

BIOELECTRICIDAD

The background of the image is a complex network of neurons. Several large, multi-lobed cell bodies (soma) are visible, with numerous thin, branching processes (dendrites and axons) extending outwards. Interspersed among these greyish-brown structures are several bright, glowing red spots and lines. These represent electrical impulses, or action potentials, traveling along the axons. One prominent impulse is shown in the lower-left foreground, appearing as a bright red, elongated shape. Other smaller impulses are scattered throughout the network, some at the ends of axons and others along the branches. The overall effect is one of dynamic electrical activity within a biological system.

OBJETIVOS



- ✚ Integrar a los fenómenos eléctricos en el proceso de comunicación celular.
- ✚ Valorar la importancia de la homeostasis del medio interno.

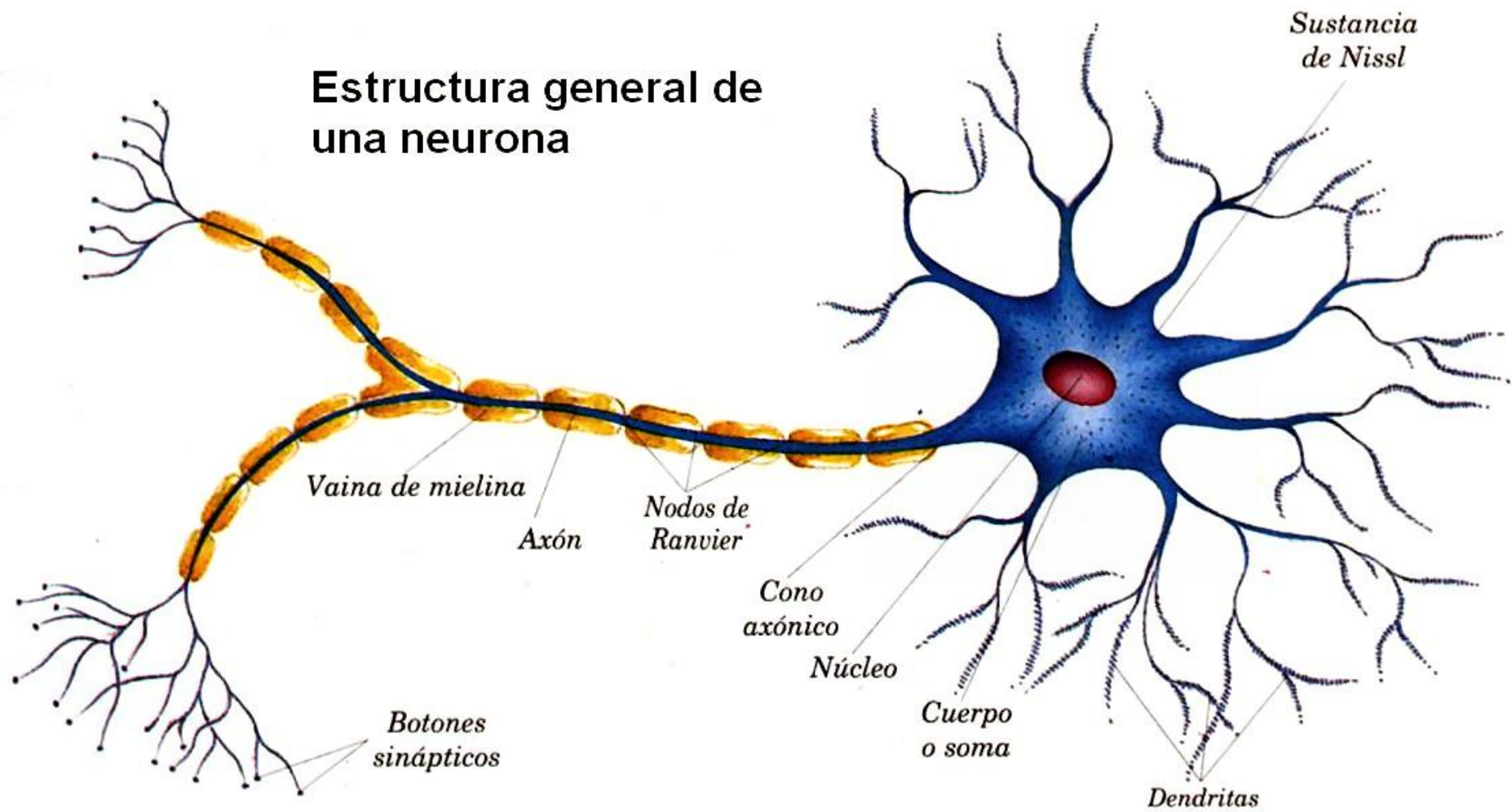


TEMARIO



Polarización de membranas. Electrogénesis y potencial de reposo. Potenciales de acción en espiga y meseta. Cambios de conductancia de sodio, potasio y calcio. Estímulos excitadores: naturaleza. Umbral, facilitación, sumaciones temporal y espacial, refractariedad. Conducción de impulsos. Cronaxia. Sinapsis, tipos y funciones, sustancias transmisoras e inhibidoras. Placa motora.

Estructura general de una neurona



POTENCIAL DE MEMBRANA

BIOELECTRICIDAD

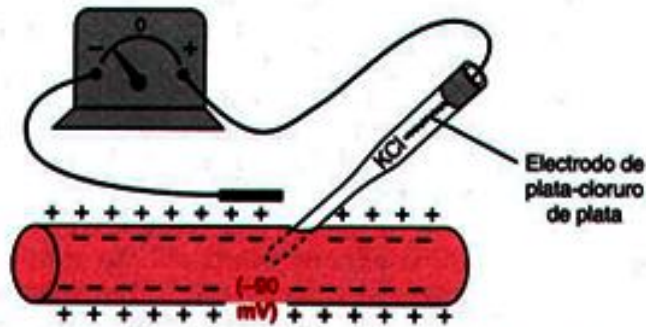


FIGURA 5-2. Determinación del potencial de membrana de la fibra nerviosa con un microelectrodo.

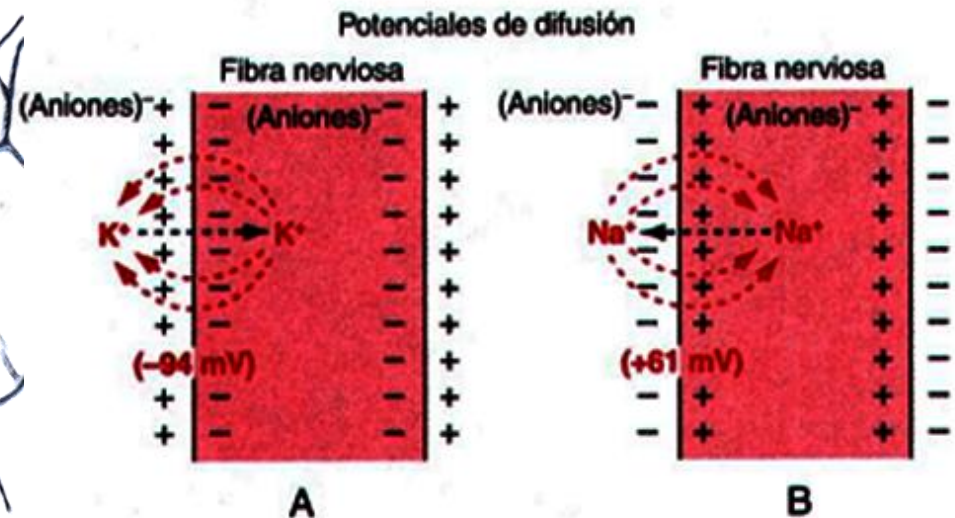
El potencial de membrana es generado por la por difusión de diferentes iones (por diferente permeabilidad a la membrana)

Depende de :

- * Polaridad de la carga eléctrica de cada ión.
- * Permeabilidad de la membrana para cada ión.
- * Concentraciones de cada uno de los iones en el int-ext celular.



Guyton



BIOELECTRICIDAD

- 1 Los **canales iónicos con compuerta mecánica** se encuentran en las neuronas sensitivas y se abren en respuesta a fuerzas físicas como la presión o el estiramiento.
- 2 Los **canales iónicos regulados por compuerta química**, en la mayoría de las neuronas, responden a una variedad de ligandos, como los neurotransmisores y neuromoduladores extracelulares o las moléculas de señalización intracelulares.
- 3 Los **canales regulados por voltaje** responden a cambios en el potencial de membrana de la célula. Los canales de Na^+ y de K^+ regulados por voltaje cumplen un papel importante en el inicio y en la conducción de las señales eléctricas a lo largo del axón.

