



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

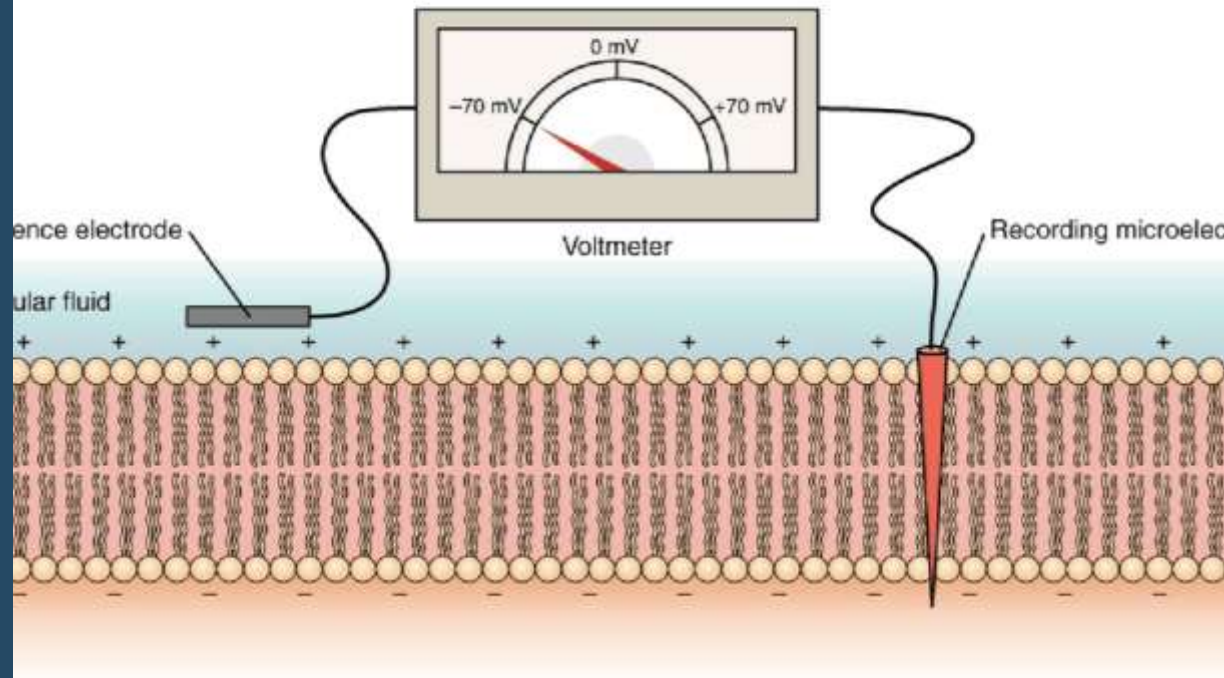


-90mV en fibra muscular



-70mV en la neurona

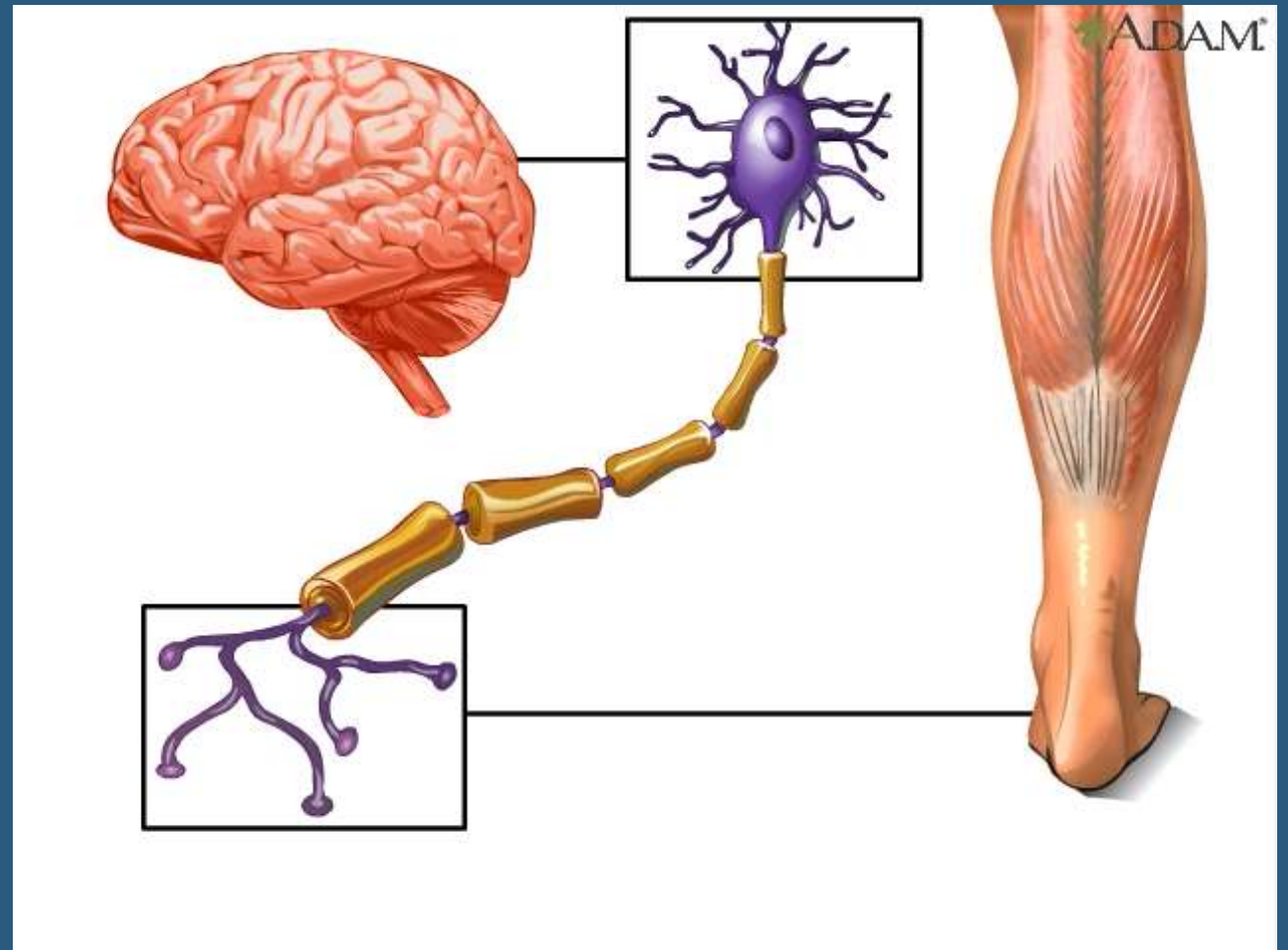
Potencial de Membrana



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

POTENCIAL DE ACCIÓN

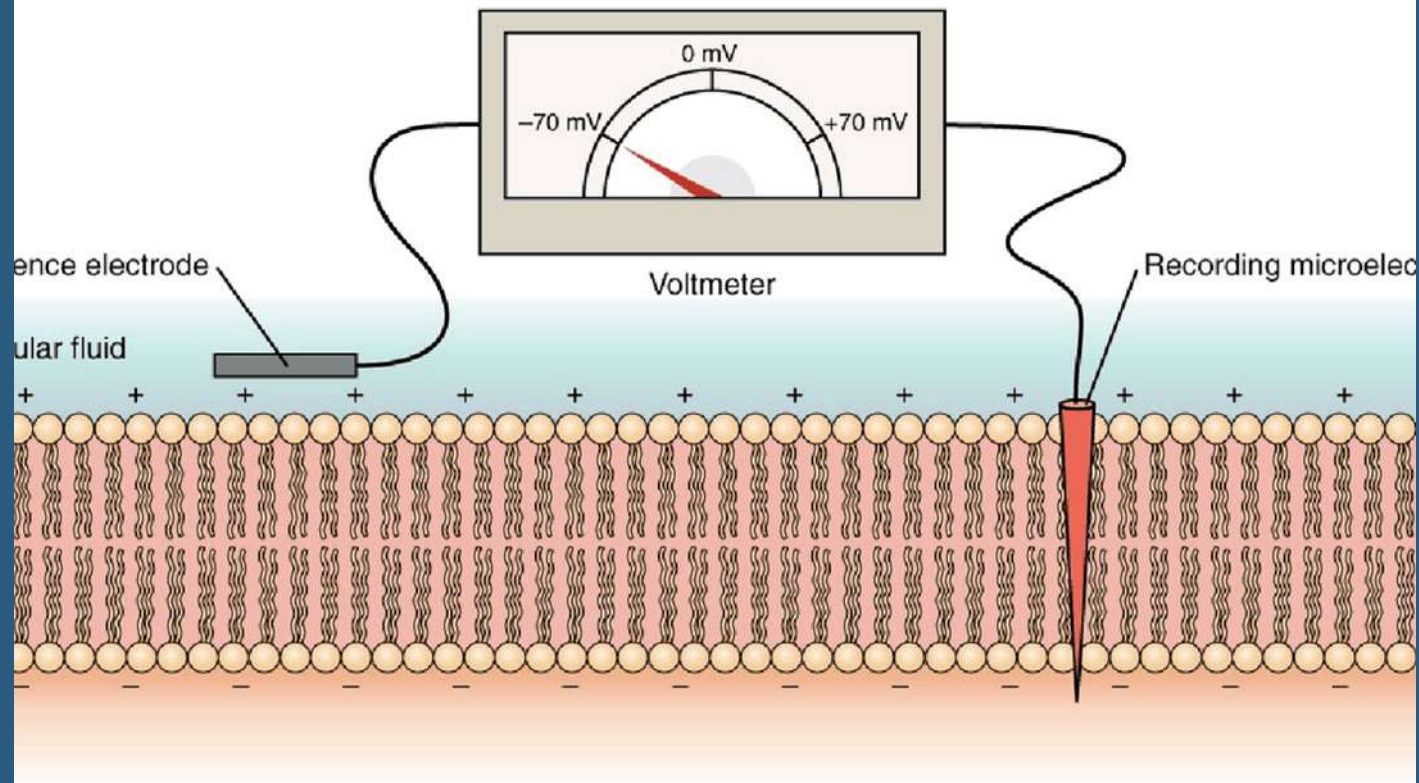
- ES EL MECANISMO ESENCIAL PARA LA CONDUCCIÓN DE INFORMACIÓN
- SISTEMA NERVIOSO Y MÚSCULO
- ESPIGAS DE VOLTAJE



