

# POTENCIAL DE MEMBRANA POTENCIAL DE ACCIÓN

Dr. César Augusto Morataya

# POTENCIAL DE MEMBRANA

¿Qué es un potencial de membrana?

¿Qué genera el potencial de membrana?

¿Cómo se mide un potencial de membrana?

CARGA ELÉCTRICA

# CARGA ELÉCTRICA

- ES UNA PROPIEDAD DE LA MATERIA
- LA DIFERENCIA EN LA CANTIDAD DE CARGA ELÉCTRICA ENTRE DOS LUGARES SE LLAMA VOLTAJE O DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO
- SI NO HAY NADA QUE LAS SEPARE LAS CARGAS FLUIRÁN DE DONDE ESTÁN MÁS A DONDE ESTÁN MENOS.
- CUANDO SE NIVELAN LAS CARGAS, YA NO HAY POTENCIAL YA NO HAY VOLTAJE
- PERO PUEDEN ESTAR SEPARADAS Y ENTONCES HAY ENERGÍA POTENCIAL ALMACENADA.



# POTENCIAL DE MEMBRANA

- ES LA ENERGÍA ELÉCTRICA ALMACENADA COMO VOLTAJE, POR LAS PEQUEÑAS CÉLULAS (SIMILAR A BATERÍAS)
- ESTA ENERGÍA SE UTILIZA PARA DIVERSAS FUNCIONES CELULARES

# POTENCIAL DE MEMBRANA

---

Diferencia de potencial a ambos lados de una membrana que separa soluciones de diferente concentración de iones.

---

SON POTENCIALES ELÉCTRICOS, EN TODAS LAS CÉLULAS.