Los canales iónicos se denominan habitualmente de acuerdo con el ion principal al cual permiten pasar. Existen cuatro tipos de canales iónicos selectivos en las neuronas: (1) canales de Na^+ , (2) canales de K^+ , (3) canales de Ca^{2+} y (4) canales de Cl^- . Otros canales son menos selectivos, como los *canales de cationes monovalentes*, que permiten el paso tanto del Na^+ como del K^+ .



Conductancia

La *ecuación de Nernst* describe el potencial de membrana que resultaría si la membrana fuese permeable a un único ion. Para cualquier ion dado, este potencial de membrana se denomina *potencial de equilibrio* de dicho ion (E_{ion}):

$$E_{ion} \text{ (en mV)} = \frac{61}{z} \log \frac{[ion]_{fuera}}{[ion]_{dentro}}$$

donde:

61 es $2,303 RT/F$ a 37°C ;

z es la carga eléctrica del ion (+1 para el K^+), y

$[ion]_{fuera}$ y $[ion]_{dentro}$ representan las concentraciones iónicas fuera y dentro de la célula.

BIOELECTRICIDAD



Ecuación de Goldman – Hodgkin – Katz

$$V_m = 61 \log \frac{P_K [K^+]_{fuera} + P_{Na} [Na^+]_{fuera} + P_{Cl} [Cl^-]_{dentro}}{P_K [K^+]_{dentro} + P_{Na} [Na^+]_{dentro} + P_{Cl} [Cl^-]_{fuera}}$$

donde:

V_m es el potencial de membrana de reposo en mV a 37°C ;

61 es $2,303 RT/F$ a 37°C ;

P es la permeabilidad relativa de la membrana al ion mostrado en el subíndice, y

BIOELECTRICIDAD

De reposo: cuando no están transmitiendo señales = - 90 mv

Es producido por:

***DIFUSIÓN PASIVA DEL K^+ :**

A través de un canal proteico = - 94 mv

***DIFUSIÓN PASIVA DEL Na^+ :**

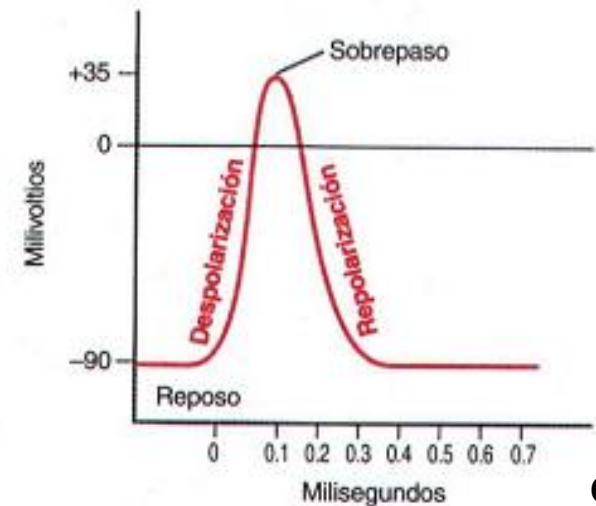
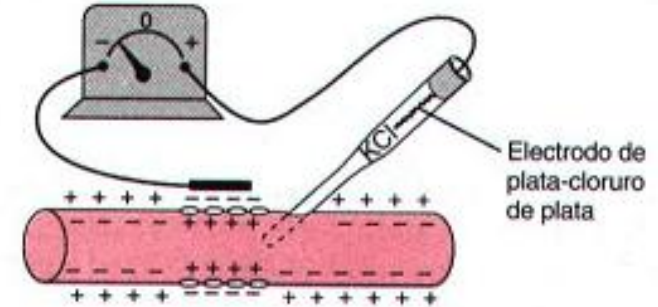
A través de canales proteicos pero con menos permeabilidad que el K^+ = + 61 mv

La combinación de ambos generan un
POTENCIAL NETO de - 86 mv

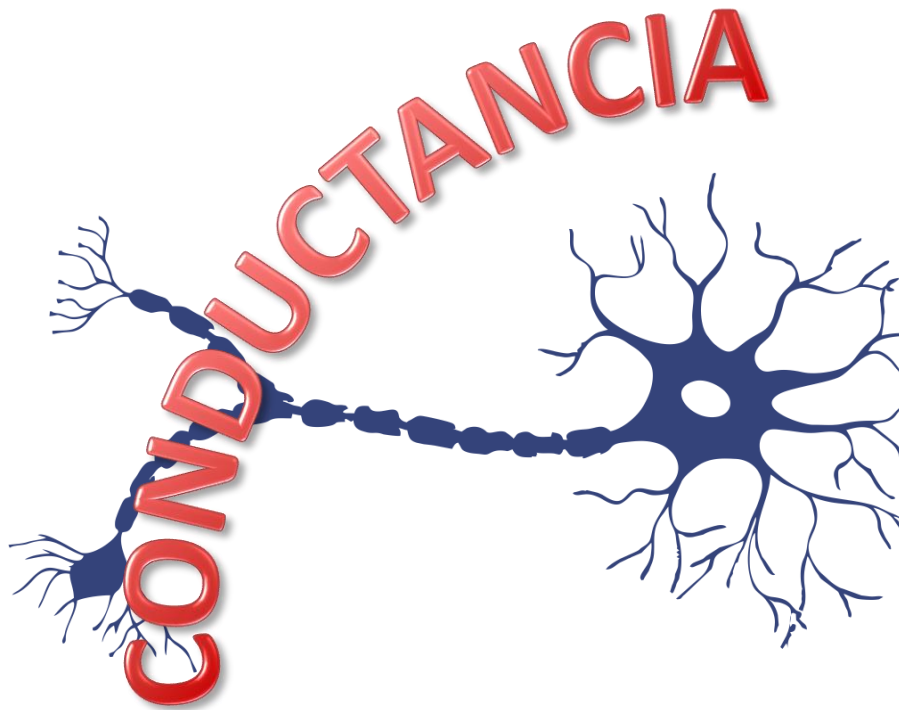
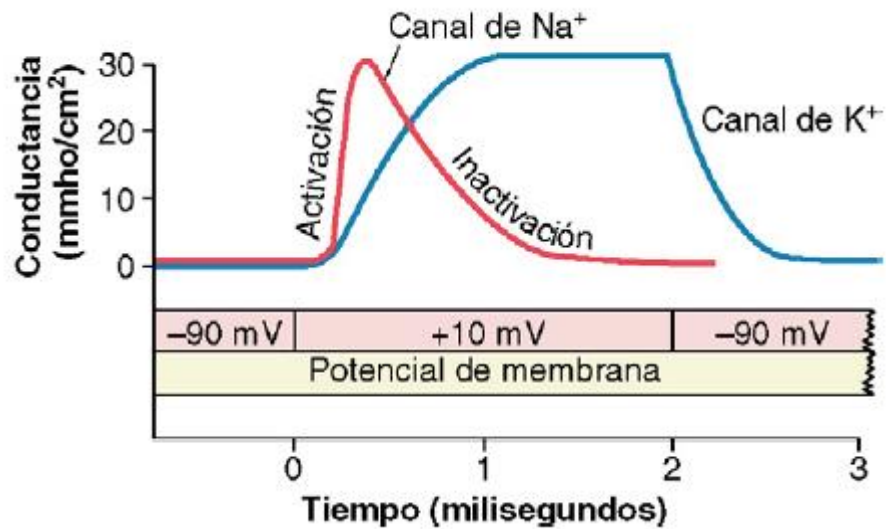
***BOMBA Na-K:**

