

SISTEMA NERVIOSO. Capítulo II

Nos habíamos quedado en el punto señalado

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.



Vamos a estudiar en primer lugar el impulso nervioso

SISTEMA NERVIOSO

EL IMPULSO NERVIOSO

Las neuronas son células especializadas en emitir por sus axones **impulsos nerviosos**. ¿Qué es el impulso nervioso?

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

Puedes ver un gif en la página web de como se transmite a lo largo del axón



Lo que viaja a lo largo del axón no es exactamente lo mismo que la electricidad que va por un cable.

Es de naturaleza electroquímica. Esto significa que se mueven iones a un lado y otro de la membrana del axón

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

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. Principalmente el Na^+ y el K^+ , aunque también participan otros iones

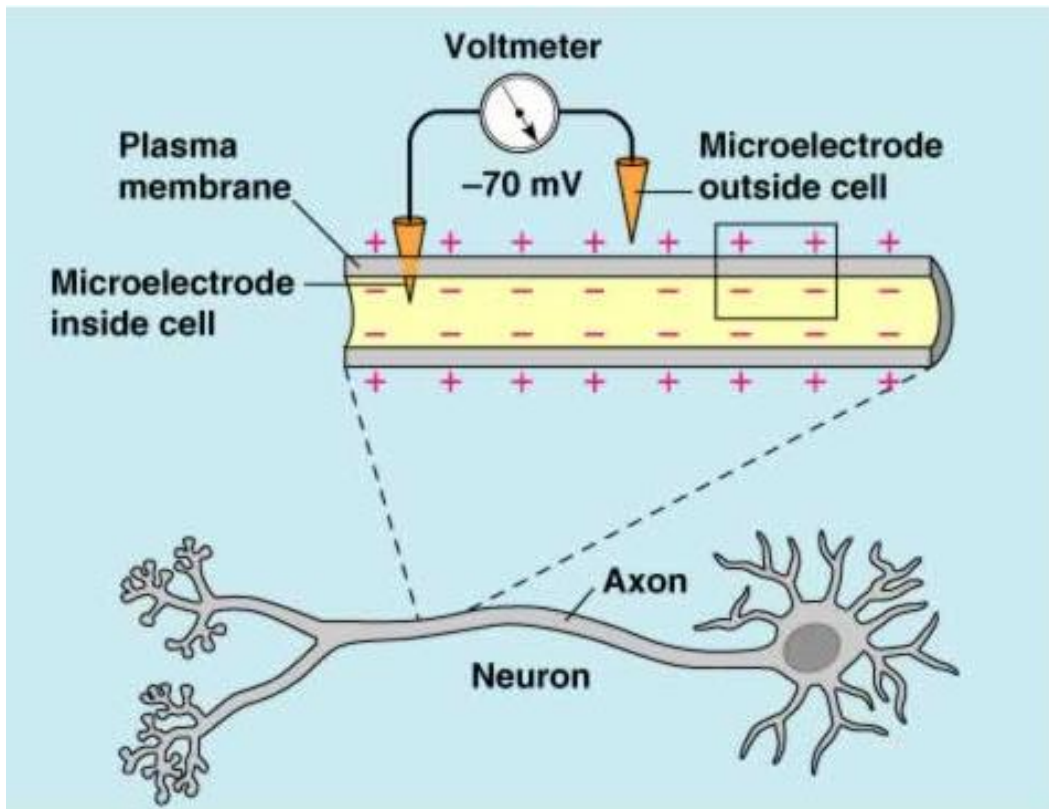


Este tipo de pilas tienen una diferencia de potencial de 1,5 Voltios, entre el polo + y el polo -