---

Mediado por electrolitos

---

LÍQUIDO INTRACELULAR: K + elevado Na + bajo

---

LÍQUIDO EXTRACELULAR : Na+ alto K+ bajo

---

Se mide en milivoltios: mV

---

En reposo -90 mV

# POTENCIAL EN REPOSO

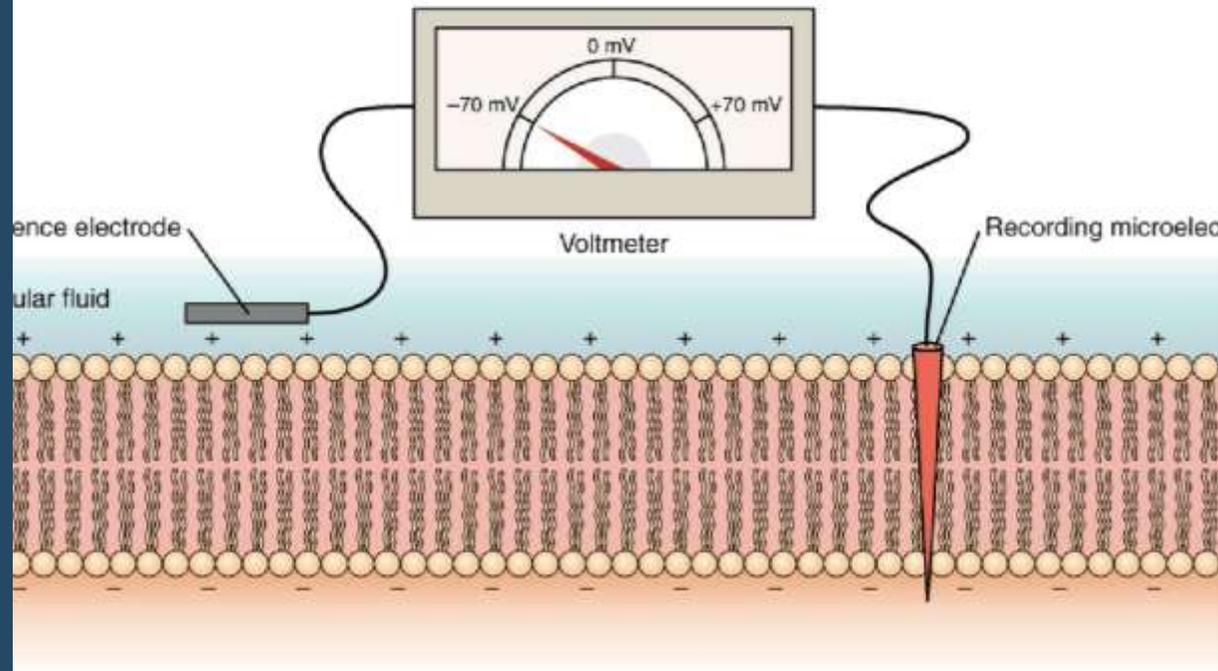


-90mV en fibra muscular



-70mV en la neurona

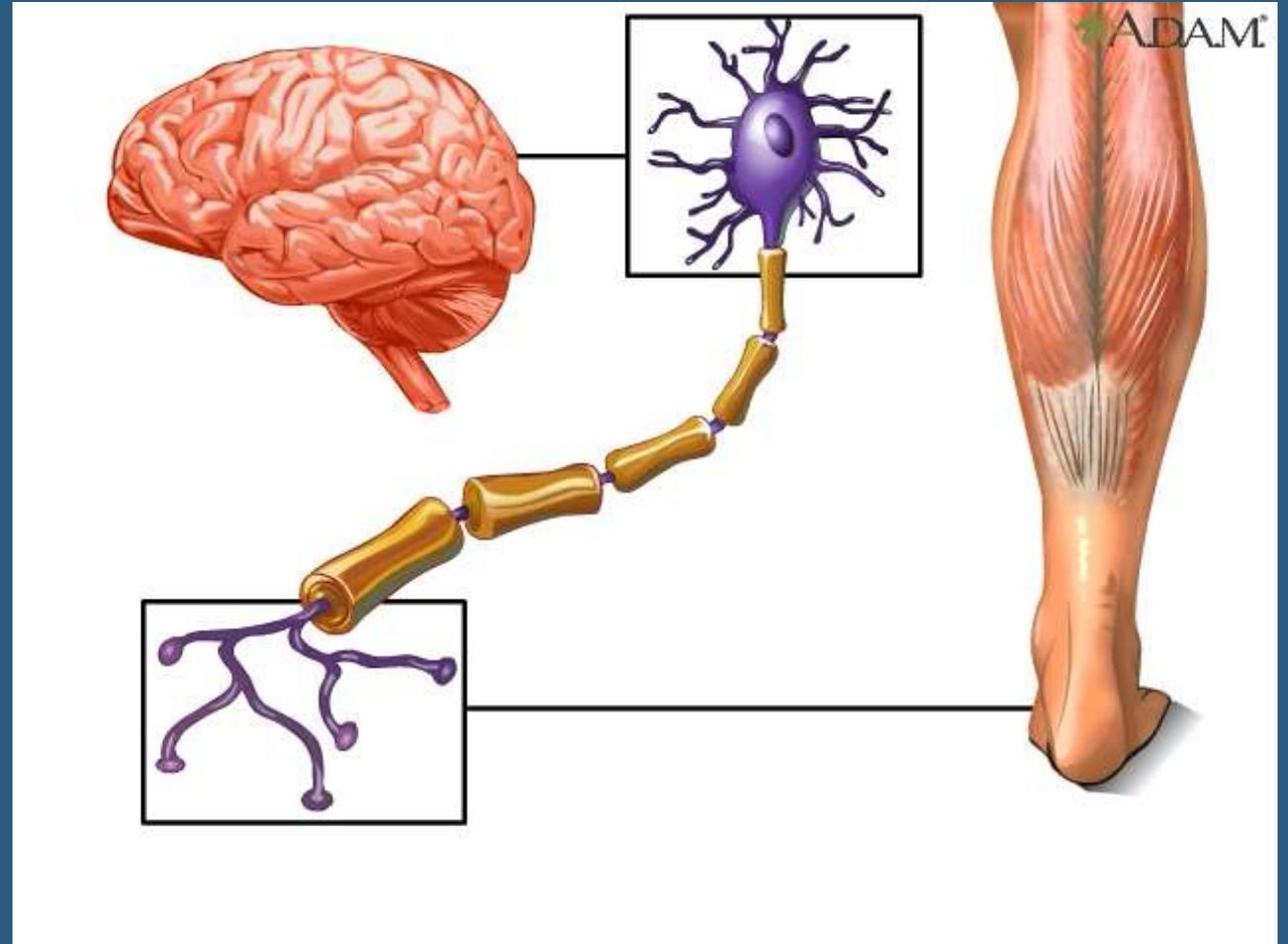
# Potencial de Membrana



**FÍSICA BÁSICA  
DE LOS  
POTENCIALES  
DE MEMBRANA  
LA MEMBRANA  
ESTÁ  
POLARIZADA**

# POTENCIAL DE ACCIÓN

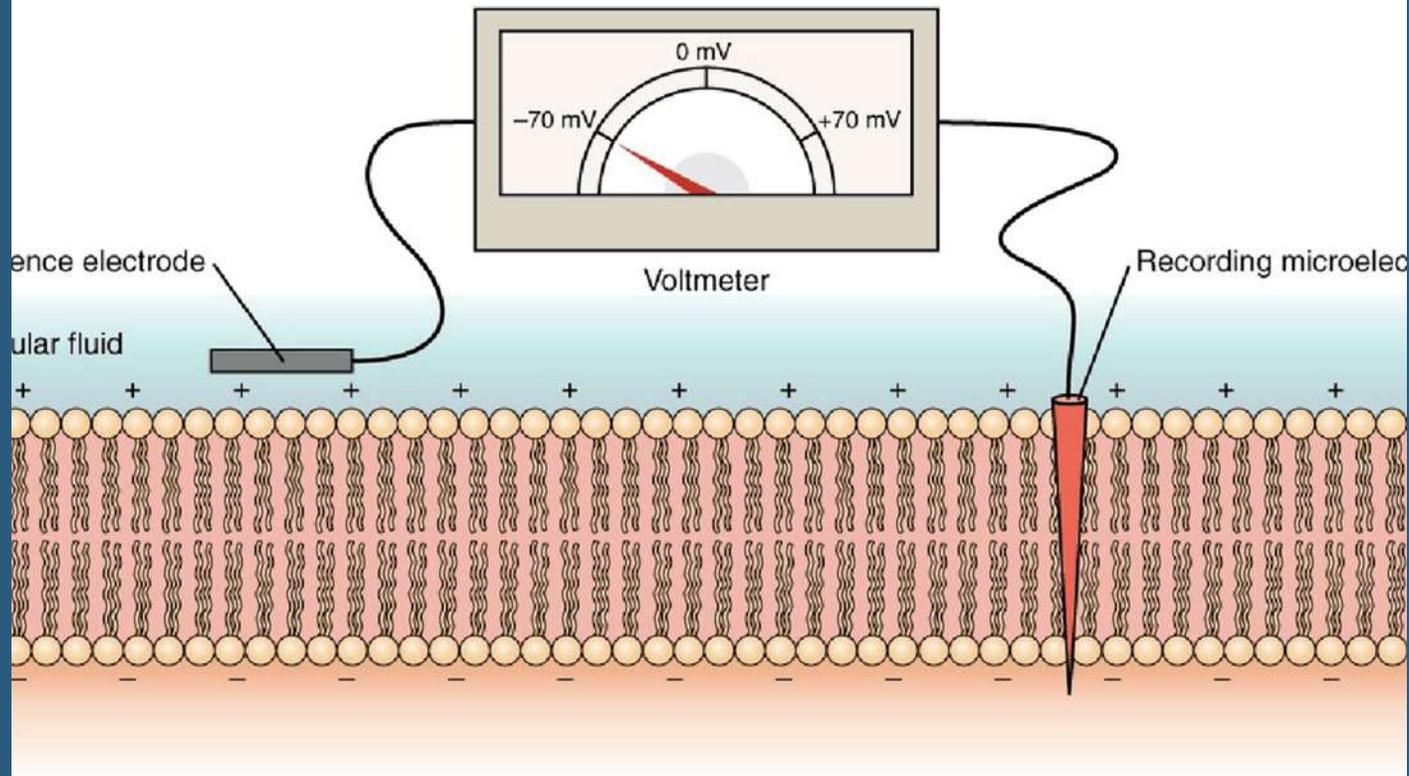
- ES EL MECANISMO ESENCIAL PARA LA CONDUCCIÓN DE INFORMACIÓN
- SISTEMA NERVIOSO Y MÚSCULO
- ESPIGAS DE VOLTAJE



# DEFINIR POTENCIAL DE ACCIÓN

- CAMBIO DE POLARIDAD DE LA MEMBRANA CELULAR, despolarización rápida y repentina que tiene lugar en alguna parte de la membrana celular. Consecuencia aumento de la permeabilidad a ciertos iones
  1. El estímulo tiene que tener cierta intensidad, suficiente para alcanzar el valor umbral.
  2. El registro del potencial de acción siempre va a tener la misma forma y amplitud
  3. Capacidad de transmitirse a largas distancias sin sufrir mayores decrementos.

# Potencial de Membrana



- **DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO ENTRE -70 Y -90<sub>mV</sub> REPRESENTADAS POR IONES ANIONES CATIONES**

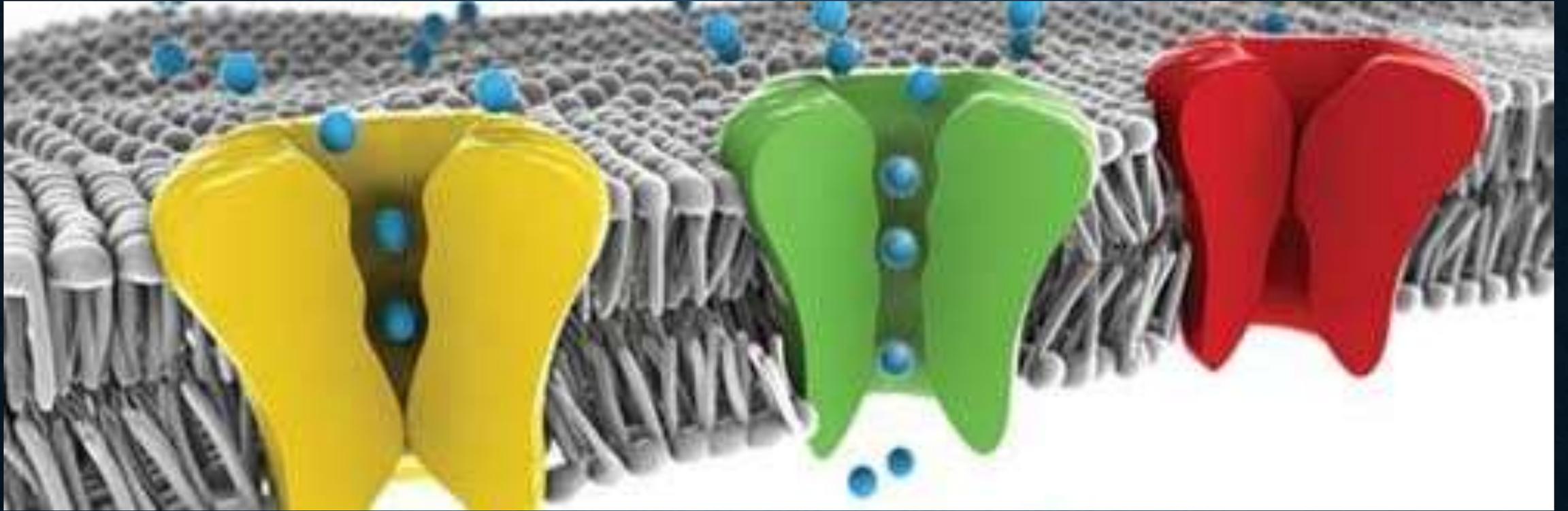
# PRINCIPALES IONES

- K: -94 mV
- Na: +8mV
- Bomba ATPasa: -4mV

# POTASIO

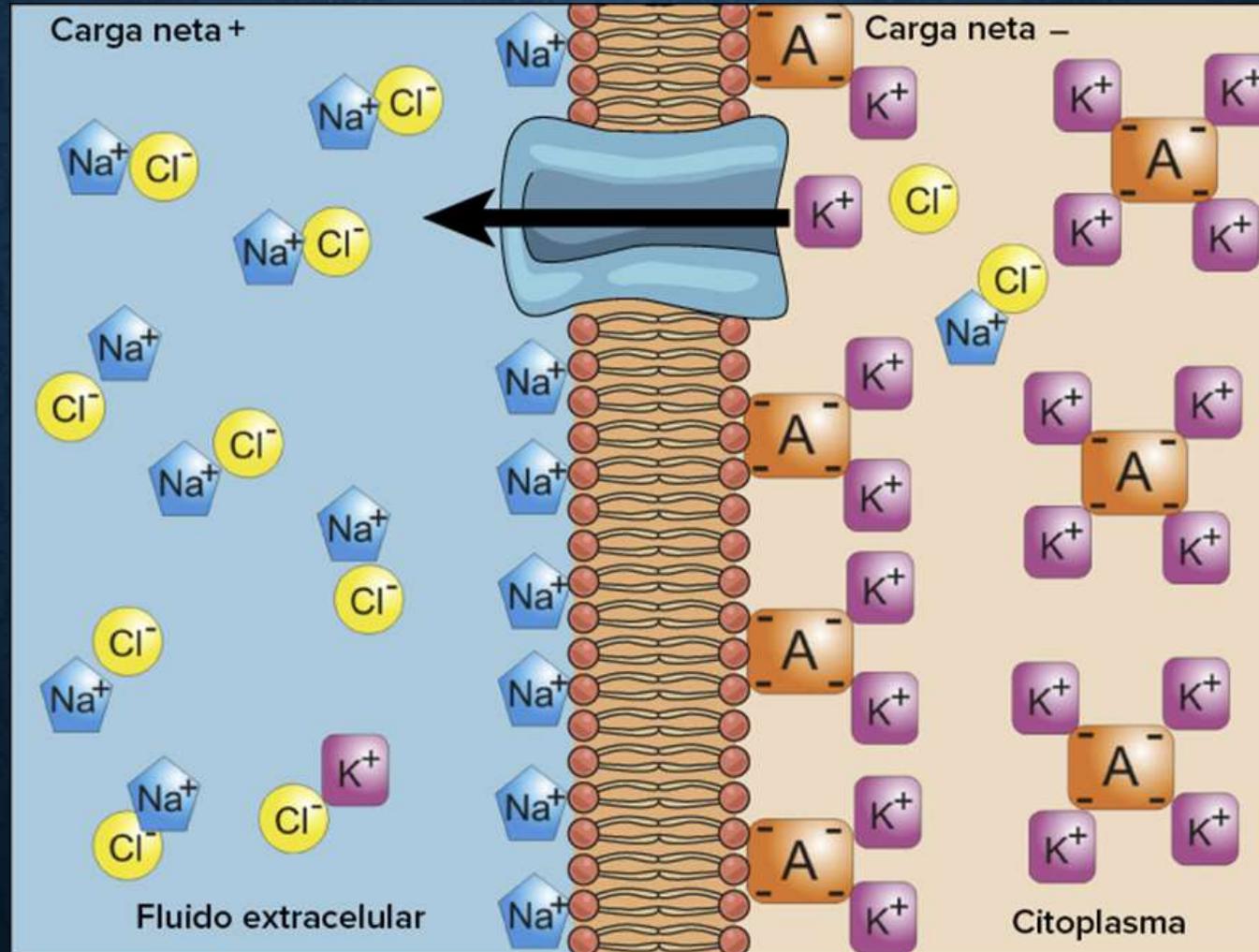
## K<sup>+</sup>

- Más abundante intracelularmente 140 meq/litro
- Sale por transporte pasivo a favor de gradiente de concentración
- Al salir hace más negativa la zona intracelular (-94 mV)