exporta 3 Na^+ y importa 2 K^+

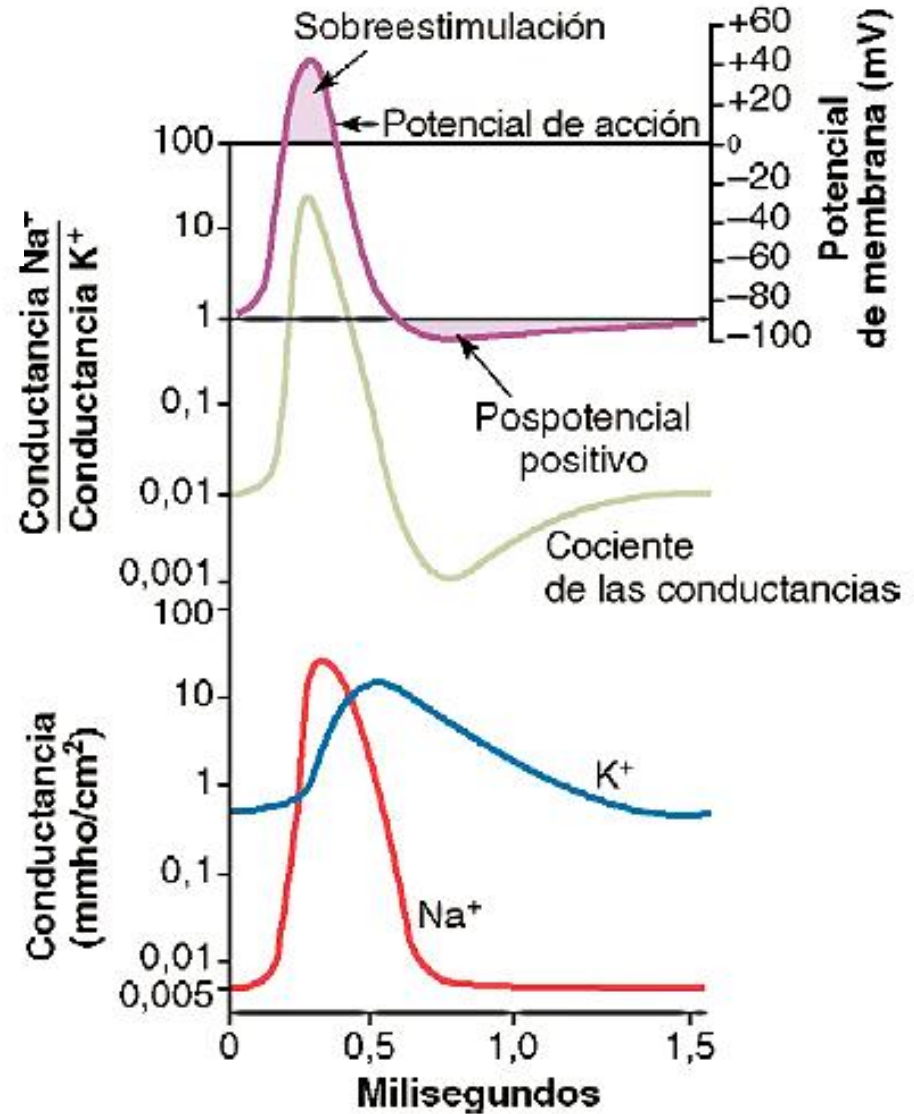
Adicional de -4 mv



Guyton



Guyton

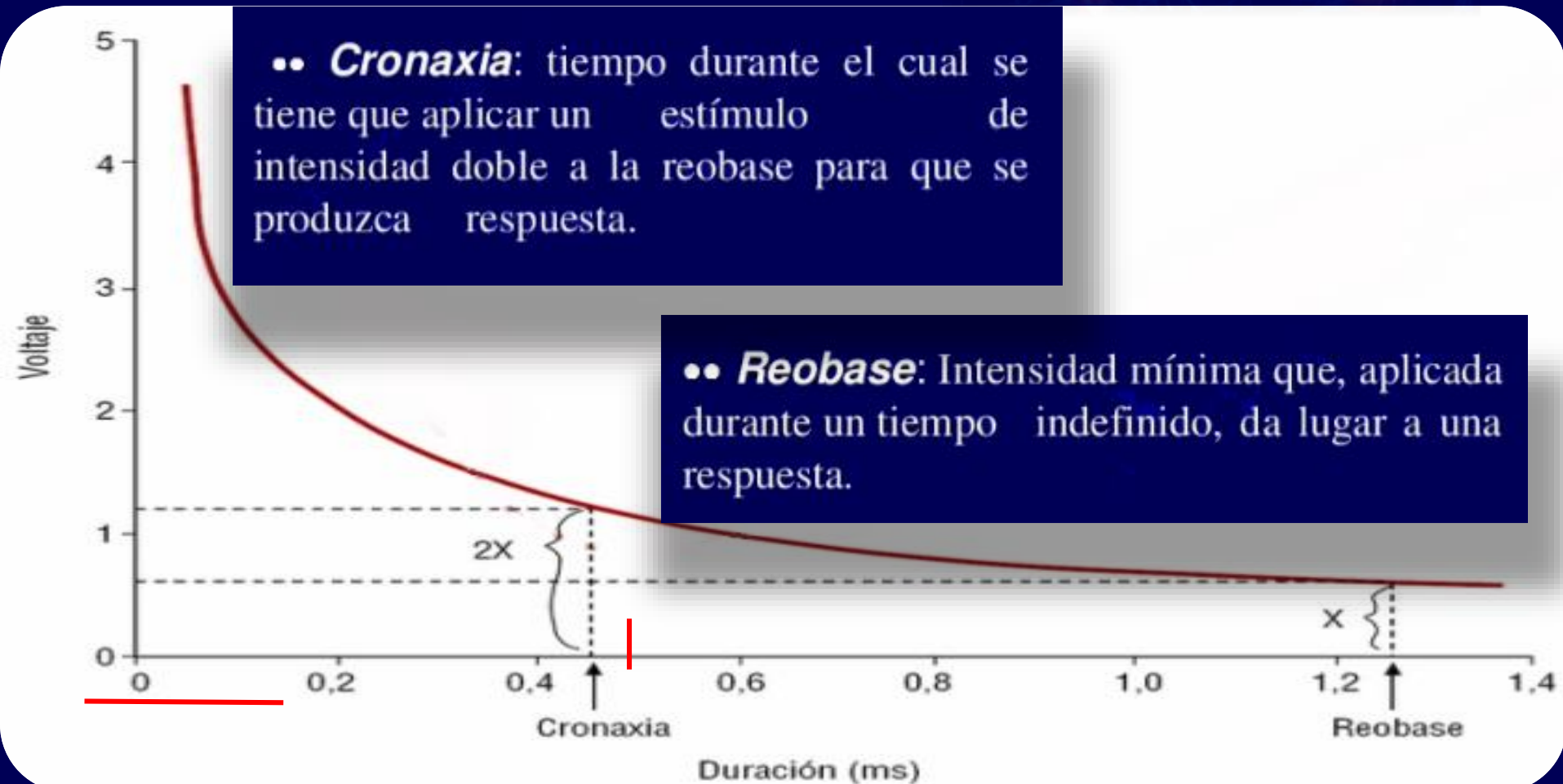


PARÁMETROS QUE DEFINEN LA EXCITABILIDAD DE UNA FIBRA



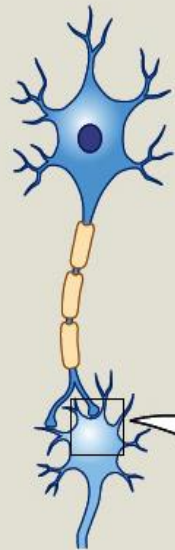
•• **Cronaxia:** tiempo durante el cual se tiene que aplicar un estímulo de intensidad doble a la reobase para que se produzca respuesta.

•• **Reobase:** Intensidad mínima que, aplicada durante un tiempo indefinido, da lugar a una respuesta.