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_{mV} REPRESENTADAS POR IONES ANIONES CATIONES**

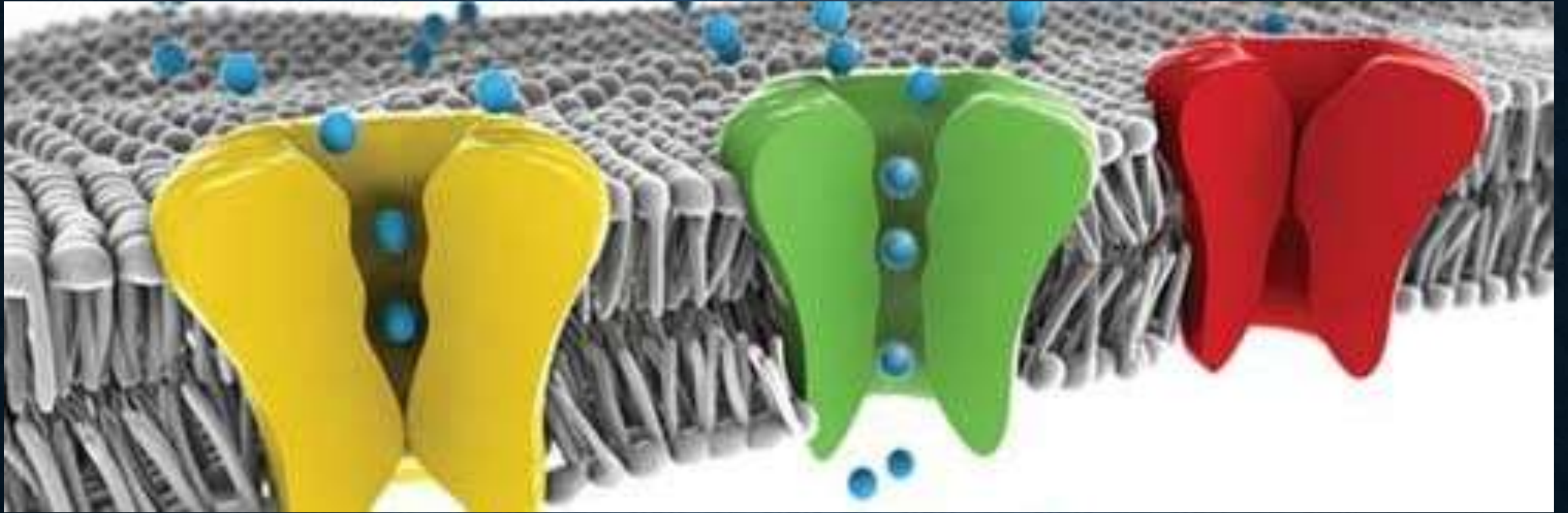
PRINCIPALES IONES

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

POTASIO

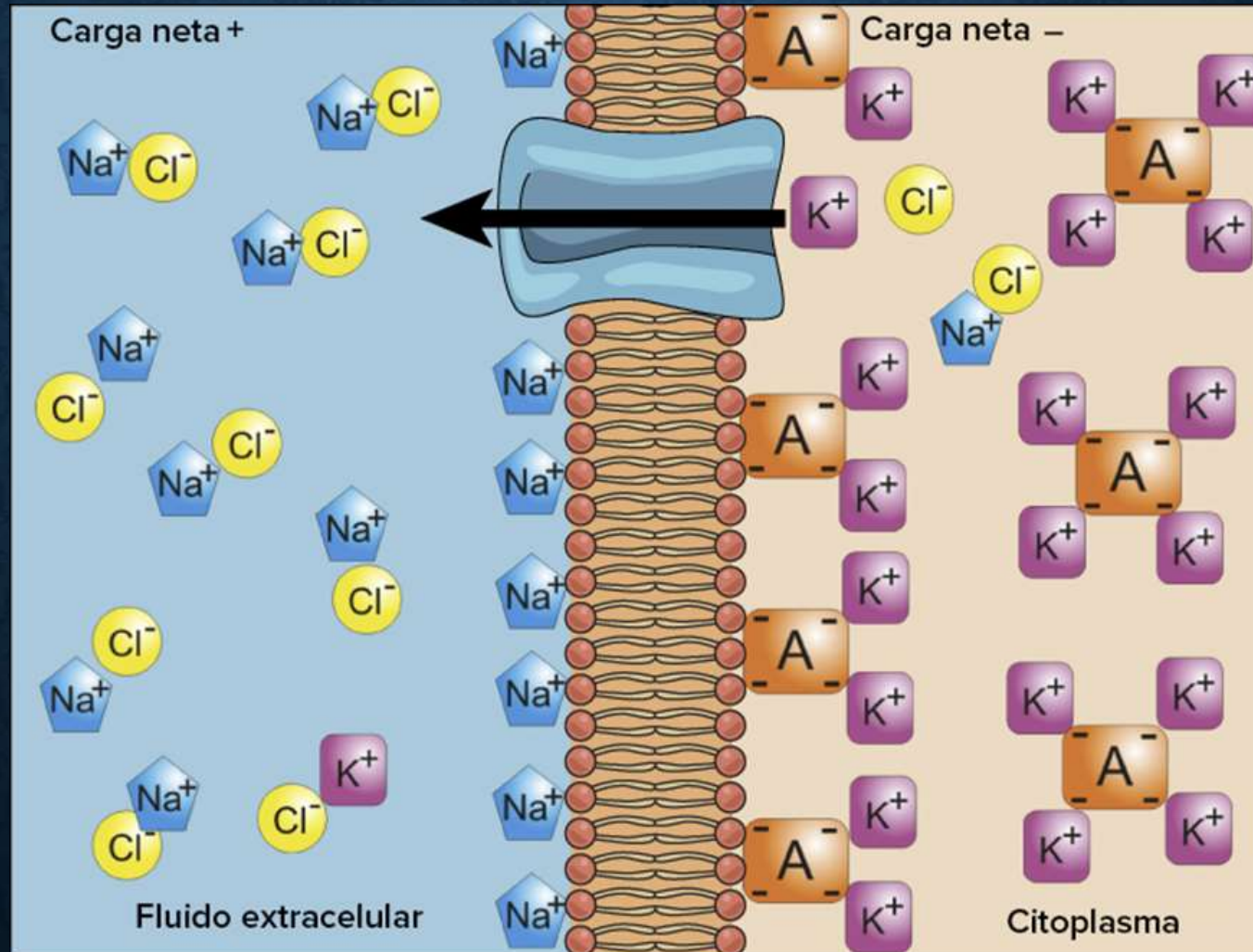
K⁺

- 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

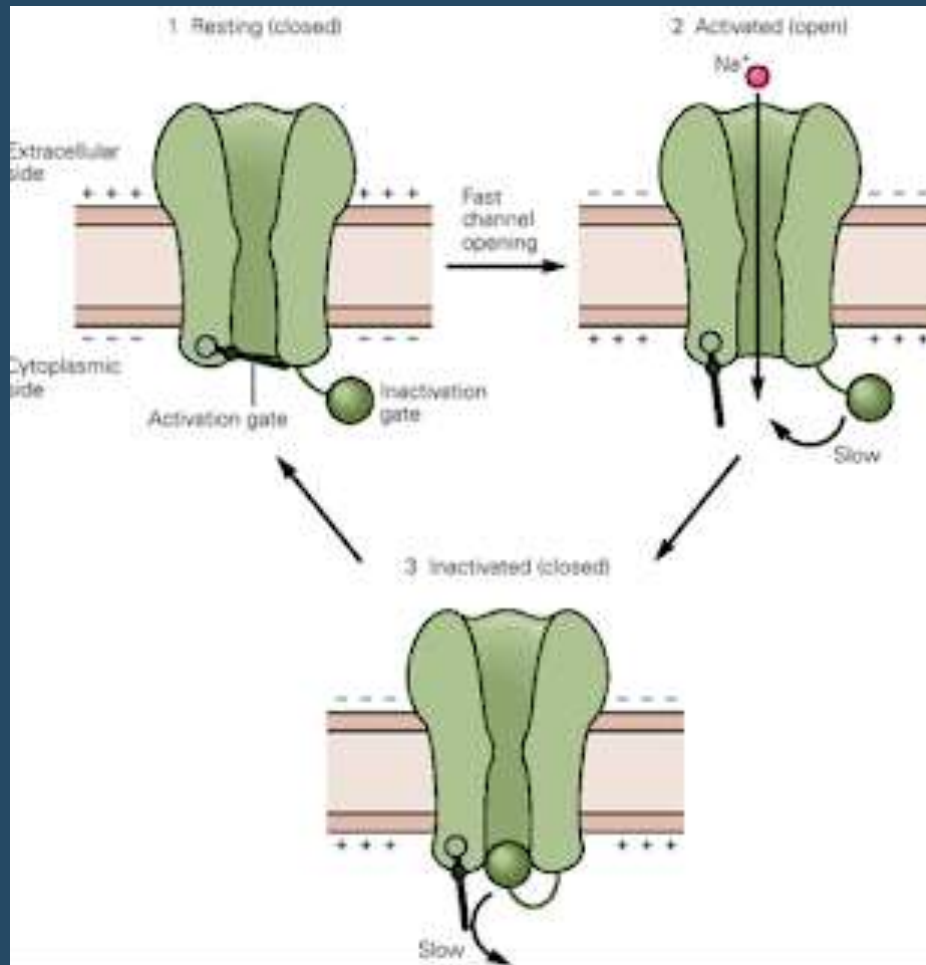
IMPULSADOS POR SU GRADIENTE QUÍMICO



SODIO

Na⁺

- 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)

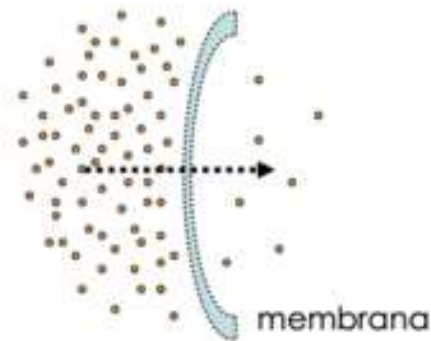


GRADIENTE ELÉCTRICO. EL ION VA HACIA DONDE ESTÁ LA CARGA OPUESTA

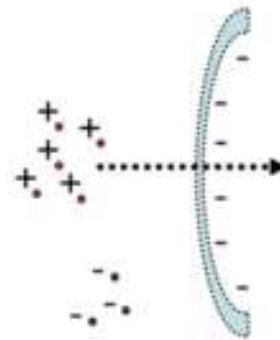
