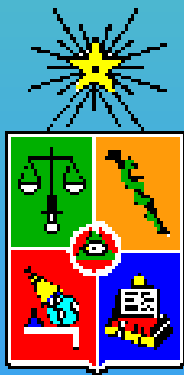


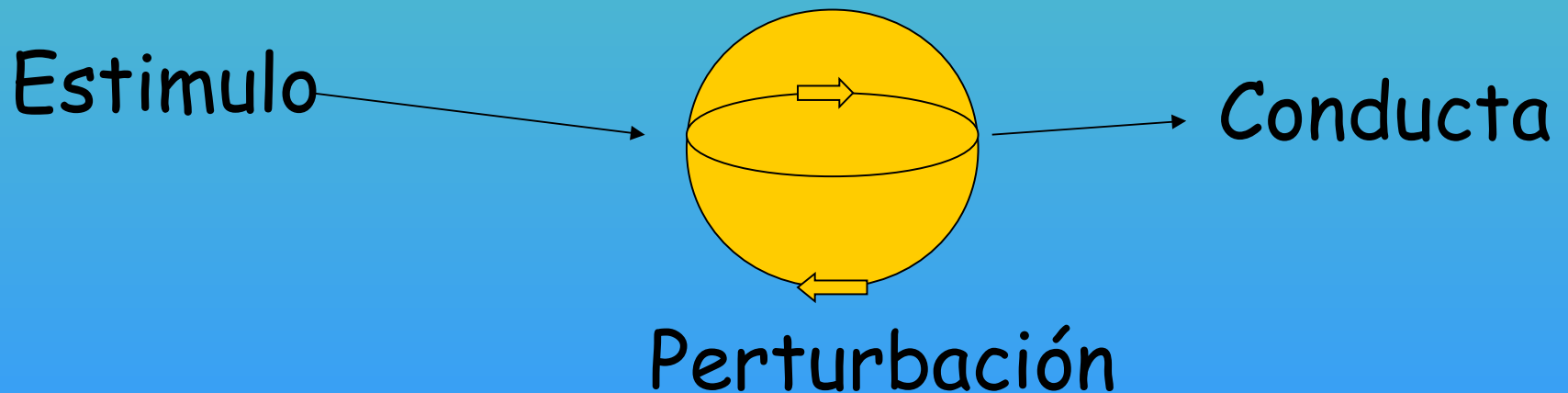
2ª Clase de Fisiología del Sistema Nervioso



UNIVERSIDAD DE CHILE
PROGRAMA DE BACHILLERATO
Prof: Cecilia Babul

Como vimos en la clase anterior,
el SN es el generador de conductas.

Este NO hace copias directas y
precisas del mundo que nos rodea,
más bien lo construye internamente
siguiendo ciertas reglas y
restricciones estructurales.



Veamos entonces cómo el SN genera conductas

- Lo primero que dejaremos en claro es: ¿qué es un estímulo?,

- R: un estímulo es sólo un estímulo si este logra ser percibido, transmitido, integrado y finalmente genera una respuesta.

Energía del estímulo

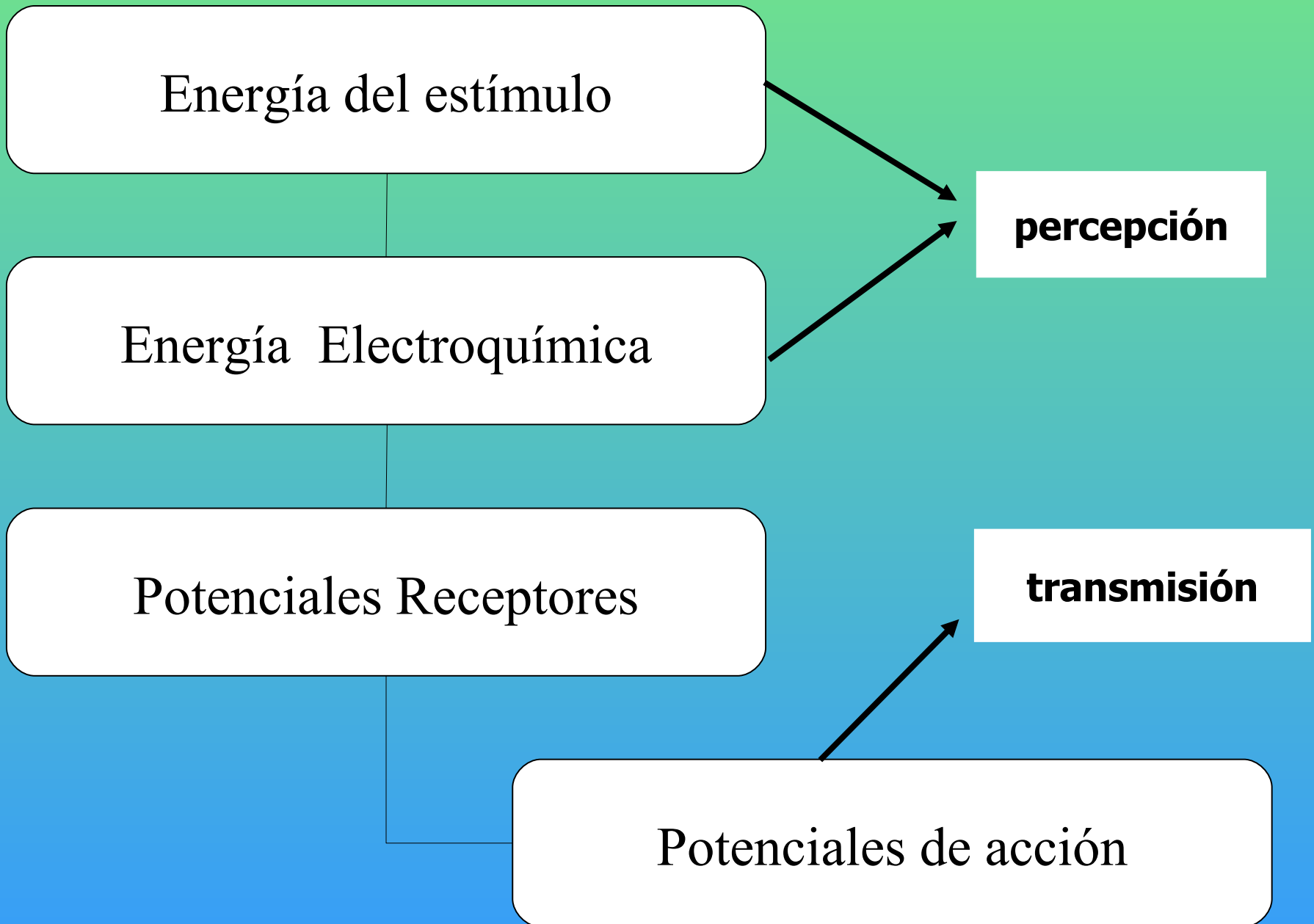
Energía Electroquímica

Potenciales Receptores

Potenciales de acción

percepción

transmisión



**Por lo tanto, la percepción
comienza en las células
receptoras
que son sensibles a uno u otro
tipo de estímulo**

Existen 5 tipos de receptores sensoriales:

- Quimiorreceptores
- Fotoreceptores
- Termorreceptores
- Mecanorreceptores y
- Nociceptores

(Electrorreceptores e infrarojos)

**Veamos ahora
cómo se transforma la energía
de los distintos estímulos en
energía electroquímica y
cómo esta es transmitida.**

Sinapsis y Potencial de acción

¿Qué genera una sinapsis?

Una sinapsis es el producto de una estimulación que ha ocurrido en el campo receptivo de algún receptor especializado de cualquier sistema, vale decir una perturbación química, visual, olfativa, etc.

**Sinapsis es la unión o enlace
(comunicación) entre:**

- **receptores y neuronas**
- **Neuronas y efectores (músculos o glándulas)**
- **Neuronas**

¿Entre que neuronas?

Entre la neurona pre-sináptica (por donde viaja el potencial de acción) y la neurona post-sináptica (a quien el potencial de acción afectará)

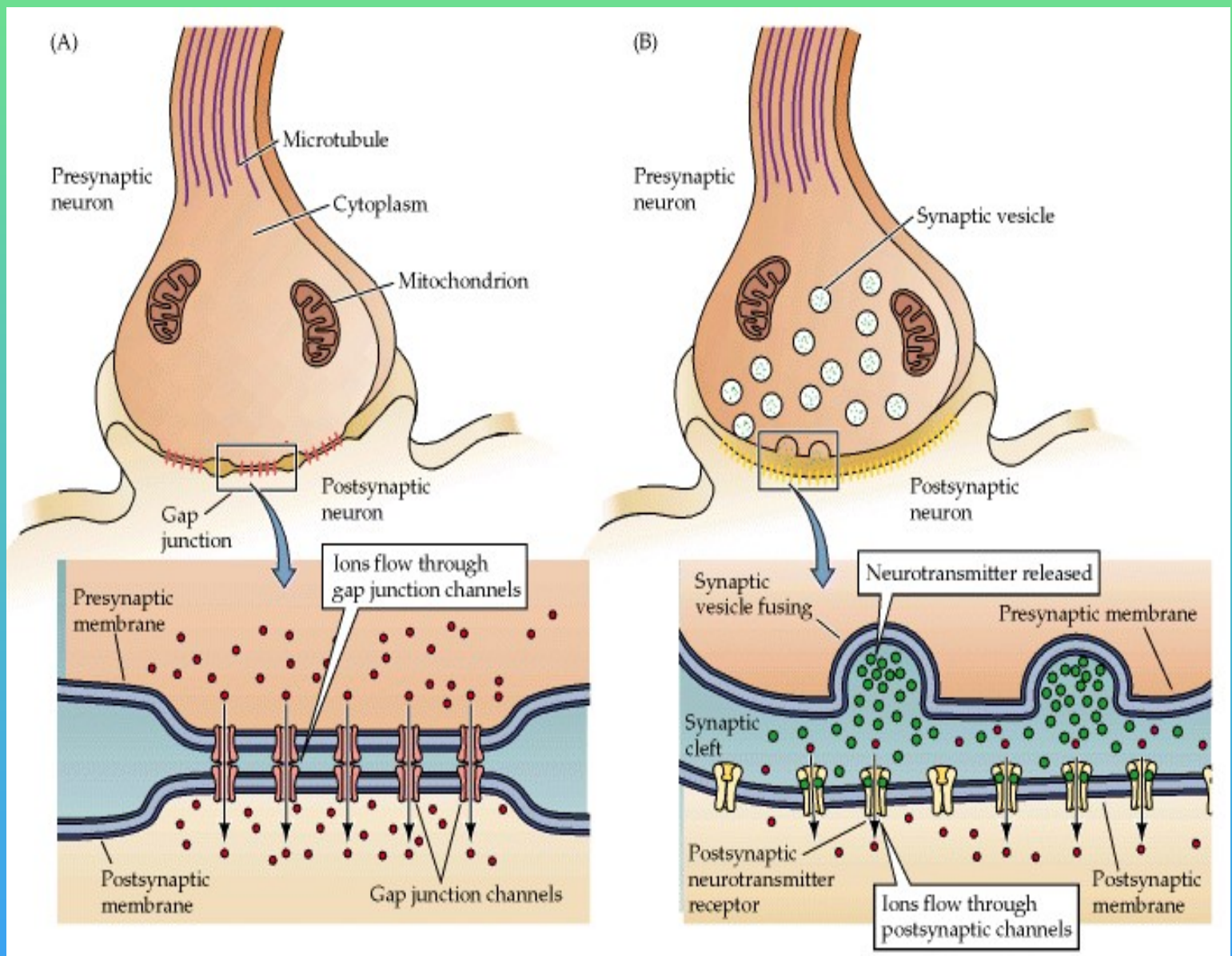
Existen dos tipos de sinapsis:

