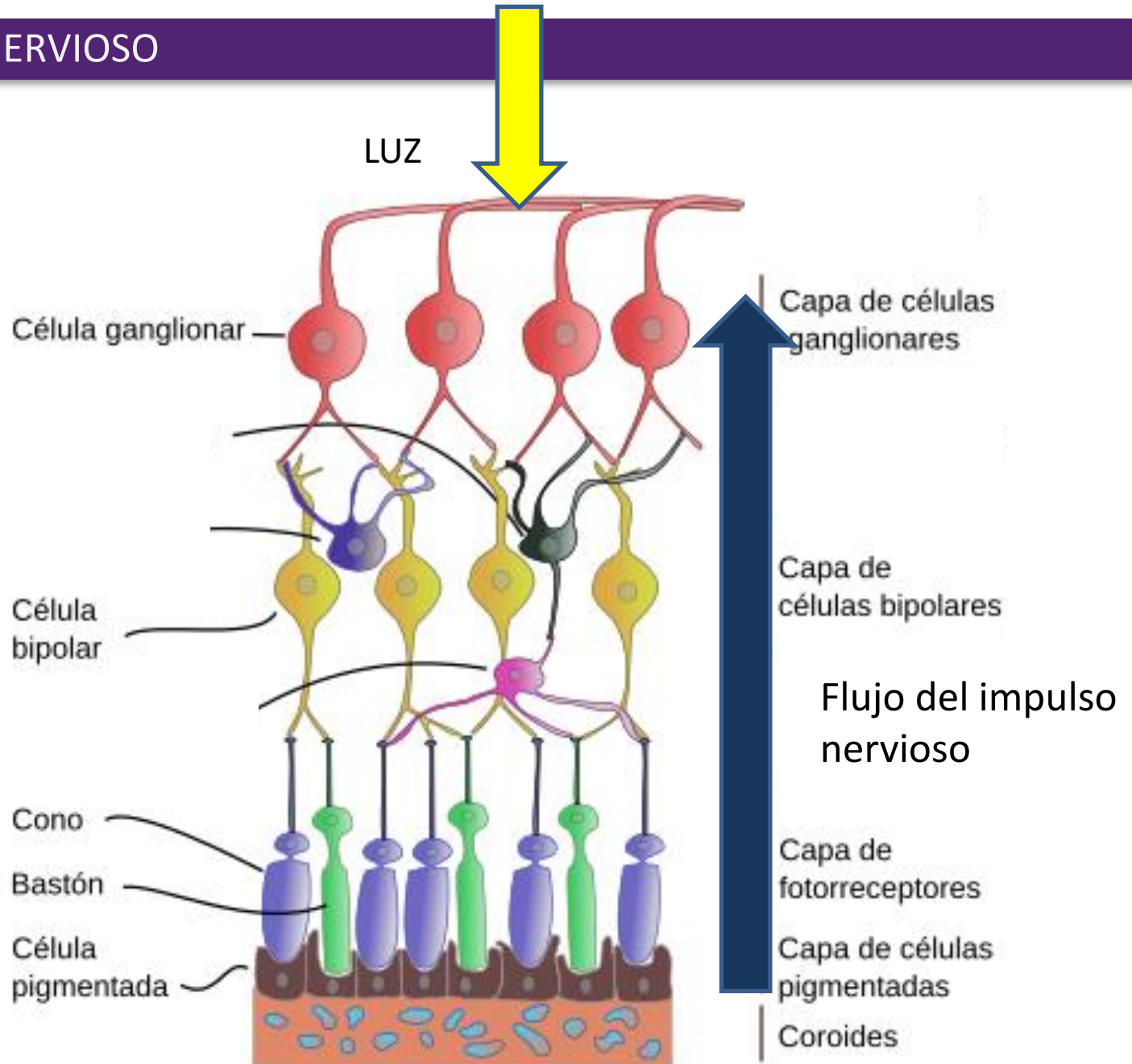


Retina. Es la capa más interna del globo ocular y cubre las 3/4 partes posteriores del mismo. Tiene dos capas: **la pigmentaria**, un epitelio que contiene melanina, y **la capa nerviosa**. Es donde se encuentran las neuronas de tres tipos: **fotorreceptoras, bipolares y ganglionares**.

La retina está muy vascularizada y es el único lugar del cuerpo donde se pueden observar directamente los capilares sanguíneos.

No es una capa continua. Debe permitir la salida del **nervio óptico** y lo hace en el llamado **disco óptico o punto ciego**.