SI SOLAMENTE HAY CANALES DE POTASIO, SE ALCANZARÍA EL EQUILIBRIO ELECTROQUÍMICO.

Gradiente electroquímico

Gradiente químico
Concentración

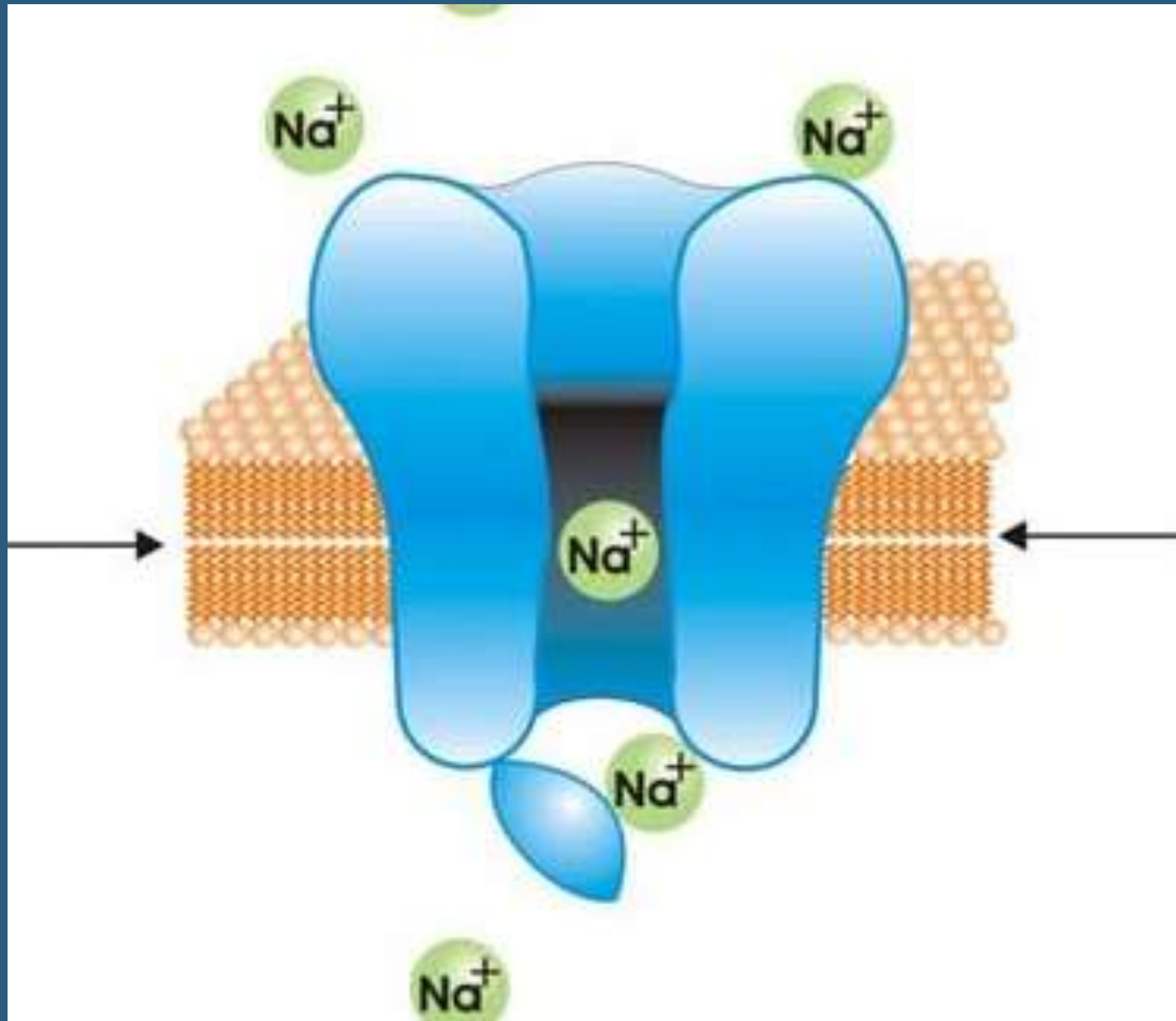


Gradiente eléctrico
Diferencia de potencial



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

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



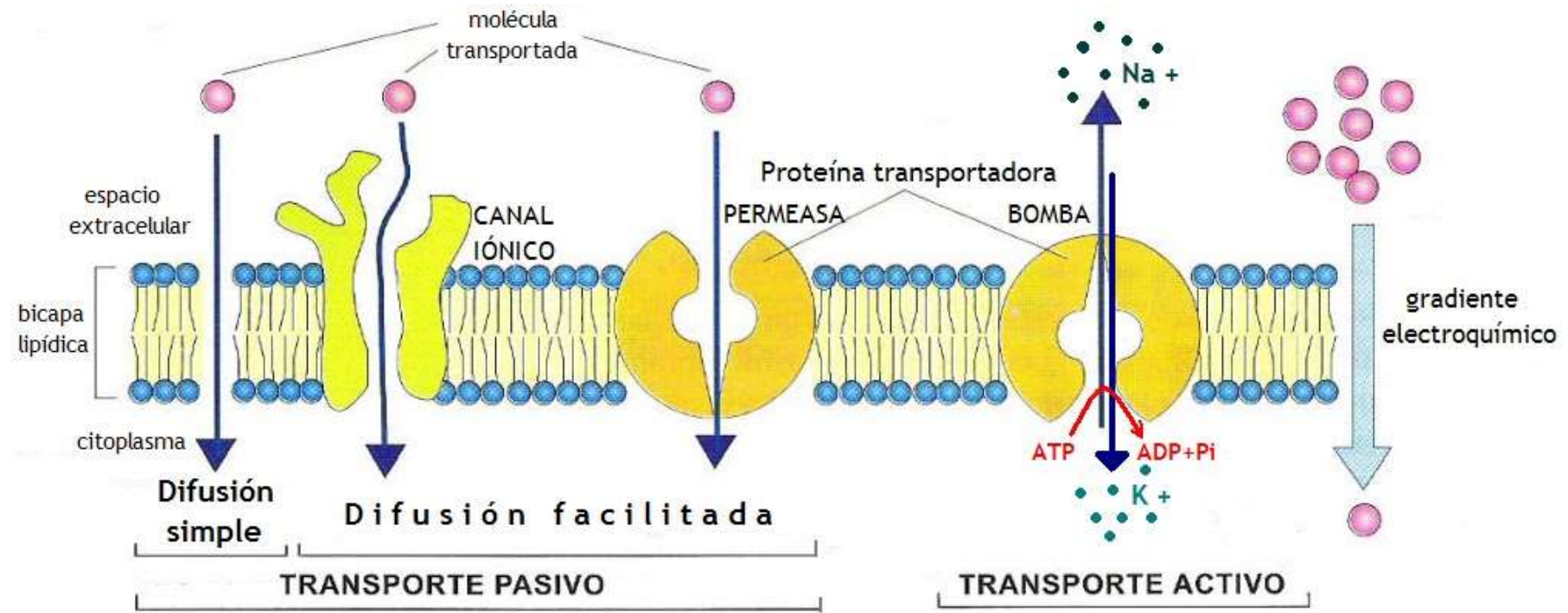
**CANALES DE
SODIO, HACIA
EL LÍQUIDO
INTRACELUJLAR**

BOMBA DE SODIO Y POTASIO

SACA 3 IONES
DE SODIO Na⁺,
METE 2
IONES DE K⁺

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. -86mV (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