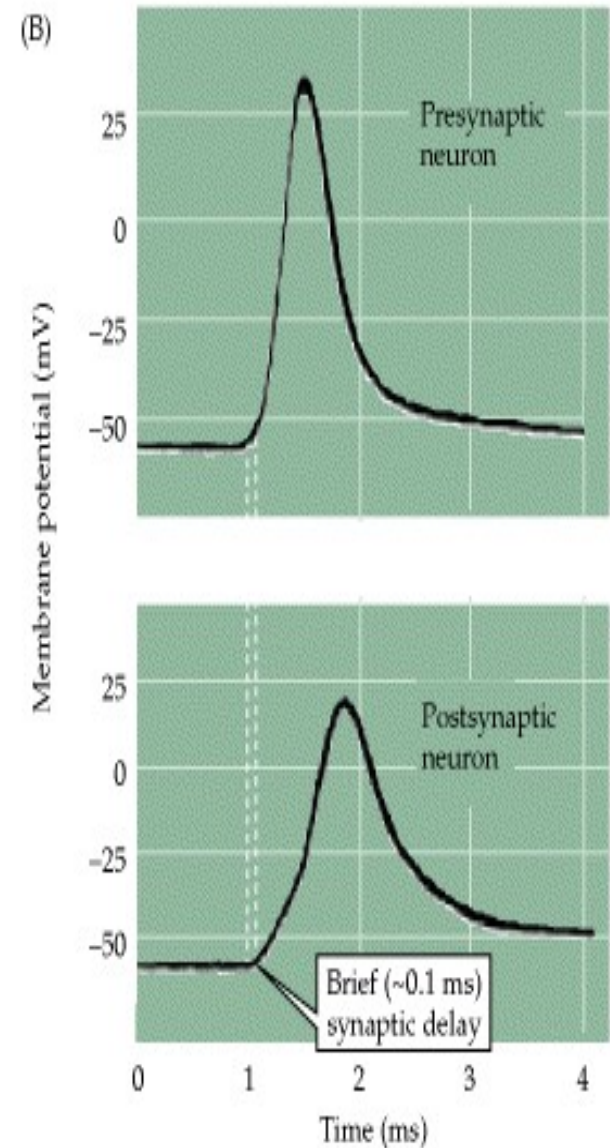
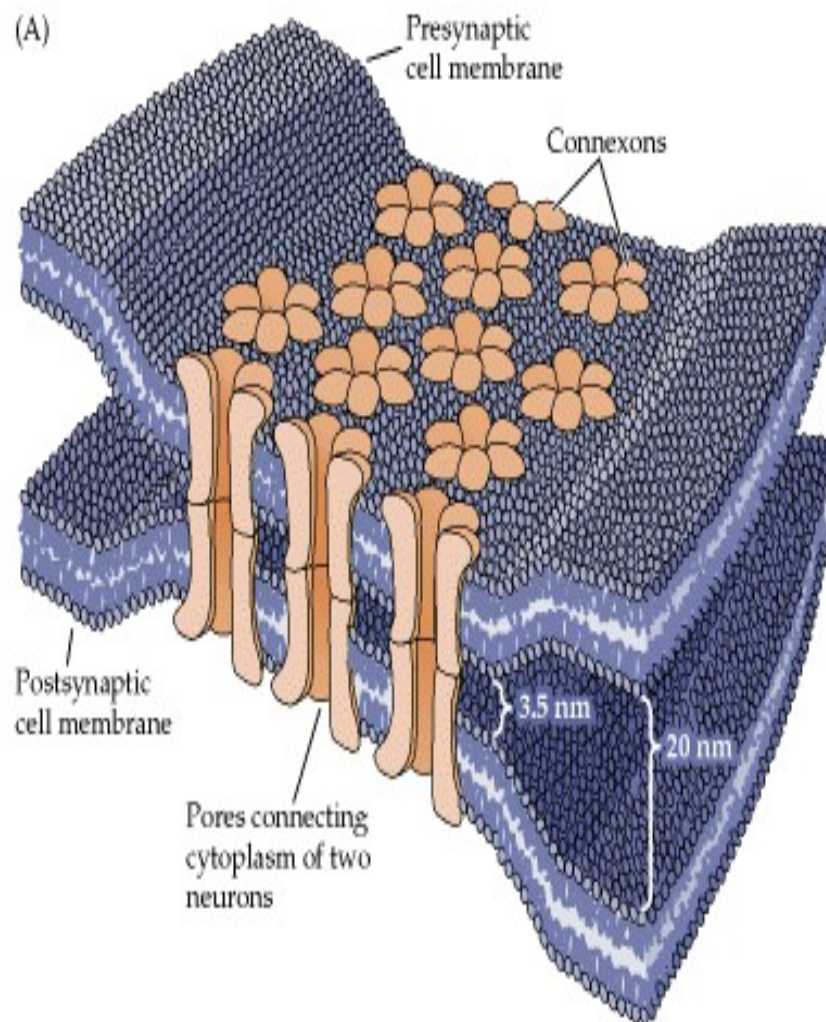
1.- Química

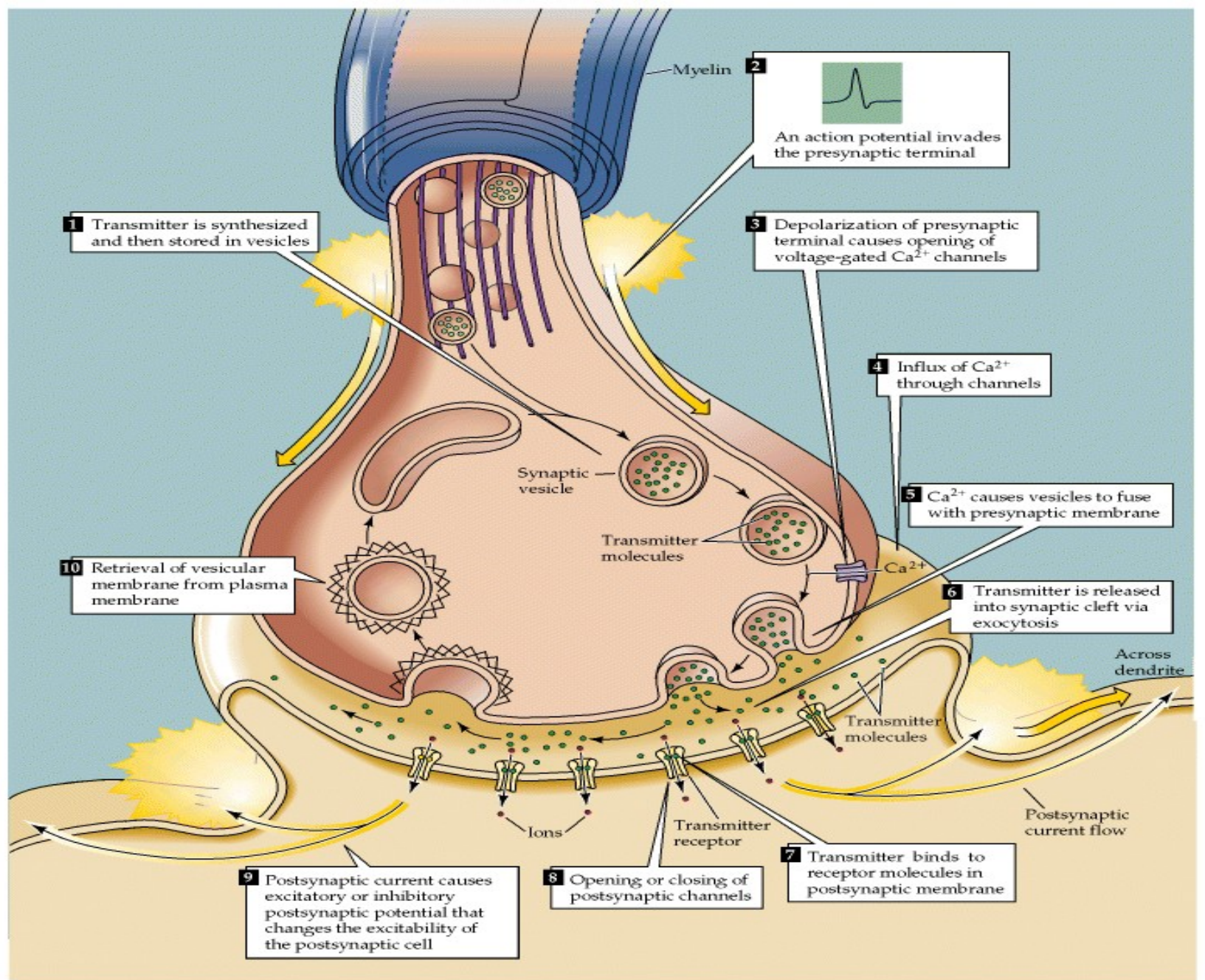
2.- Eléctrica

Características de las sinapsis

- **Eléctrica:**
 - Muy cercanas (2 nm o menos).
 - Conectadas por un conducto proteico (Gap-junction)
 - Rápidas
 - Conducción en ambas direcciones
 - Todos lo tipos de contacto sináptico incluso el Soma-somático
- **Química:**
 - Más separadas (por lo menos 20 nm).
 - Existe un espacio sináptico entre neuronas.
 - Más lentas debido a la liberación de un Neurotransmisor
 - Conducción en un solo sentido
 - Todos lo tipos de contacto sináptico excepto el Soma-somático