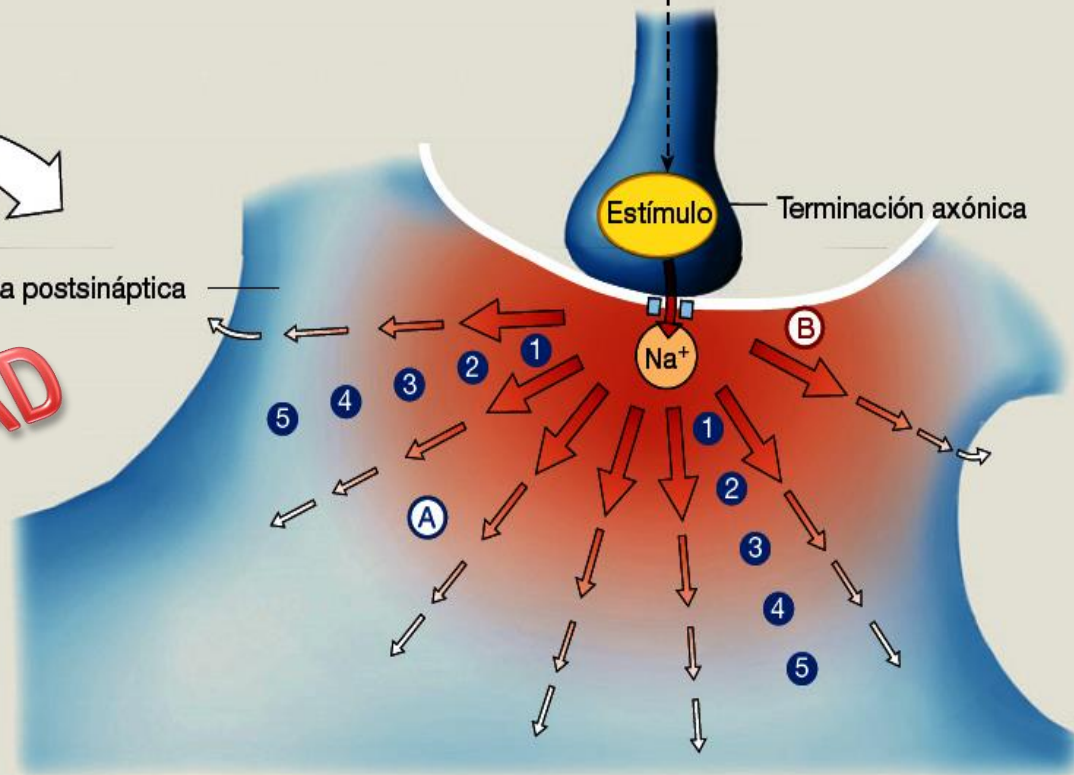
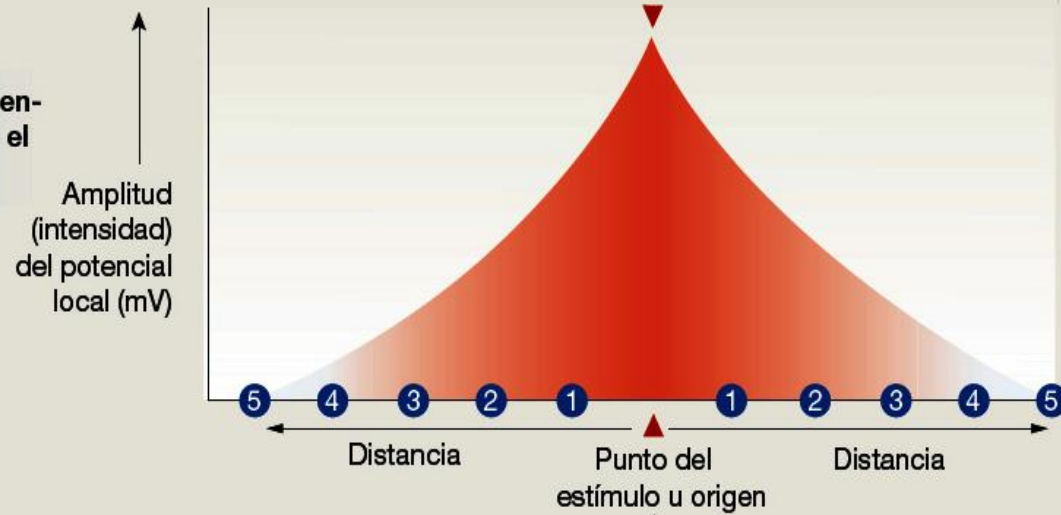


Potenciales locales

(a) Los potenciales locales decrecen en intensidad a medida que se propagan desde el punto de origen.



Neurona postsináptica

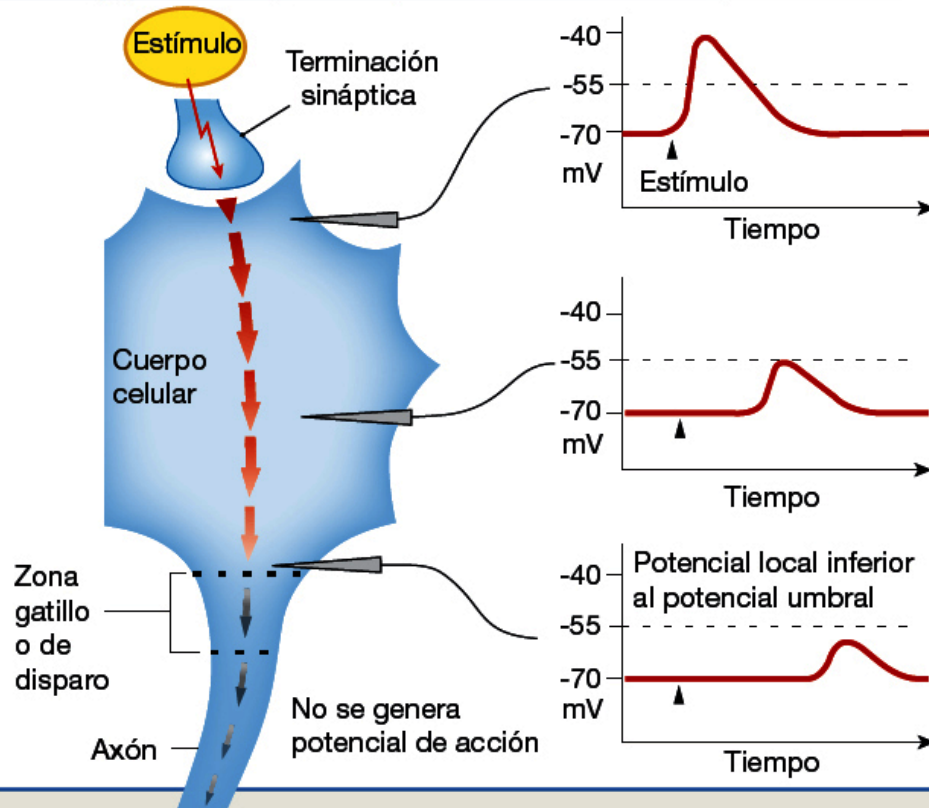


BIOELECTRICIDAD

BIOELECTRICIDAD

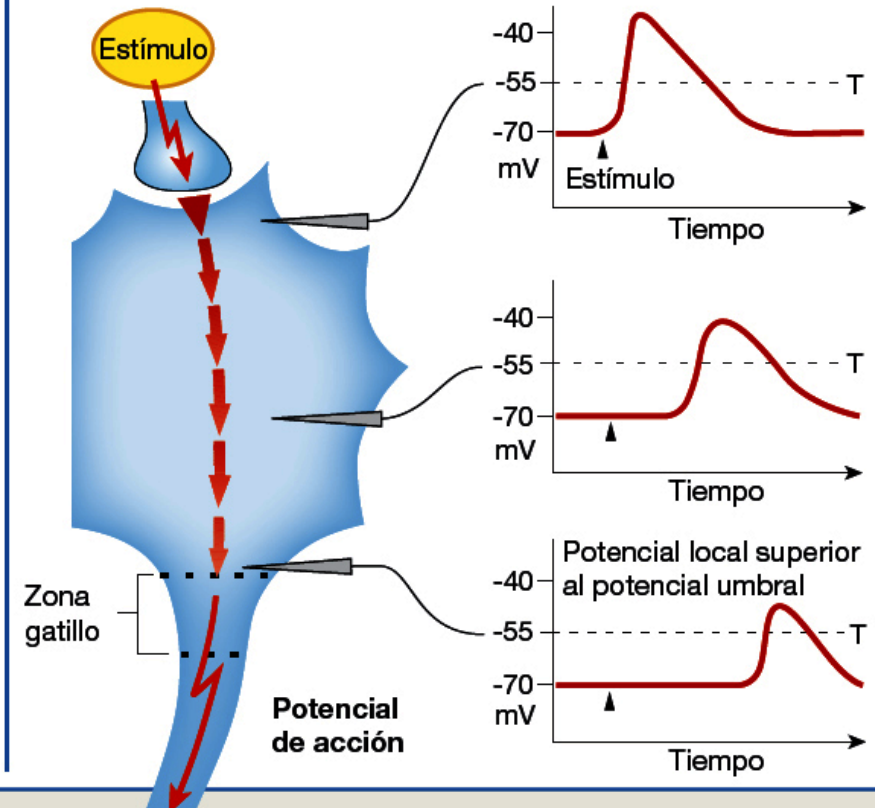
(b) Potencial local menor del potencial umbral

Un potencial local comienza en su sitio de origen con un valor superior al potencial umbral (U), pero va decreciendo en intensidad a medida que viaja a través del cuerpo celular. En la zona gatillo su valor se encuentra debajo del umbral y, por lo tanto, no es capaz de desencadenar un potencial de acción.



(c) Potencial local superior al potencial umbral

Un estímulo más fuerte en el mismo sitio del cuerpo celular genera un potencial local que persiste por encima del potencial umbral al llegar a la zona gatillo, por lo que se genera un potencial de acción.