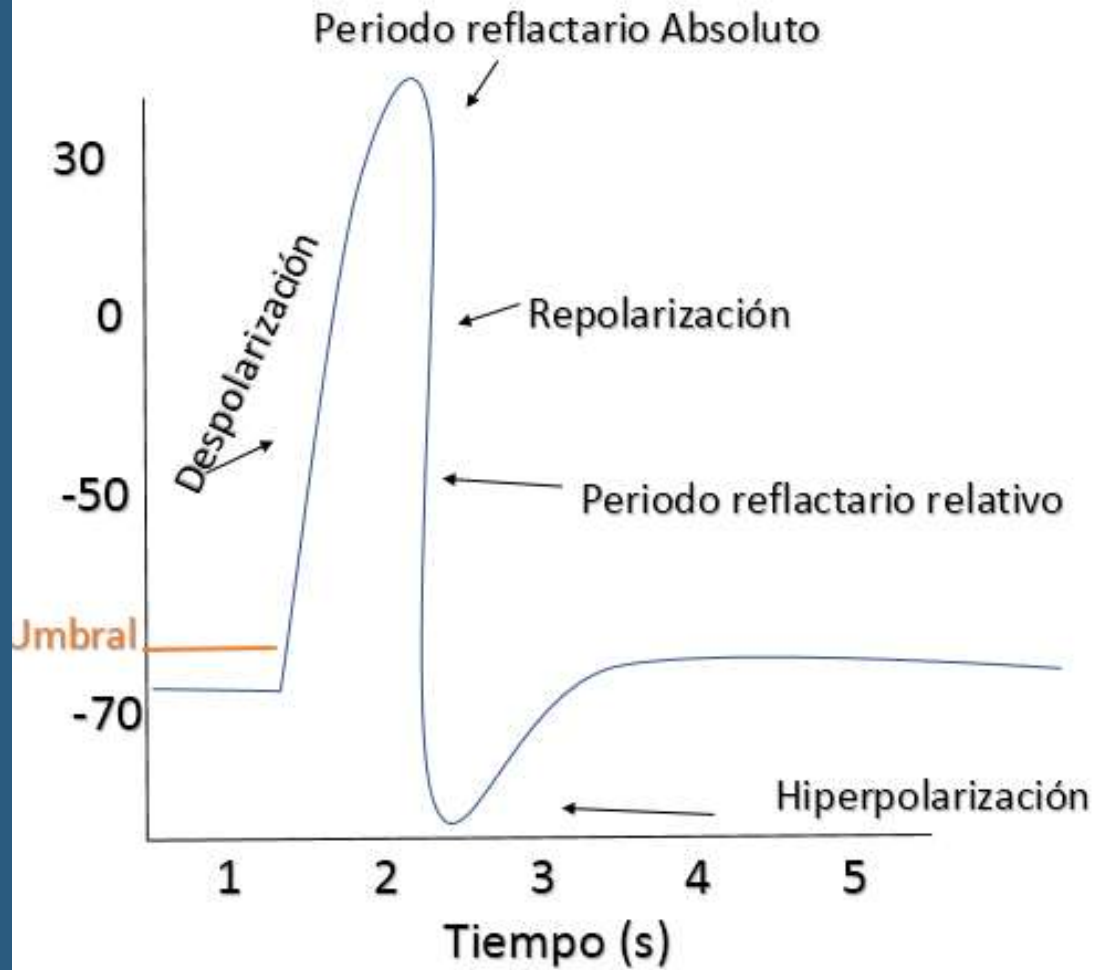
POTENCIAL DE TRANSMEMBRANA

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

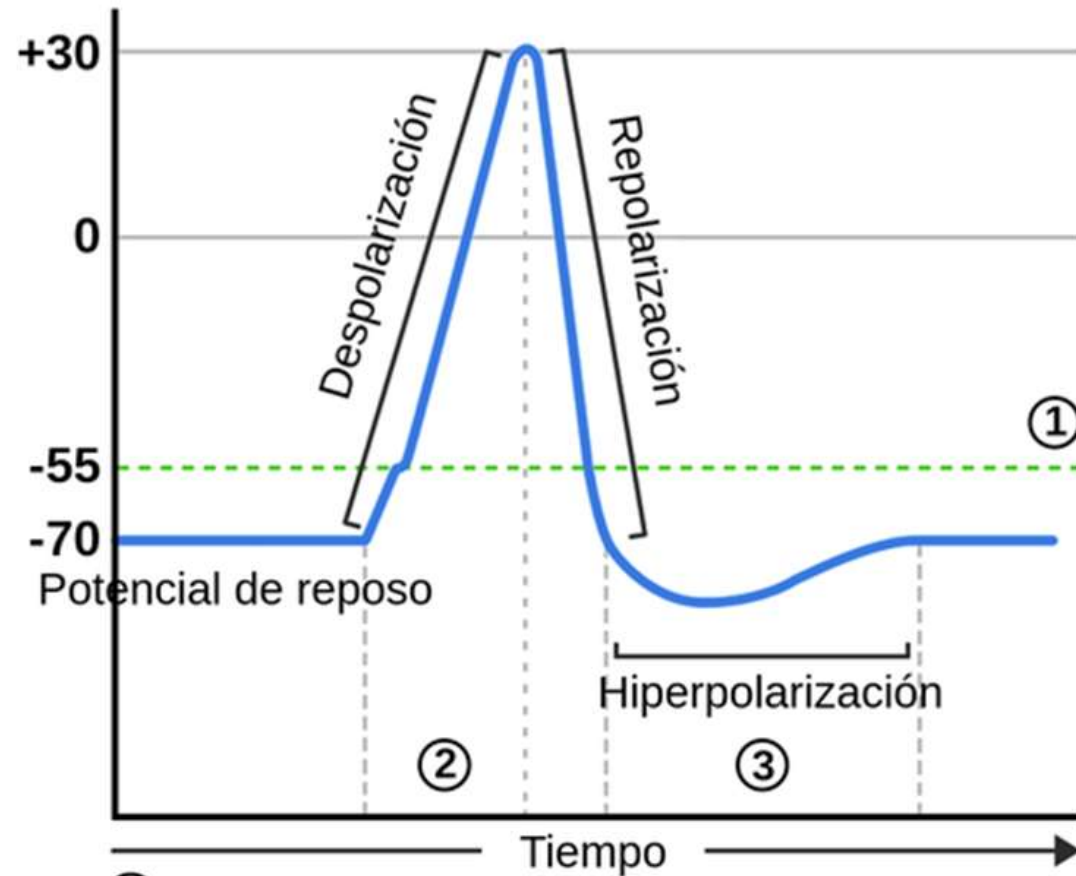
REPOSO

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

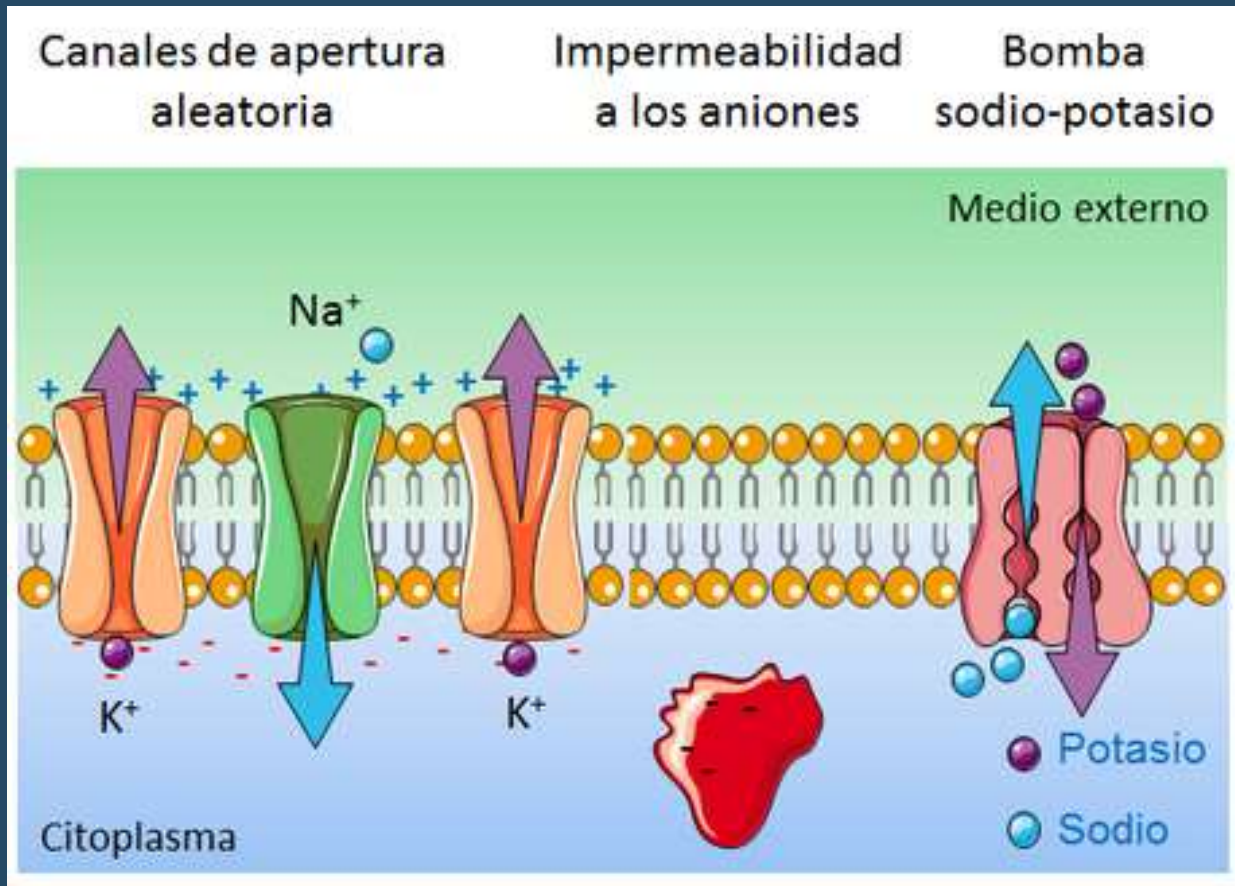