## **CANALES DE POTASIO**

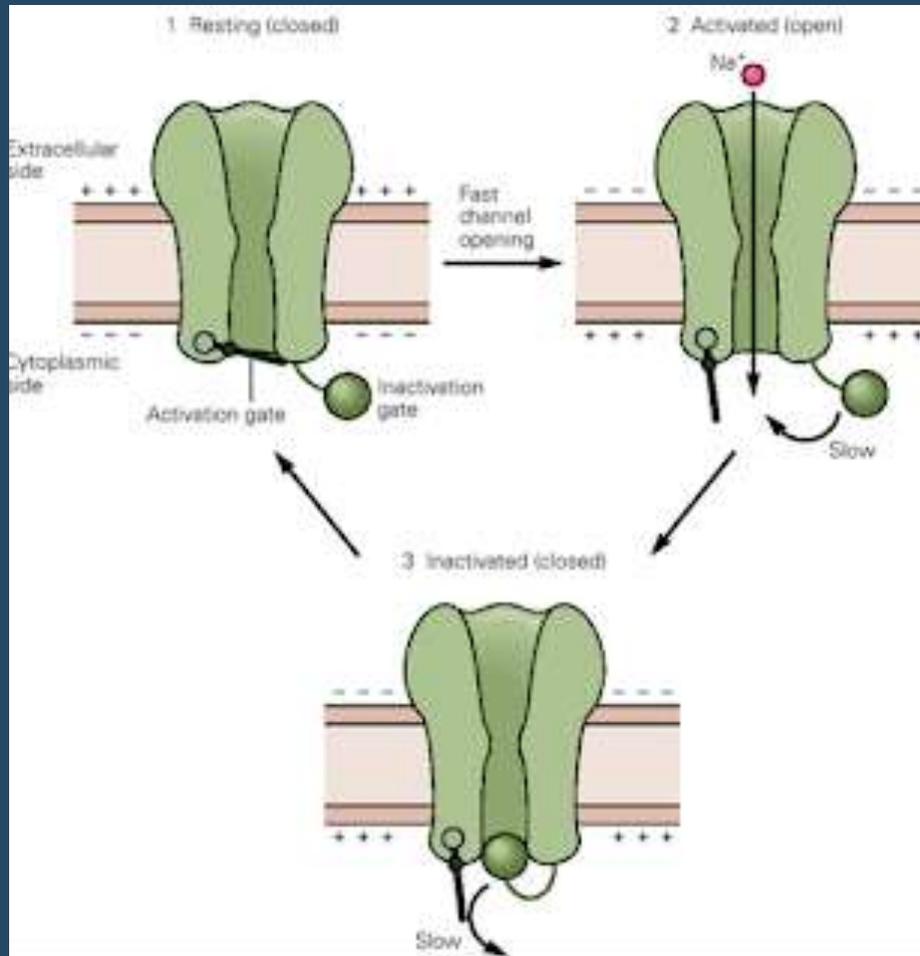
# IMPULSADOS POR SU GRADIENTE QUÍMICO



# SODIO

## Na<sup>+</sup>

- Más abundante extracelular 142 meq/L
- Se desplaza hacia adentro por transporte pasivo
- La membrana plasmática es más permeable al K que al Na, 100 veces más permeable
- Aporta 8 mV (-86 mV)

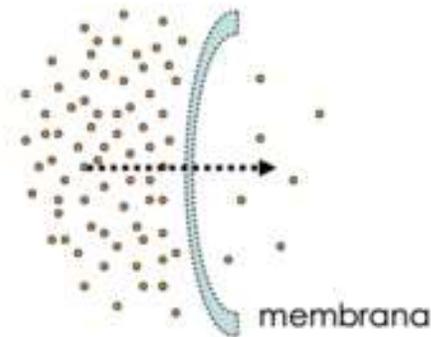


**GRADIENTE ELÉCTRICO. EL ION VA HACIA DONDE ESTÁ LA CARGA OPUESTA**

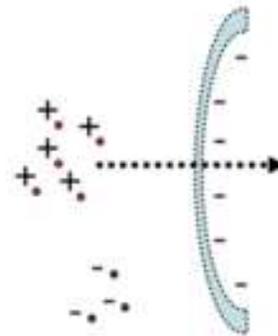
# SI SOLAMENTE HAY CANALES DE POTASIO, SE ALCANZARÍA EL EQUILIBRIO ELECTROQUÍMICO.

## Gradiente electroquímico

**Gradiente químico**  
Concentración

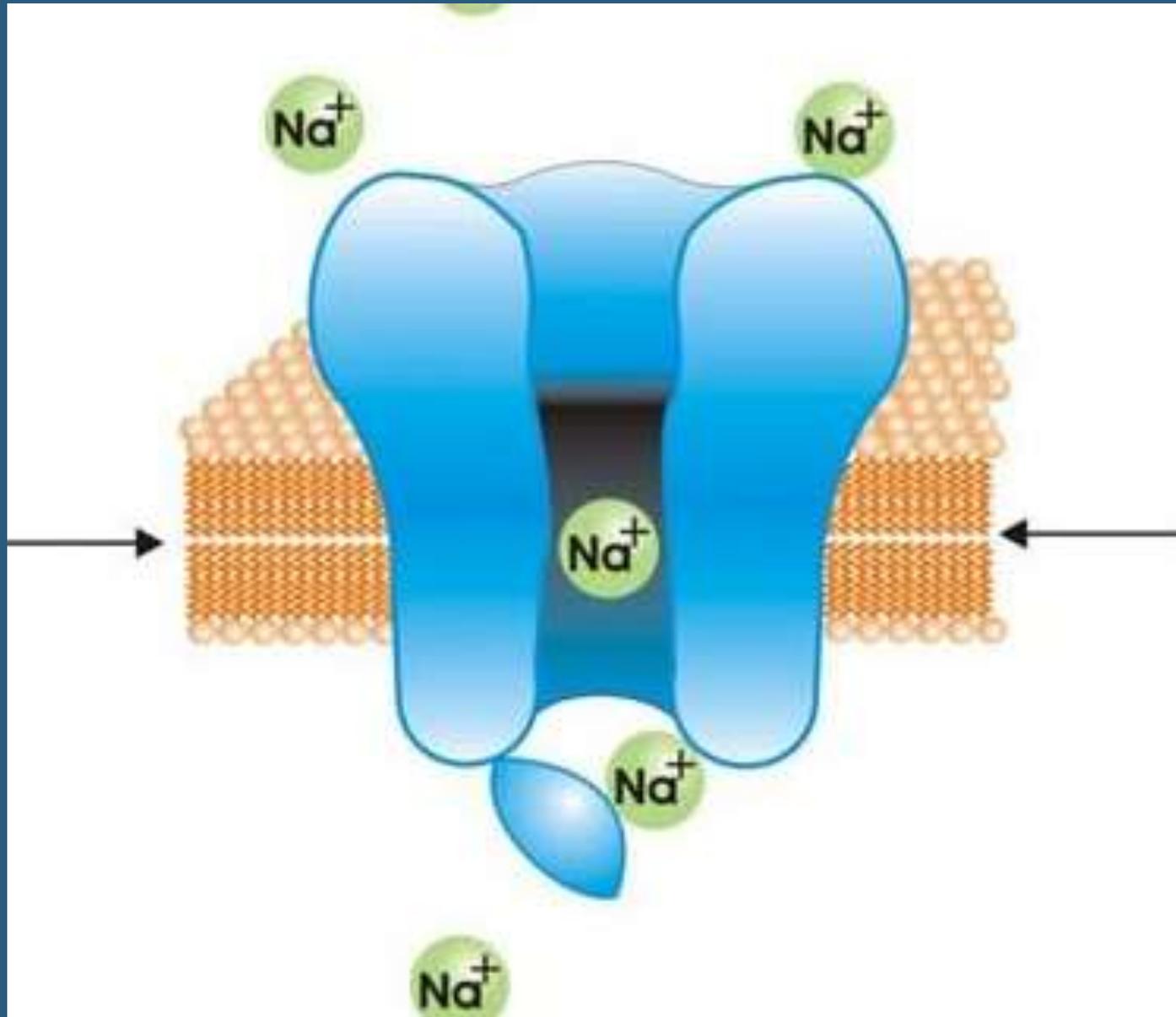


**Gradiente eléctrico**  
Diferencia de potencial



## POTENCIAL DE EQUILIBRIO $K^+$ . $-95_{mV}$

- FLUJO 0
- Ecuación de Nernst, para calcular el potencial de equilibrio de cada ion.