Apenas 21,4 veces más que la que hay entre un lado y otro del axón

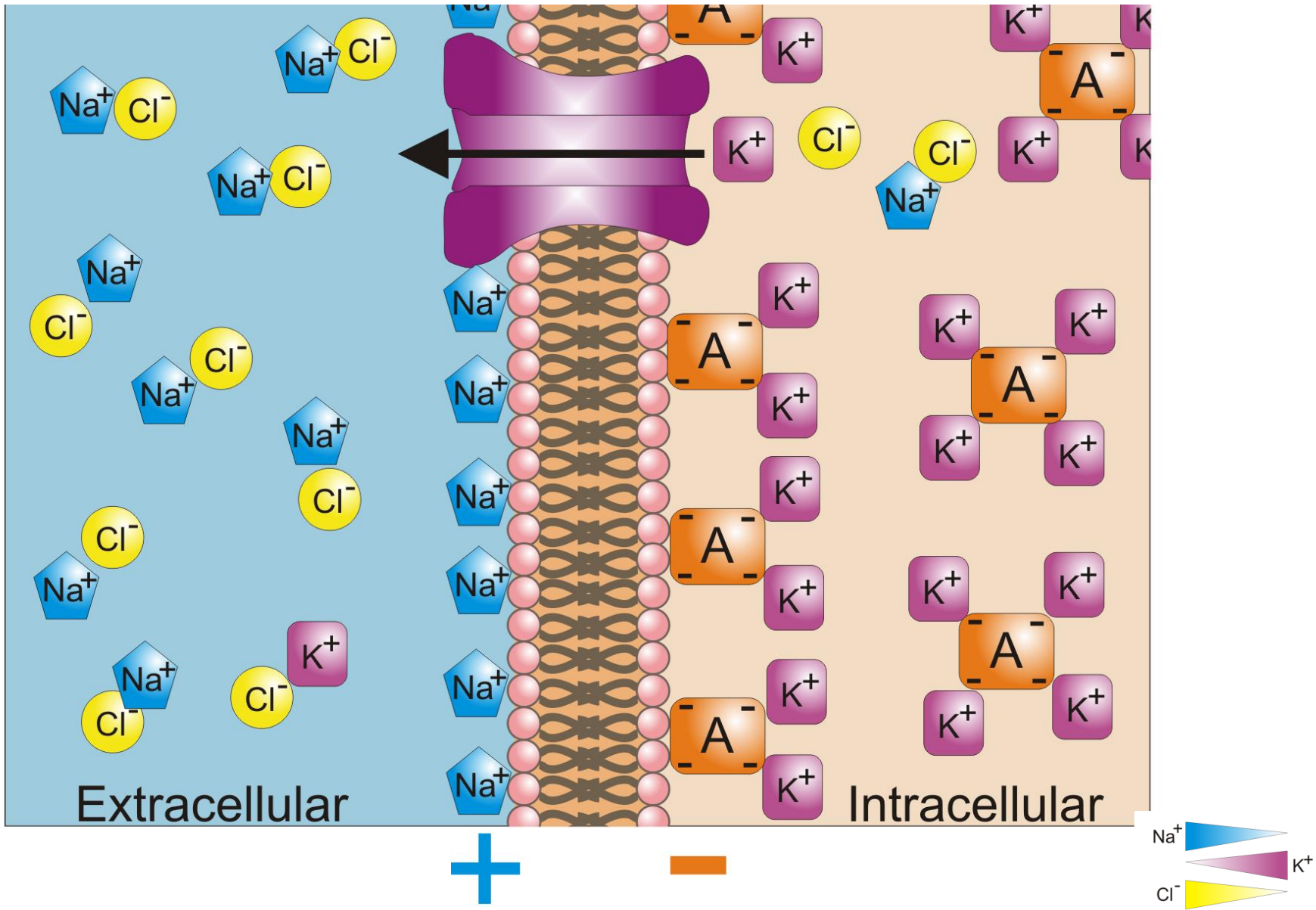
SISTEMA NERVIOSO

Esta diferencia de potencial se puede medir con un voltímetro. Y cuando muchos axones transmiten impulsos nerviosos se puede registrar mediante lo que se llama un electroencefalograma



En la siguiente diapositiva puedes ver la distribución de iones a un lado y otro de la membrana axonal

SISTEMA NERVIOSO



Para entender la naturaleza del impulso nervioso hay que saber que en todas las células vivas hay una serie de mecanismos de transporte de sustancias a través de la membrana.

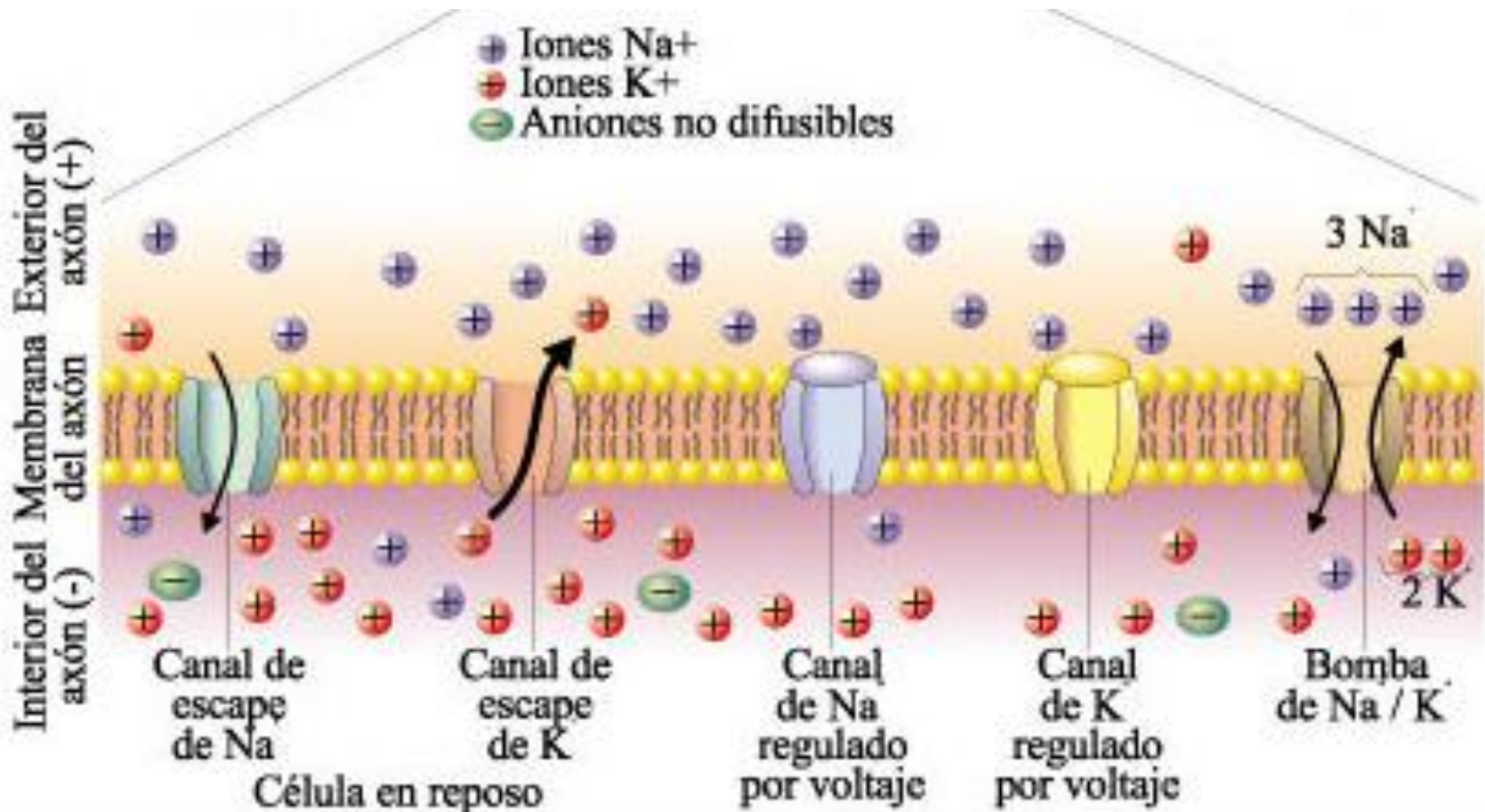
Estos sistemas están formados por unas proteínas de membrana que actúan básicamente como:

- ▶ 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. **Transporte activo**, requieren energía

SISTEMA NERVIOSO

Los canales iónicos son como puertas que pueden abrirse o cerrarse. La apertura, de los canales para Na^+ y K^+ pueden ser controlados por neurotransmisores o por voltaje...