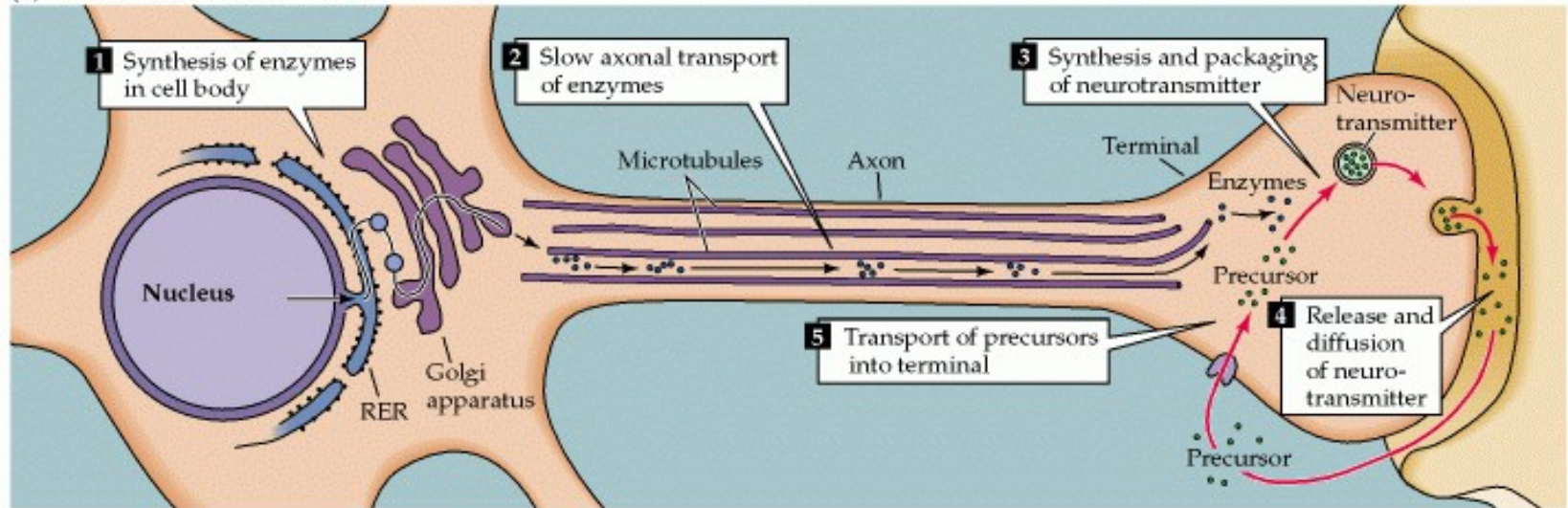




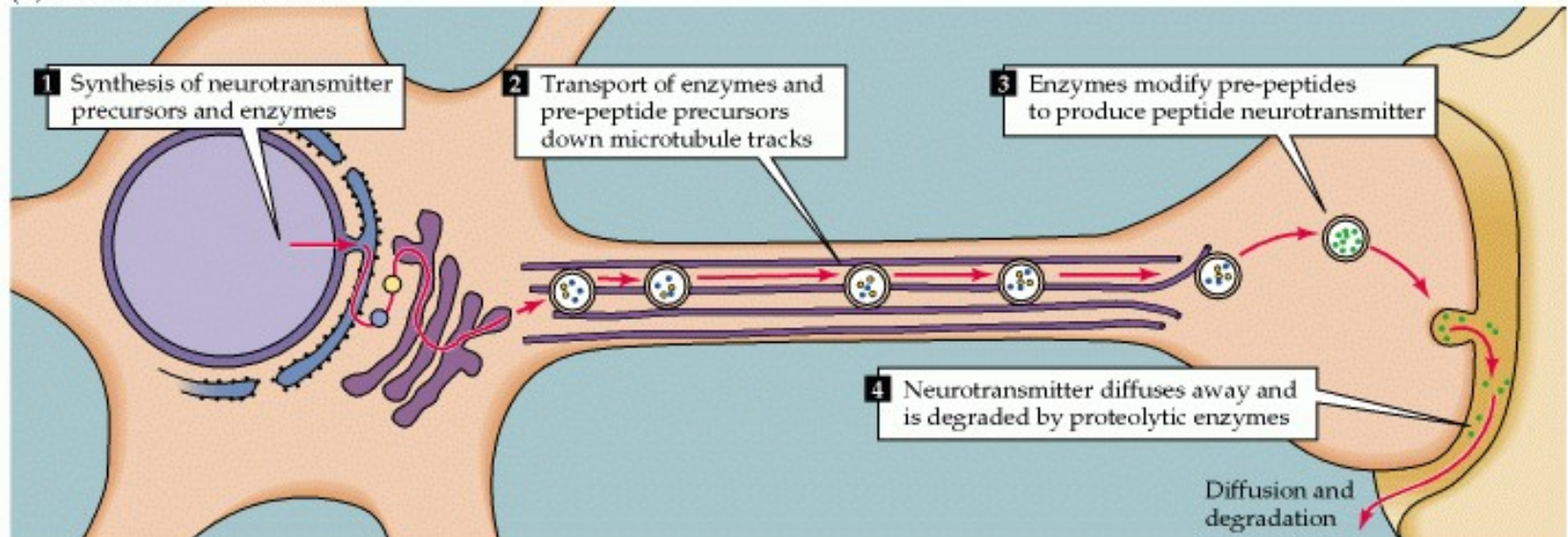


- Como se ve en la figura anterior el neurotransmisor es liberado por exocitosis a través de vesículas sinápticas, gracias a la entrada de Ca^{+2} desde el espacio sináptico a la neurona pre-sináptica, a través de conductos sensibles a voltaje.
- ¿Dónde es sintetizado el neurotransmisor?

(B) SMALL-MOLECULE TRANSMITTERS



(C) PEPTIDE TRANSMITTERS



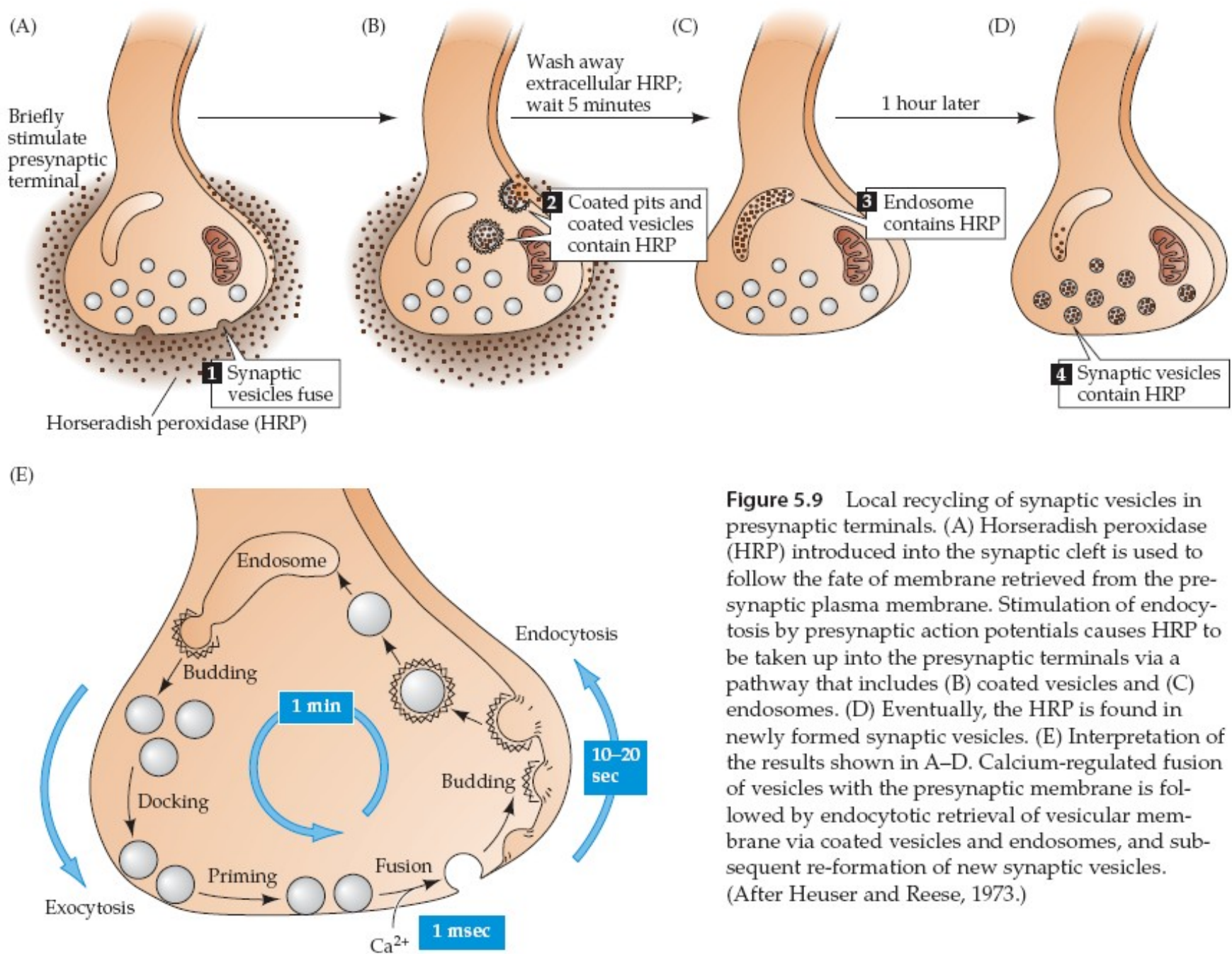
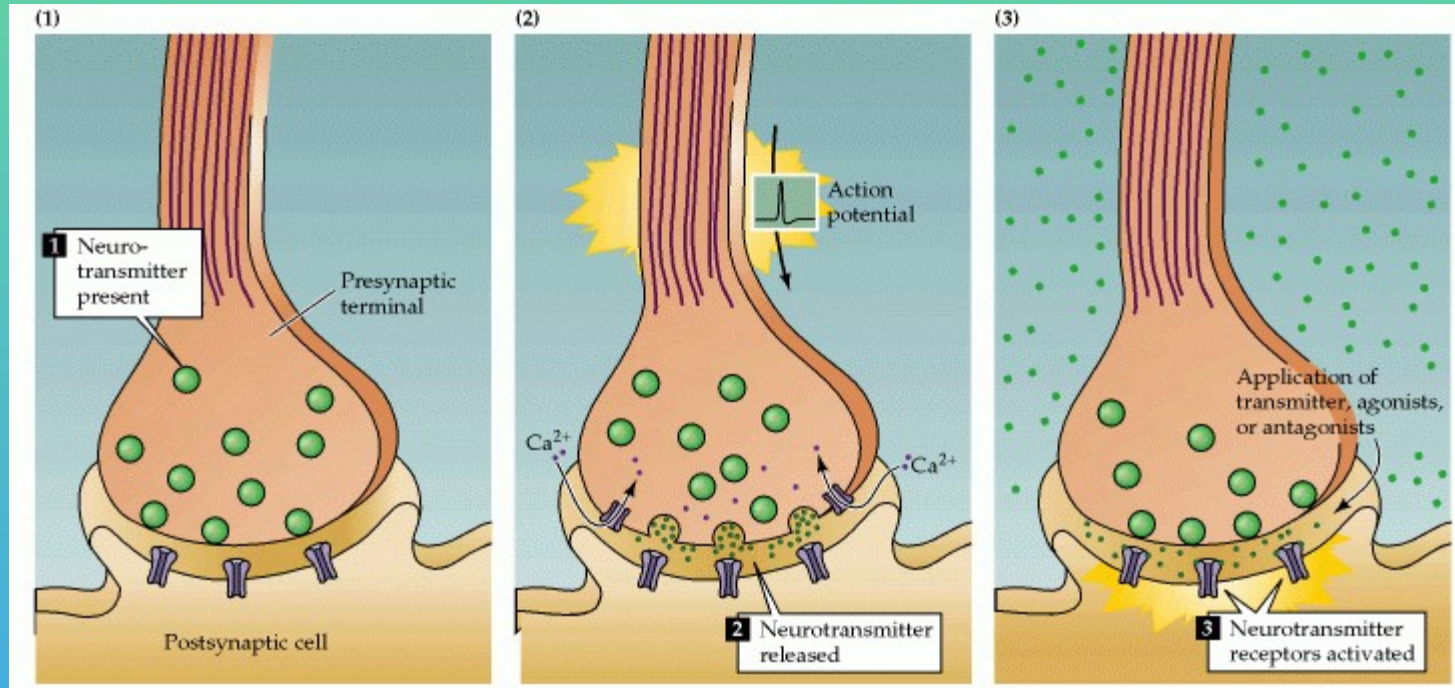


Figure 5.9 Local recycling of synaptic vesicles in presynaptic terminals. (A) Horseradish peroxidase (HRP) introduced into the synaptic cleft is used to follow the fate of membrane retrieved from the presynaptic plasma membrane. Stimulation of endocytosis by presynaptic action potentials causes HRP to be taken up into the presynaptic terminals via a pathway that includes (B) coated vesicles and (C) endosomes. (D) Eventually, the HRP is found in newly formed synaptic vesicles. (E) Interpretation of the results shown in A–D. Calcium-regulated fusion of vesicles with the presynaptic membrane is followed by endocytotic retrieval of vesicular membrane via coated vesicles and endosomes, and subsequent re-formation of new synaptic vesicles. (After Heuser and Reese, 1973.)