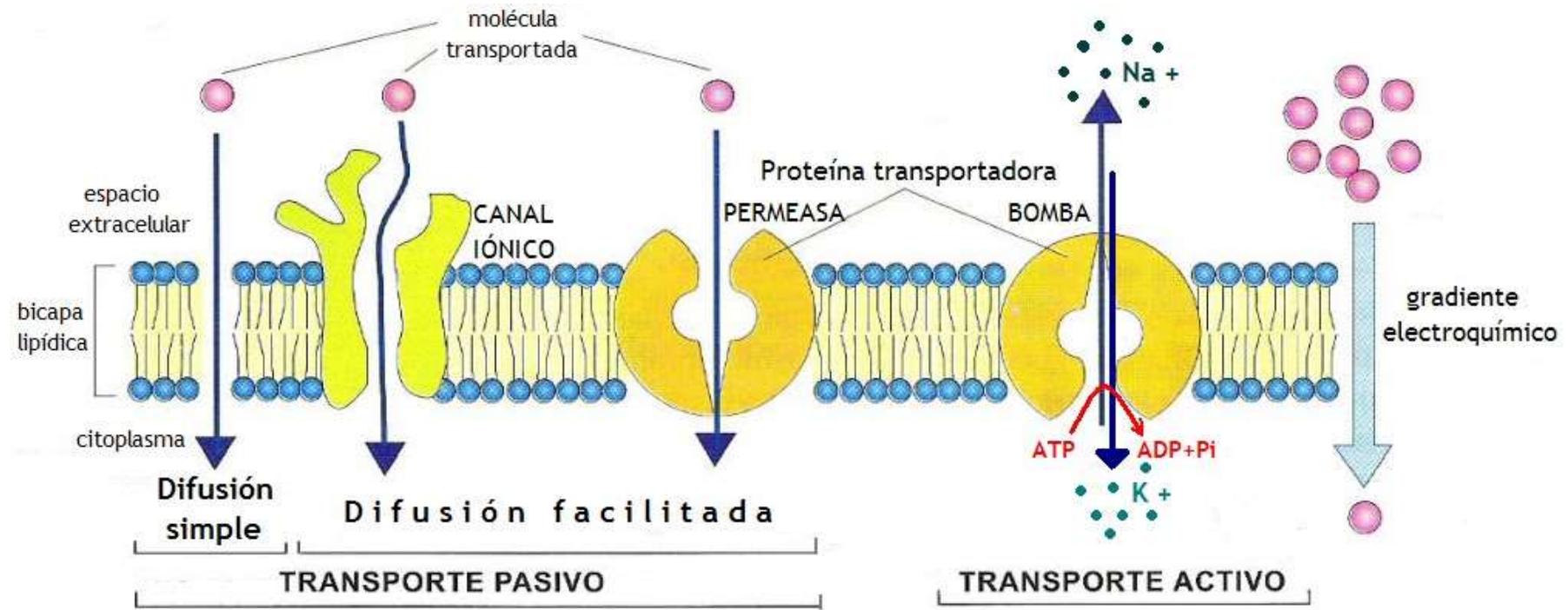
**CANALES DE  
SODIO, HACIA  
EL LÍQUIDO  
INTRACELUJLAR**

# BOMBA DE SODIO Y POTASIO

SACA 3 IONES  
DE SODIO Na<sup>+</sup>,  
METE 2  
IONES DE K<sup>+</sup>

METE MENOS  
IONES DE LOS  
QUE SACA

CONTRIBUYE A  
OBTENER -4  
mV



# POTENCIAL DE ACCIÓN

# **ANIONES INDIFUSIBLES**

- MOLÉCULAS EN EL INTERIOR DE LA CÉLULA, CARGA - No pueden difundir al exterior.
- PROTEINAS
- COMPUESTOS SULFATADOS
- COMPUESTOS FOSFATADOS.

# RESUMEN

SODIO DIFUSIÓN AL  
INTERIOR CELULAR

- 86

POTASIO DIFUSIÓN  
AL EXTERIOR  
CELULAR

-94

BOMBA DE SODIO Y  
POTASIO

SACA 3 SODIOS

METE DOS POTASIOS

- 4

## ECUACIÓN DE GOLDMAN

QUÉ TAN PERMEABLE ES  
LA MEMBRANA A CADA  
UNO DE SUS IONES.

SODIO, POTASIO Y  
CLORO.  $-86\text{mV}$  (potencial  
de membrana)

# BOMBA

- Na/K ATPasa
- Transporte activo: consume de ATP
- Introduce 2 iones de potasio
- Saca 3 iones de sodio
- En contra de sus gradientes electroquímicos
- Egresan más cargas positivas que las que ingresan
- Se negativiza más el interior de la célula

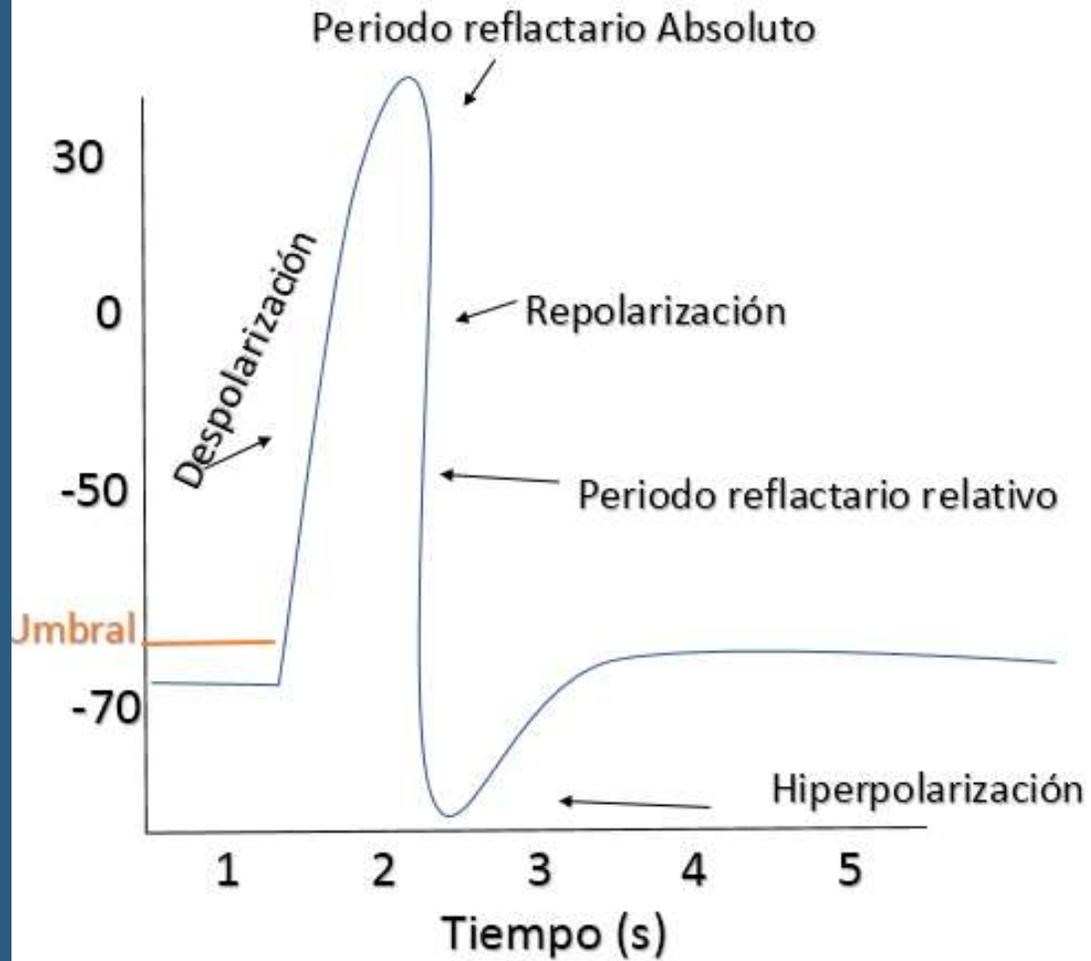
# POTENCIAL DE TRANSMEMBRANA

Ecuación de  
Goldman: -86mV

Bomba Na/K  
ATPasa: -4mV

POTENCIAL DE  
TRANSMEMBRANA:  
-90 mV

# Potencial de acción



# POTENCIAL DE ACCIÓN

# POTENCIAL DE ACCIÓN

- DESPOLARIZACIÓN RÁPIDA Y REPENTINA, QUE TIENE LUGAR EN ALGUNA PARTE DE LA MEMBRANA CELULAR.
- AUMENTO DE LA PERMEABILIDAD DE LA MEMBRANA HACIA CIERTOS IONES

# FASES

- REPOSO
- DESPOLARIZACIÓN
- SOBREEXITACIÓN
- HIPERPOLARIZACIÓN

# CAMBIO CONFORMACIONAL DE LOS CANALES

- PARA MODIFICAR LA PERMEABILIDAD DE LOS IONES, EN RESPUESTA A UN ESTÍMULO.
- CANALES IÓNICOS SON PROTEÍNAS TRANSMEMBRANA
  - ❖ Selectividad de iones
  - ❖ Canales de sodio, potasio, calcio etc.
  - ❖ Pueden tener puertas o sin puertas

# ESTÍMULO

---

Es un fenómeno que puede producir excitación y modificar ese potencial de membrana, por ejemplo puede inducir un cambio conformacional de un canal.

---

Puede ser mecánico, químico o eléctrico

---

Hay canales rápidos o lentos

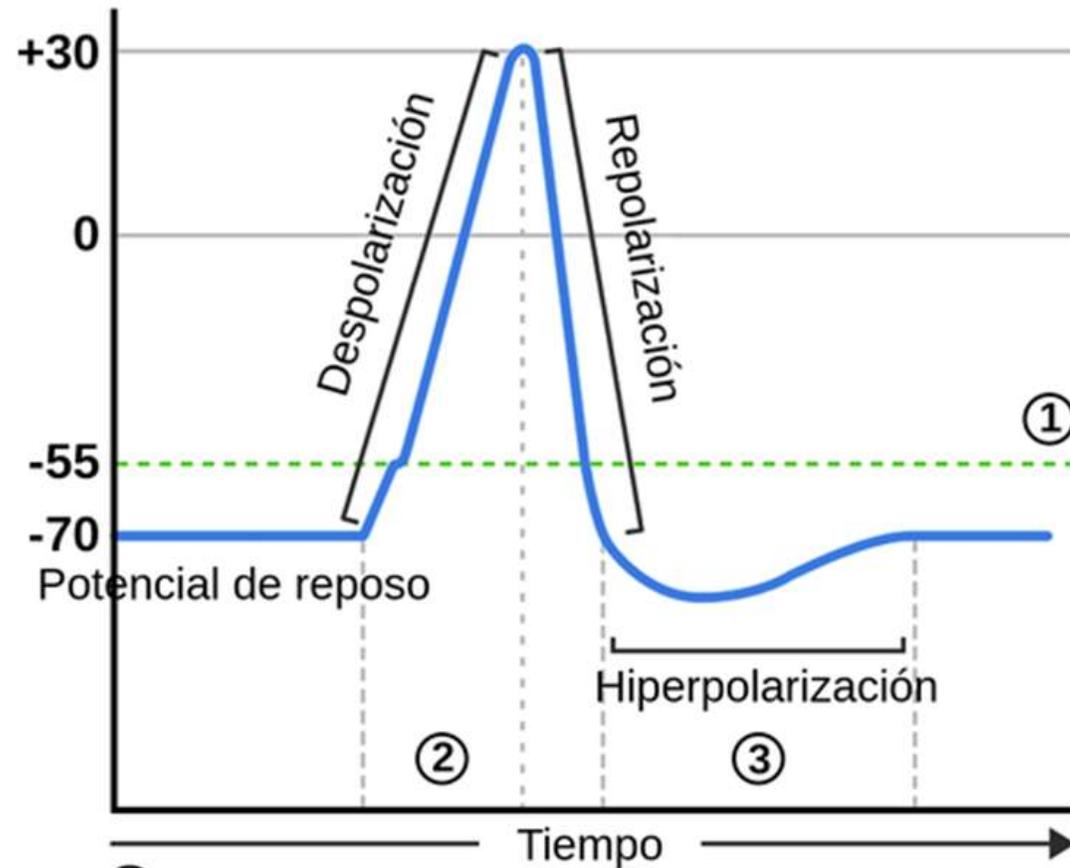
# REPOSO

- POTENCIAL DE MEMBRANA EN REPOSO – 90 mV
- CANALES IÓNICOS DE SODIO Y POTASIO SE ENCUENTRAN CERRADOS
- LA MEMBRANA ESTÁ POLARIZADA