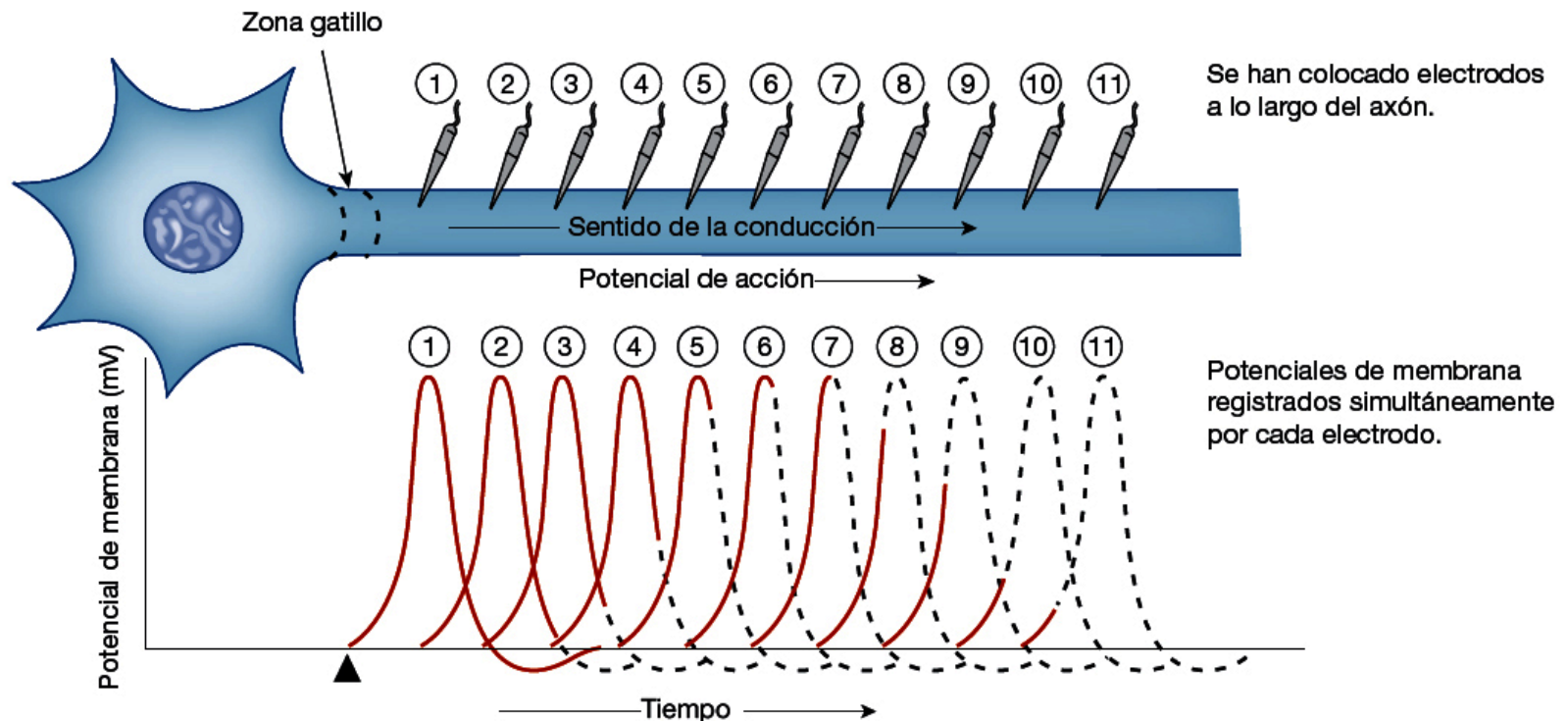
CONDUCCIÓN DE UN POTENCIAL DE ACCIÓN

- (a) La conducción de un potencial de acción a lo largo de un axón es similar a la transferencia de energía en una serie de piezas de dominó. En esta imagen, cada pieza se encuentra en una etapa diferente de su caída. En el axón, cada sección de membrana se encuentra en una fase diferente del potencial de acción.



BIOELECTRICIDAD

- (b) Una onda de corriente eléctrica viaja por el axón.



Se han colocado electrodos a lo largo del axón.

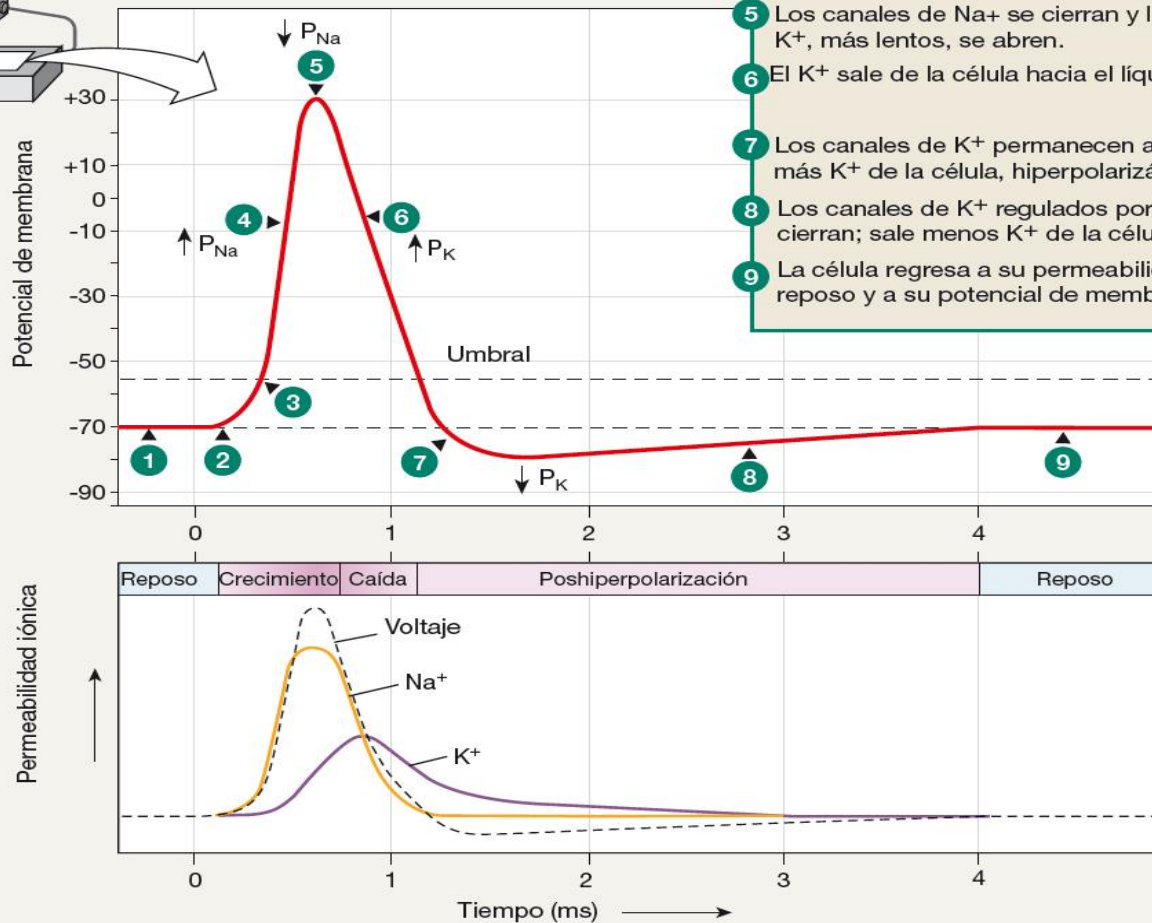
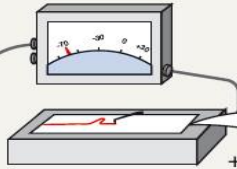
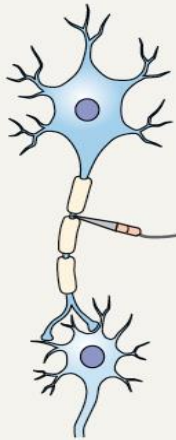
Potenciales de membrana registrados simultáneamente por cada electrodo.

Registros simultáneos muestran que cada sección del axón está experimentando una fase diferente del potencial de acción.

El potencial de acción

Cambios en la permeabilidad iónica (P_{ion}) a lo largo del axón generan un flujo iónico y cambios en el voltaje.

BIOELECTRICIDAD



- 1 Potencial de membrana de reposo.
- 2 Estímulo despolarizante.
- 3 La membrana se despolariza hasta alcanzar el potencial umbral. Los canales de Na^+ y K^+ regulados por voltaje comienzan a abrirse.
- 4 La entrada rápida de Na^+ despolariza la célula.
- 5 Los canales de Na^+ se cierran y los canales de K^+ , más lentos, se abren.
- 6 El K^+ sale de la célula hacia el líquido extracelular.
- 7 Los canales de K^+ permanecen abiertos y sale más K^+ de la célula, hiperpolarizándola.
- 8 Los canales de K^+ regulados por voltaje se cierran; sale menos K^+ de la célula.
- 9 La célula regresa a su permeabilidad iónica de reposo y a su potencial de membrana de reposo.