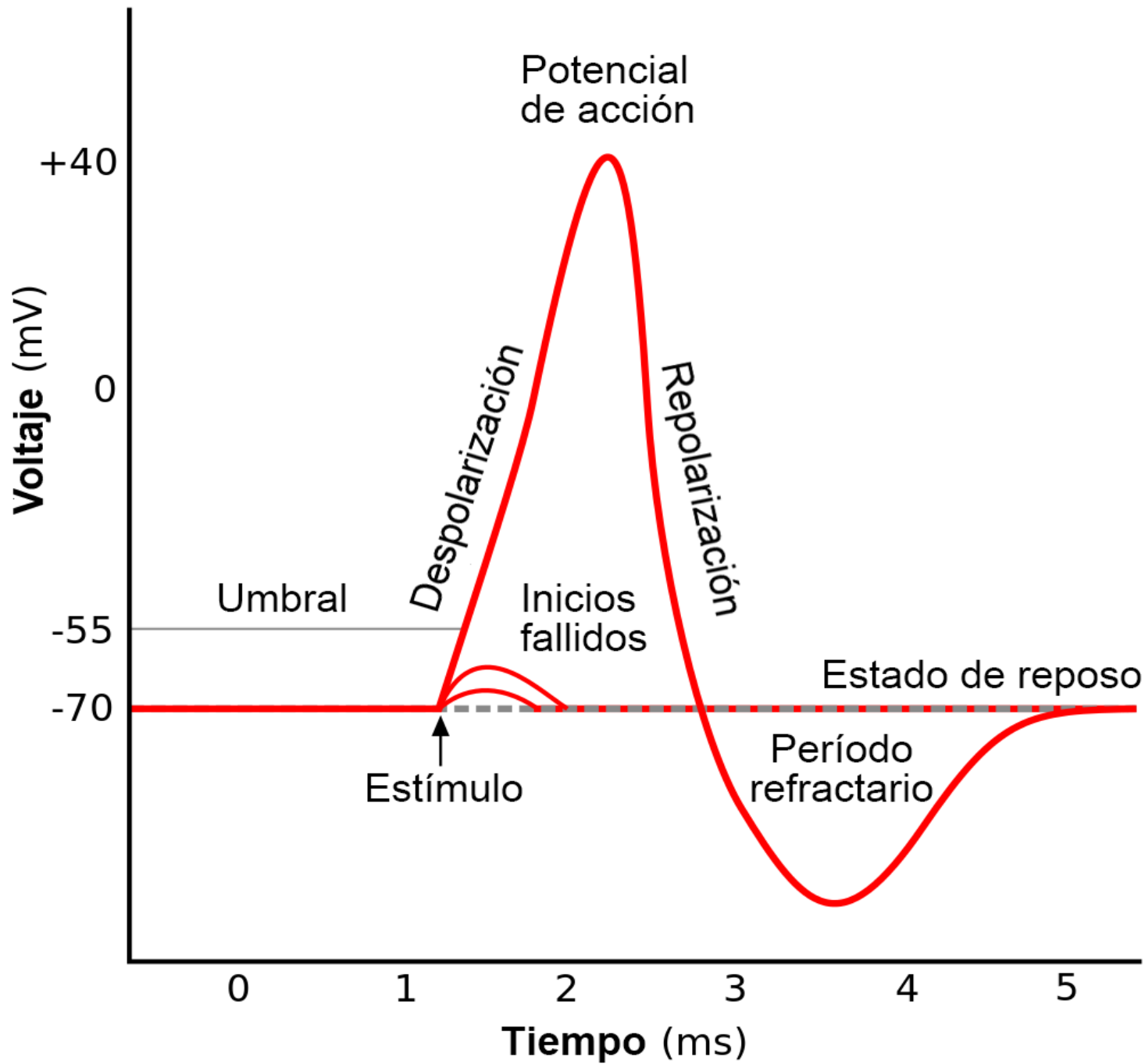


El ***potencial de acción*** se produce por una salida rápida de K^+ y una entrada de Na^+

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

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

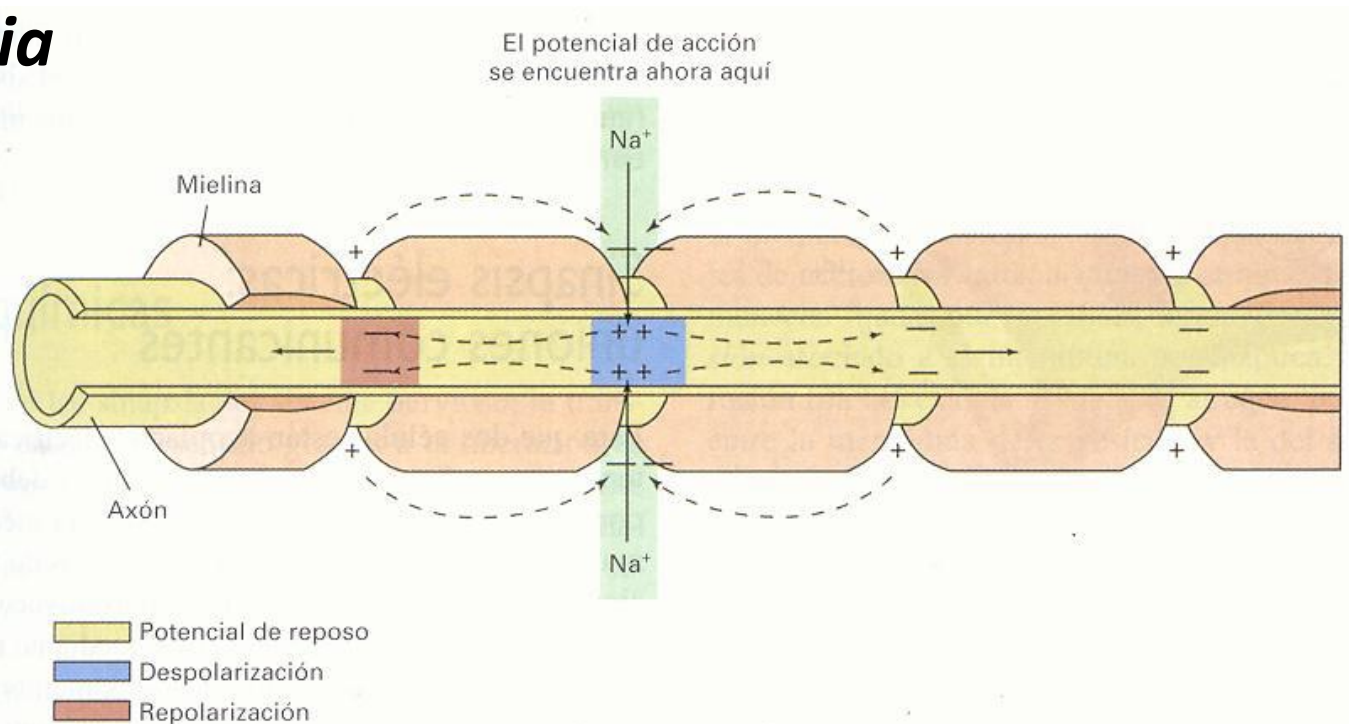
Esto hace que se propague de un modo parecido a como lo hacen las fichas de dominó, pero a diferencia de estas, se va regenerando el potencial de reposo por detrás del impulso nervioso



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

El concepto **unidireccional** creo que no requiere más explicación.