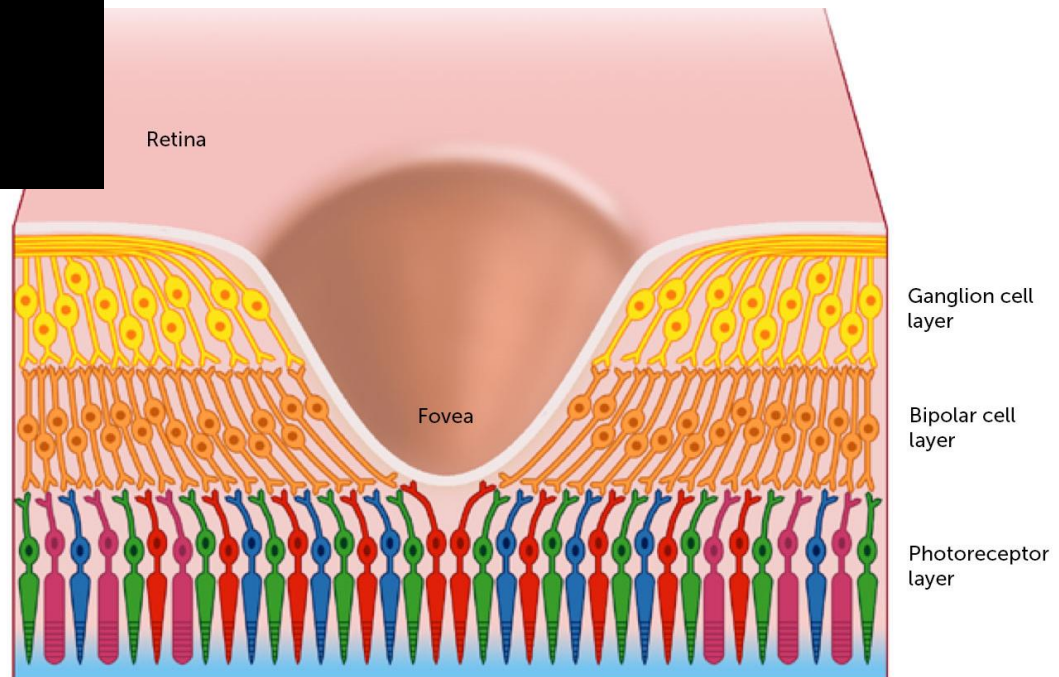
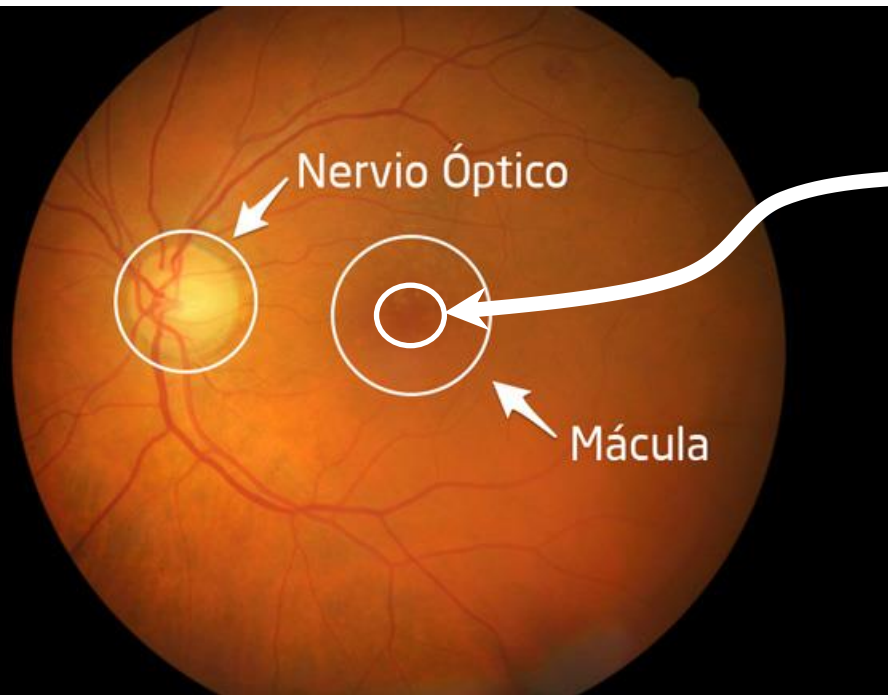
SISTEMA NERVIOSO



En el centro geométrico de la retina se encuentra la ***Mácula lútea*** en mitad de la cual está la ***Fóvea***, una estructura en la que las neuronas ganglionares y bipolares no cubren a los conos y bastones