Criterios que definen que una sustancia es un neurotransmisor



■ Presencia

Liberación

Receptores

- Los neurotransmisores al unirse a los receptores de la membrana post-sináptica abren canales o conductos iónicos, que generan un cambio de permeabilidad en la membrana post-sináptica,

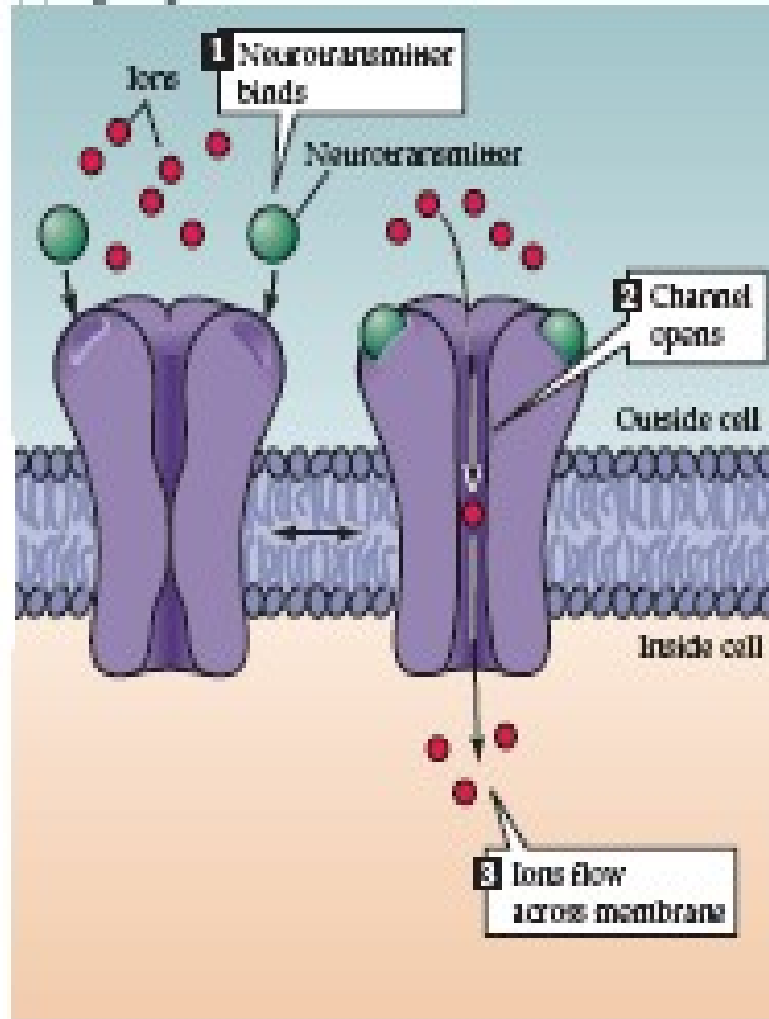
- dando paso a un Potencial de Acción en la neurona Post-sináptica, siempre y cuando se pase un cierto umbral.

- Los neurotransmisores además de conectarse a los receptores de membrana post-sinápticos, deben, luego de esto:
- Ser desactivados por enzimas
- Recuperados por bombeo o
- difundir

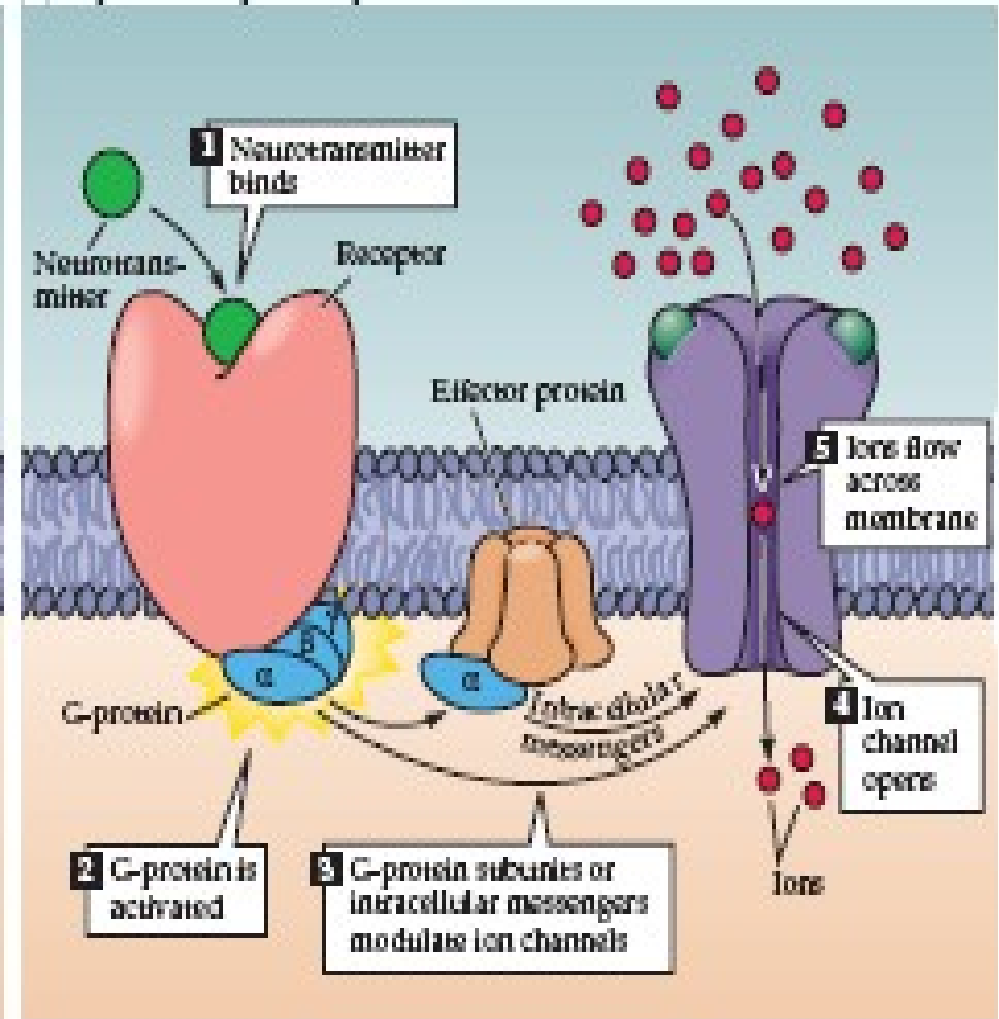
Existen dos tipos de sinapsis químicas:

- Ionotrópicas
 - Metabotrópicas
-
- El receptor de membrana del neurotransmisor es el mismo canal.
 - Existe un receptor de membrana para el neurotransmisor asociado al canal

(A) Ligand-gated ion channels



(B) G-protein-coupled receptors



```
graph TD; Sinapsis --> Química; Sinapsis --> Eléctrica; Química --> Ionotrópica; Química --> Metabotrópicas;
```

Sinapsis

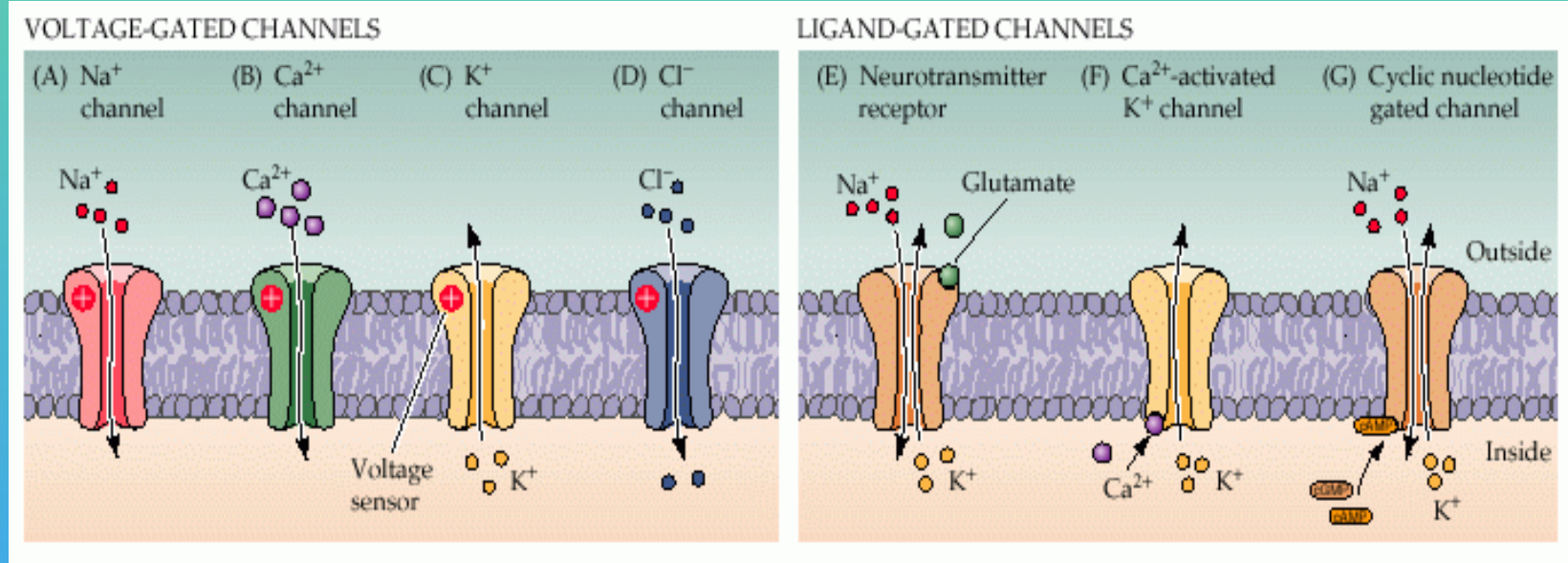
Química

Eléctrica

Ionotrópica

Metabotrópicas

Canales dependientes de voltaje y canales dependientes de neurotransmisores o ligandos



- Las neuronas secretan 1 o 2 tipos de neurotransmisores (lento y rápido) de igual características.
- Y pueden tener más de un tipo de receptor en la membrana post-sináptica (excitatorio e inhibitorio).

Neurotransmisor	Efecto post-sináptico	Tipo de remoción	Tipo de vesículas
Acetilcolina	Excitatorio	Acetilcolinesterasa	Pequeñas y claras
Glutamato	Excitatorio	Transportadores	Pequeñas y claras
Gaba	Inhibitorio	Transportadores	Pequeñas y claras
Serotonina	Excitatorio	Transportadores	Largas y densas
Neuropeptidos	Excitatorio e inhibit.	Proteasas	Largas y densas
Dopamina	Excitatorio	Transportadores	Pequeñas y largas densas

La transmisión del estímulo implica un Potencial de Acción, el cual es la modificación momentánea de un Potencial de reposo.