El que es de tipo **todo/nada**, también es sencillo: imagina que enciendes la luz pulsando el interruptor. La luz está encendida o apagada, no puede estar medio encendida. El impulso nervioso se manda o no se manda. Y siempre tiene la misma intensidad. No se enciende mucho más, o sólo un poco

Y por último, una neurona emitiendo impulsos nerviosos, siempre son iguales, sean de la retina, de la piel o en la corteza neuronal. Y de lo intenso del estímulo. No hay “espigas” más o menos altas

Esto significa que independientemente del tipo o la intensidad del estímulo que lo desencadena , siempre el potencial de acción es igual

¿Entonces cómo se reconoce un estímulo más intenso?
¿cómo diferenciamos entre un dolor intenso y uno leve,
un flash o la luz de una vela?

Esto se puede distinguir mediante el número de impulsos emitidos por la neurona: desde unos pocos, hasta cerca de 1000/s

SISTEMA NERVIOSO

En resumen, la señal que comunica una neurona con otra, o bien una neurona con un músculo, es una señal de tipo electroquímico que viaja a gran velocidad por el axón

Pero al llegar a la conexión con la siguiente neurona, el terminal axónico, esa señal electroquímica no pasa a la parte postsináptica

Aunque hay algunas sinapsis eléctricas, son muy raras

Vamos a ver el siguiente punto....

SISTEMA NERVIOSO

SINAPSIS

Llamamos sinapsis a la conexión entre dos neuronas

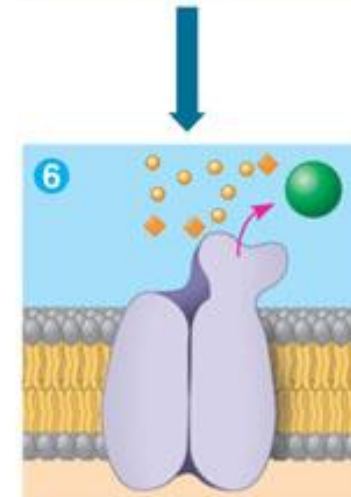
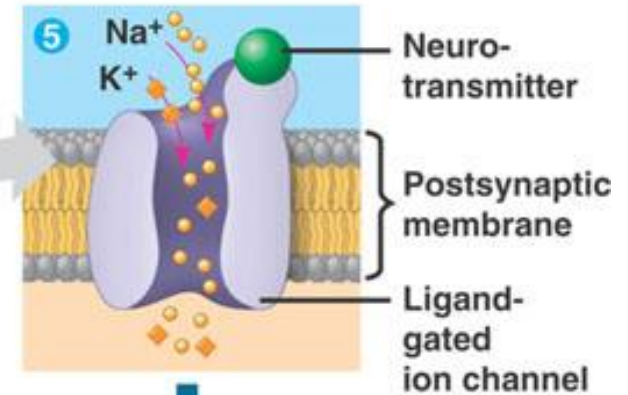
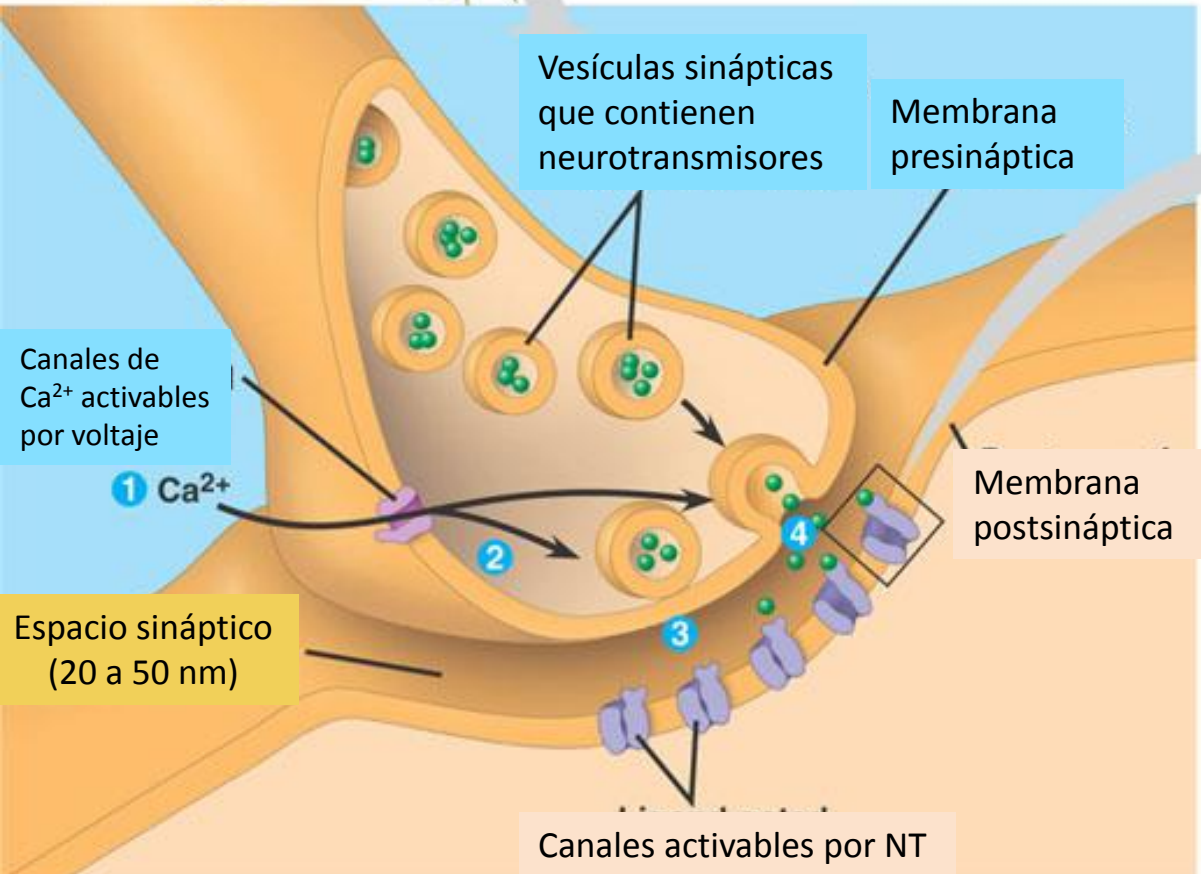
El impulso nervioso que corre por el axón no salta a la siguiente neurona o al músculo.