Es la zona con mayor agudeza visual

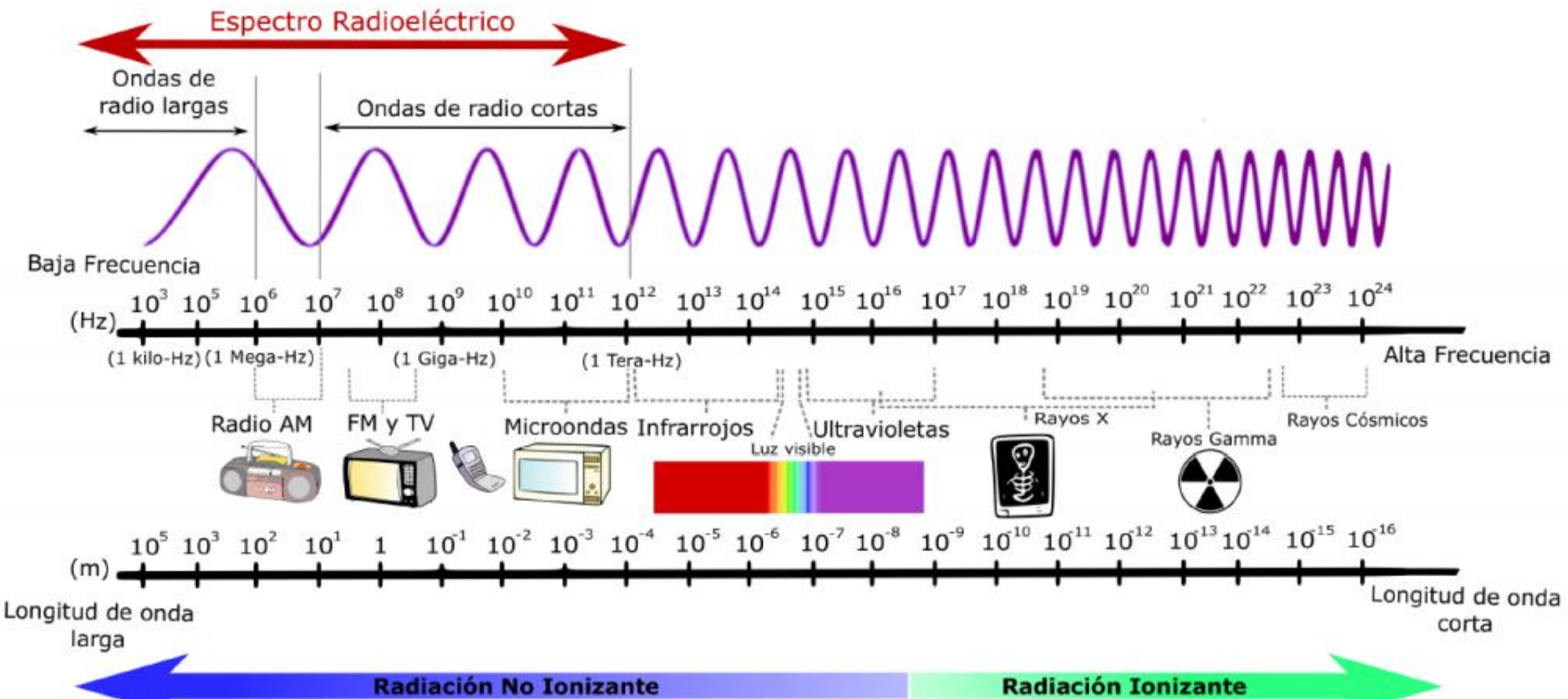
SISTEMA NERVIOSO



SISTEMA NERVIOSO

Los ojos, o los órganos de la visión, son fotorreceptores, es decir, sensibles a la luz

La luz es una franja estrecha de la radiación electromagnética



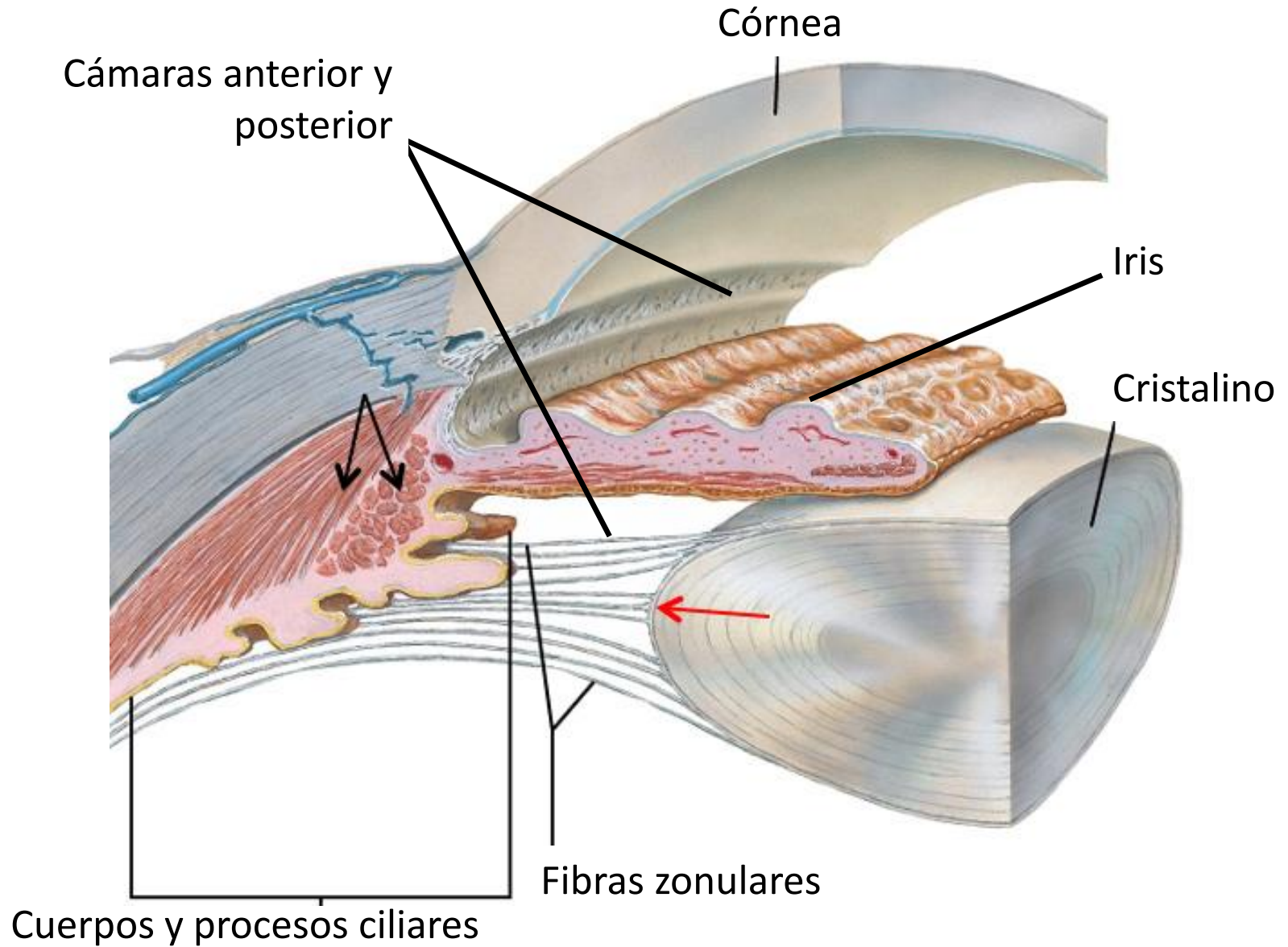
Los fotorreceptores son de dos tipos:

Conos que permiten ver los colores. Tenemos alrededor de 6 millones de tres tipos: sensibles a las luces verdes, rojas y azules

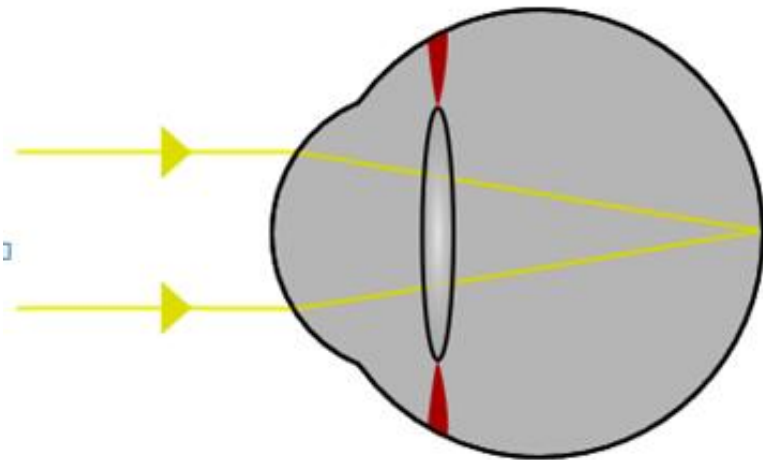
Bastones sensibles a bajas intensidades de luz. Tenemos 120 millones aproximadamente

La distribución de los fotorreceptores no es homogénea en la retina: en el centro hay más conos y en la periferia más bastones