# UMBRAL

- ES EL TOPE MÍNIMO QUE DEBE ALCANZAR EL ESTÍMULO PARA DESENCADENAR UN POTENCIAL DE ACCIÓN
- SI UN ESTÍMULO NO LLEVA A LA CÉLULA A  $-65\text{mV}$ , NO SE DESENCADENA EL POTENCIAL DE ACCIÓN, NO SE ABREN LOS CANALES DE  $\text{Na}^+$  ACTIVADOS POR VOLTAJE.
- “LEY DEL TODO O NADA” SI O NO
- SI ALCANZA  $-65\text{mV}$ , SE ABREN LOS CANALES ACTIVADOS POR VOLTAJE, MUCHOS IONES DE  $\text{Na}^+$  ENTRAN A LA CÉLULA PARA HACERLA ELECTRO-POSITIVA
- ESTO ES **DESPOLARIZACIÓN, PICO DE  $+35\text{ mV}$**

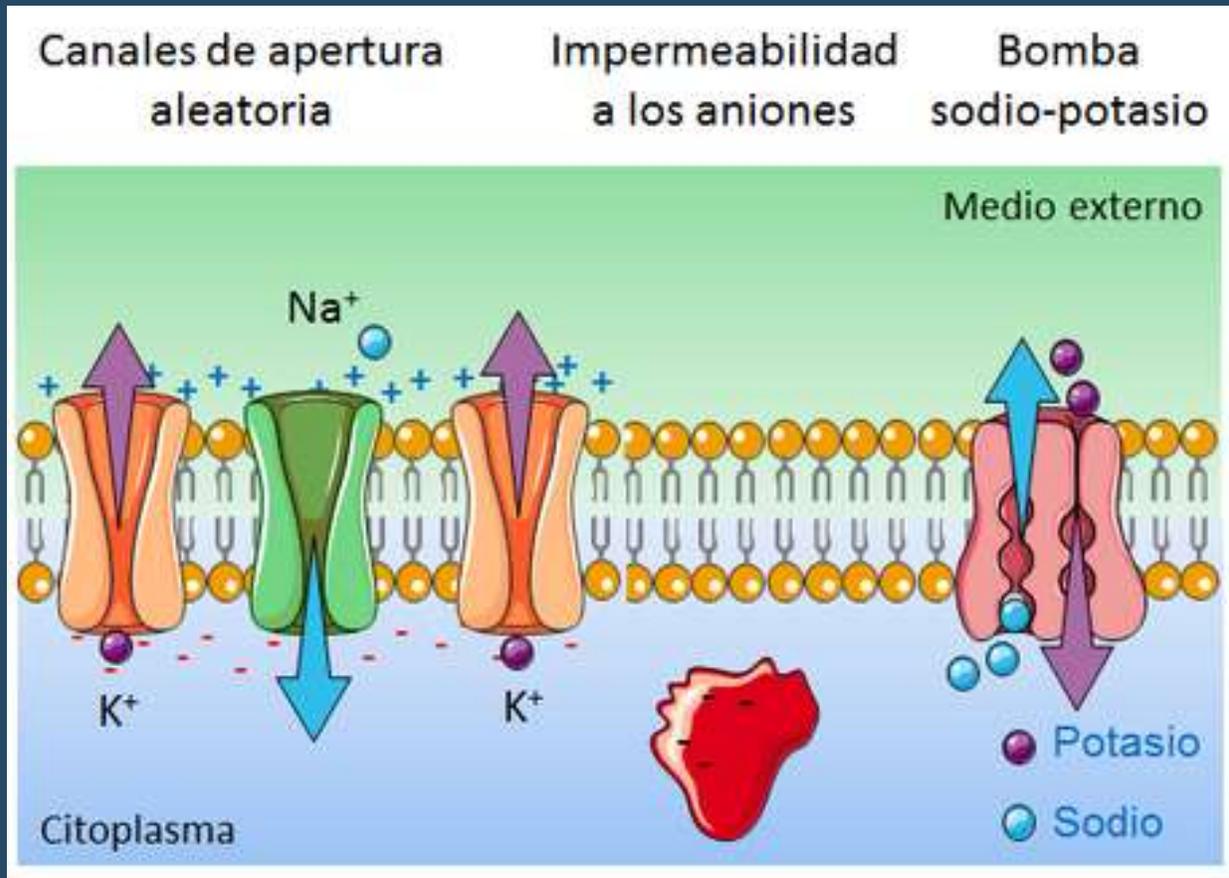
Potencial de membrana (mV)



① Umbral de excitación

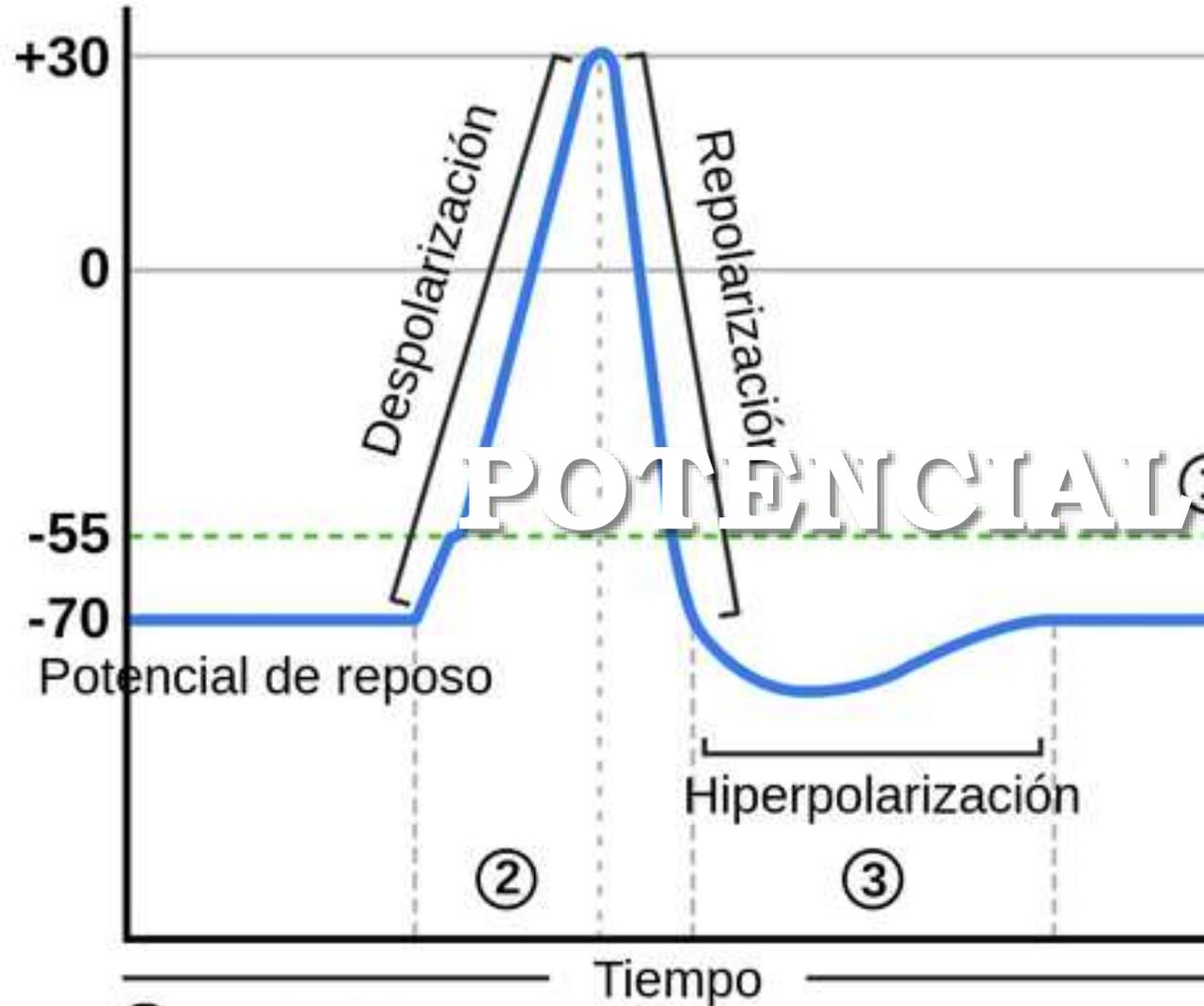
② Aumenta el Na<sup>+</sup> intracelular

