



Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública

# FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS DEL APRENDIZAJE Y LA MEMORIA

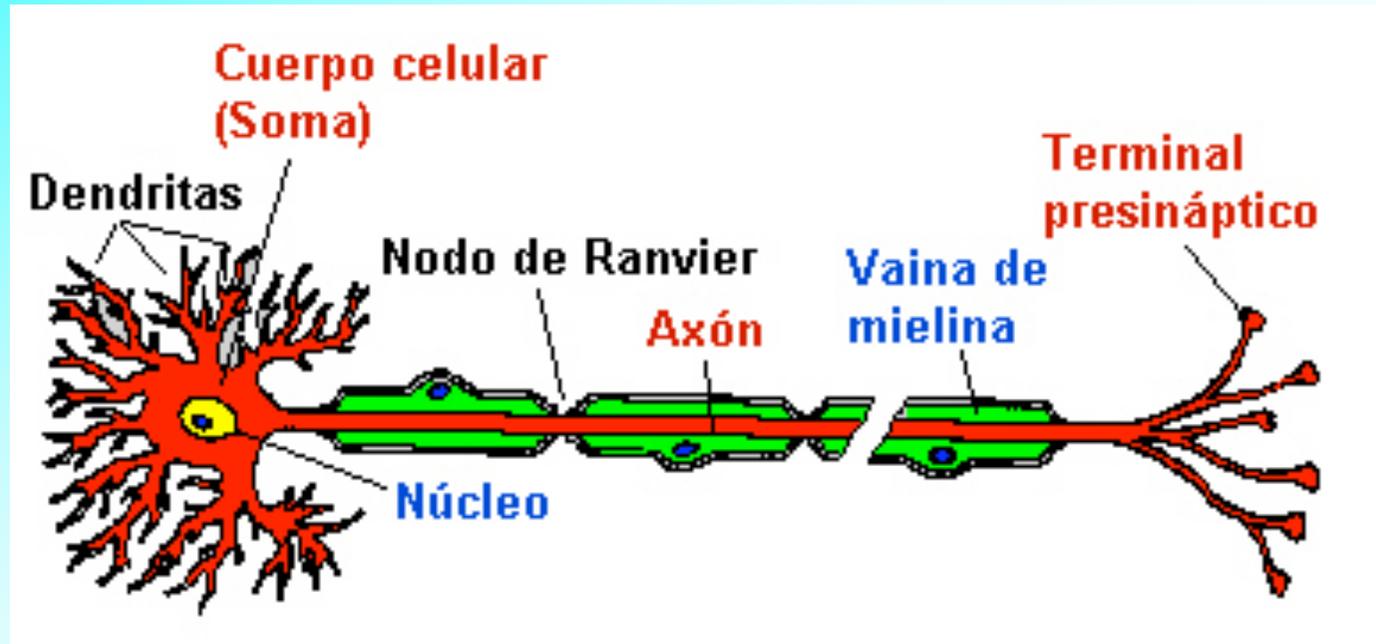
*La base celular y físico-química del impulso y transmisión de la señal nerviosa.*

La neurona. Potencial de membrana. Potencial de acción. Propagación del impulso nervioso. La sinapsis: morfología y fisiología. Neurotransmisores. Potenciales sinápticos inhibidores y excitadores.



© Francisco Córdoba García, 2005

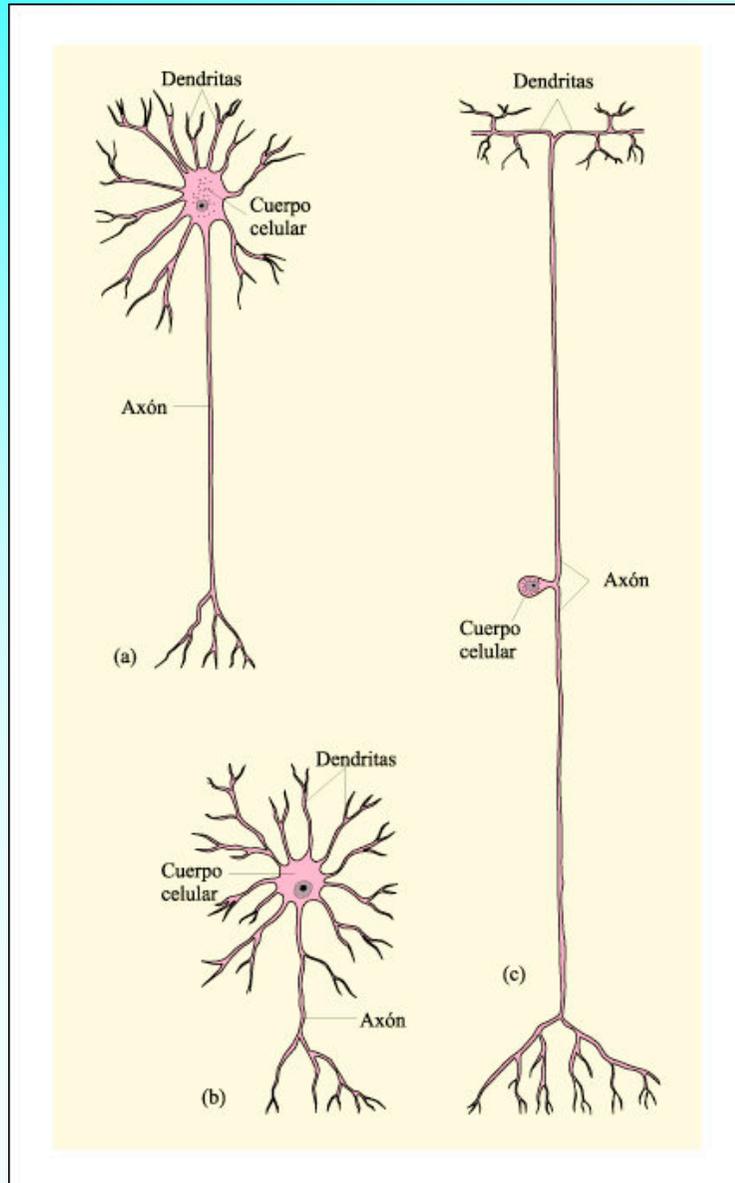
# LA NEURONA Y SUS PROPIEDADES



La neurona es la célula principal del sistema nervioso. Tiene la capacidad de responder a los estímulos generando un impulso nervioso que se transmite a otra neurona, a un músculo o a una glándula.

iii El cerebro humano contiene más de 100.000.000.000 neuronas !!!