Potencial de membrana (mV)



① Umbral de excitación

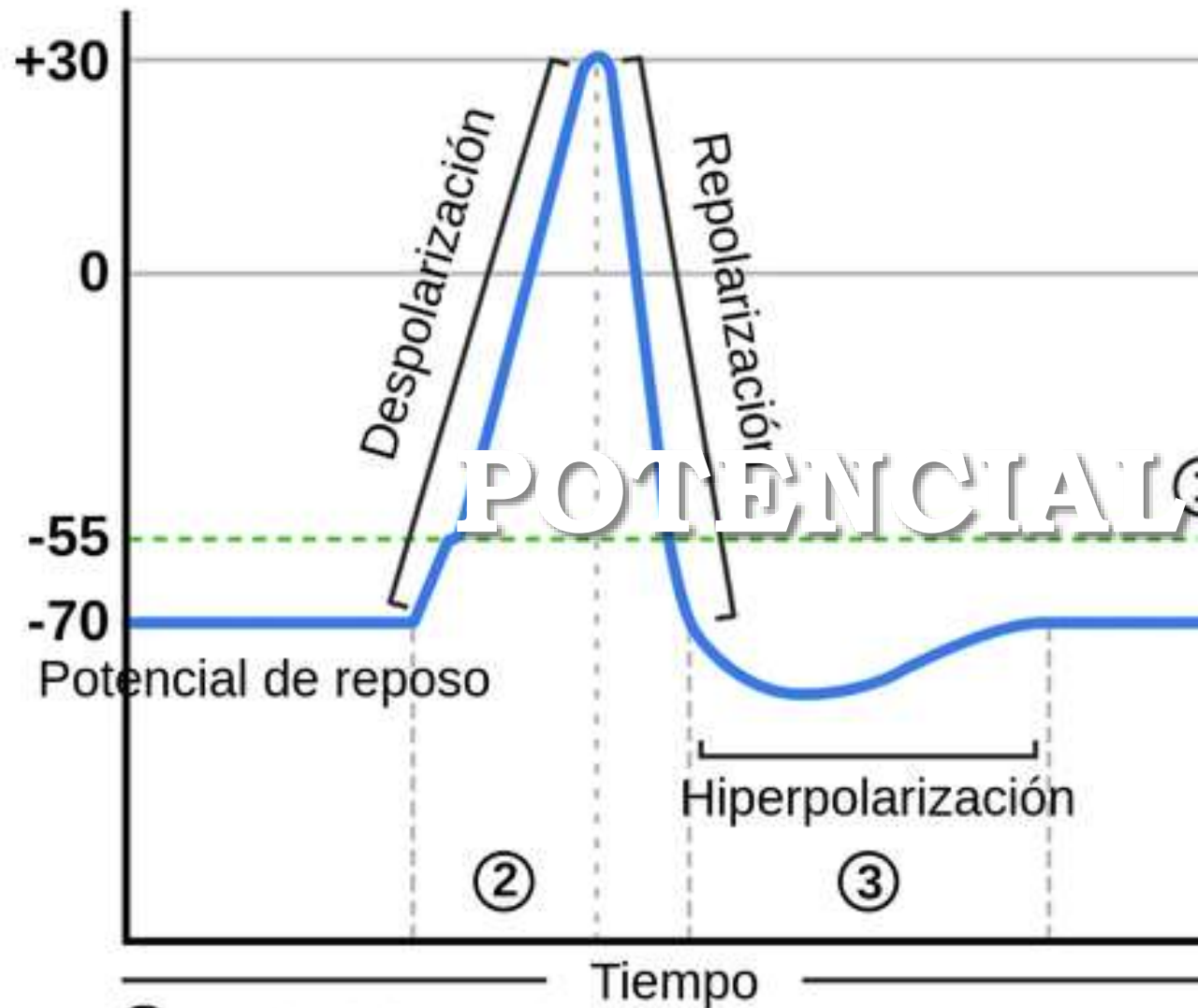
② Aumenta el Na⁺ intracelular

③ Aumenta el K⁺ extracelular



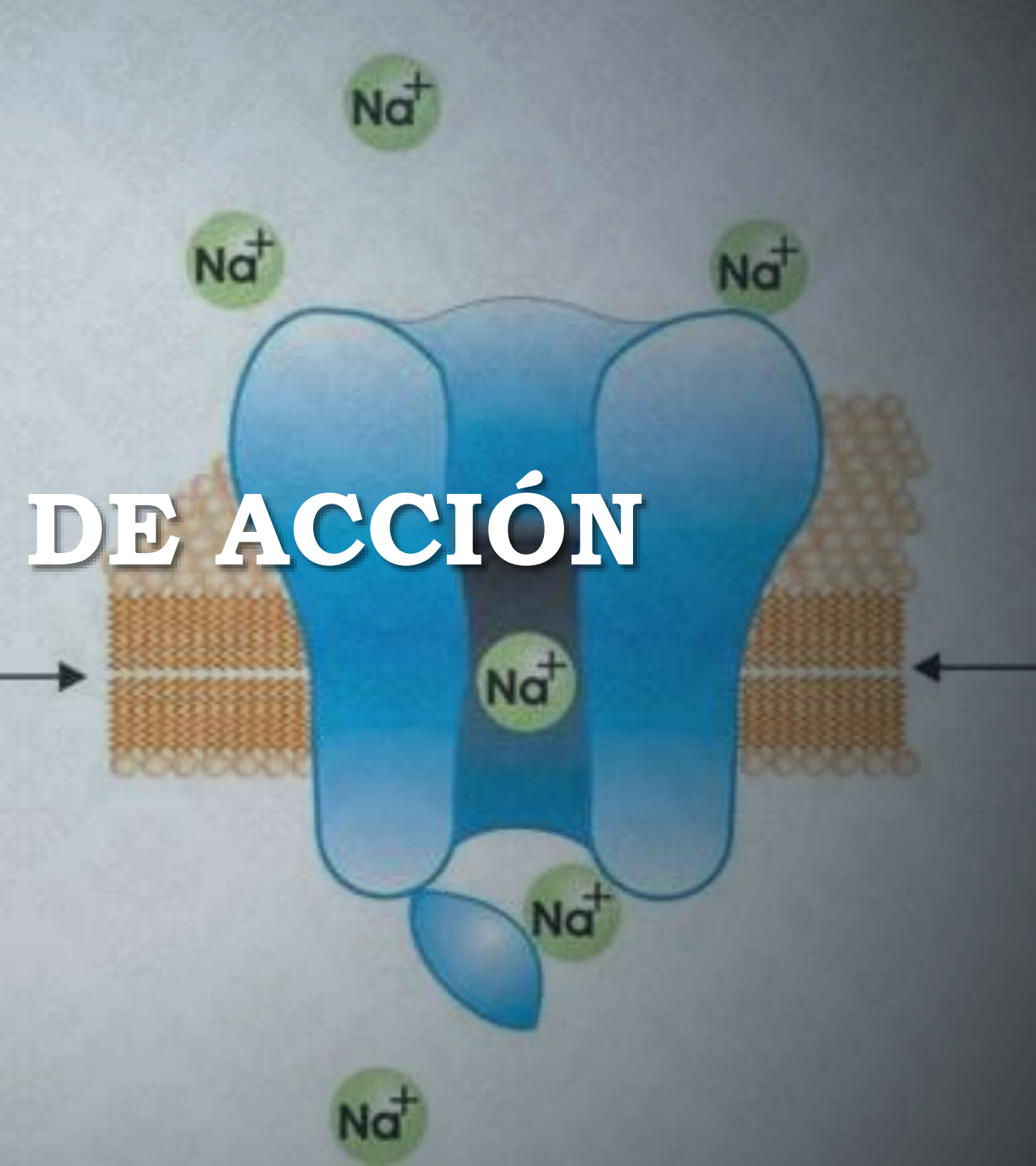
DESPOLARIZACIÓN

Potencial de membrana (mV)