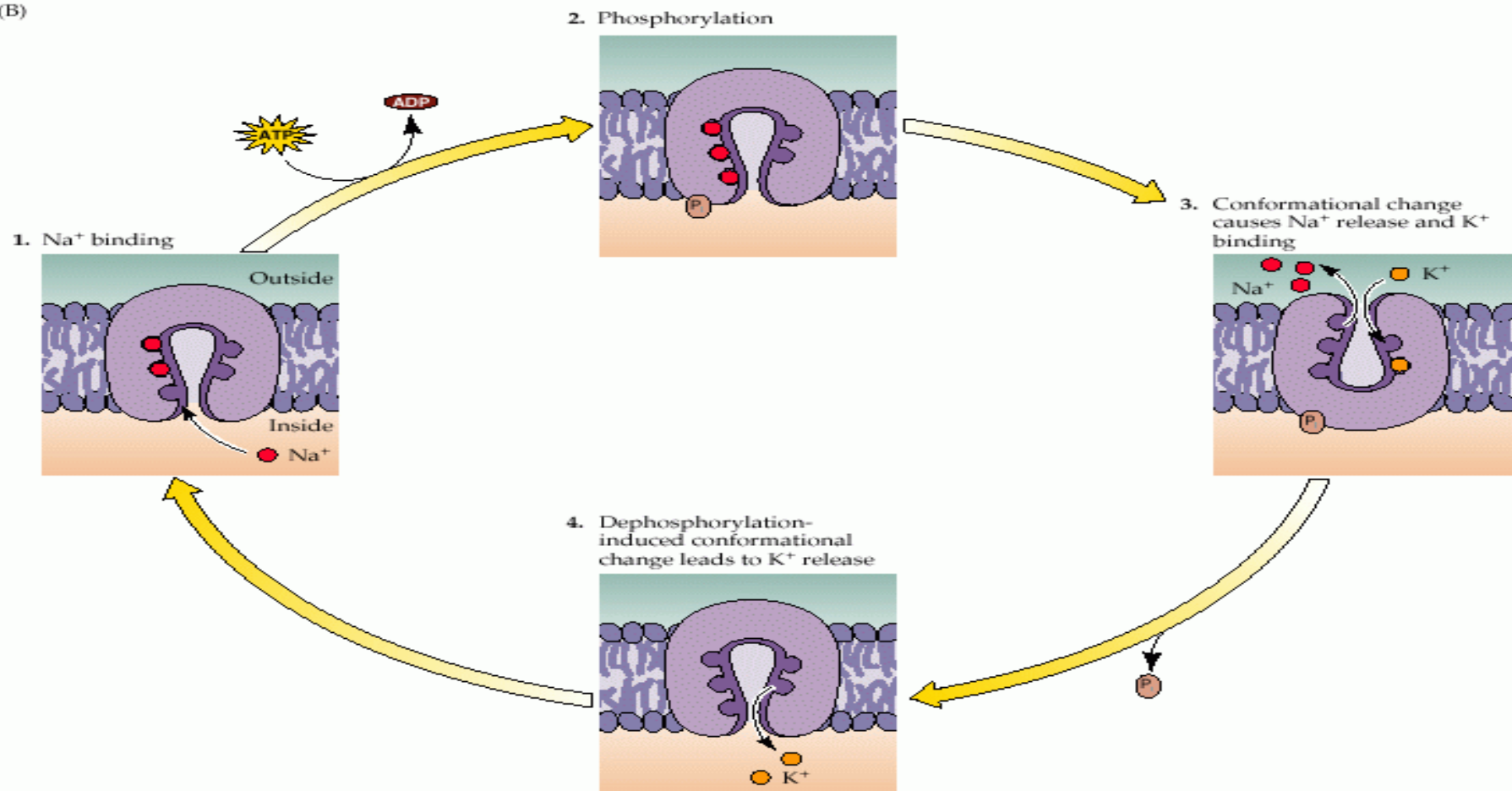
- Para que un estímulo sea transmitido deben existir ciertas condiciones:
 - 1.- La neurona post-sináptica debe encontrarse en un estado de Potencial de reposo o Pot. de membrana y
 - 2.- El estímulo debe sobrepasar un cierto umbral

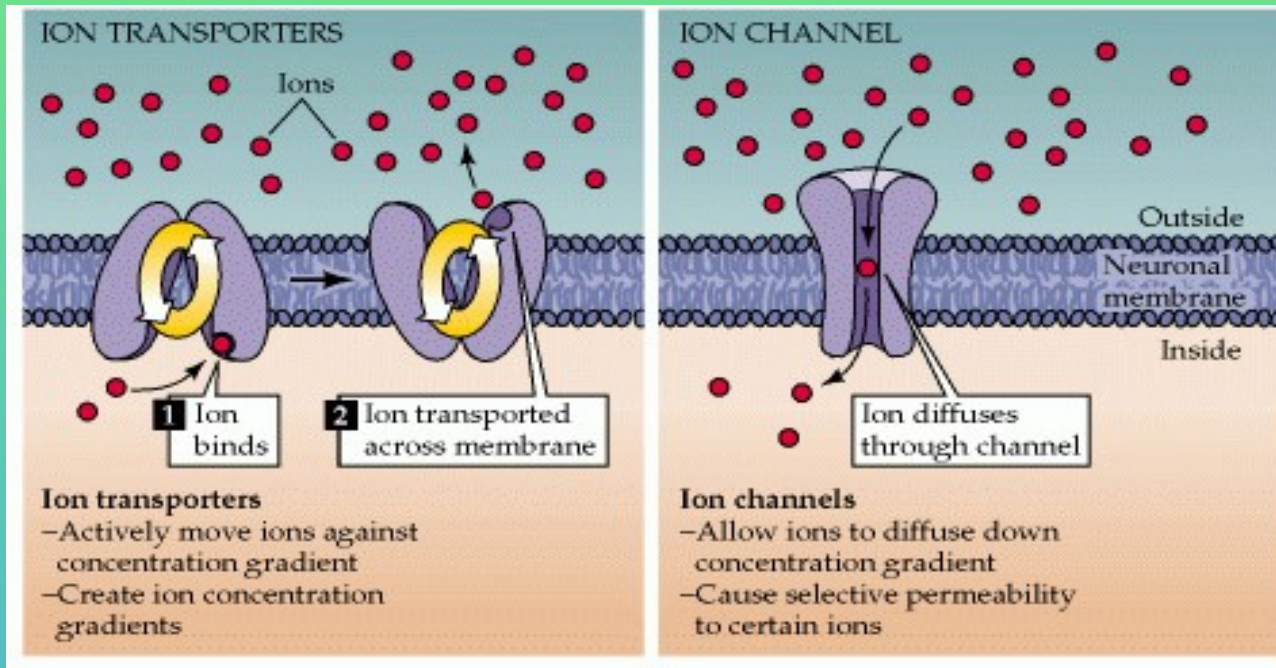
Potencial de Reposo o Potencial de Membrana

- Existe una diferencia de cargas eléctricas entre ambos lados de la membrana plasmática: el lado interno es negativo y el lado externo positivo. Esto depende de:
- 1.- Que la membrana es 100 veces más permeable al K^+ en este estado (Difusión facilitada).

- 2.- Existe una Bomba Na-K, que saca 3 Na^{+2} y entra 2 K^{+}). Es un transporte activo (pq. necesita ATP y se hace contra una gradiente).
- 3.- Hay conductos iónicos de K^{+} activados por voltaje que se encuentran cerrados en este estado.
- Cl^{-}

(B)





■ Bombas iónicas:

- Mueven iones en contra de una gradiente de concentración.
- Crean gradientes de concentración

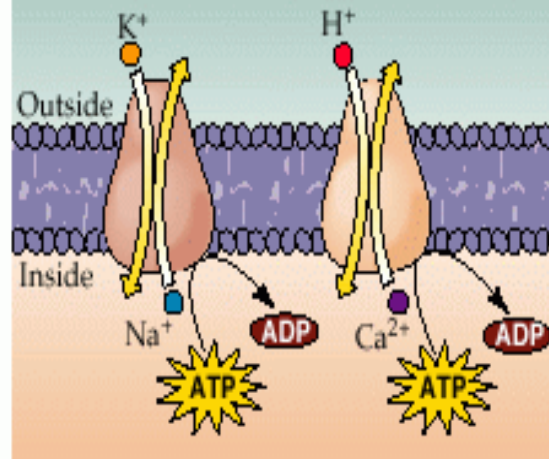
■ Canales iónicos:

- Permiten que los iones difundan y reduzcan el grad. de concentración.
- Permeabilidad selectiva a ciertos iones

ATPase PUMPS

(A) Na^+/K^+ pump

(B) Ca^{2+} pump



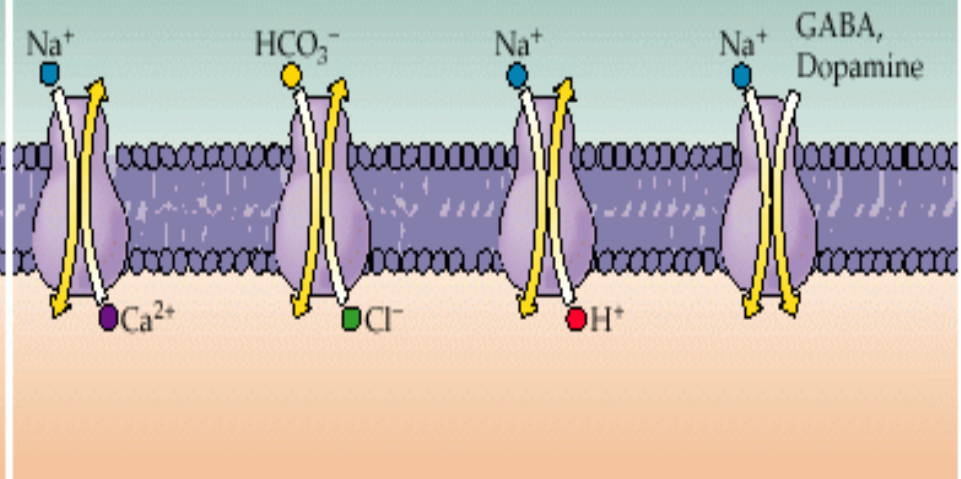
ION EXCHANGERS

(C) $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ exchanger

(D) $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ exchanger

(E) Na^+/H^+ exchanger

(F) $\text{Na}^+/\text{neurotransmitter}$ exchanger

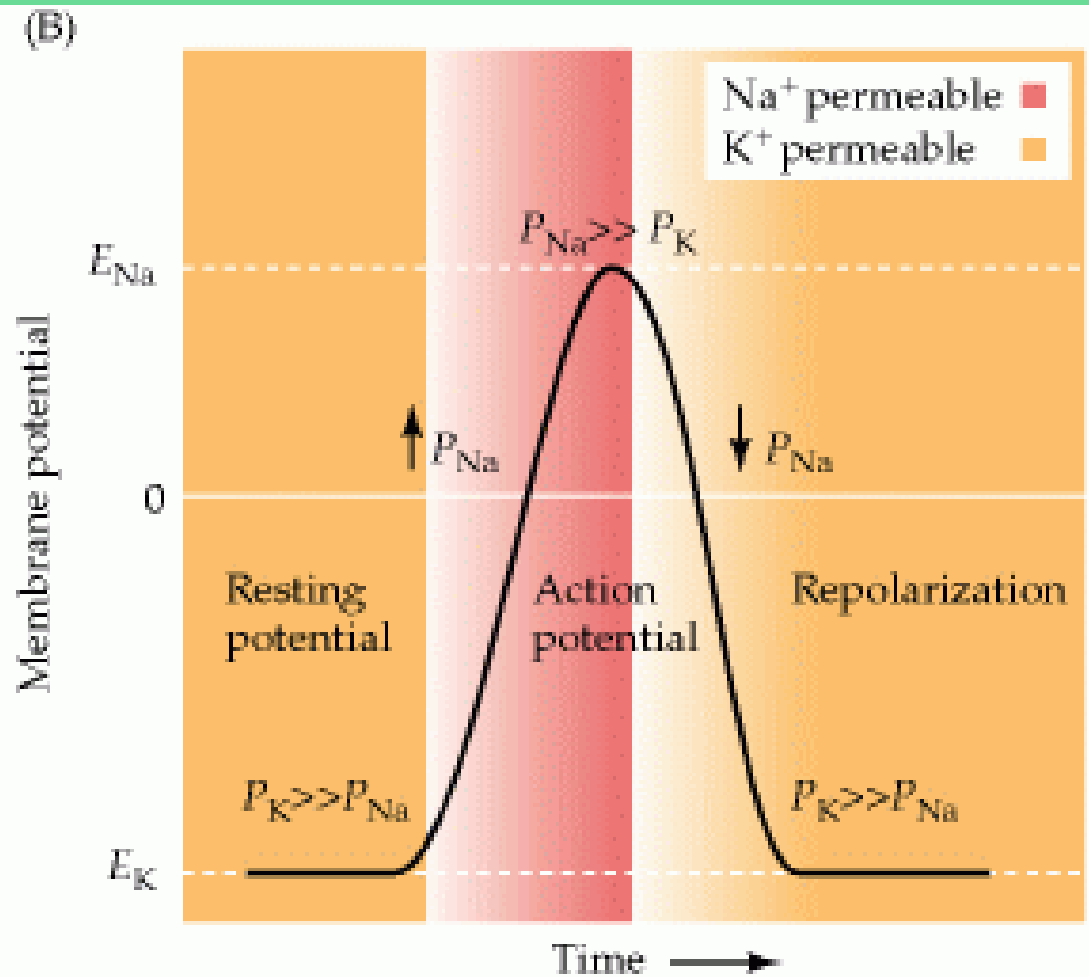
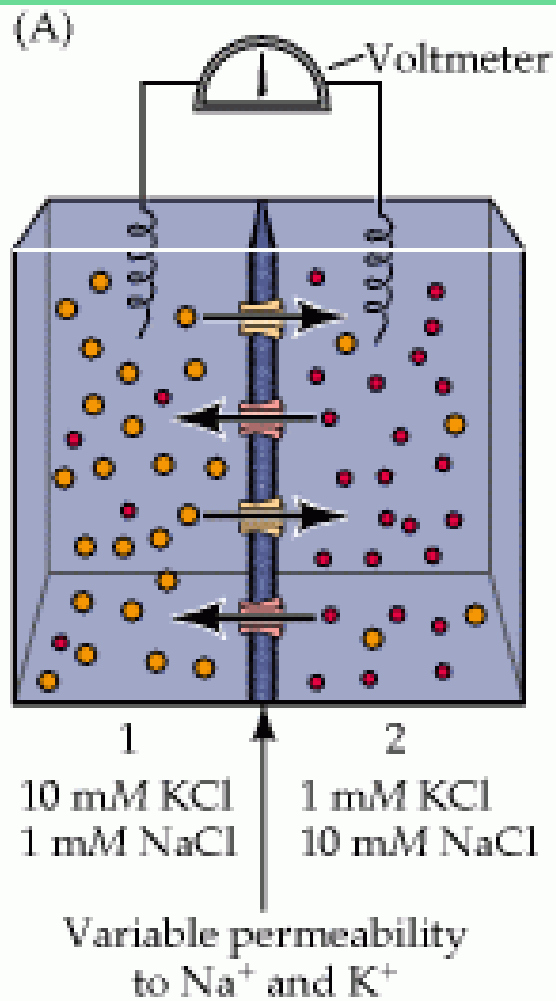