③ Aumenta el K<sup>+</sup> extracelular



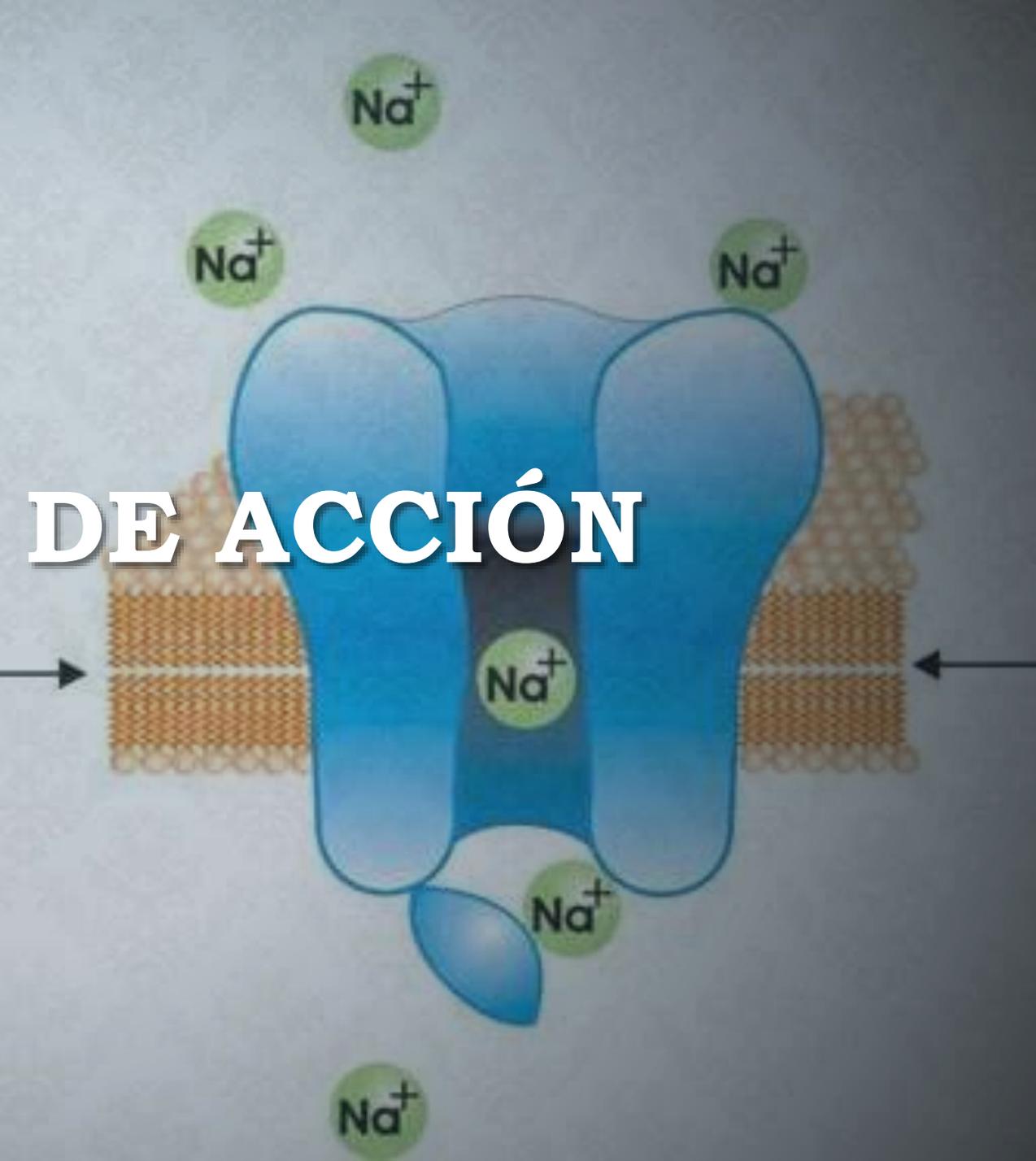
**DESPOLARIZACIÓN**

Potencial de membrana (mV)



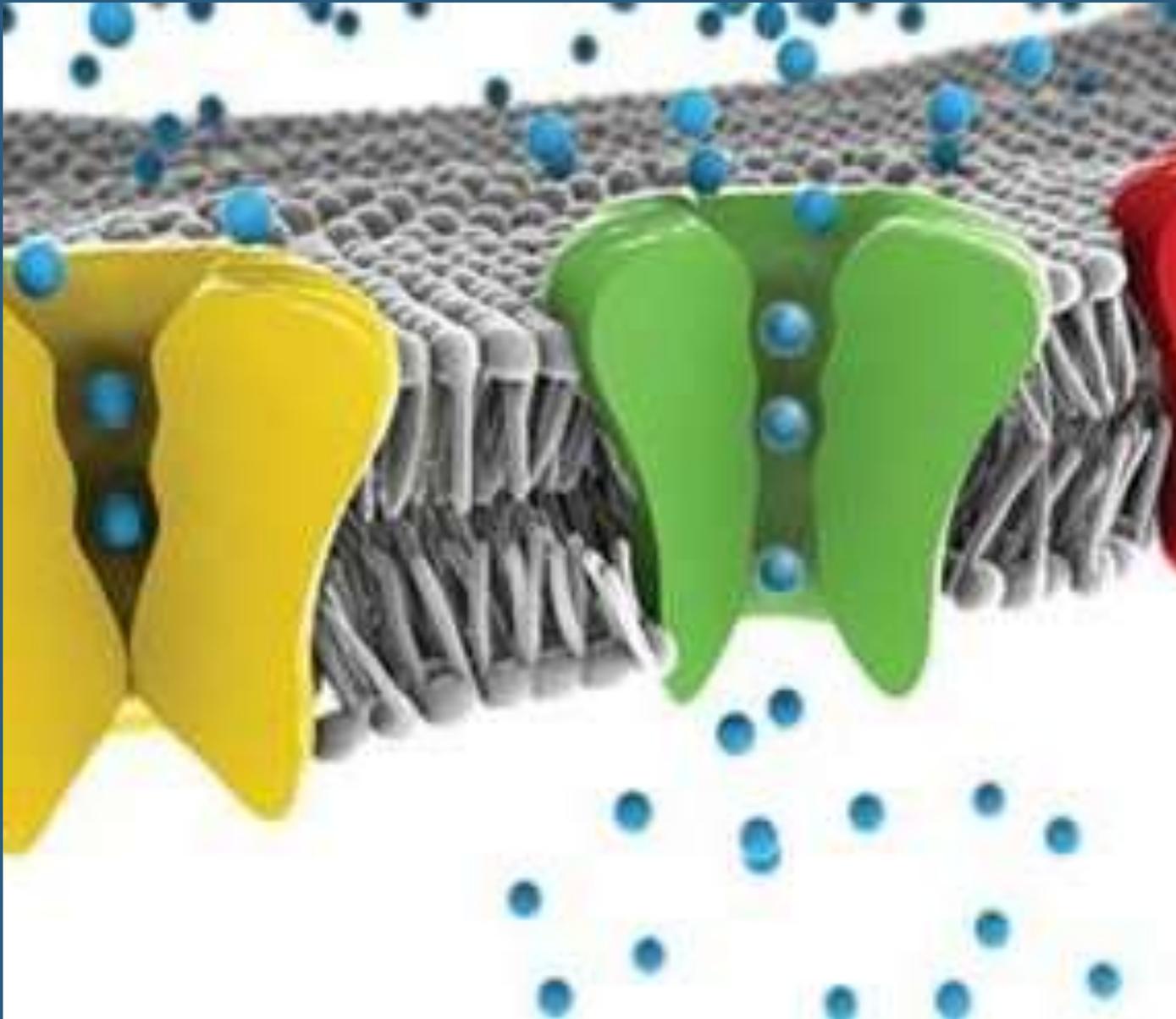
- ① Umbral de excitación
- ② Aumenta el  $\text{Na}^+$  intracelular
- ③ Aumenta el  $\text{K}^+$  extracelular

# POTENCIAL DE ACCIÓN



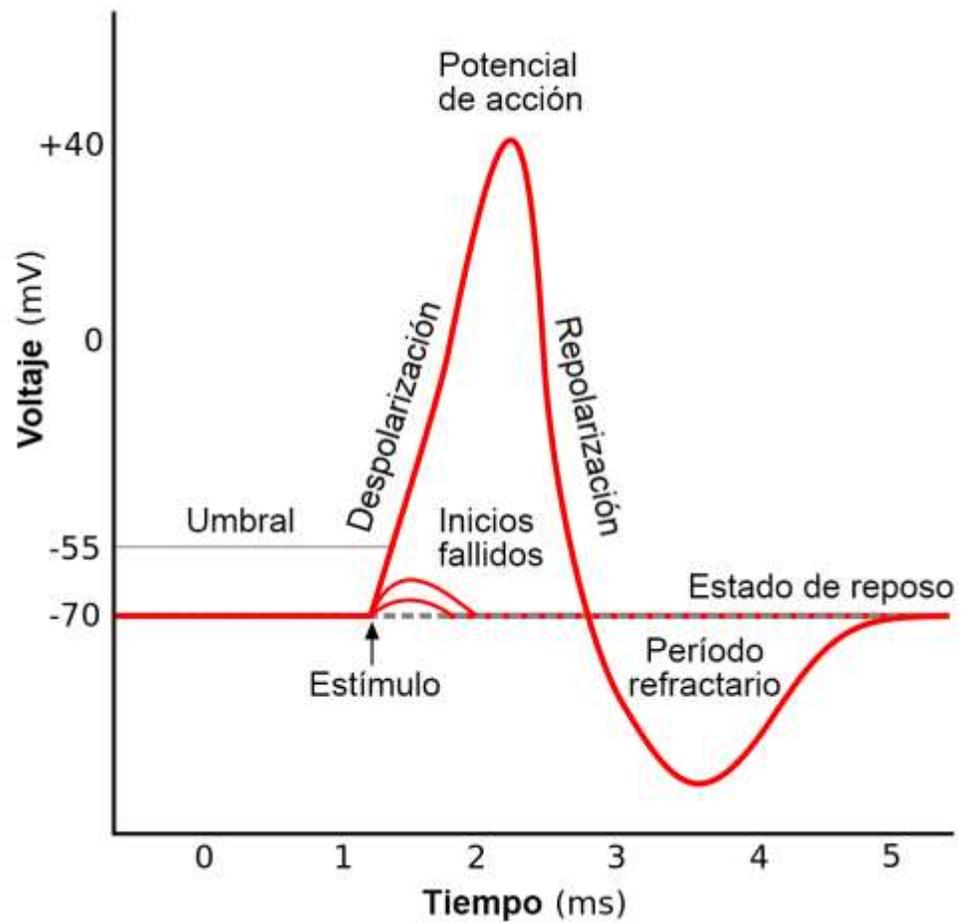
# REPOLARIZACIÓN

- DEBE VOLVER A SU ESTADO NORMAL, SE SUCEDEN DOS FENÓMENOS IMPORTANTES.
  1. Se cierran los canales de sodio activados por voltaje
  2. Se abren los canales de potasio activados por voltaje, así el  $K^+$  sale de la célula y la vuelve electronegativa, recupera la polaridad.