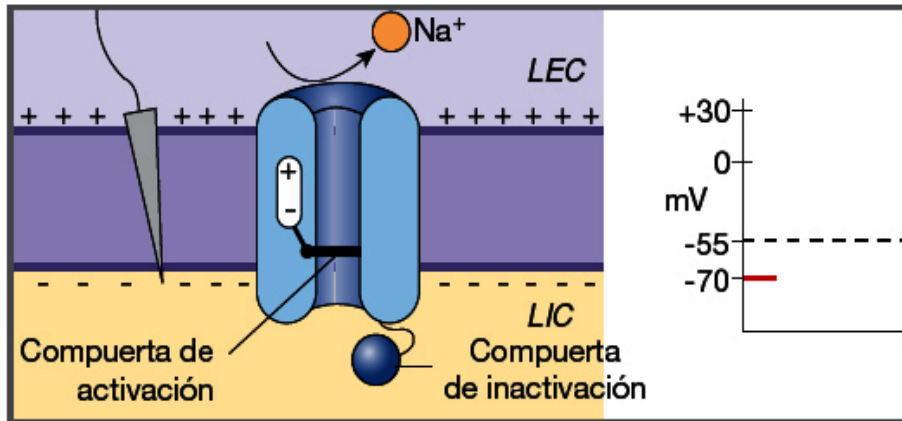
Comparación entre potencial local y potencial de acción en las neuronas

	Potencial local	Potencial de acción
Tipo de señal	Señal de entrada	Señal de conducción
¿Dónde ocurre?	Habitualmente, en dendritas y cuerpo celular	Zona gatillo o de disparo a lo largo del axón
Tipos de canales iónicos regulados por compuerta involucrados	Canales regulados por compuerta mecánica o química o canales regulados por voltaje	Canales regulados por voltaje
Iones involucrados	Habitualmente, Na^+ , Cl^- y Ca^{2+}	Na^+ y K^+
Tipo de señal	Despolarizante (por ejemplo, Na^+) o hiperpolarizante (p. ej., Cl^-)	Despolarizante
Intensidad de la señal	Depende del estímulo inicial; puede sumarse	Fenómeno de “todo o nada”; no se pueden sumar
¿Qué desencadena la señal?	La entrada de iones a través de canales regulados por compuerta	Un potencial local mayor del potencial umbral en la zona gatillo abre canales iónicos
Características exclusivas	No se requiere un nivel mínimo para desencadenarlo	Se requiere un estímulo umbral para desencadenarlo
	Dos señales que lleguen próximas en el tiempo se suman	Período refractario: dos señales demasiado próximas en el tiempo no se pueden sumar
	La intensidad del estímulo inicial se ve reflejada en la frecuencia de una serie de potenciales de acción	

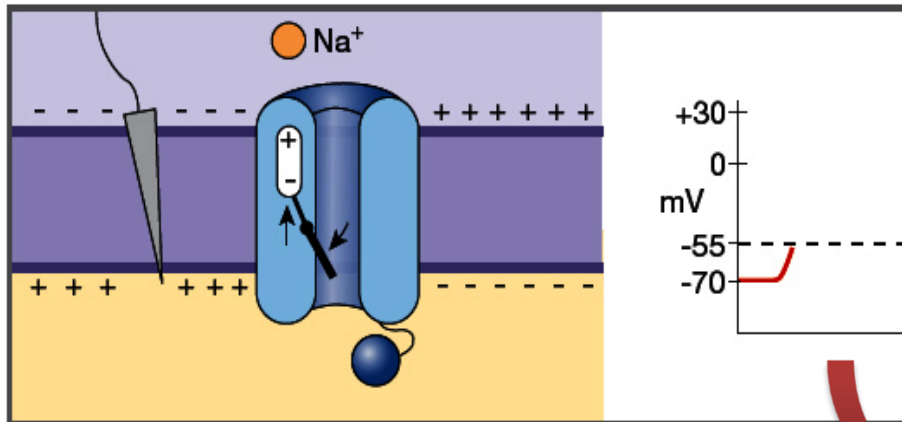
BIOELECTRICIDAD

EL CANAL DE Na^+ REGULADO POR VOLTAJE

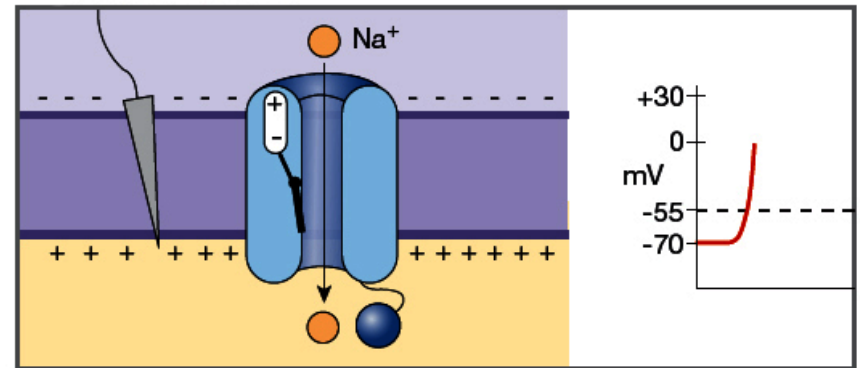
La característica distintiva de este tipo de canal es la presencia de dos compuertas: una de activación, que se abre rápidamente, y otra de inactivación, que se cierra más lentamente.



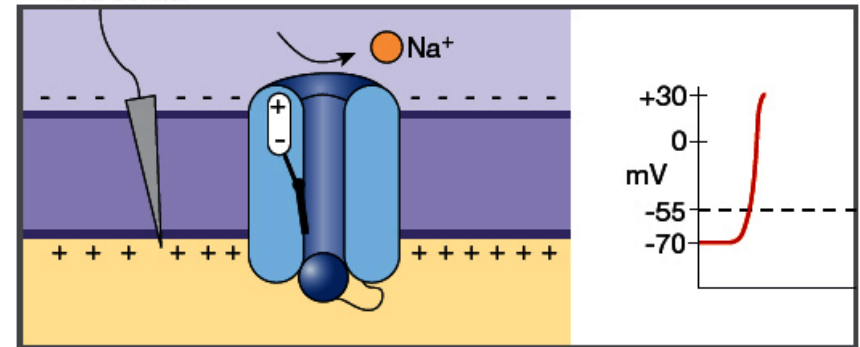
(a) En el potencial de membrana de reposo, la compuerta de activación cierra el canal.



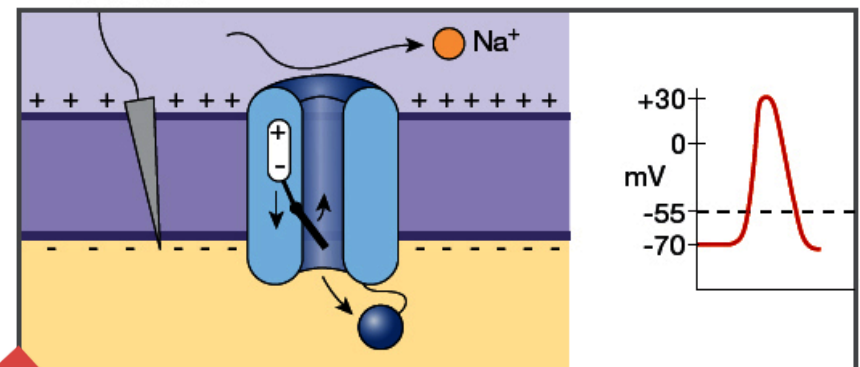
(b) Llega un estímulo despolarizante al canal. La compuerta de activación se abre.



(c) Cuando la compuerta de activación se abre, ingresa Na^+ a la célula.



(d) La compuerta de inactivación se cierra y la entrada de Na^+ se detiene.