Cuando llega a los terminales presinápticos se produce la liberación de una sustancia química que se almacenan en vesículas llamadas **neurotransmisores**

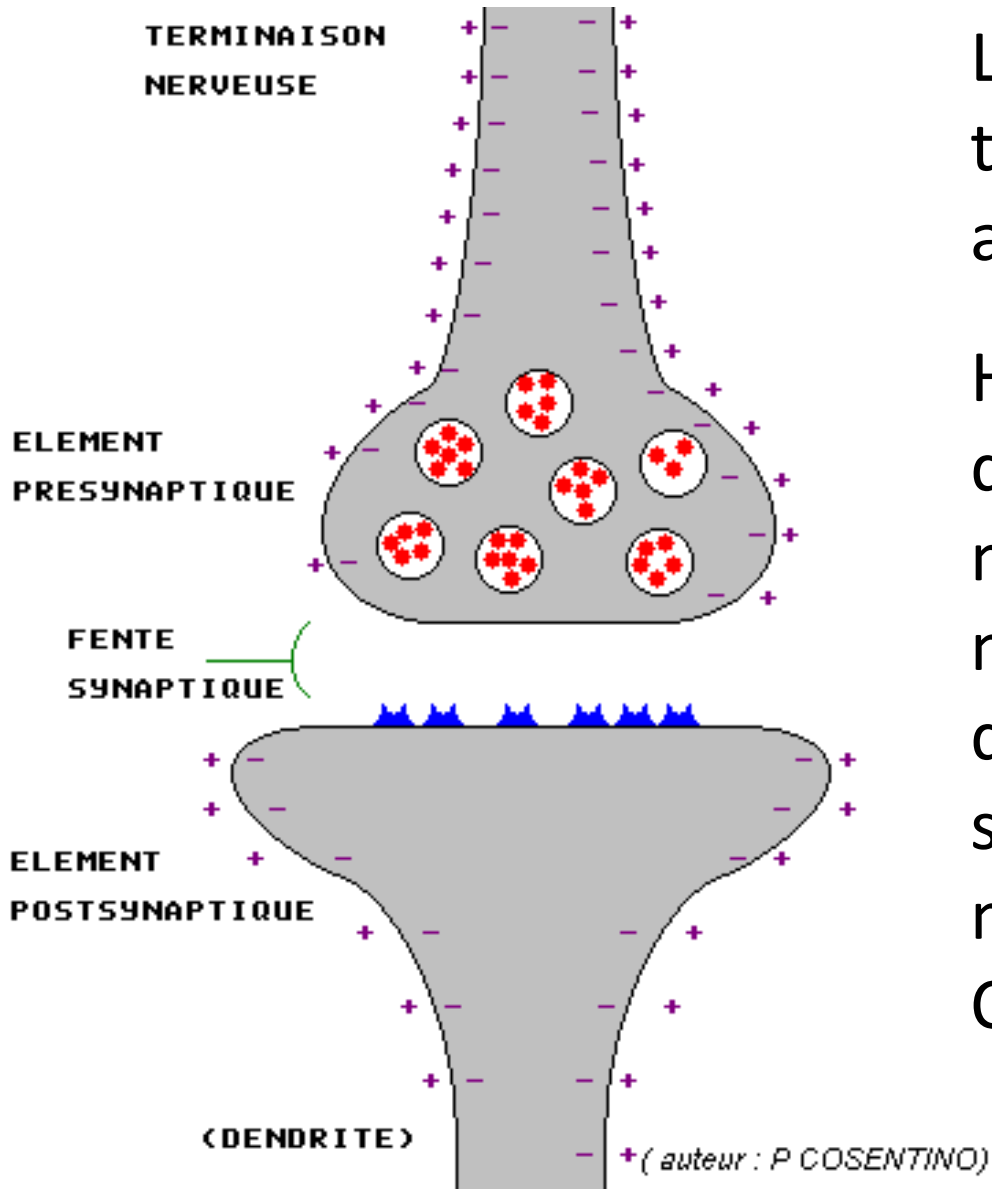
Estas moléculas son recibidas por la parte postsináptica gracias a unos receptores de membrana semejantes a los que tienen las células diana de una hormona

SISTEMA NERVIOSO

SINAPSIS



SISTEMA NERVIOSO



La brecha sináptica tiene un espesor de apenas 20 a 50nm.

Hasta que no se desarrolló el microscopio electrónico no se pudo comprobar que existía el espacio sináptico predicho muchos años antes por Cajal

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.***

La neurona tiene que integrar todas las señales y decidir si emite o no emite un impulso nervioso a lo largo de su axón.

Vamos a verlo con un ejemplo...

SISTEMA NERVIOSO

Muchas personas mandando un *whastapp* a una «*neurona*» es equivalente a la **sumación espacial**;



SISTEMA NERVIOSO

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...

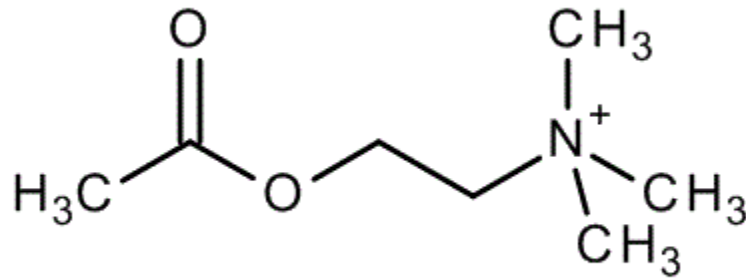
Estos contenidos son para estudiar y comprender, no para memorizarlos.

Las últimas diapositivas, con fondo amarillo, son contenidos complementarios que permiten atraer tu atención sobre la aplicación de lo que estamos estudiando

ACETILCOLINA

Es principalmente un NT excitatorio

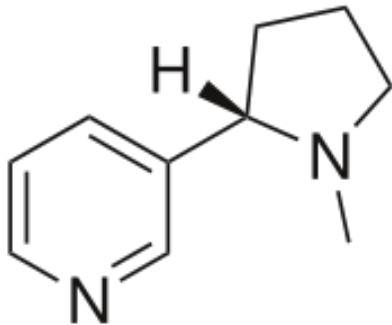
Es el NT que se libera en los nervios motores (SNP) y también en algunas sinapsis del SNC