# TIPOS DE NEURONAS

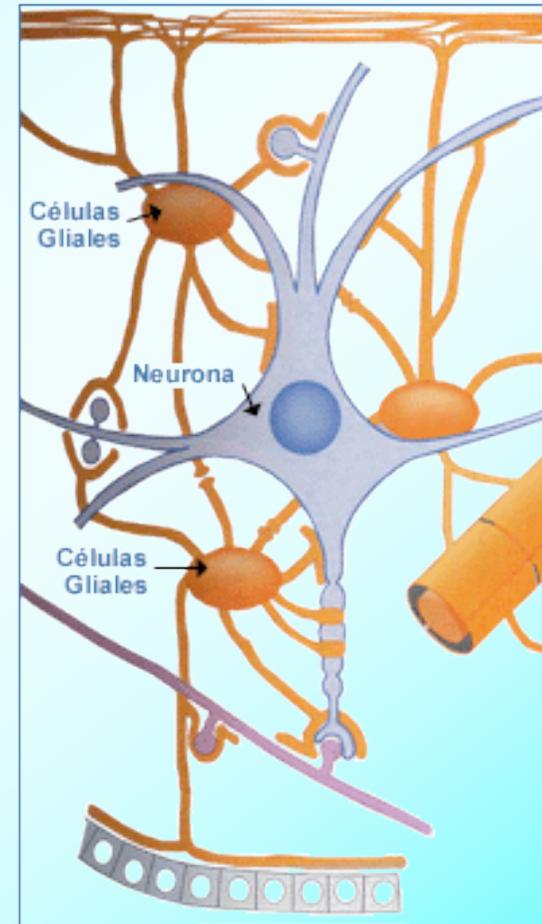
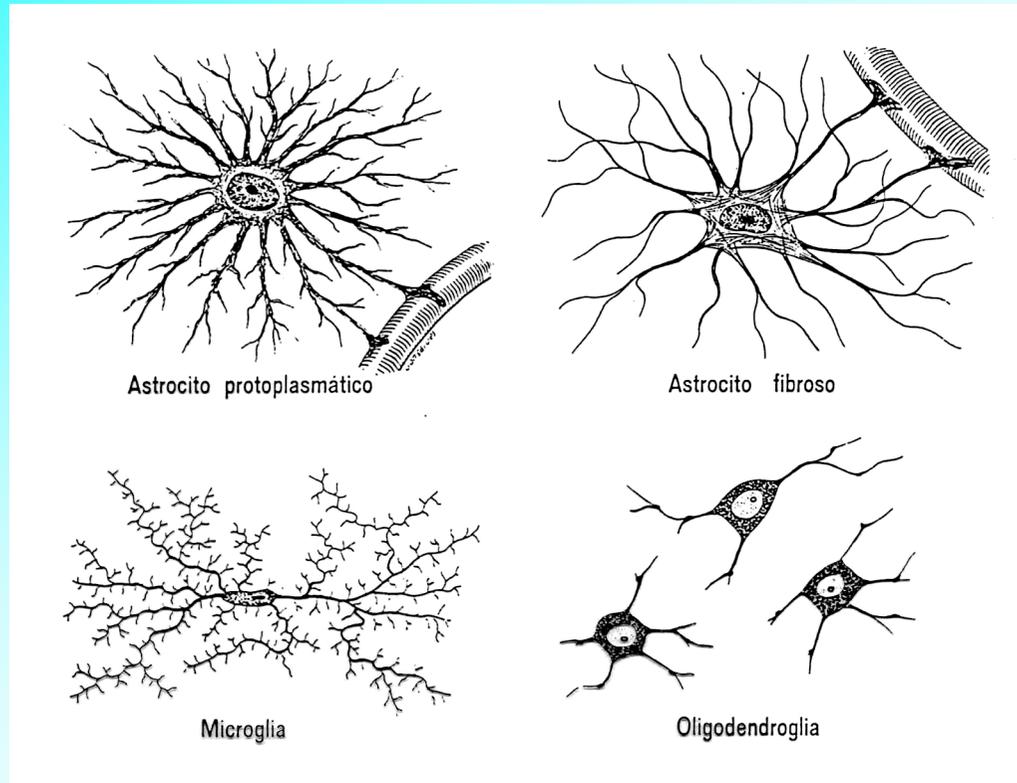


Existen multitud de tipos de neuronas, que se diferencian por su forma o tamaño.

Funcionalmente las neuronas se pueden clasificar en tres tipos:

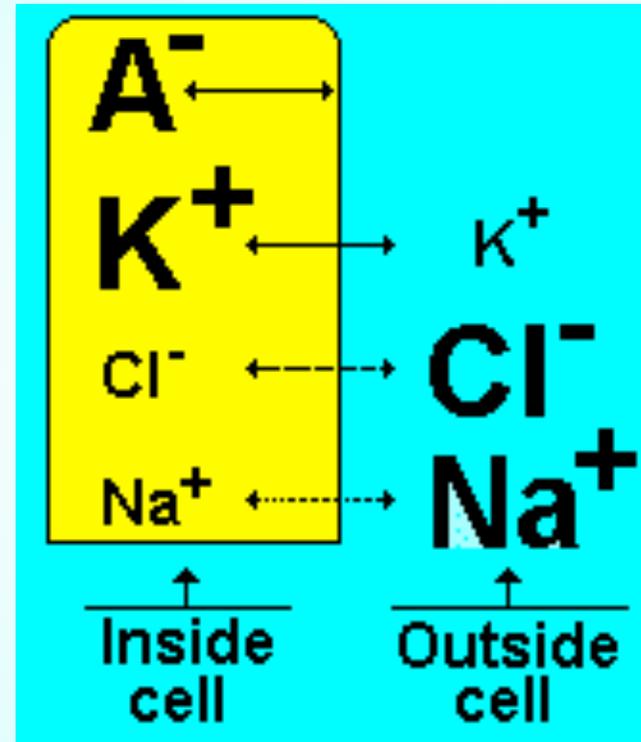
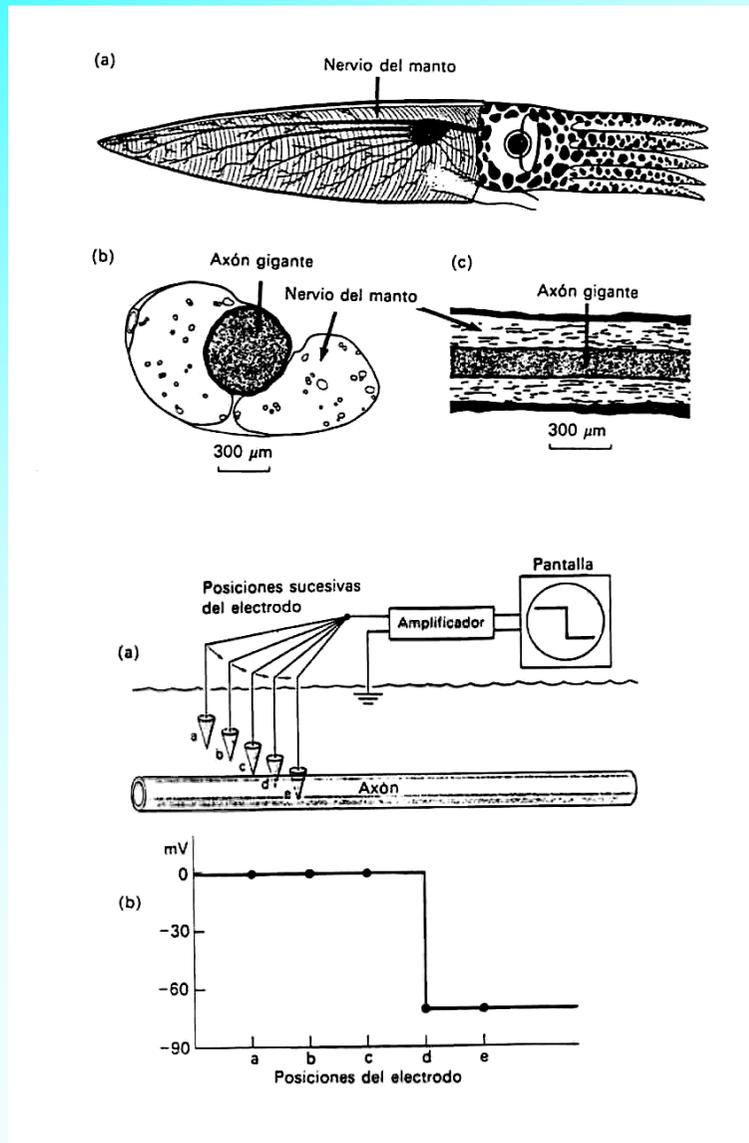
- **Neuronas sensitivas:** aisladas o localizadas en órganos sensoriales o en zonas del sistema nervioso relacionadas con la integración de las sensaciones.
- **Neuronas motoras:** localizadas en áreas del sistema nervioso responsables de la respuesta motora.
- **Interneuronas o neuronas de asociación:** relacionan distintos tipos de neuronas entre sí.

# LAS CÉLULAS DE GLÍA



En el sistema nervioso, además de neuronas hay otras células, llamadas en conjunto células de glía o neuroglía (puede haber 10 veces más que neuronas). Hay muchos tipos y son fundamentales para el buen funcionamiento del sistema nervioso.

# LA CARGA "ELÉCTRICA" DE LAS NEURONAS



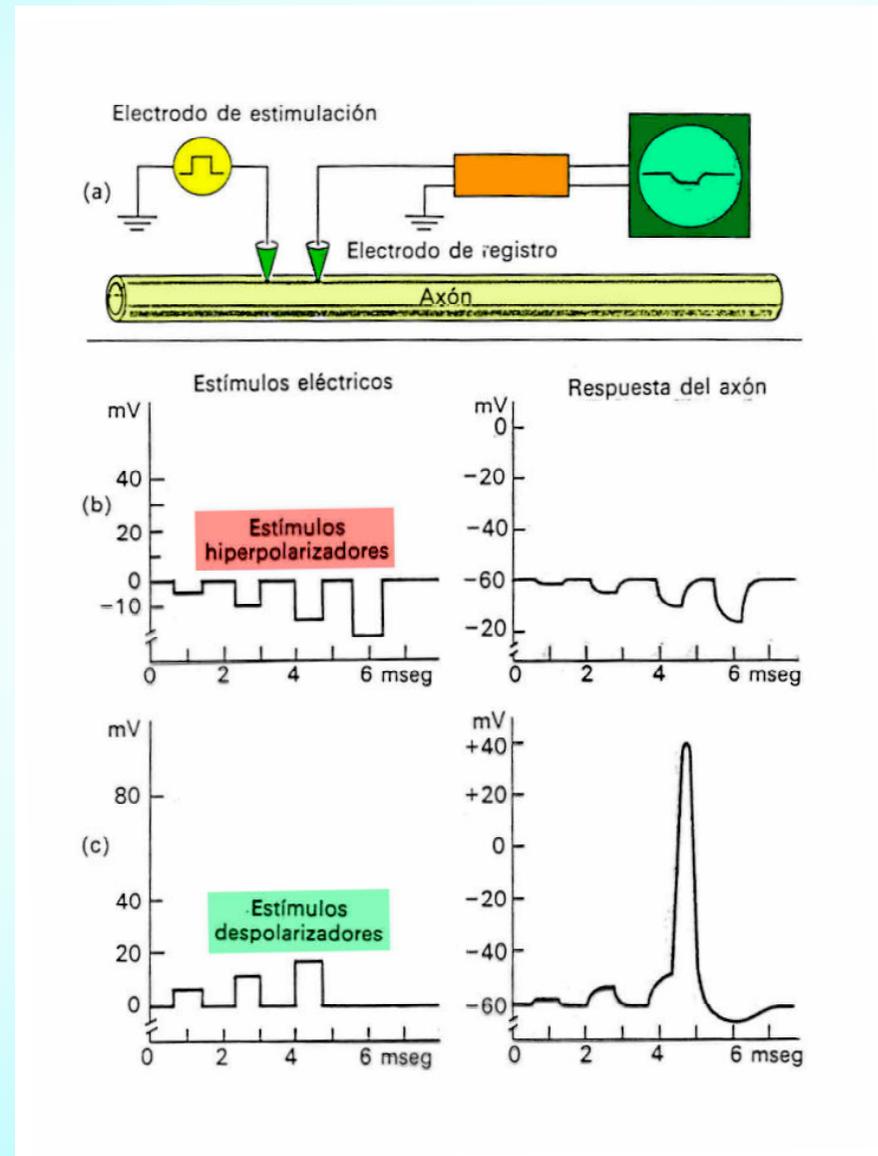
La carga eléctrica del interior de la neurona es diferente a la del exterior (debido a la distribución desigual de los iones). Esto crea una diferencial de potencial.