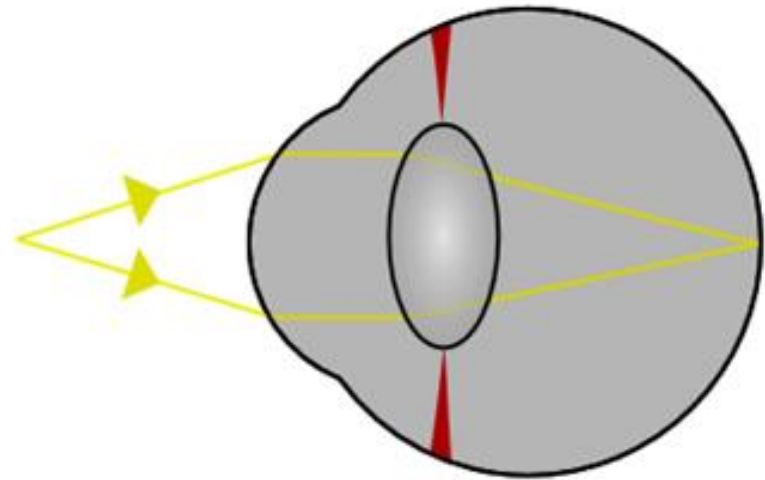
SISTEMA NERVIOSO



Acomodación del cristalino



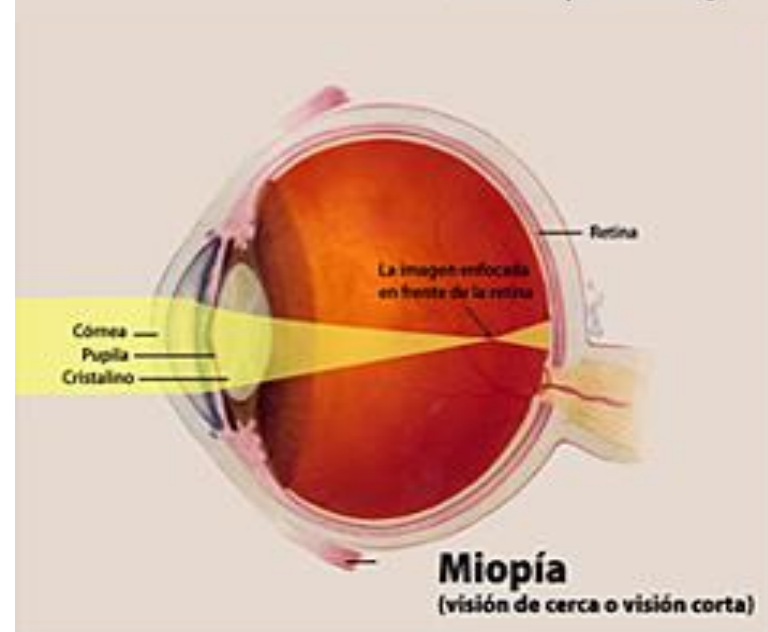
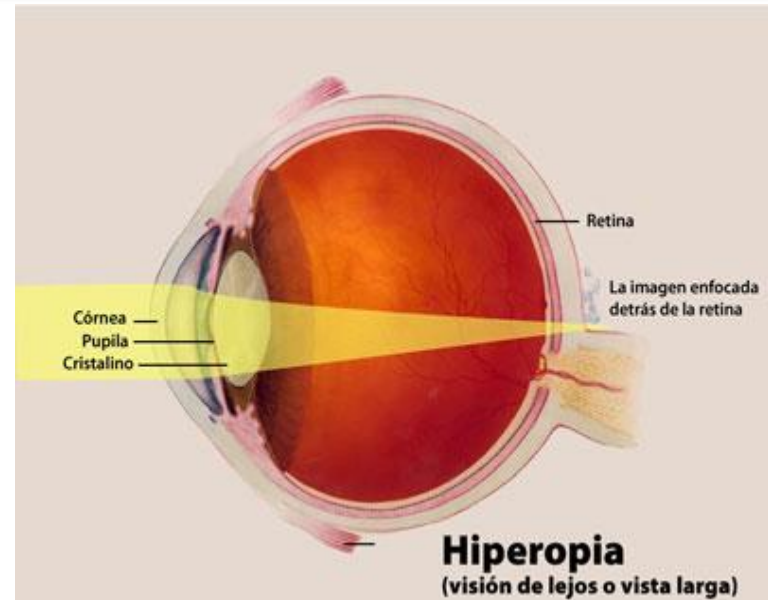
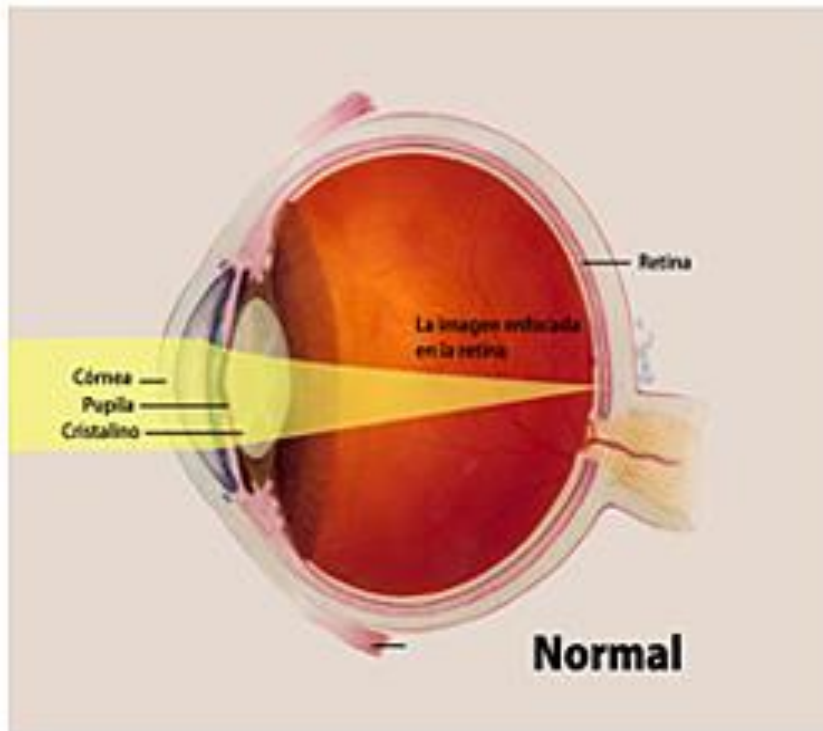
Enfoque lejano