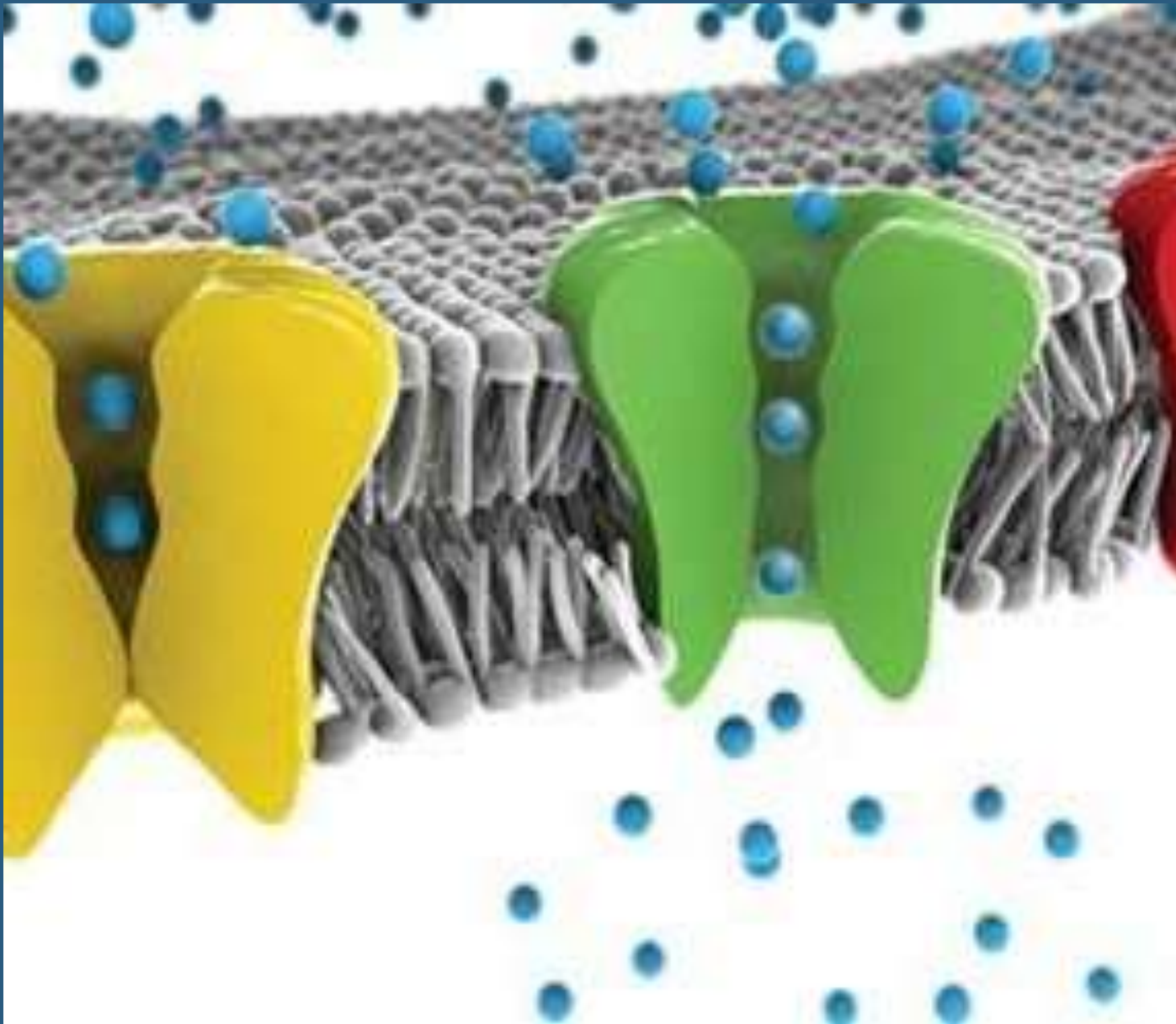
- ① Umbral de excitación
- ② Aumenta el Na^+ intracelular
- ③ Aumenta el K^+ extracelular