# DESPOLARIZACIÓN E HIPERPOLARIZACIÓN

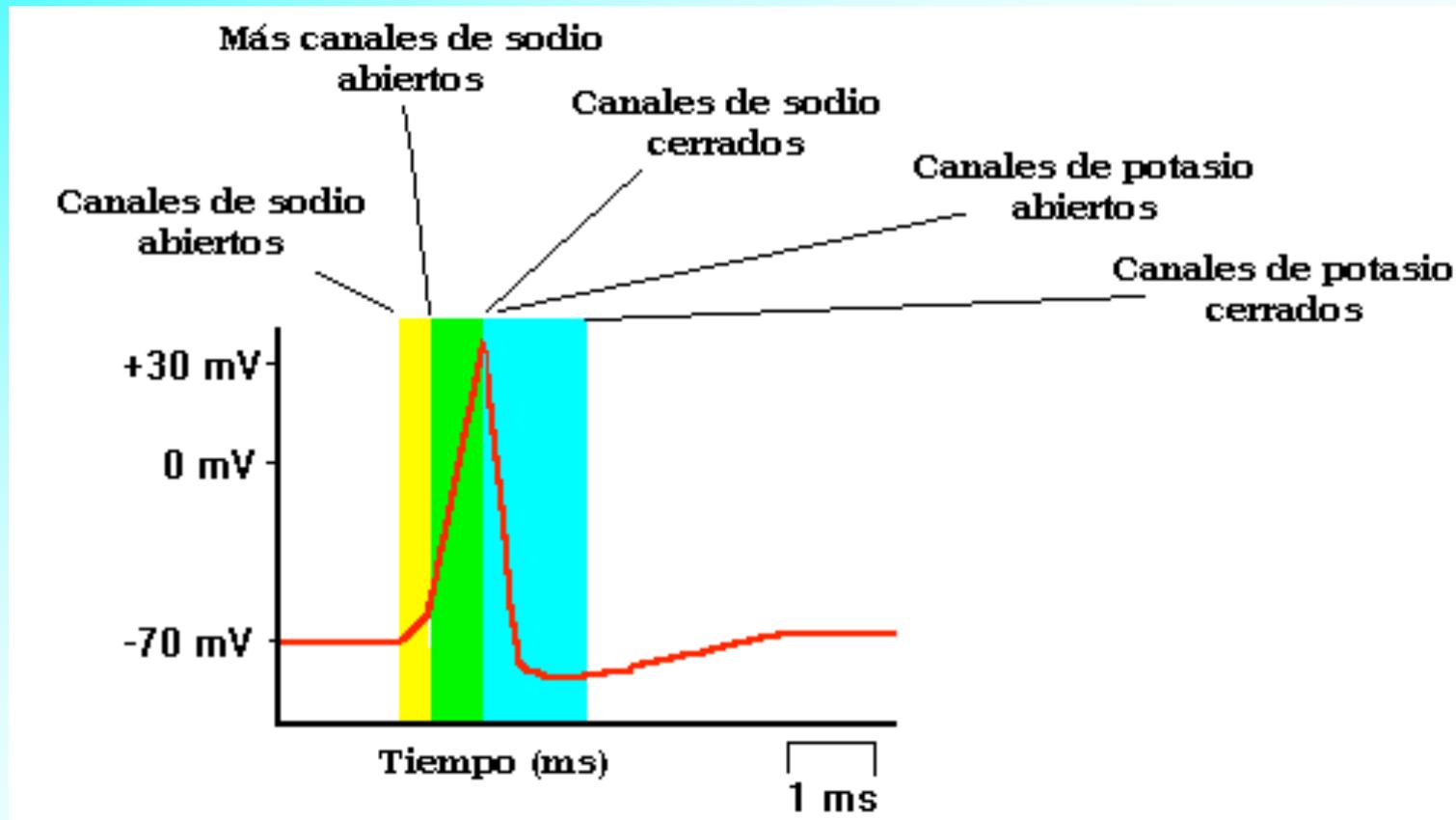
Según el tipo de estímulo que recibe la neurona, la diferencial de potencial puede aumentar (**hiperpolarización**): se hace más negativo el interior de la neurona), o puede disminuir (**despolarización**): se hace menos negativo el interior de la neurona.

Si el estímulo supera un umbral, la despolarización dispara el llamado "potencial de acción".

La ley del todo o nada indica que la neurona genera un impulso si se supera el umbral ("todo"); y no lo genera si no se supera ("nada")