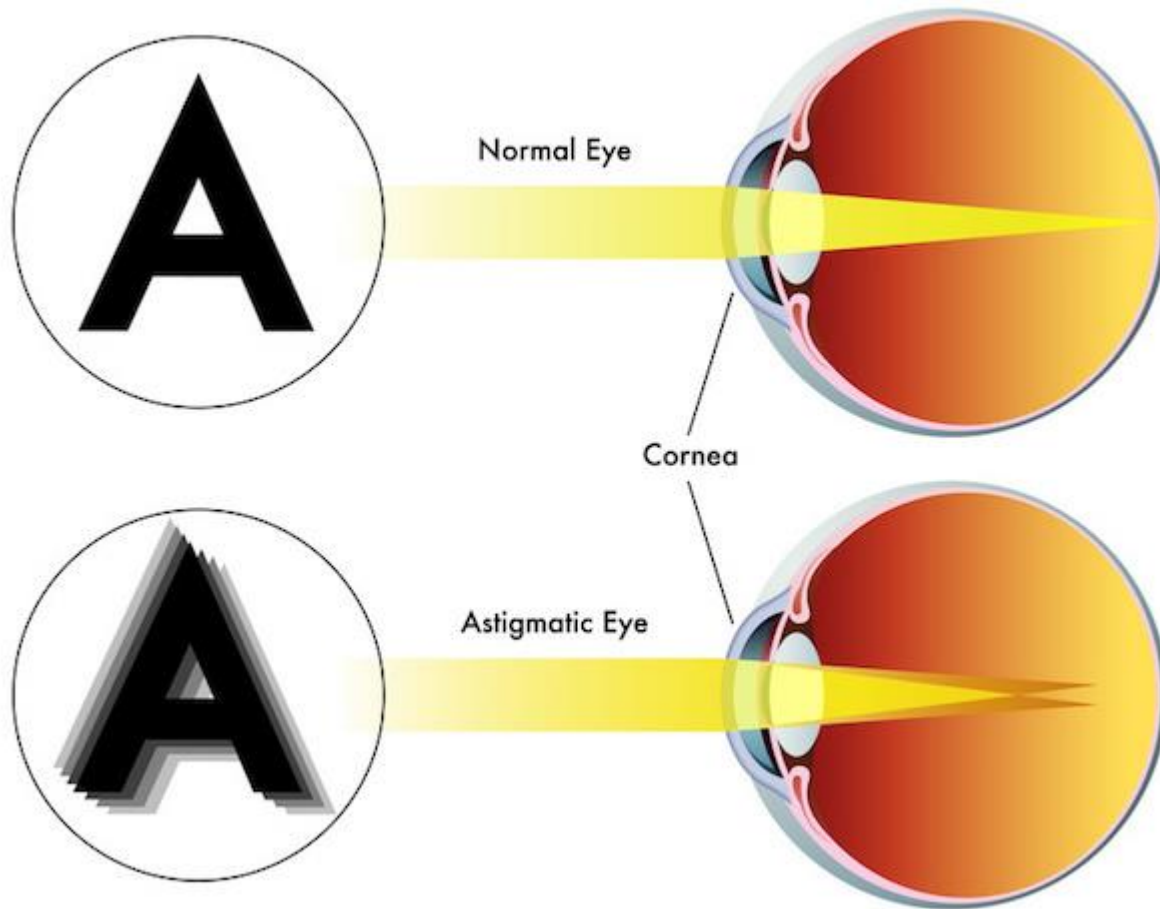
Enfoque cercano

SISTEMA NERVIOSO

Básicamente son tres alteraciones: *miopía*, *hipermetropía* y *astigmatismo*

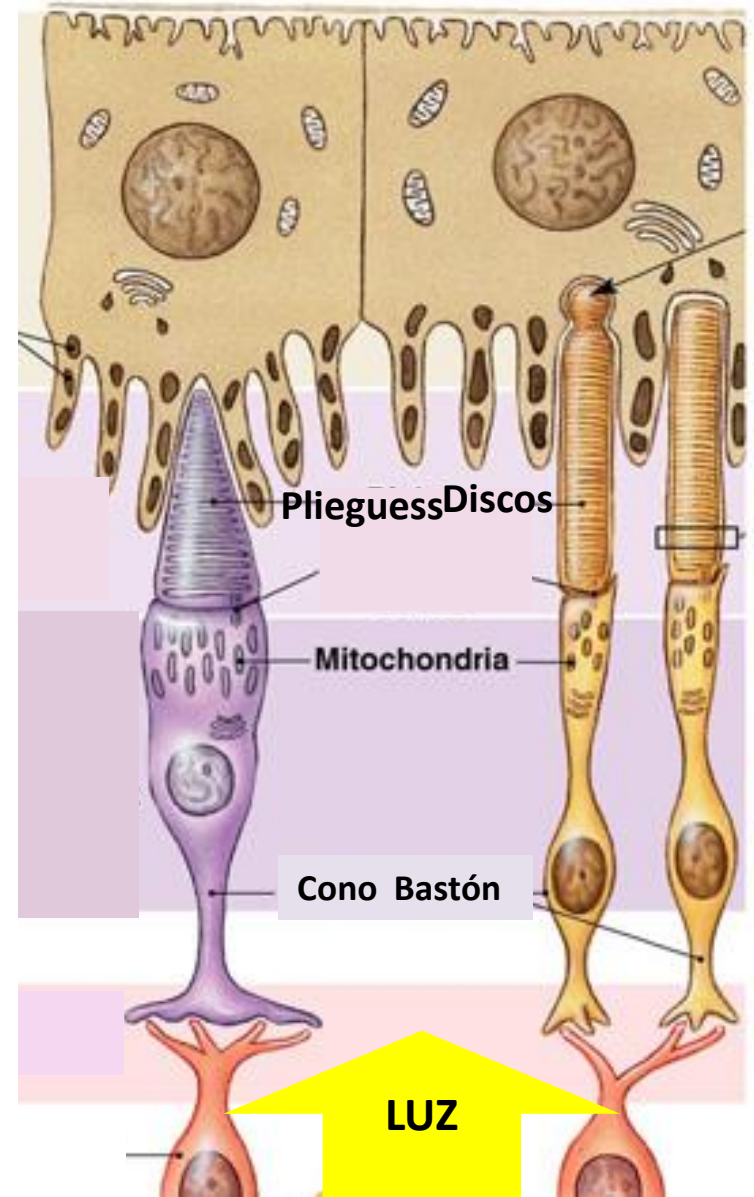
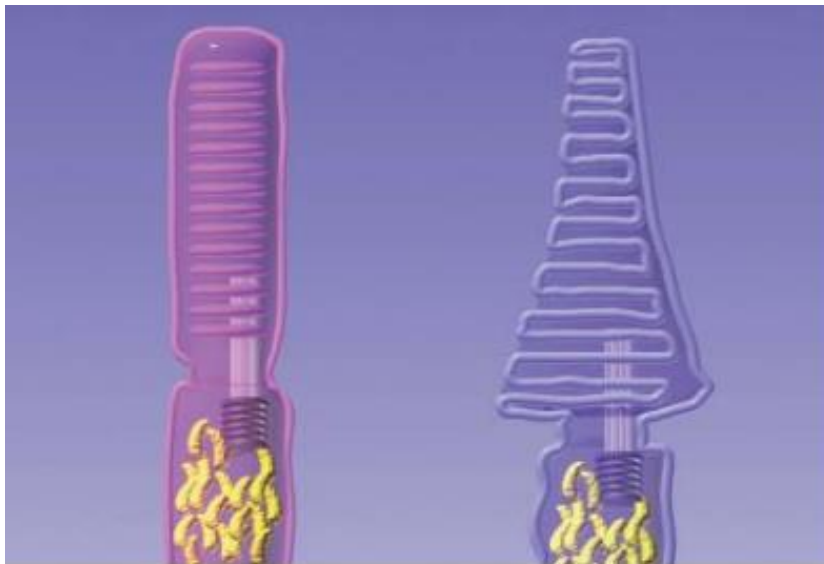