POTENCIAL DE ACCIÓN



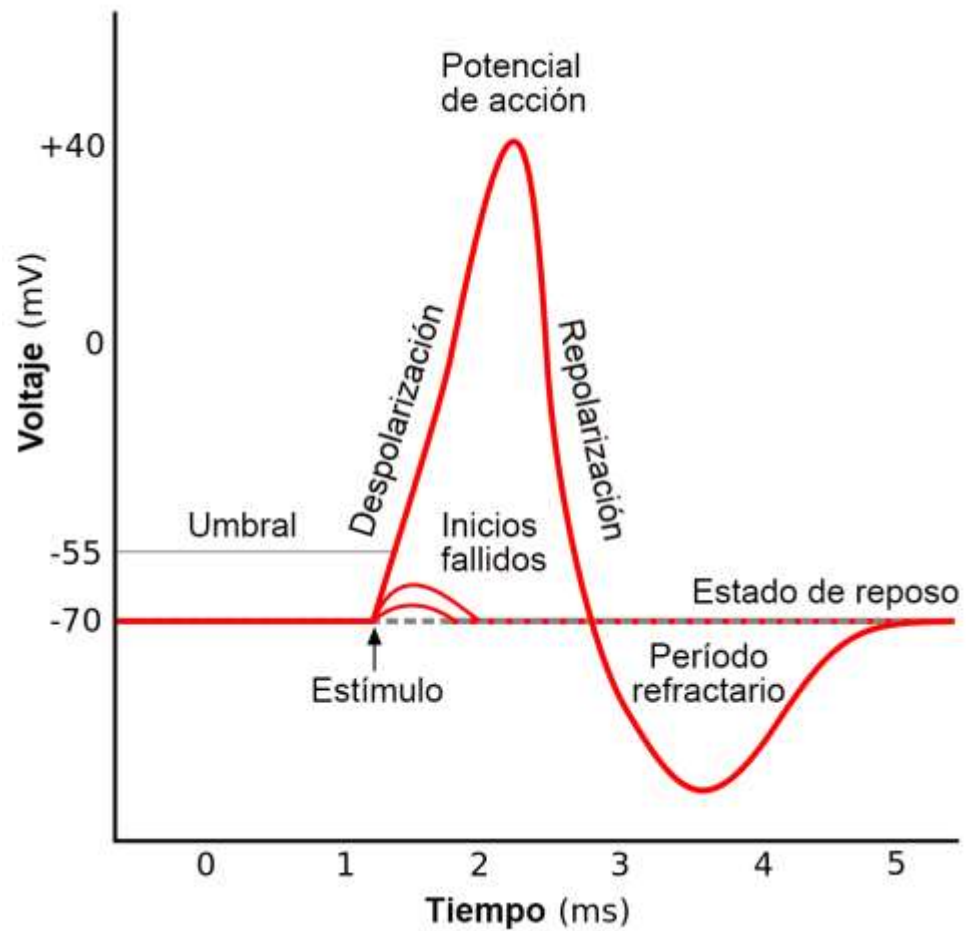
REPOLARIZACIÓN

- 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



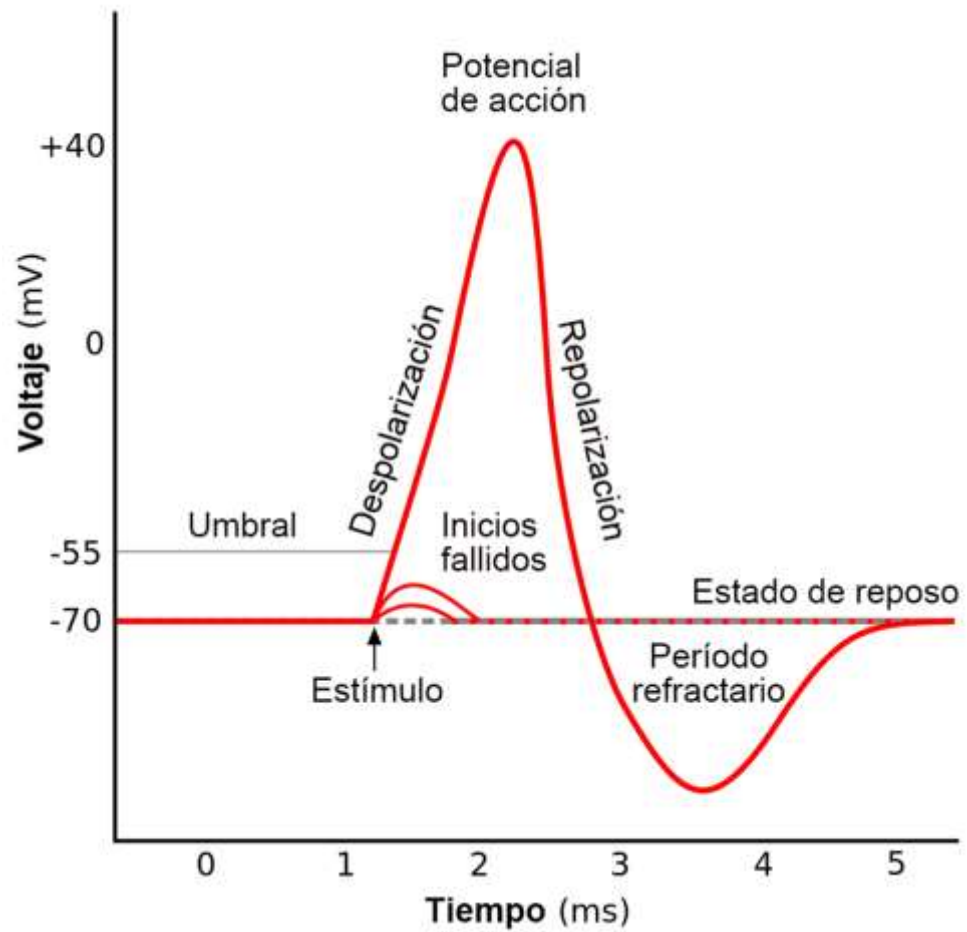
CANALES DE SODIO ACTIVADOS POR VOLTAJE

- 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 -90mV , PUEDE LLEGAR A -100mV
- AHORA INTERVIENE LA BOMBA DE Na y K PARA RECUPERAR EL POTENCIAL DE REPOSO DE 140 meq/L DEL POTASIO INTERIOR Y 142 meq/L DEL SODIO EN EL EXTERIOR.
- SALEN 3 IONES DE Na^+
- ENTRAN 2 IONES DE K^+