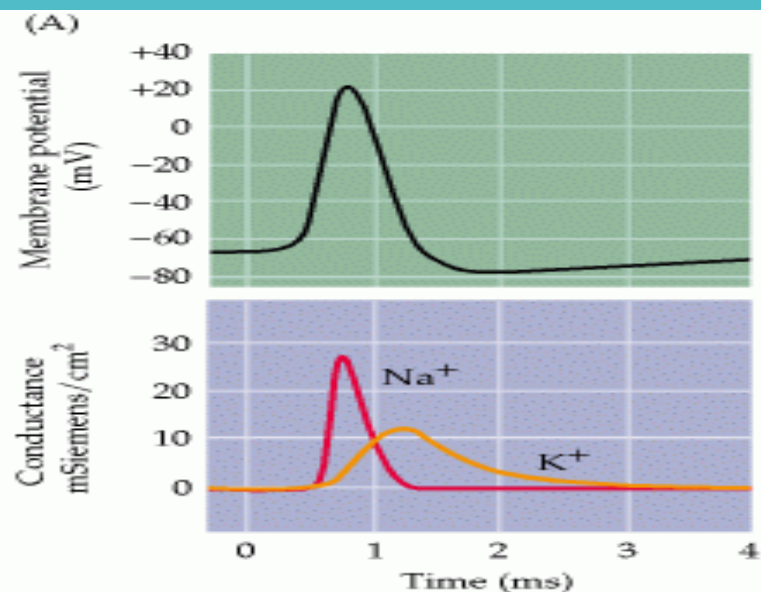
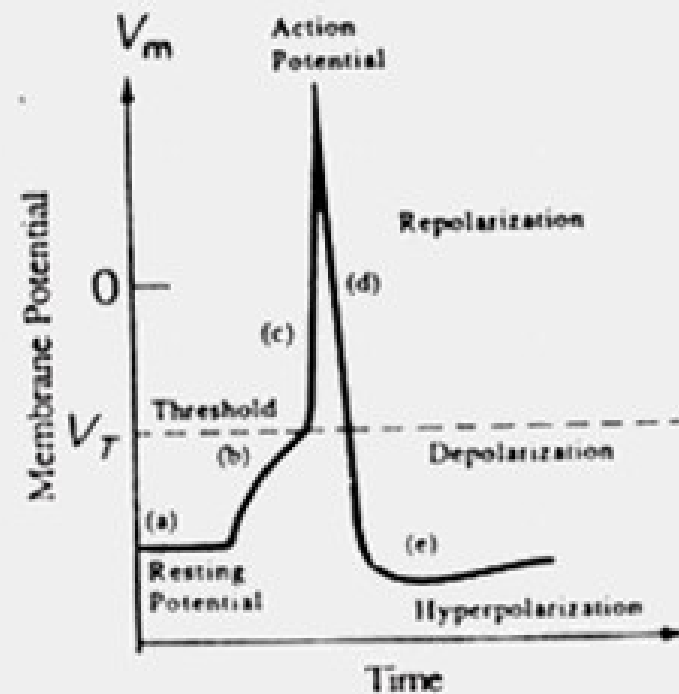
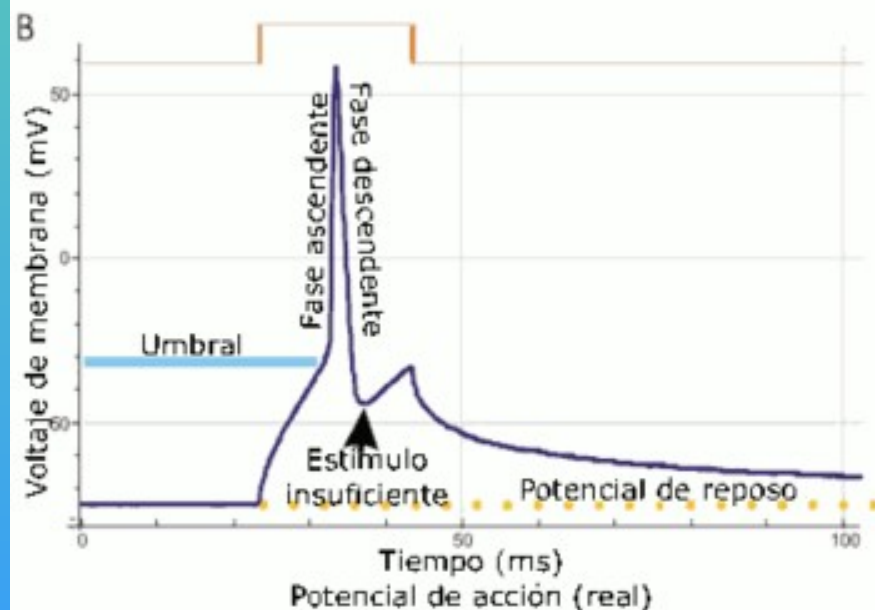
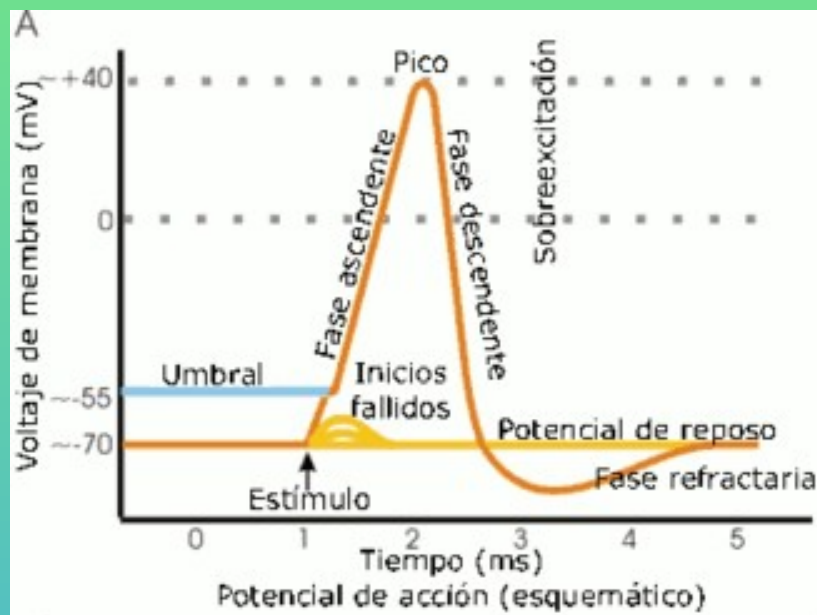
Potencial de Acción

- Un estímulo eléctrico, químico o mecánico puede modificar el Potencial de Reposo, incrementando la permeabilidad de la membrana a Na^{+2} .

Si el estímulo es pequeño (no sobrepasa el umbral) producirá sólo una perturbación local, Potencial Receptor o Potencial sináptico.

Si es suficientemente intenso puede dar como resultado un Potencial de Acción o sea la transmisión de un impulso nervioso (ley de todo o nada).