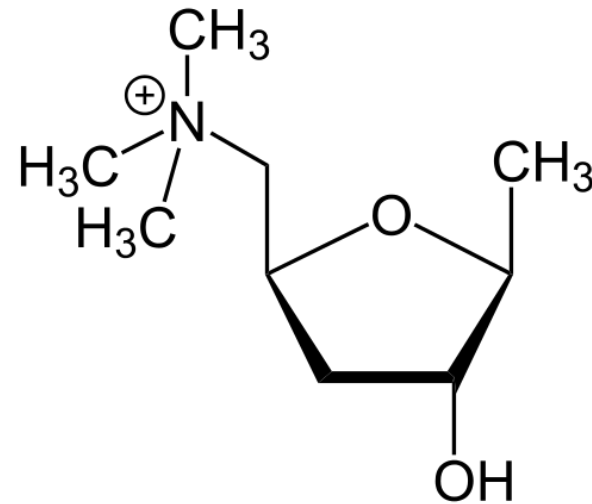
SISTEMA NERVIOSO

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

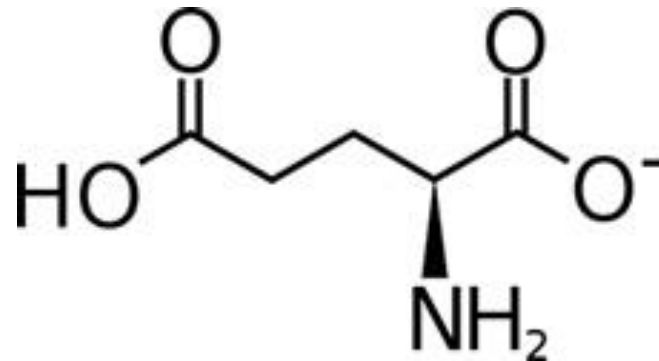


[Muscarina](#)

GLUTAMATO

Es el NT excitatorio más extendido en el SNC

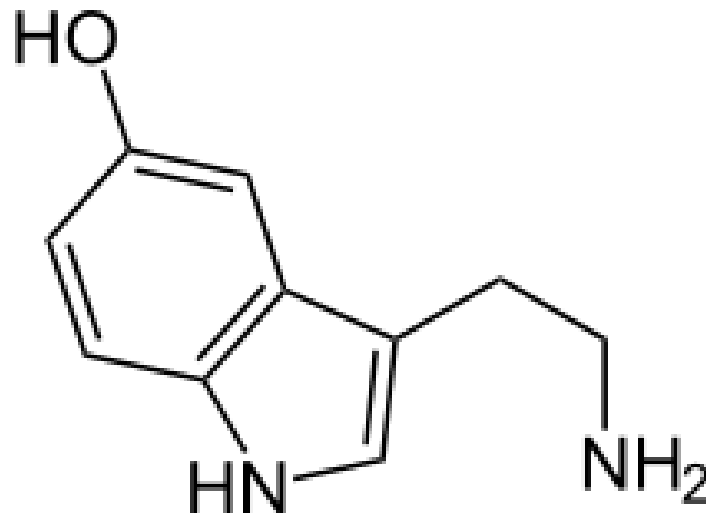
Induce una despolarización muy potente en las neuronas postsinápticas



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

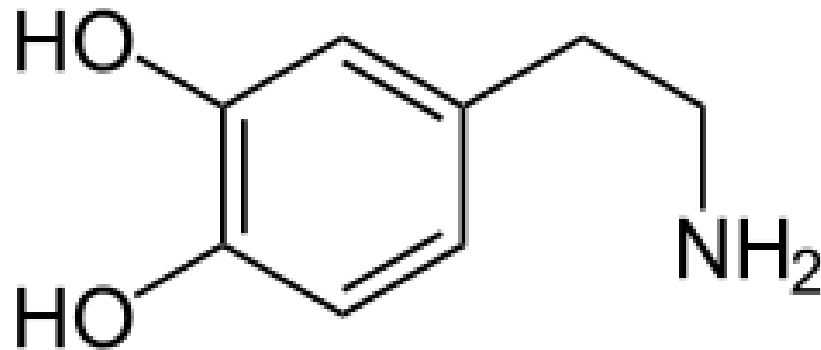


DOPAMINA

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

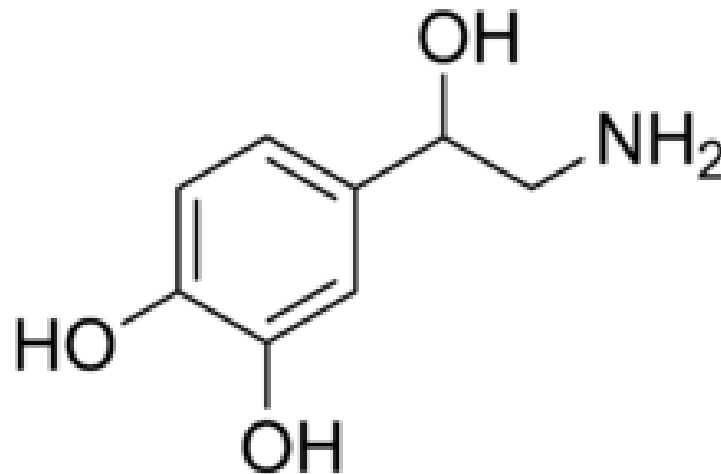


NORADRENALINA

Es principalmente de tipo excitatorio

Ampliamente distribuida en el SNC y SNP

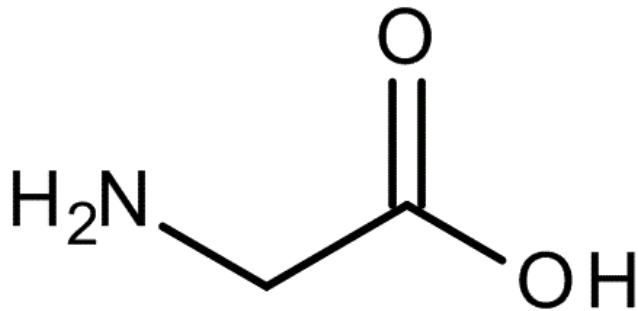
Tiene un papel importante en el estado de ánimo



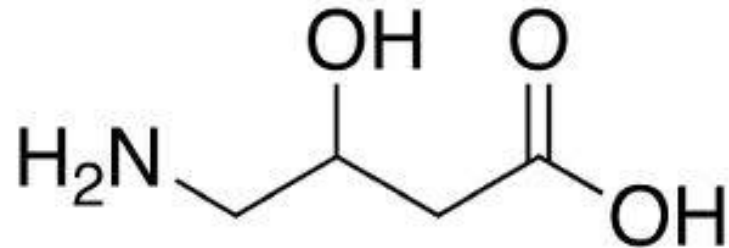
GLICINA Y ÁCIDO GANMA (γ) AMINO BUTÍRICO (GABA)