HIPERPOLARIZACIÓN

CUANDO EL
ESTADO DE LA
MEMBRANA
SOBREPASA LOS
_90 mV

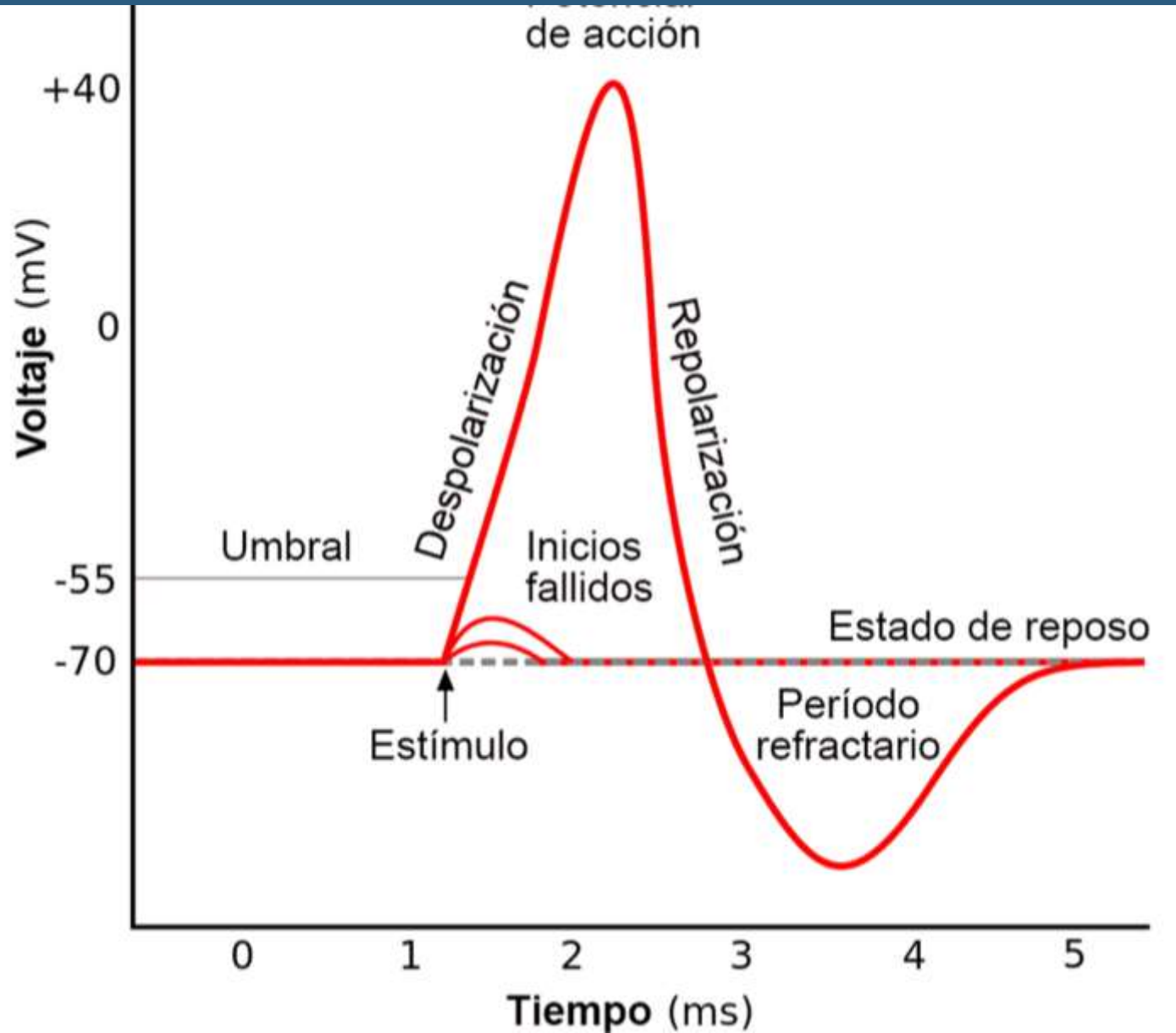
PERIODO REFRACTARIO

*LA CÉLULA NO PUEDE SER
EXCITADA NUEVAMENTE*

*NO PUEDE OCURRIR OTRO
POTENCIAL DE ACCIÓN.*

ABSOLUTO

RELATIVO

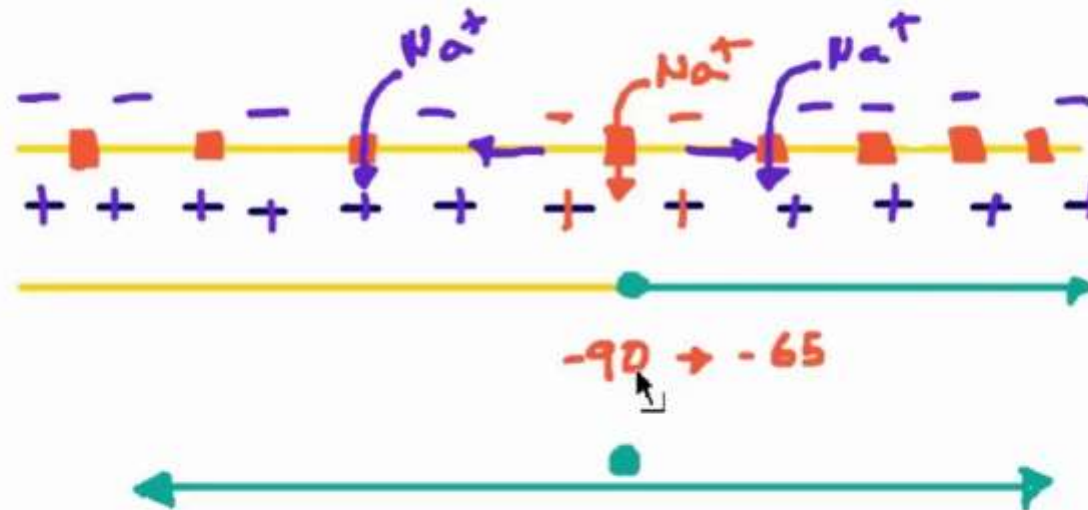


HIPERPOLARIZACIÓN

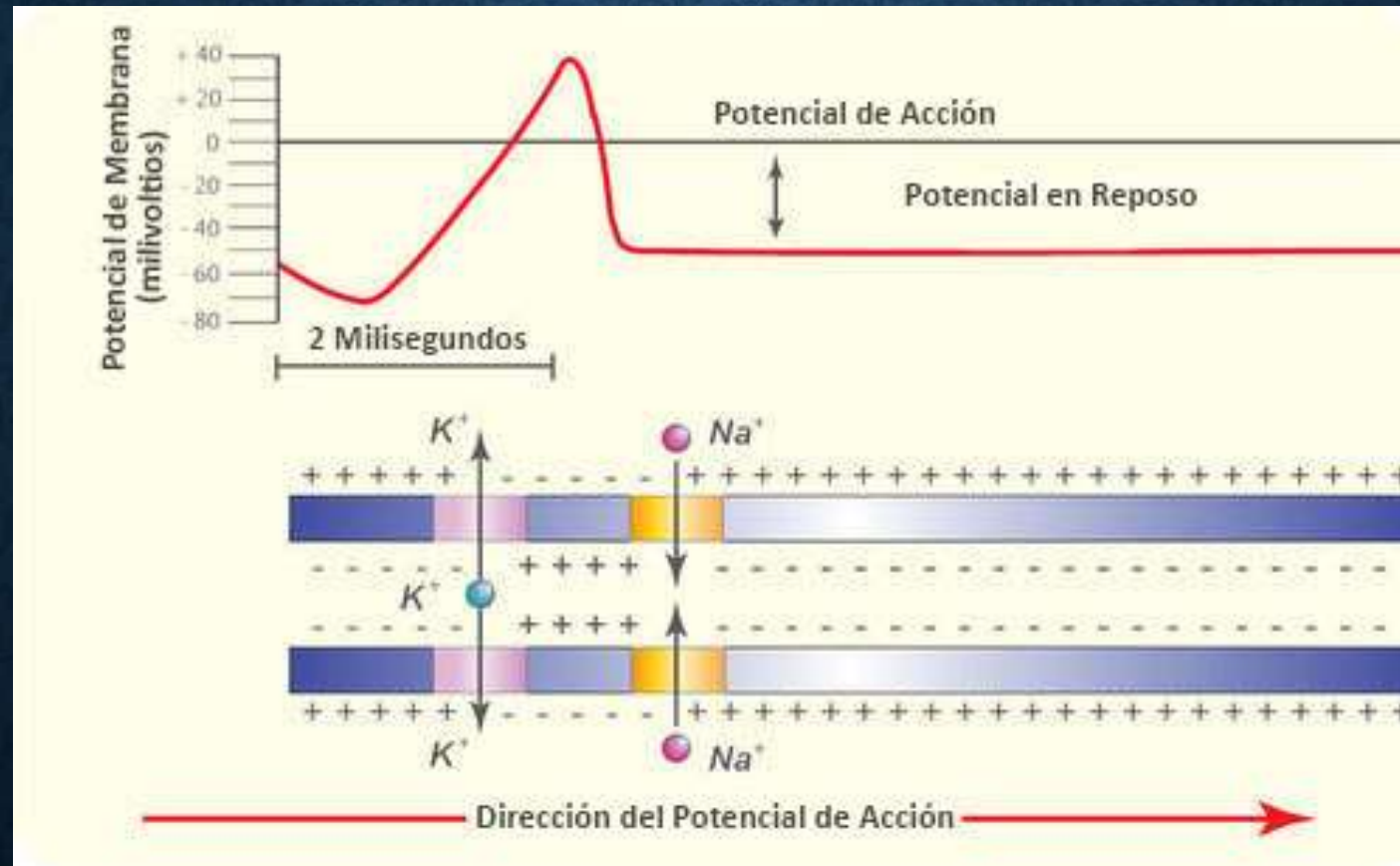
CONDUCCIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN

Propagación del Potencial de Acción

Todo o Nada



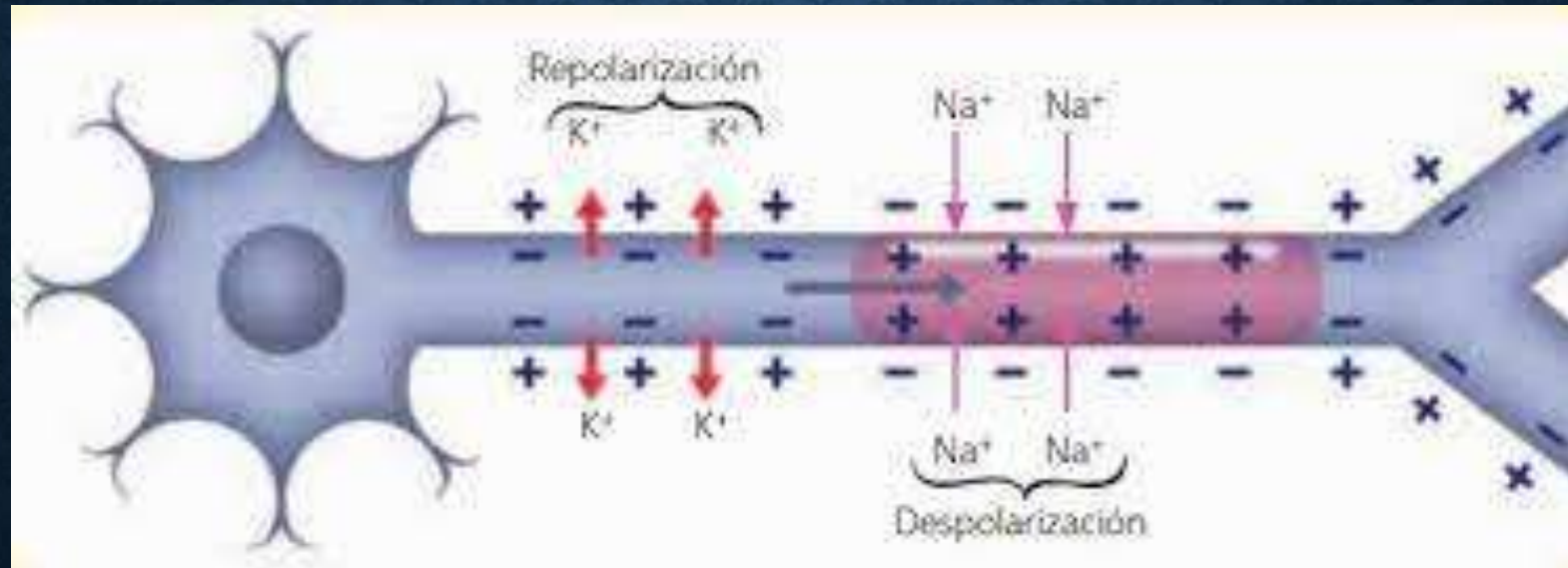
DIRECCIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN



NUEVOS CANALES ACTIVADOS POR VOLTAJE

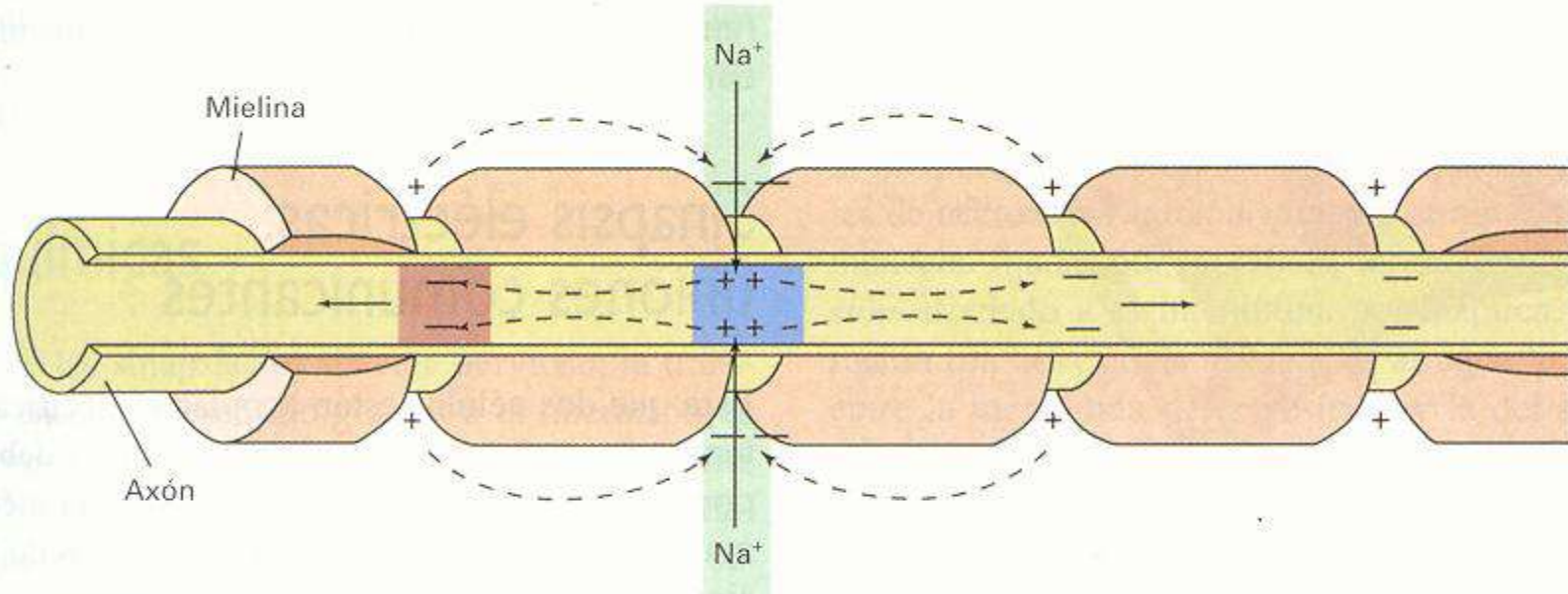
El potencial de acción se va auto regenerando en una sola dirección.




POTENCIAL DE ACCIÓN NEURONAL



ACCIÓN DE LA MIELINA

El potencial de acción se encuentra ahora aquí



-  Potencial de reposo
-  Despolarización
-  Repolarización