Básicamente son tres alteraciones: ***miopía, hipermetropía y astigmatismo***

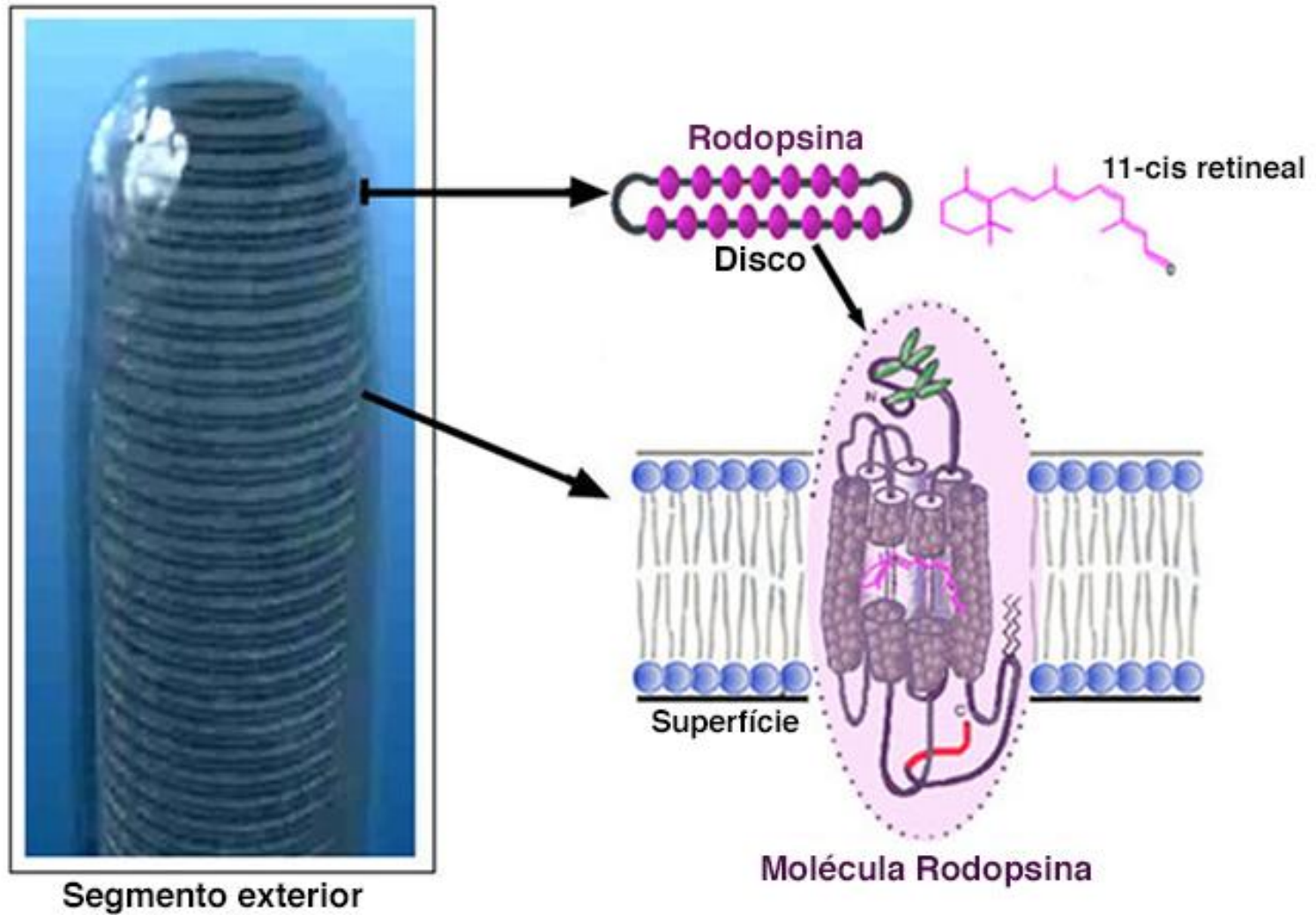


SISTEMA NERVIOSO

El proceso de conversión de la luz en un potencial se produce en el extremo de los fotorreceptores en unas estructuras de membrana que forman discos (bastones) o pliegues (conos)