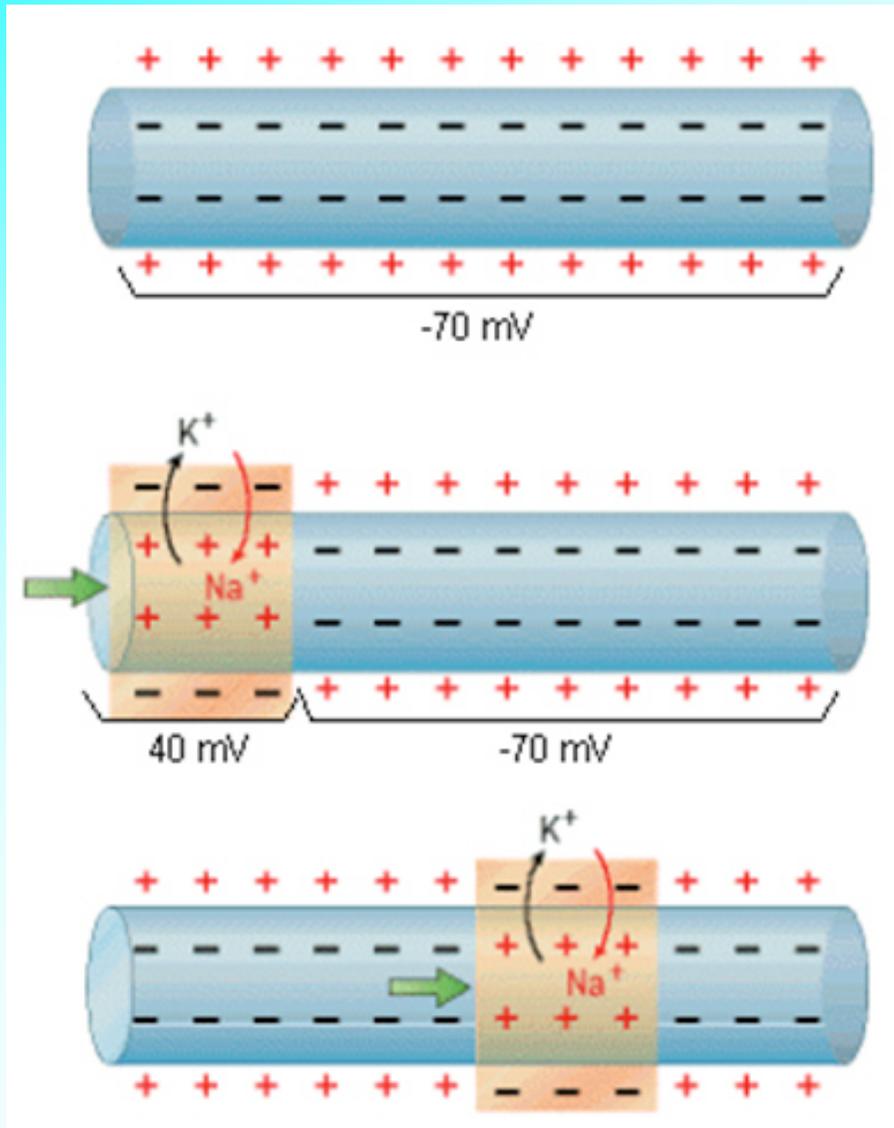


# EL POTENCIAL DE ACCIÓN



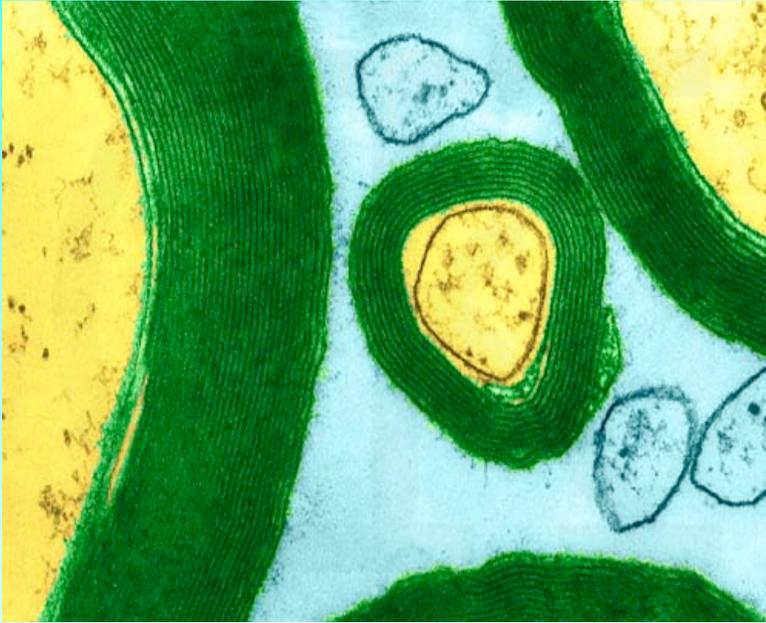
Cuando se alcanza un potencial de acción se producen, de forma ordenada, movimientos de iones a través de la membrana de la neurona. Esto origina cambios transitorios de potencial. El retorno al potencial de reposo se debe a la actuación de la bomba Na/K que devuelve los iones a su localización inicial.

# ORIGEN Y PROPAGACIÓN DEL IMPULSO NERVIOSO



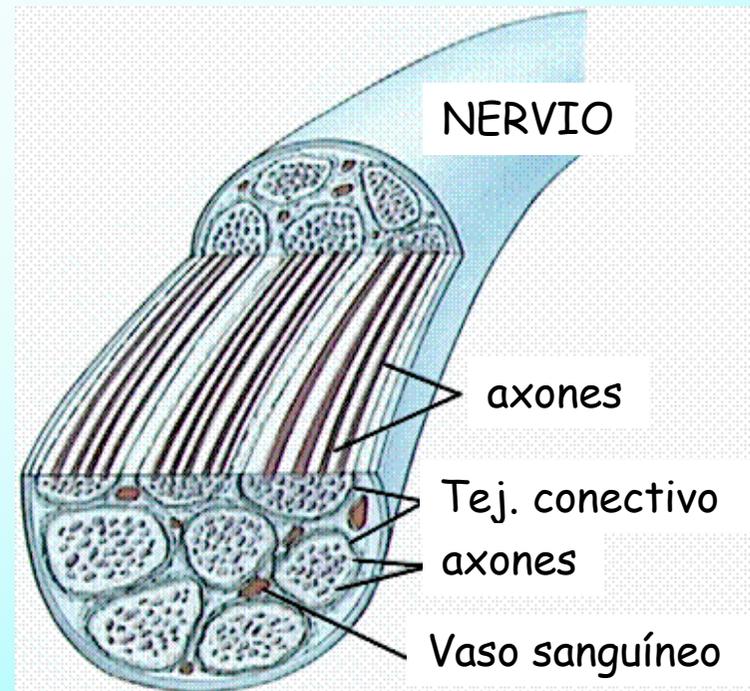
1. **POTENCIAL DE REPOSO.** Existe una distribución desigual de iones dentro y fuera de la neurona: La neurona está polarizada.
2. **ESTÍMULO y POTENCIAL DE ACCIÓN.** Cuando la neurona recibe un estímulo cambia la distribución de iones: La neurona cambia de polaridad. Es el potencial de acción.
3. **PROPAGACIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN.** El potencial de acción cambia las propiedades de zonas adyacentes, desplazándose a lo largo de la neurona.