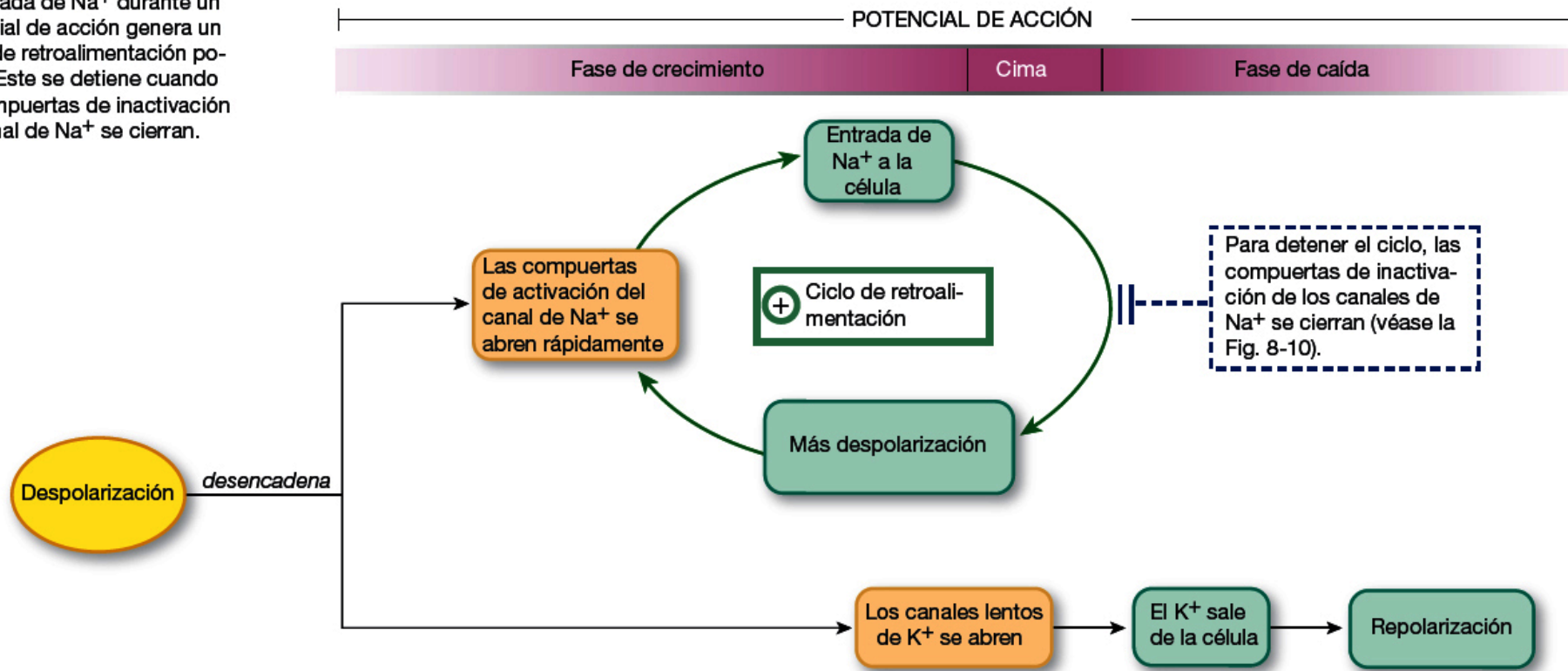


(e) Durante la repolarización ocasionada por la salida de K^+ , las dos compuertas vuelven a sus posiciones originales.

BIOELECTRICIDAD

RETROALIMENTACIÓN POSITIVA

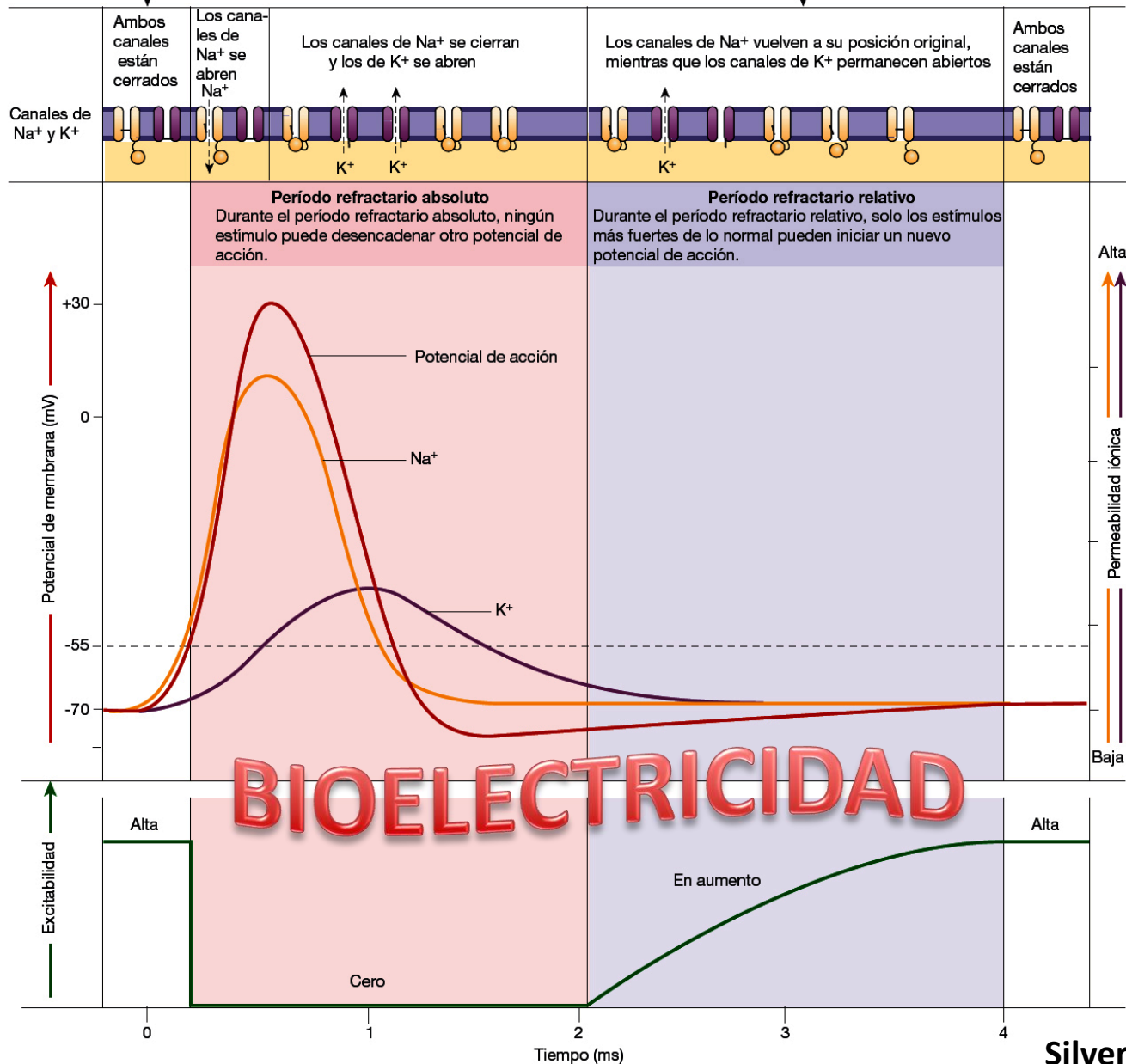
La entrada de Na^+ durante un potencial de acción genera un bucle de retroalimentación positiva. Este se detiene cuando las compuertas de inactivación del canal de Na^+ se cierran.

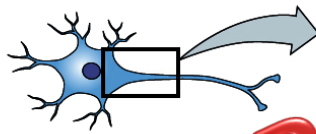


PERÍODOS REFRACTARIOS TRAS UN POTENCIAL DE ACCIÓN

Un único canal mostrado durante una fase significa que la mayoría de los canales se encuentran en ese estado.

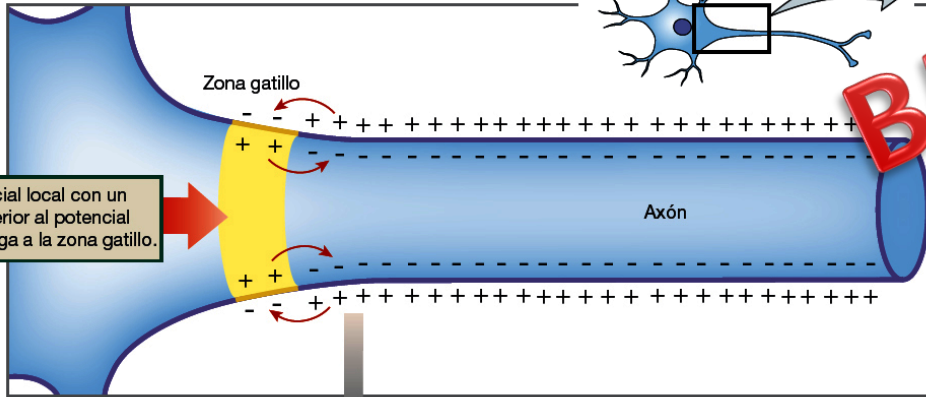
Cuando se muestra más de un canal de un tipo particular, la totalidad de canales está dividida entre los distintos estados.