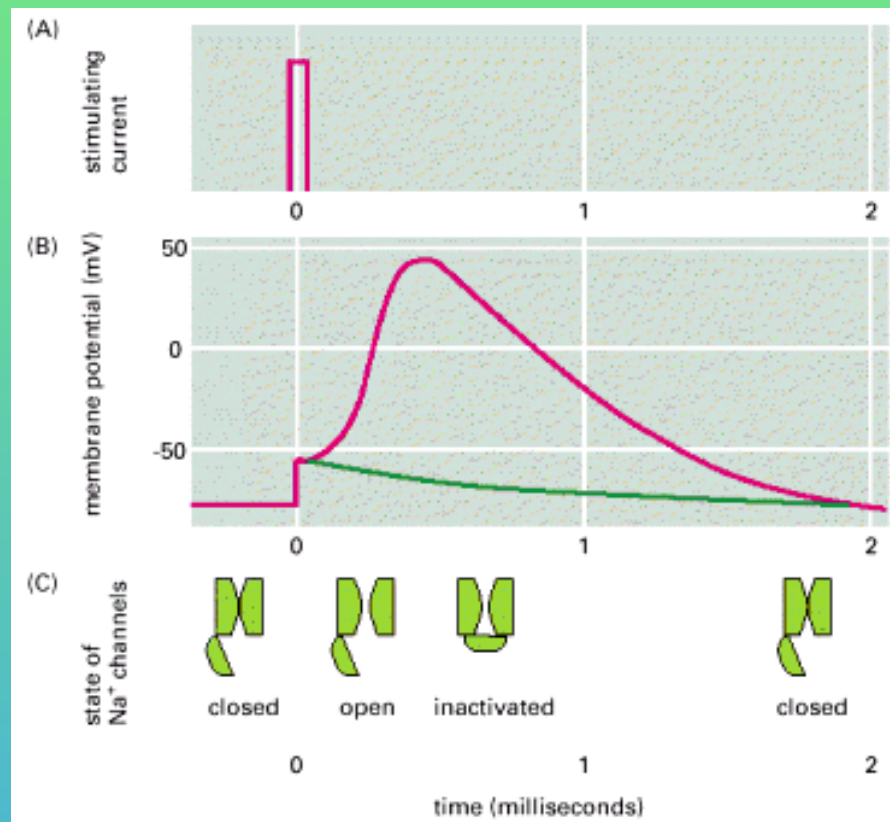
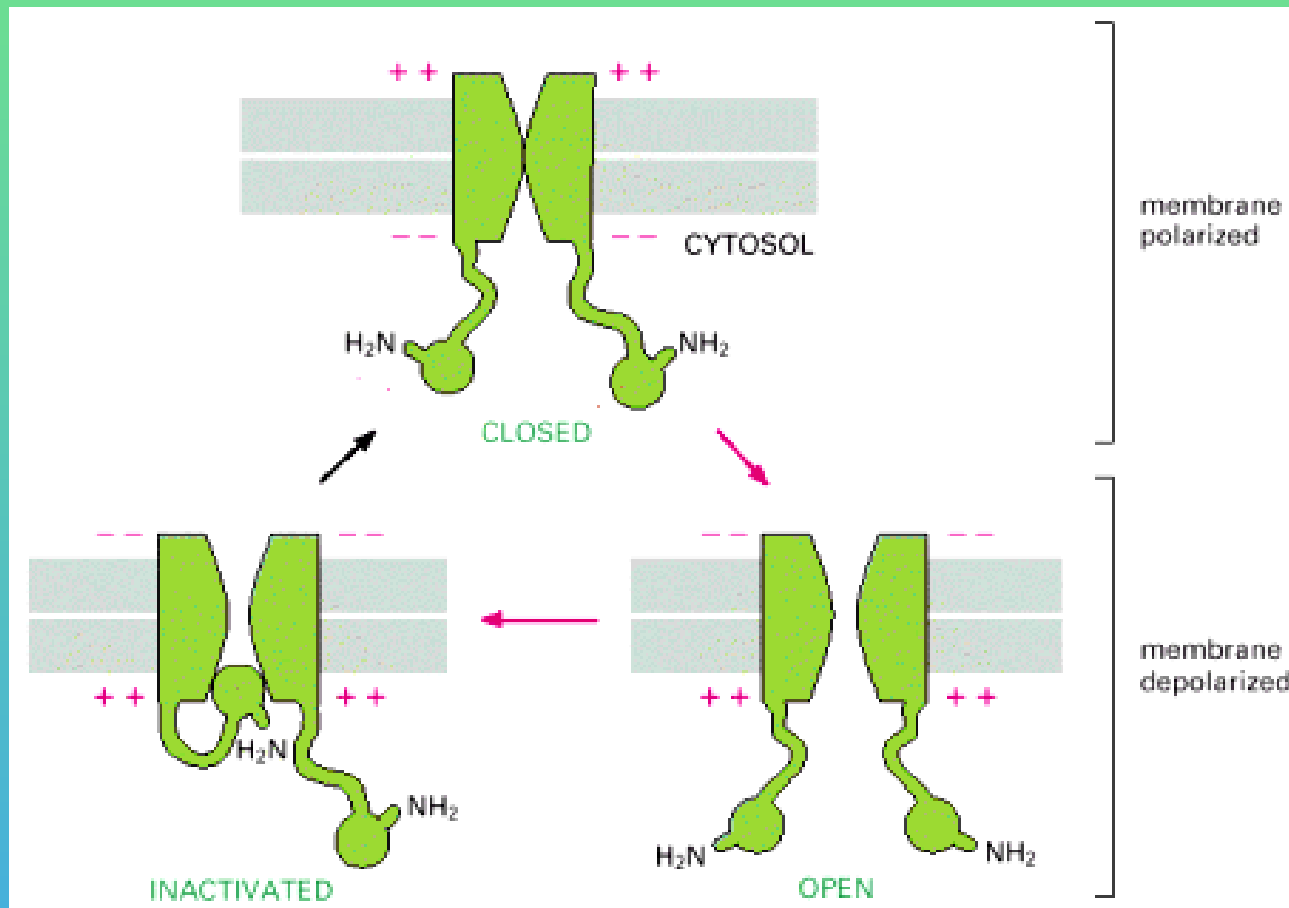
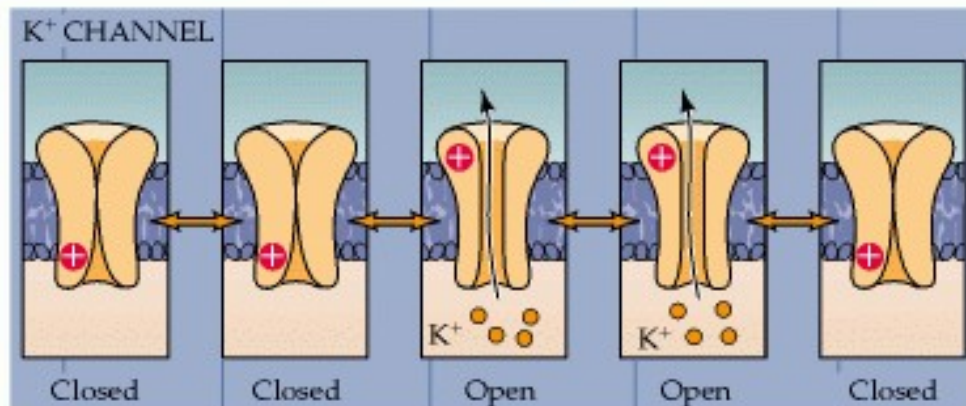
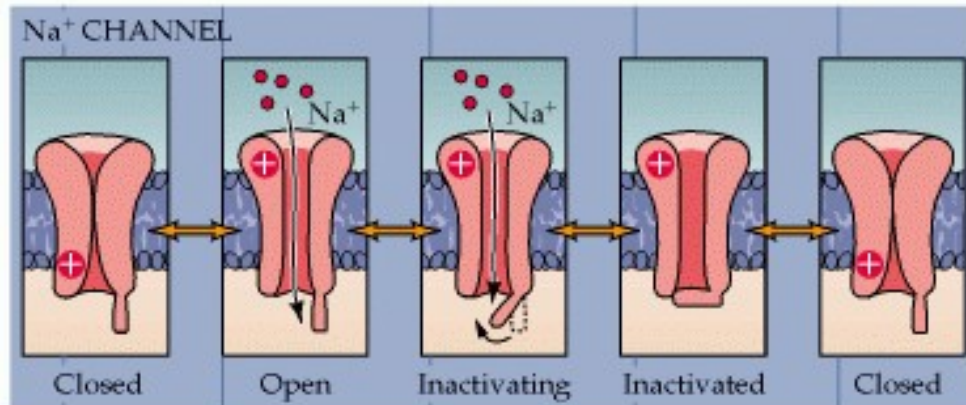
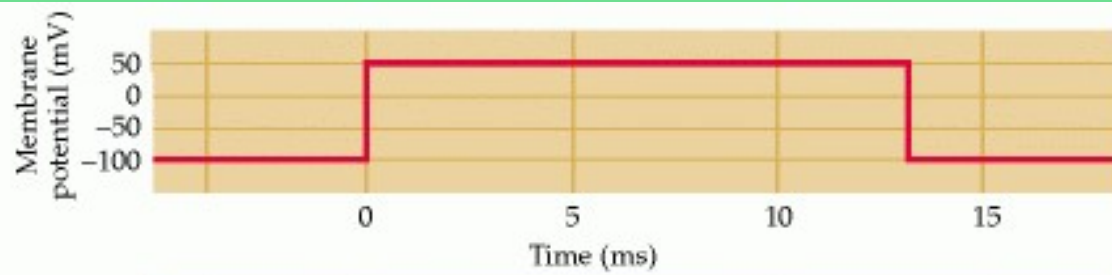


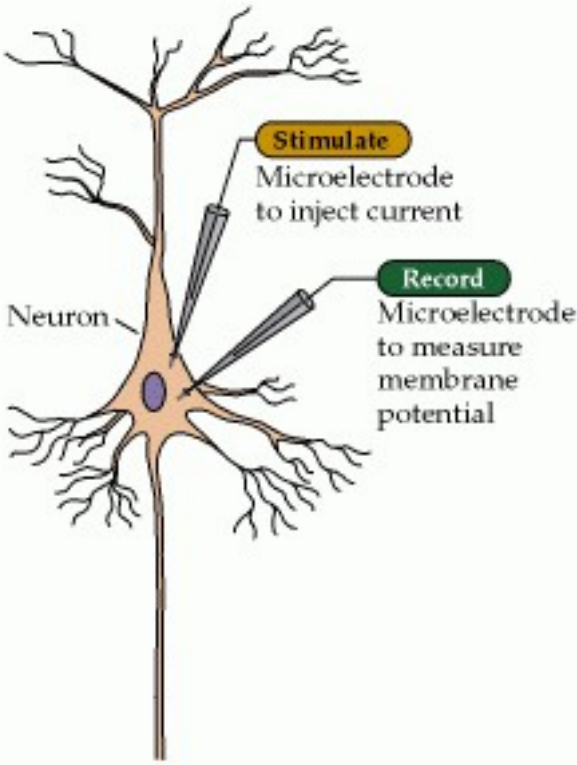
Figure 11-27. An action potential. (A) An action potential is triggered by a brief pulse of current, which (B) partially depolarizes the membrane, as shown in the plot of membrane potential versus time. The *green curve* shows how the membrane potential would have simply relaxed back to the resting value after the initial depolarizing stimulus if there had been no voltage-gated ion channels in the membrane; this relatively slow return of the membrane potential to its initial value of -70 mV in the absence of open Na⁺ channels occurs because of the efflux of K⁺ through K⁺ channels, which open in response to membrane depolarization and drive the membrane back toward the K⁺ equilibrium potential. The *red curve* shows the course of the action potential that is caused by the opening and subsequent inactivation of voltage-gated Na⁺ channels, whose state is shown in (C). The membrane cannot fire a second action potential until the Na⁺ channels have returned to the closed conformation; until then, the membrane is refractory to stimulation.



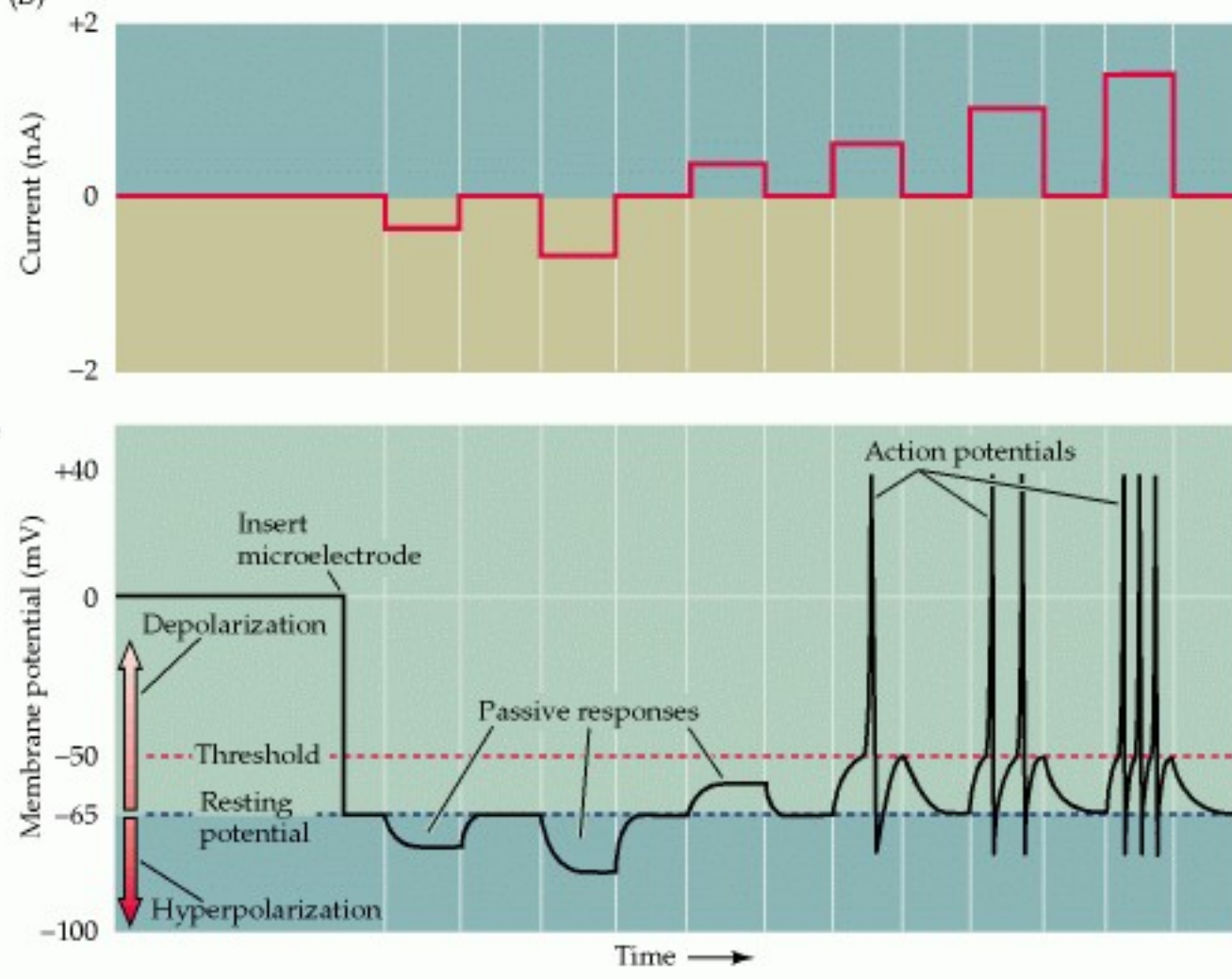
Posibles estados de los canales:
Cerrados, abiertos, bloqueados o inactivos.