# FIBRAS Y NERVIOS

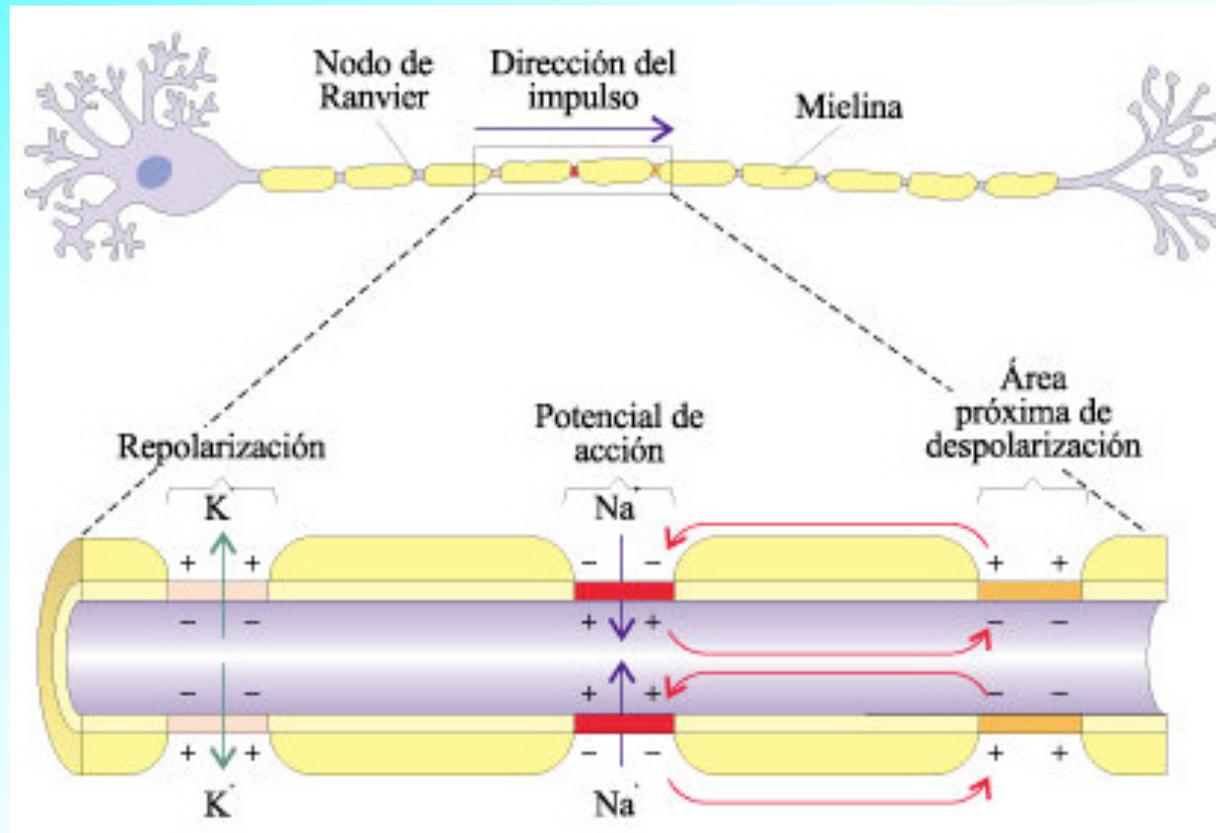


- Los **nervios** son órganos formados por varias fibras nerviosas, tejidos protectores y nutricionales y vasos sanguíneos.
- Los nervios pueden ser motores, sensitivos o mixtos, según las fibras que contengan.

- Los axones suelen cubrirse por un material aislante o vaina de mielina: son las **fibras nerviosas**. La vaina de mielina permite la conducción rápida del impulso.

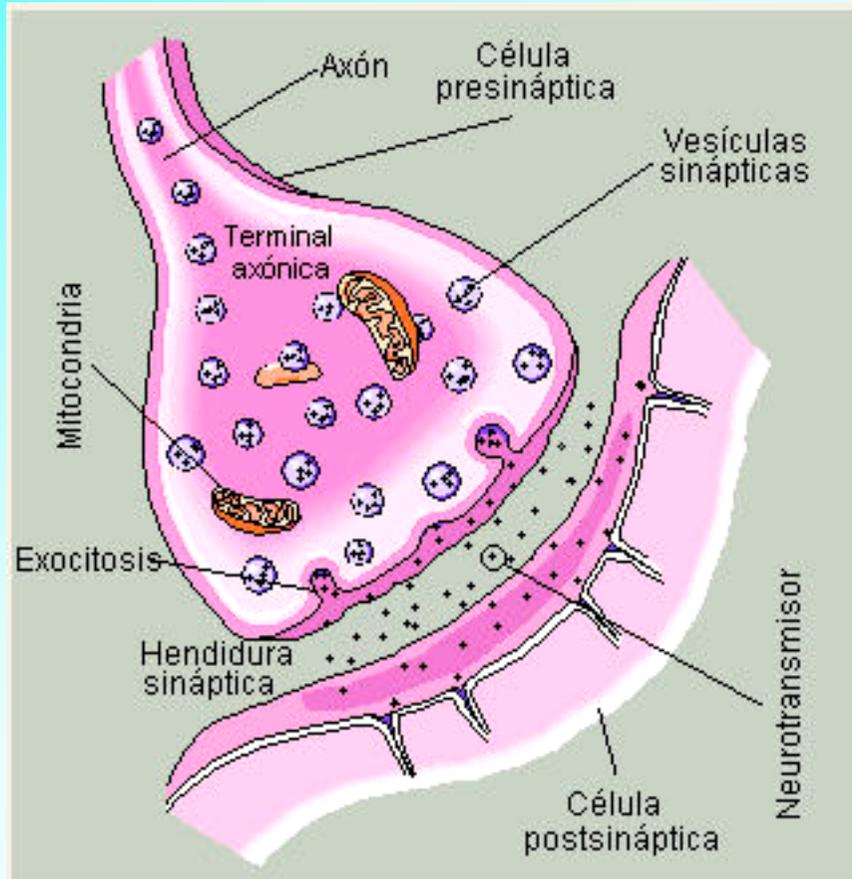


# LA VAINA DE MIELINA Y SU IMPORTANCIA



Muchas neuronas poseen una **vaina de mielina** que acelera la propagación del impulso nervioso. Si la vaina de mielina se deteriora, las neuronas funcionan mal, ya que el impulso nervioso se transmite lentamente o incluso no se transmite: es la base de varias enfermedades como la esclerosis múltiple.