## CANALES DE POTASIO

- Se abren más tarde.
- Se inactivan canales de sodio
- Célula retoma su valor de reposo



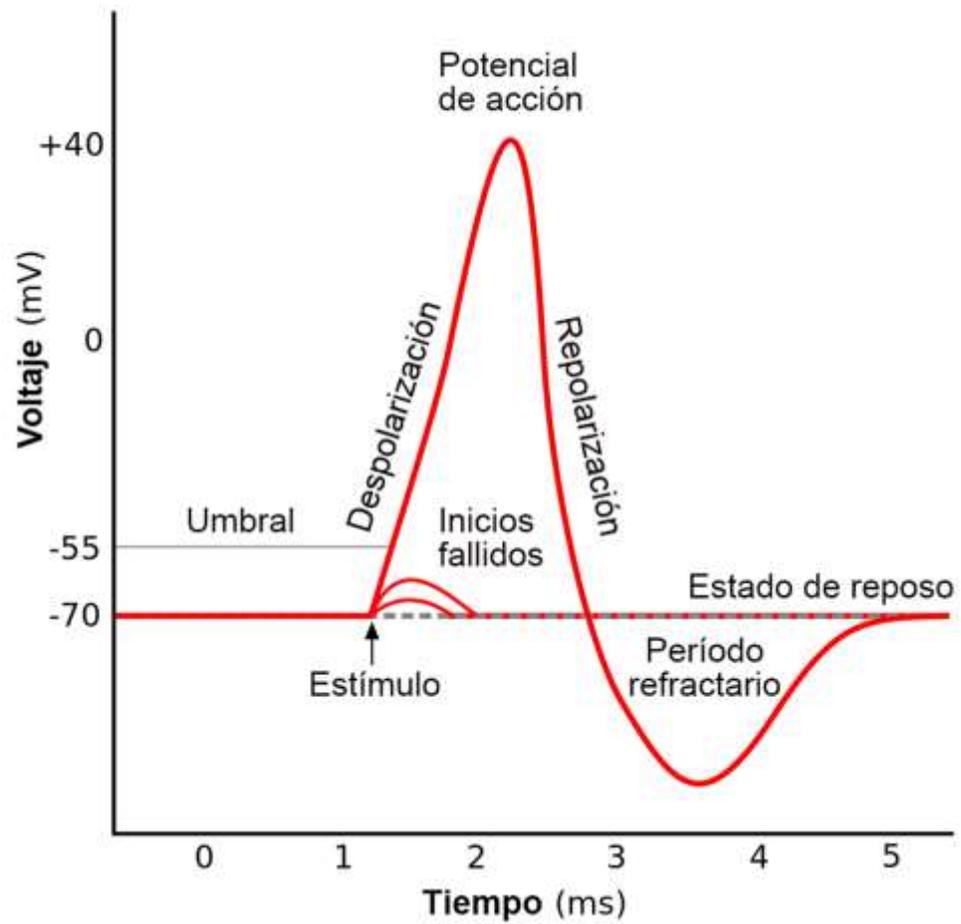
# CANALES DE SODIO ACTIVADOS POR VOLTAJE

- TRES TIEMPOS DISTINTOS

- Con estímulo eléctrico se abren y permiten el paso de sodio, se despolariza, pierde electronegatividad, se hace positiva, pasar de negativo a positivo  
DESPOLARIZACIÓN.
- Al cabo de milisegundos se inactivan, imposible reactivarlos
- Unos milisegundos después, se cierran, deja ingresar el sodio, pero con un nuevo estímulo se pueden volver a abrir. Muy importante para entender los períodos refractarios.
- Se abren los canales de potasio, permiten la salida de potasio. REPOLARIZACIÓN

# HIPERPOLARIZACIÓN

- LA SALIDA DEL POTASIO ES TAN VIOLELNTA QUE LLEVA A LA CÉLULA A ESTADO DE HIPERPOLARIZACIÓN, MÁS ALLÁ DE  $-90\text{mV}$ , PUEDE LLEGAR A  $-100\text{mV}$
- AHORA INTERVIENE LA BOMBA DE  $\text{Na}$  y  $\text{K}$  PARA RECUPERAR EL POTENCIAL DE REPOSO DE  $140\text{ meq/L}$  DEL POTASIO INTERIOR Y  $142\text{ meq/L}$  DEL SODIO EN EL EXTERIOR.
- SALEN 3 IONES DE  $\text{Na}^+$
- ENTRAN 2 IONES DE  $\text{K}^+$