(A)



(B)



Ojo con:

- Período refractario absoluto y Período refractario relativo.

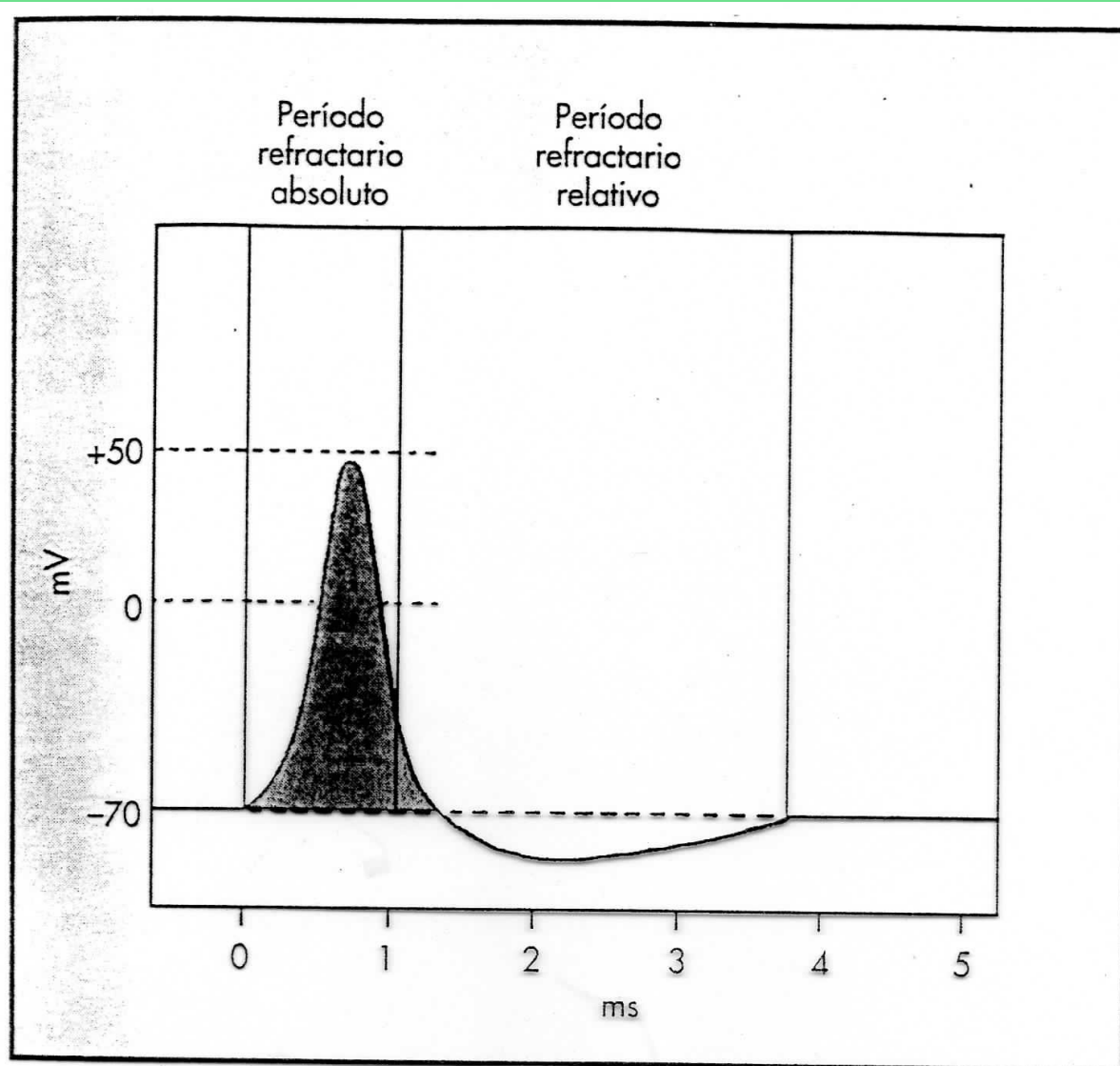
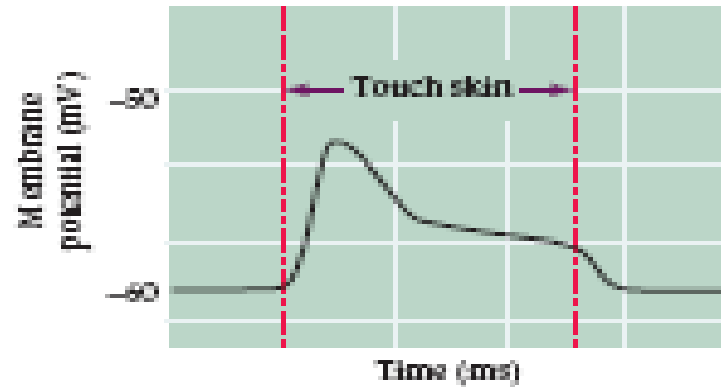
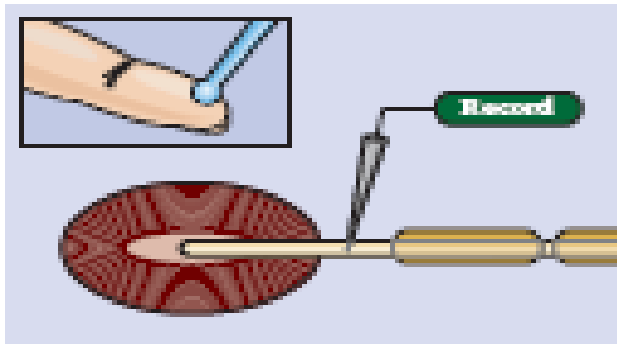


FIGURA 3-10 Potencial de acción de un nervio que ilustra los períodos refractarios absoluto y relativo asociados.

Ojo con:

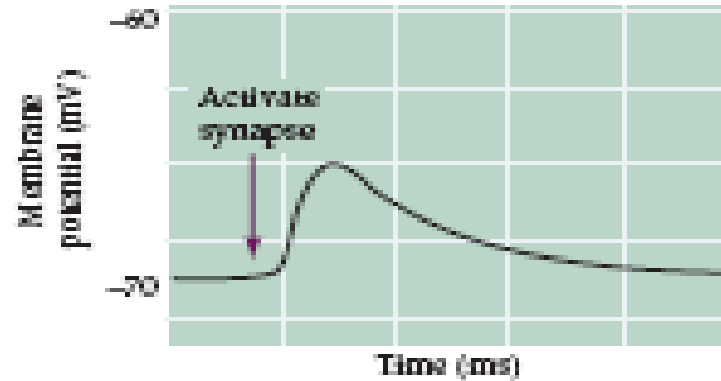
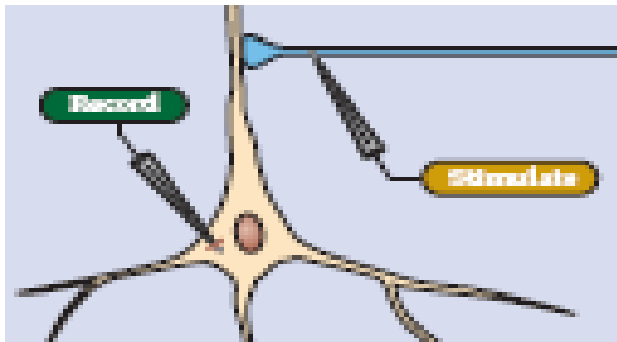
- Toxinas, TTX- Na^{+2} , TEA - K^{+} , marea roja, etc.
- Anestésicos

(A) Receptor potential



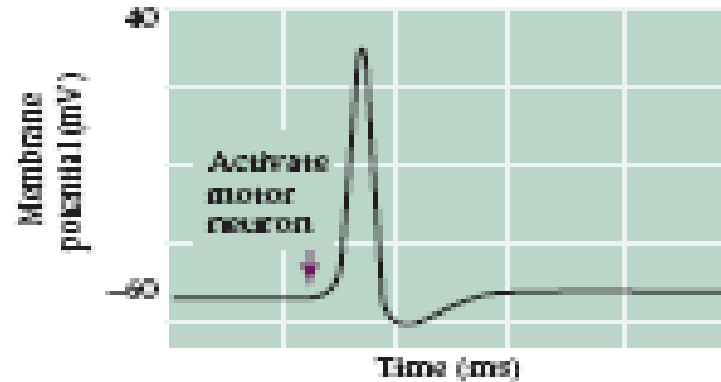
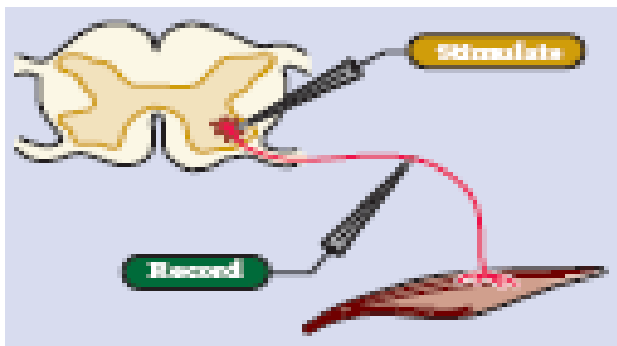
Potencial
receptor

(B) Synaptic potential



Potencial
sináptico

(C) Action potential



Potencial
de acción

COMPARACION DE SEÑALES PROPAGADAS Y SEÑALES LOCALES (PASIVAS)

Tipo de la señal	Amplitud (mV)	Duración	Sumación	Efecto de la señal	Tipo de propagación
Señales locales (pasivas)					
Potencial Receptor	Pequeño (0.1 a 10)	Breve (5 a 100 ms)	Graduada	Hiper o depolarización	Pasivo
Potencial Sináptico	Pequeño (0.1 a 10)	Breve a largo (5 ms a 20 min)	Graduada	Hiper o depolarización	Pasivo
Señal propagada (Activa)					
Potencial de Acción	Largo (70-110)	Breve (1- 10 ms)	Todo o nada	Depolarizante	Activo

Hasta la próxima