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

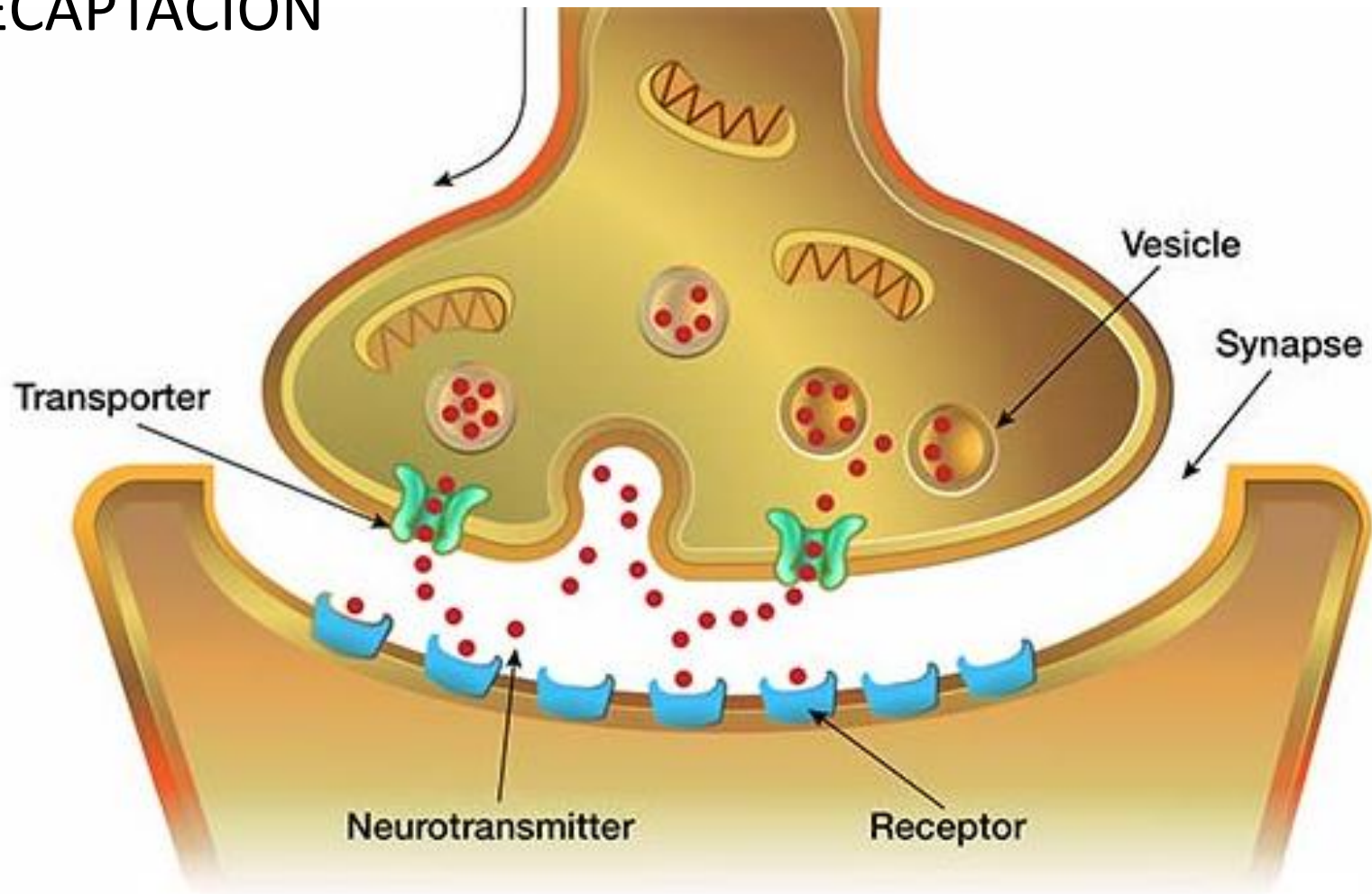
Esto se puede lograr por tres vías:

Degradación enzimática

Recaptación selectiva

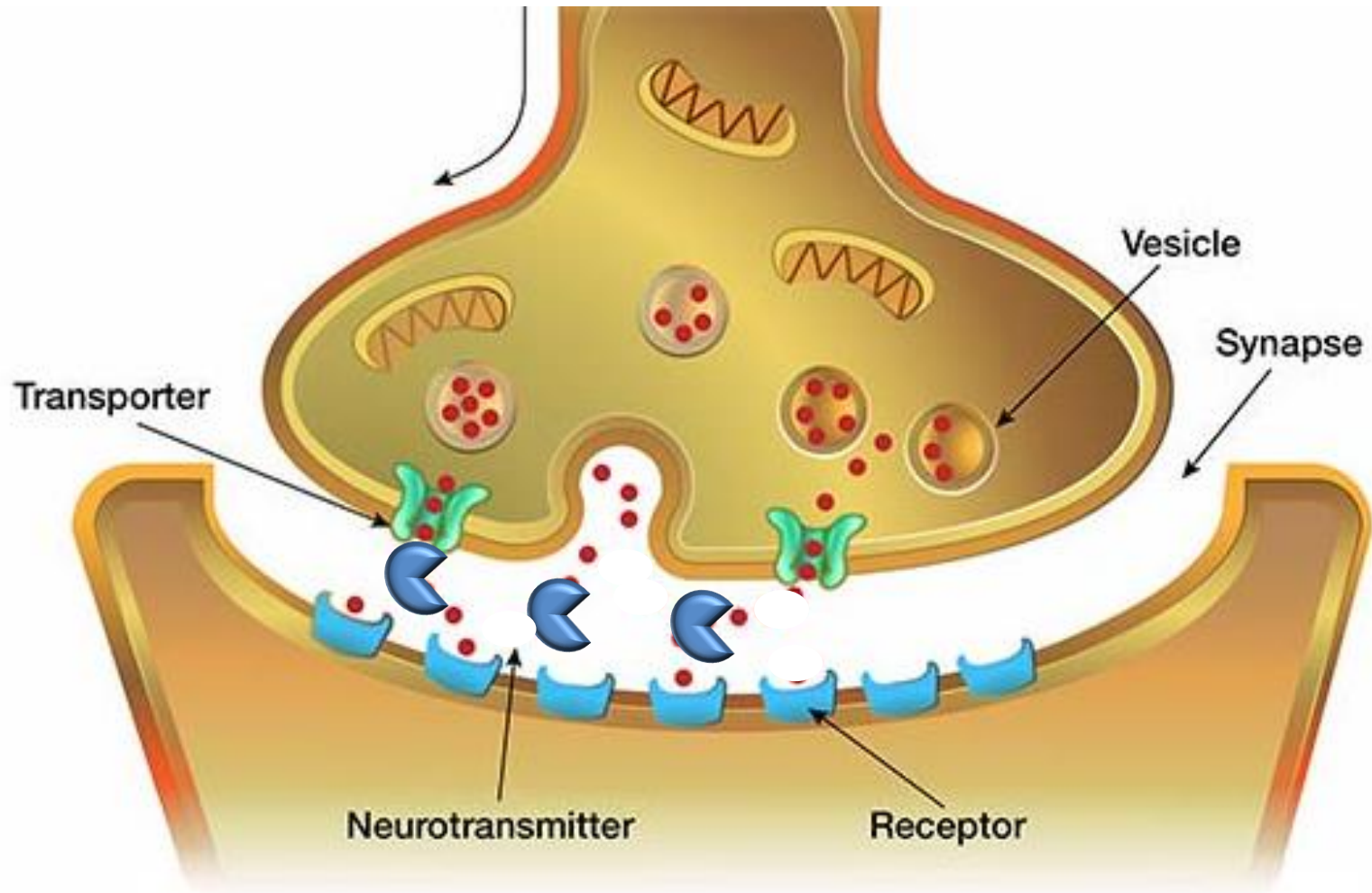
Difusión fuera de la brecha sináptica

RECAPTACIÓN



SISTEMA NERVIOSO

DEGRADACIÓN ENZIMÁTICA



SISTEMA NERVIOSO

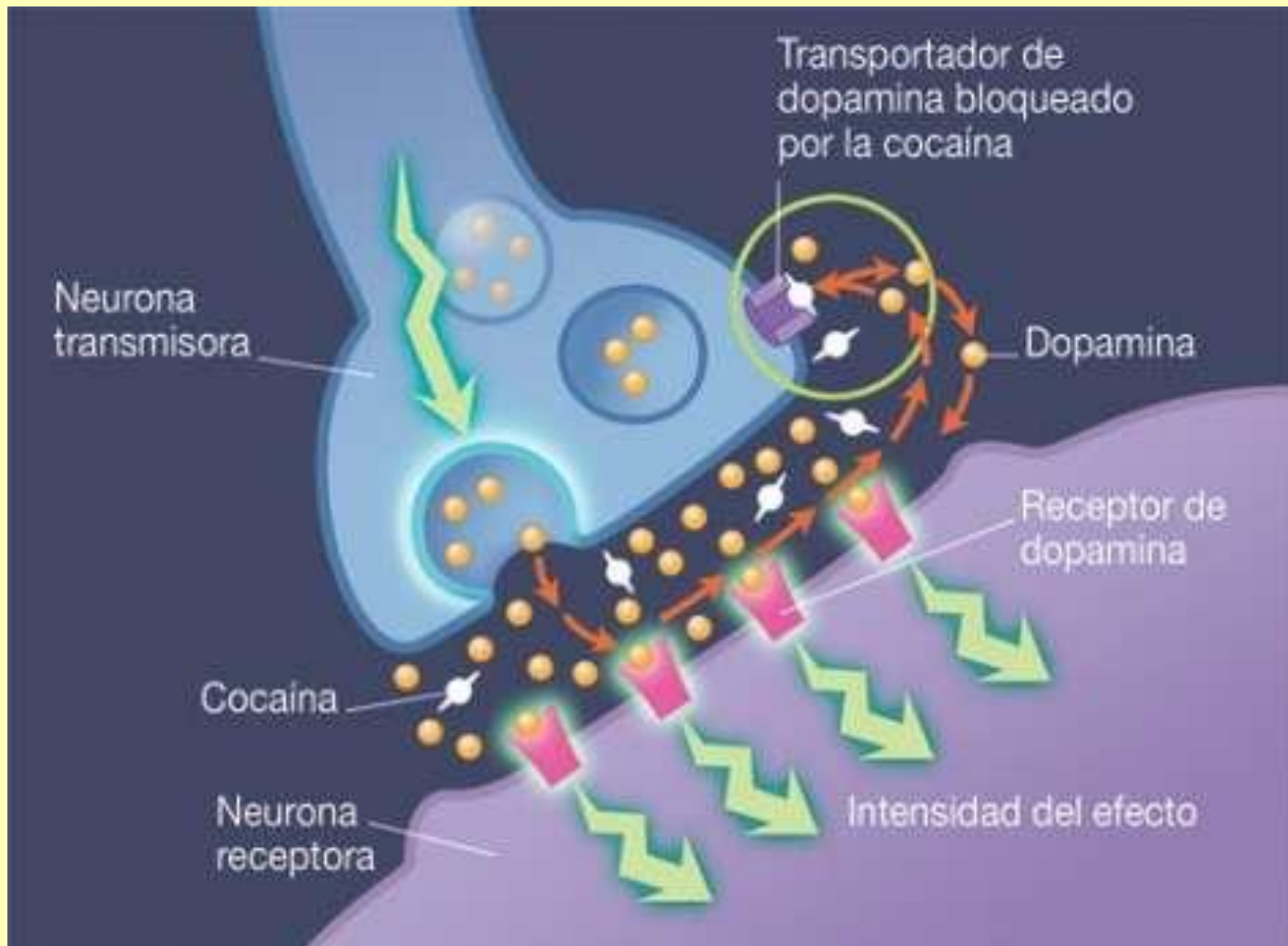
Puesto que la comunicación entre neuronas es un proceso de comunicación química, cualquier mecanismo que altere la liberación de un NT, su eliminación, su recaptación, o la presencia de cualquier sustancia que pueda unirse a un receptor postsináptico, va a alterar el funcionamiento de la transmisión nerviosa.

Las drogas psicoactivas son sustancias que actúan de esta manera.

A continuación tienes un ejemplo: como actúa la cocaína bloqueando el transportador que recaptura la dopamina

SISTEMA NERVIOSO

EFFECTO DE LA COCAINA SOBRE LA RECAPTURA DE LA DOPAMINA



Los niveles de neurotransmisores están relacionados con el estado de ánimo

En la web tienes una animación tipo gif en la que puedes ver como los niveles de neurotransmisores cambian según diferentes condiciones emocionales

Además de estos NT existen otras muchas sustancias, conocidas en general como ***neuromoduladores***, que se liberan en el sistema nervioso y que tienen múltiples efectos

Endorfinas y encefalinas, Peptido P, Adenosina
ATP...