# HIPERPOLARIZACIÓN

CUANDO EL  
ESTADO DE LA  
MEMBRANA  
SOBREPASA LOS  
\_90 mV

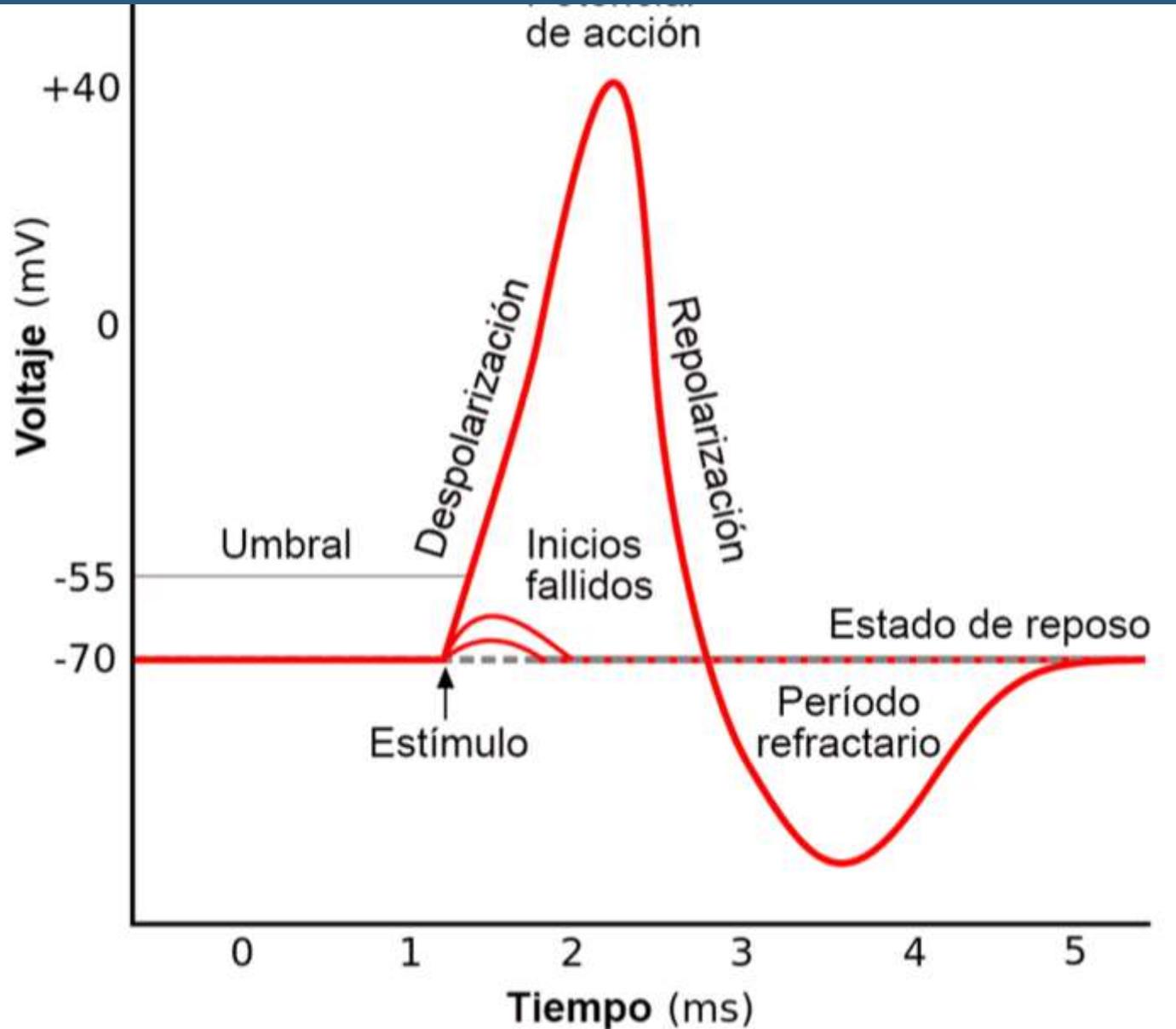
# **PERIODO REFRACTARIO**

*LA CÉLULA NO PUEDE SER  
EXCITADA NUEVAMENTE*

*NO PUEDE OCURRIR OTRO  
POTENCIAL DE ACCIÓN.*

*ABSOLUTO*

*RELATIVO*

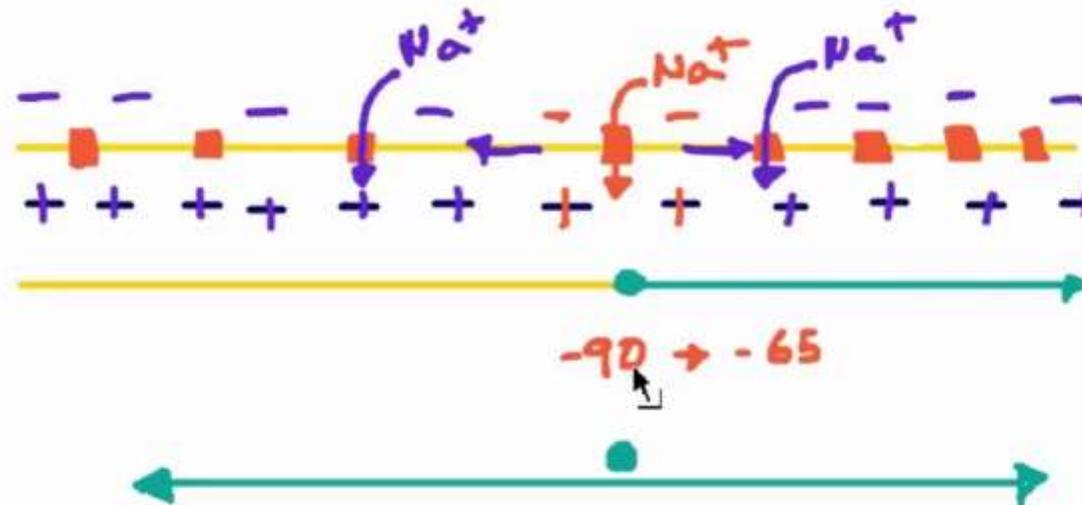


## HIPERPOLARIZACIÓN

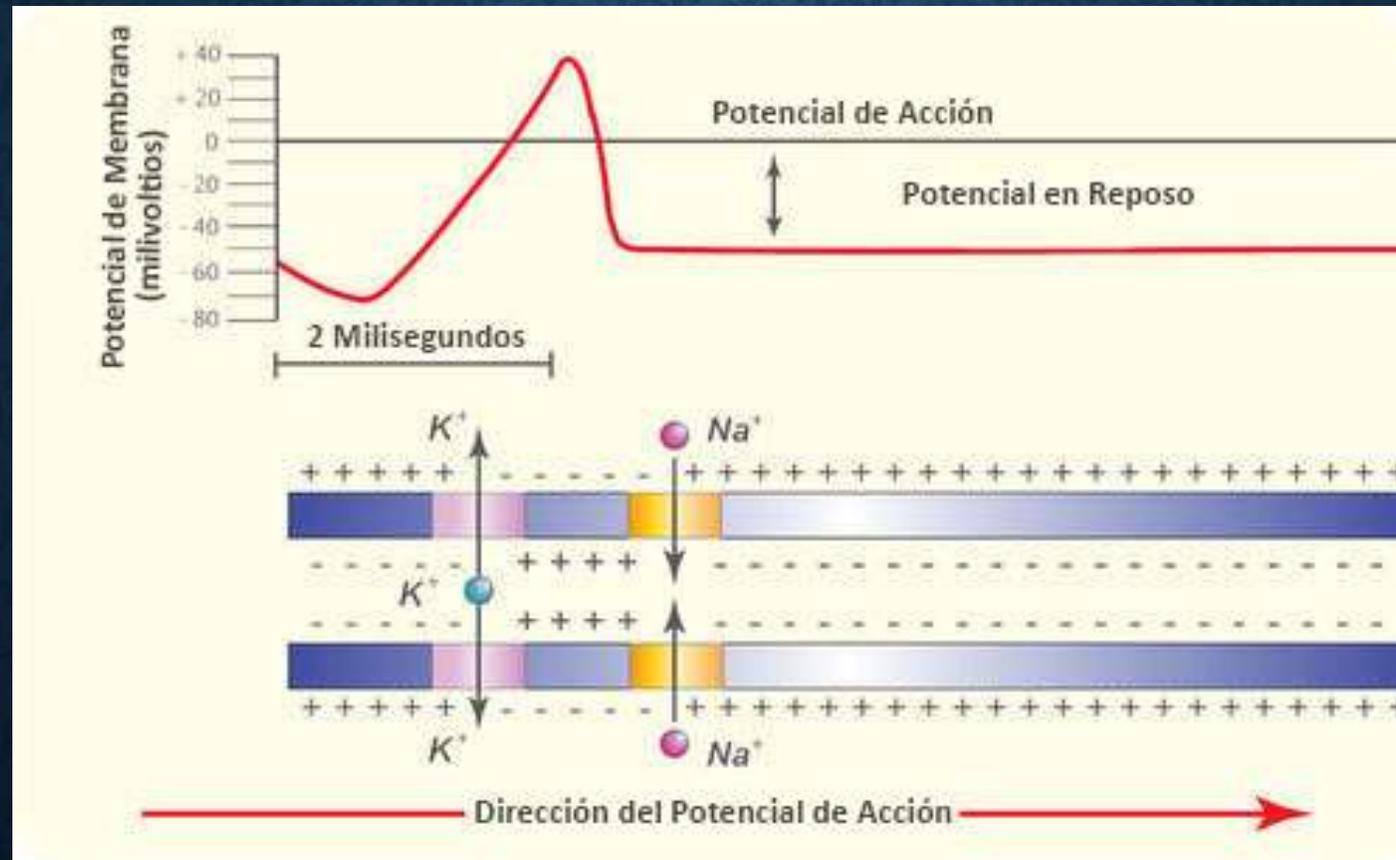
# CONDUCCIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN

Propagación del Potencial de Acción

Todo o Nada



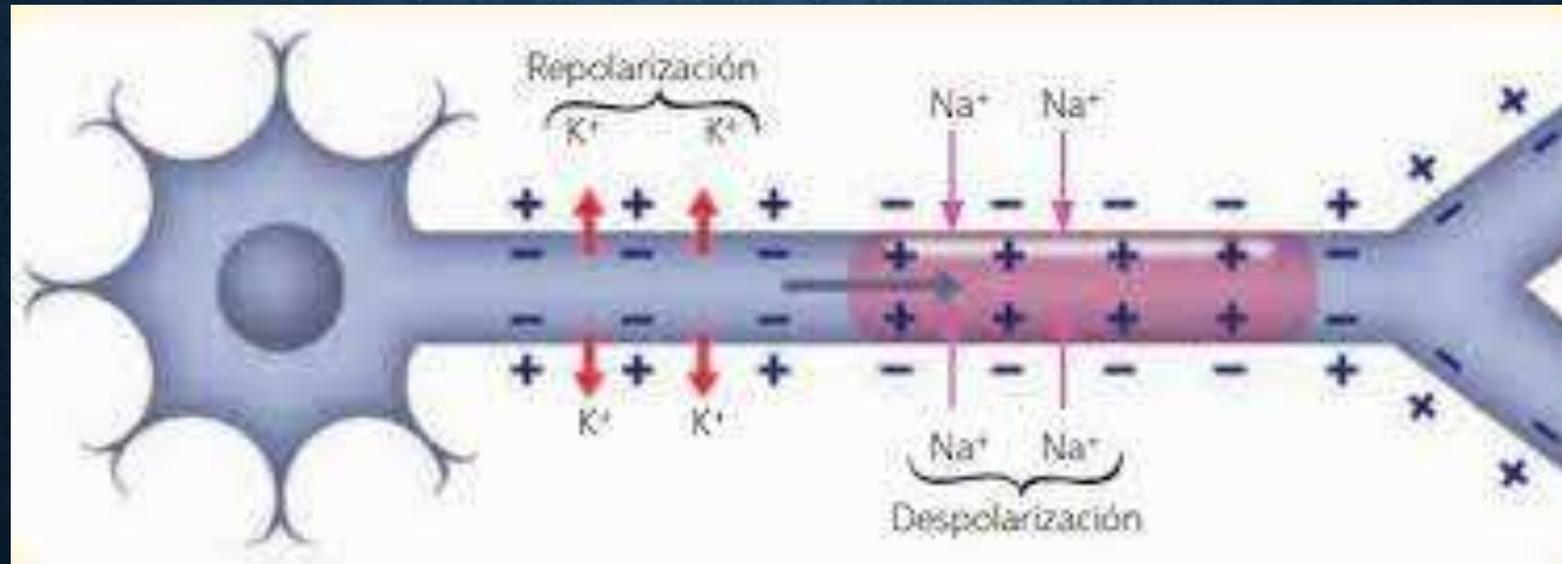
# DIRECCIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN



# **NUEVOS CANALES ACTIVADOS POR VOLTAJE**

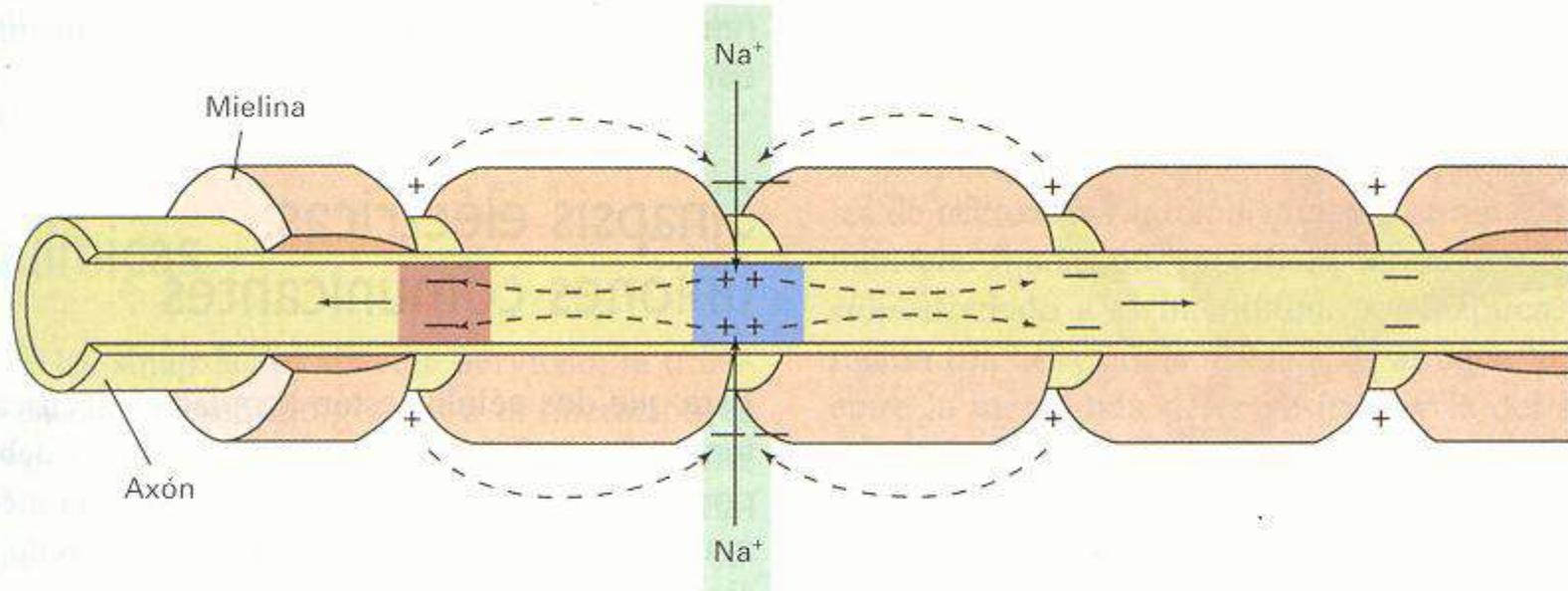
*El potencial de acción se va auto regenerando en una sola dirección.*

# POTENCIAL DE ACCIÓN NEURONAL



# ACCIÓN DE LA MIELINA

El potencial de acción se encuentra ahora aquí



-  Potencial de reposo
-  Despolarización
-  Repolarización