# LA TRANSMISIÓN DEL IMPULSO ENTRE DIFERENTES CÉLULAS: LA SINÁPSIS

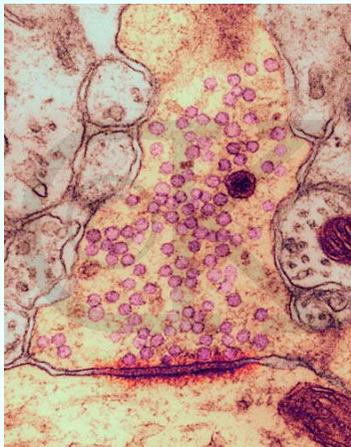


Cuando el potencial de acción alcanza el extremo de la neurona provoca la liberación de ciertas moléculas llamadas **neurotransmisores**, que están acumulados en vesículas sinápticas.

Los neurotransmisores liberados se fijan en receptores de otra neurona, músculo o glándula, provocando un nuevo impulso nervioso, la contracción muscular o la secreción de una sustancia.

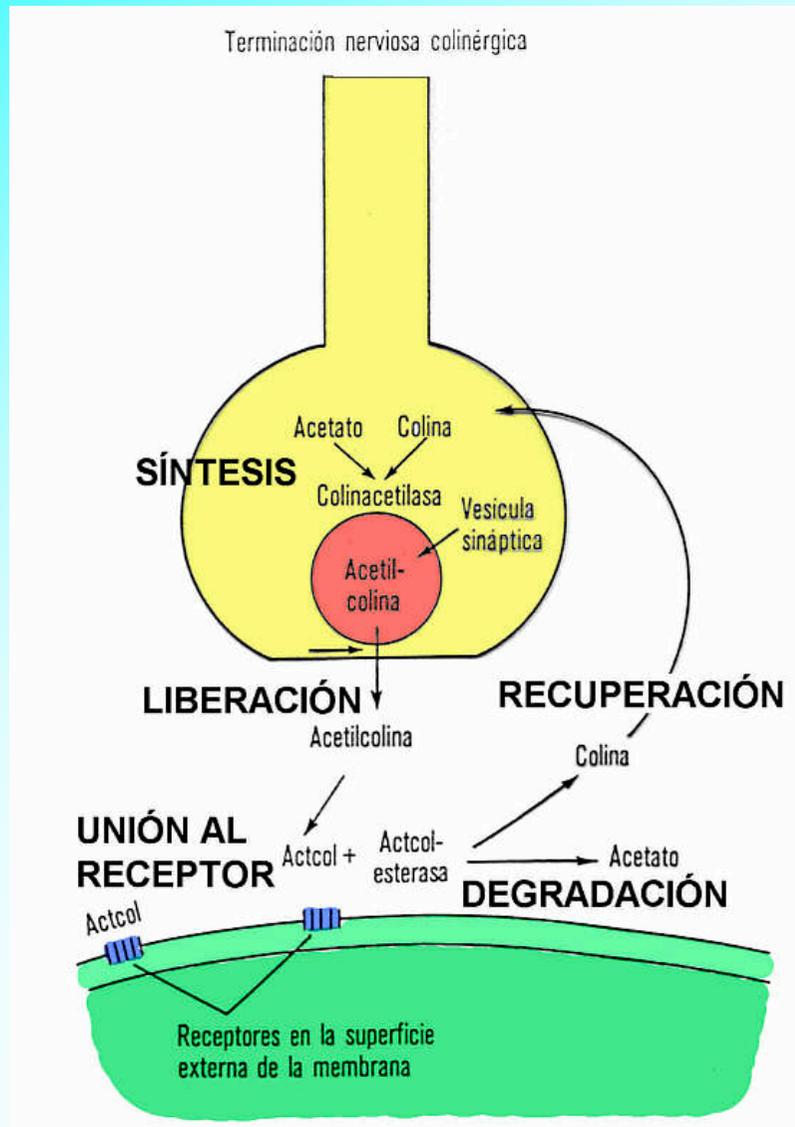
# TIPOS DE NEUROTRANSMISORES

Existen muchos tipos de neurotransmisores que se localizan en distintas neuronas y tienen diversos efectos. Los neurotransmisores se clasifican en función de su estructura química (derivados de aminoácidos, de péptidos, de hormonas, etc.)



Algunas pequeñas moléculas identificadas como neurotransmisores		
Nombre	Estructura	Derivación o grupo
Acetilcolina	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$	
Glicina	$\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}^-$	Aminoácido
Glutamato	$\text{H}_3\text{N}^+-\underset{\begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{O}^- \end{array}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}^-$	Aminoácido
Dopamina	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{HO})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$	Derivado de tirosina
Norepinefrina	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{HO})-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$	Derivado de tirosina
Epinefrina	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{HO})-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{NH}_2^+-\text{CH}_3$	Derivado de tirosina
Octopamina	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$	Derivado de tirosina
Serotonina (5-hidroxitriptamina)	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$	Derivado de triptófano
$\beta$ -Alanina	$\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}^-$	Derivado de aspartato
Histamina	$\text{HC}=\underset{\begin{array}{c} \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH} \quad \text{NH} \end{array}}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$	Derivado de histidina
Ácido $\gamma$ -aminobutírico (GABA)	$\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}^-$	Derivado de glutamato
Taurina	$\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{S}}-\text{O}^-$	Derivado de glicina