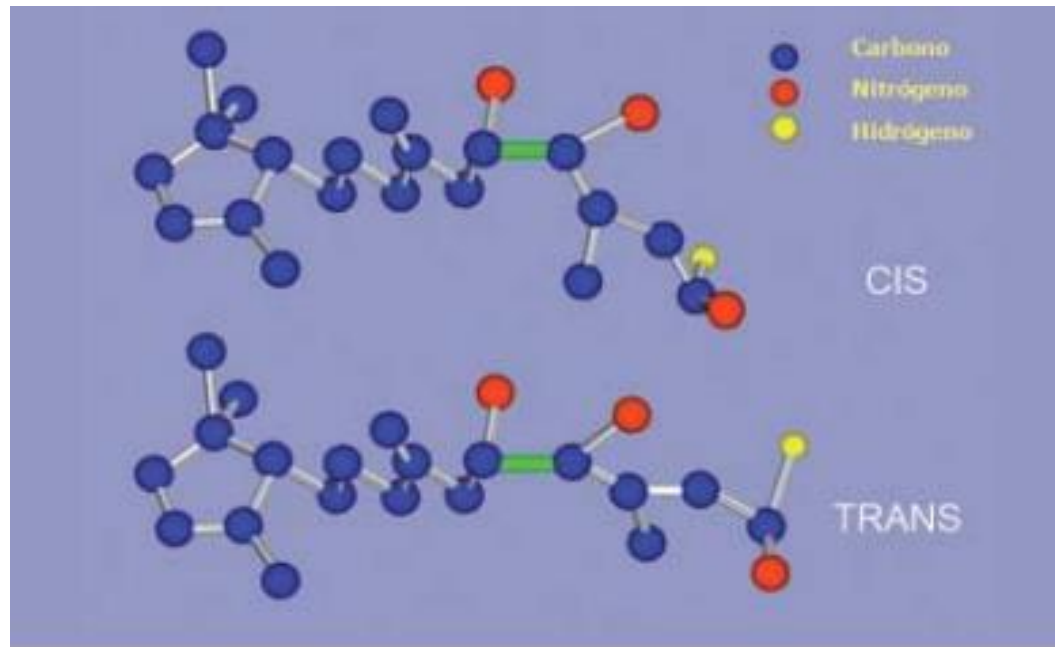


SISTEMA NERVIOSO



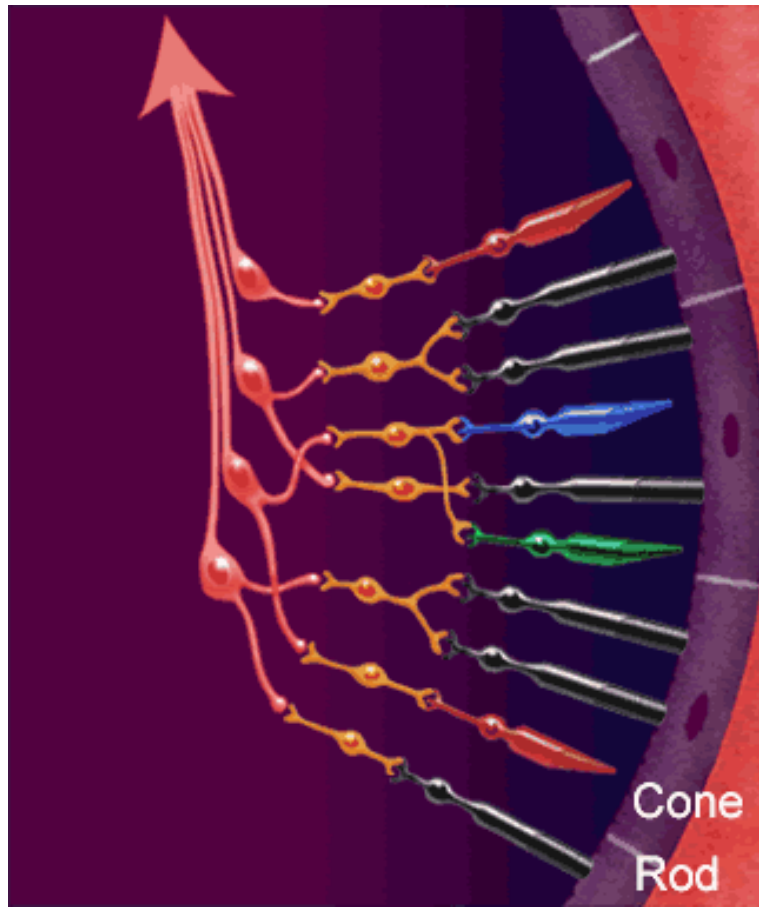
SISTEMA NERVIOSO

El retinal es la sustancia que absorbe la luz en todos los fotorreceptores, las opsinas son de 4 tipos de forma que pueden absorber diferentes tipos de luz (diferente longitud de onda)



SISTEMA NERVIOSO

La captura de fotones en los conos y bastones es la responsable de la emisión de un impulso entre estos y las células bipolares.



SISTEMA NERVIOSO