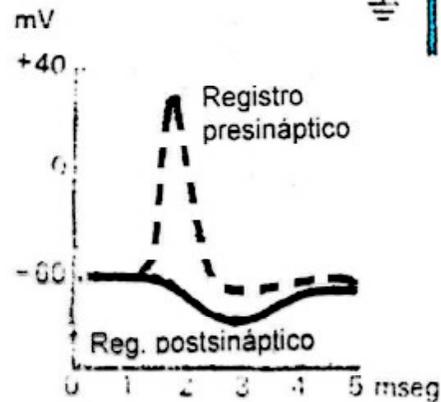
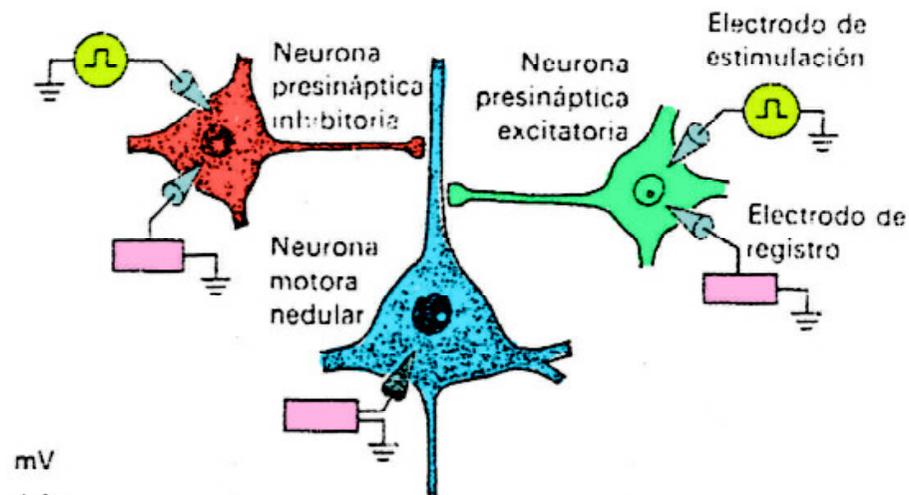
# MECANISMO DE ACCIÓN GENERAL DE LOS NEUROTRANSMISORES



Un neurotransmisor debe sintetizarse, almacenarse en la vesícula sináptica, liberarse de la neurona, unirse a un receptor de otra neurona, de un músculo o de una glándula. Esta unión es transitoria, después se despega y es degradado o recuperado.

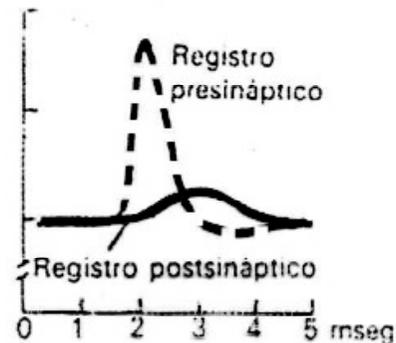
Muchas drogas afectan a estos procesos, de ahí su efectos psicológicos, físicos y otros como la dependencia y tolerancia.

# EXCITACIÓN E INHIBICIÓN: PEPS Y PIPS



Respuestas a la estimulación de la neurona presináptica inhibitoria

PIPS



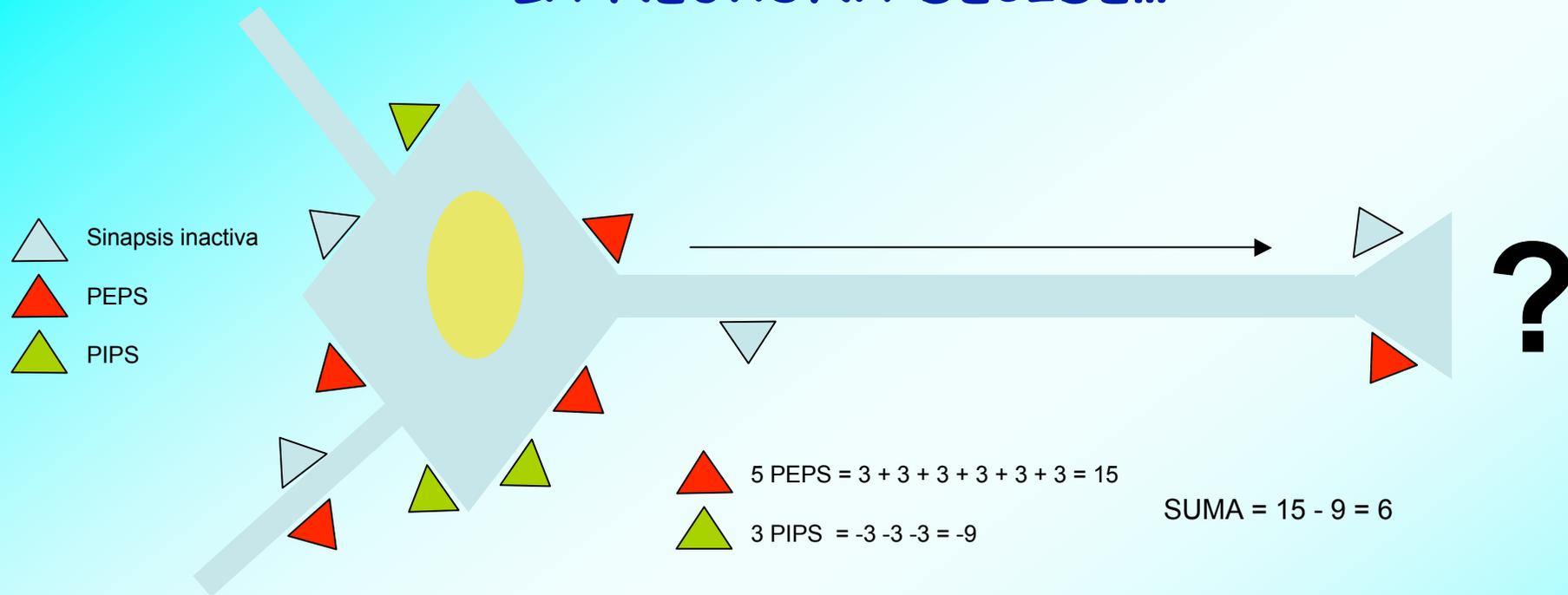
Respuestas a la estimulación de la neurona presináptica excitatoria

PEPS

Algunos neurotransmisores provocan hiperpolarización (inhibidores) y otros despolarización (excitadores). Un PIPS es un cambio de potencial inhibitorio, y un PEPS excitador.

Las neuronas tienen que computar en milisegundos los PEPS y PIPS que le llegan simultáneamente. Ciertas neuronas pueden recibir cientos de PEPS y PIPS a la vez.

## LA NEURONA DECIDE...



Un potencial de acción se produce cuando el estímulo supera cierto umbral. Los PEPS acercan el potencial de reposo a ese umbral; los PIPS lo alejan. Si la suma de PEPS (aditivos) y PIPS (substrativos) supera el umbral, la neurona dispara un impulso; si esta suma no alcanza el umbral, la neurona se queda en reposo.

EJEMPLO: umbral situado en 10 mV. Cada PEPS añade 3 mV; cada PIPS resta 3 mV. La suma de PEPS y PIPS es 6 mV. Por consiguiente, la neurona postsináptica no transmitirá ningún impulso, porque los estímulos no superan el umbral necesario para producir un potencial de acción.