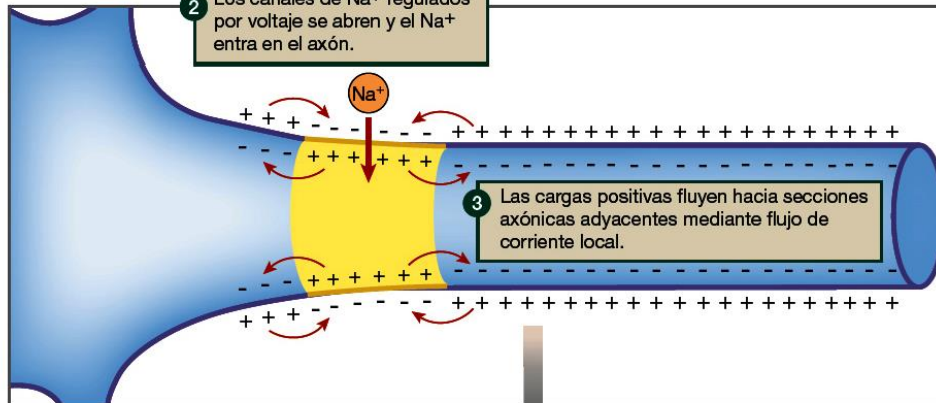


BIOELECTRICIDAD

1 Un potencial local con un valor superior al potencial umbral llega a la zona gatillo.



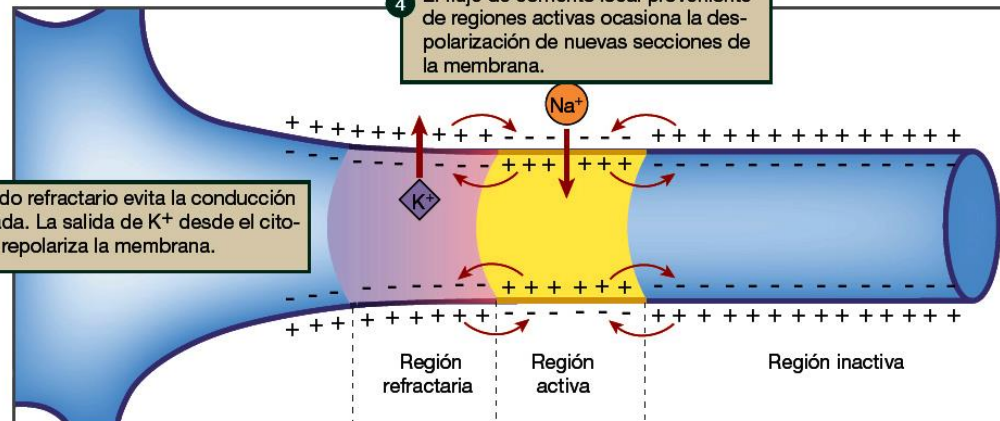
2 Los canales de Na^+ regulados por voltaje se abren y el Na^+ entra en el axón.



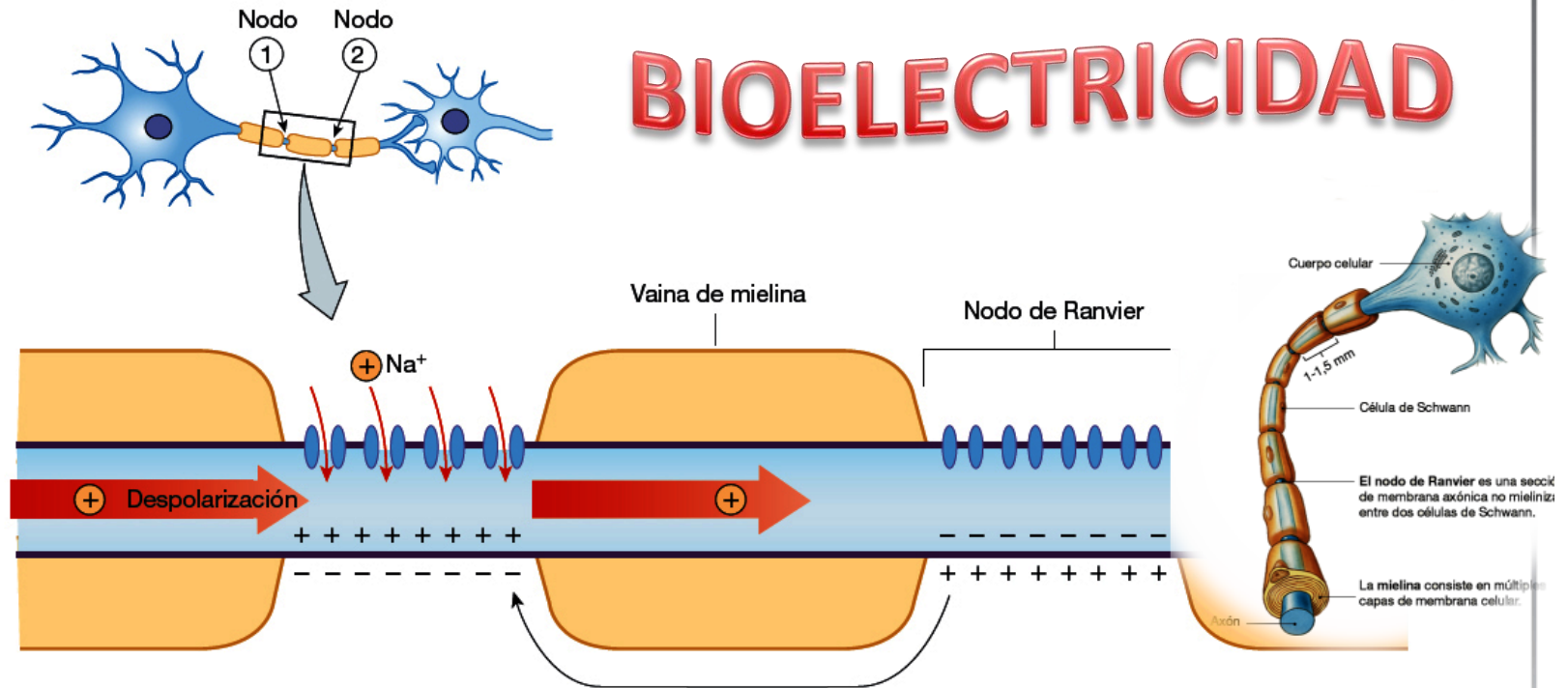
3 Las cargas positivas fluyen hacia secciones axónicas adyacentes mediante flujo de corriente local.

4 El flujo de corriente local proveniente de regiones activas ocasiona la despolarización de nuevas secciones de la membrana.

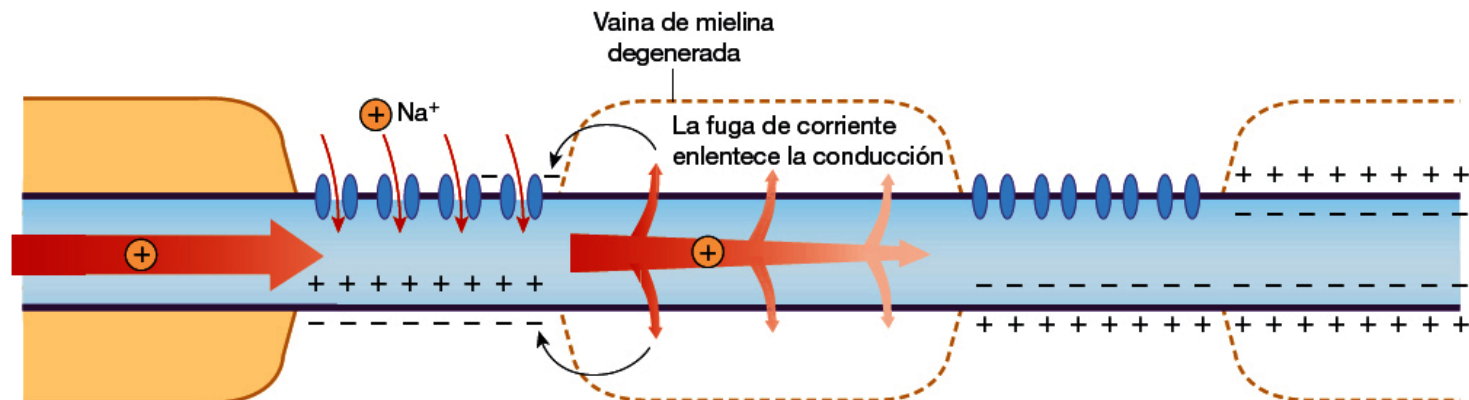
5 El período refractario evita la conducción retrógrada. La salida de K^+ desde el citoplasma repolariza la membrana.



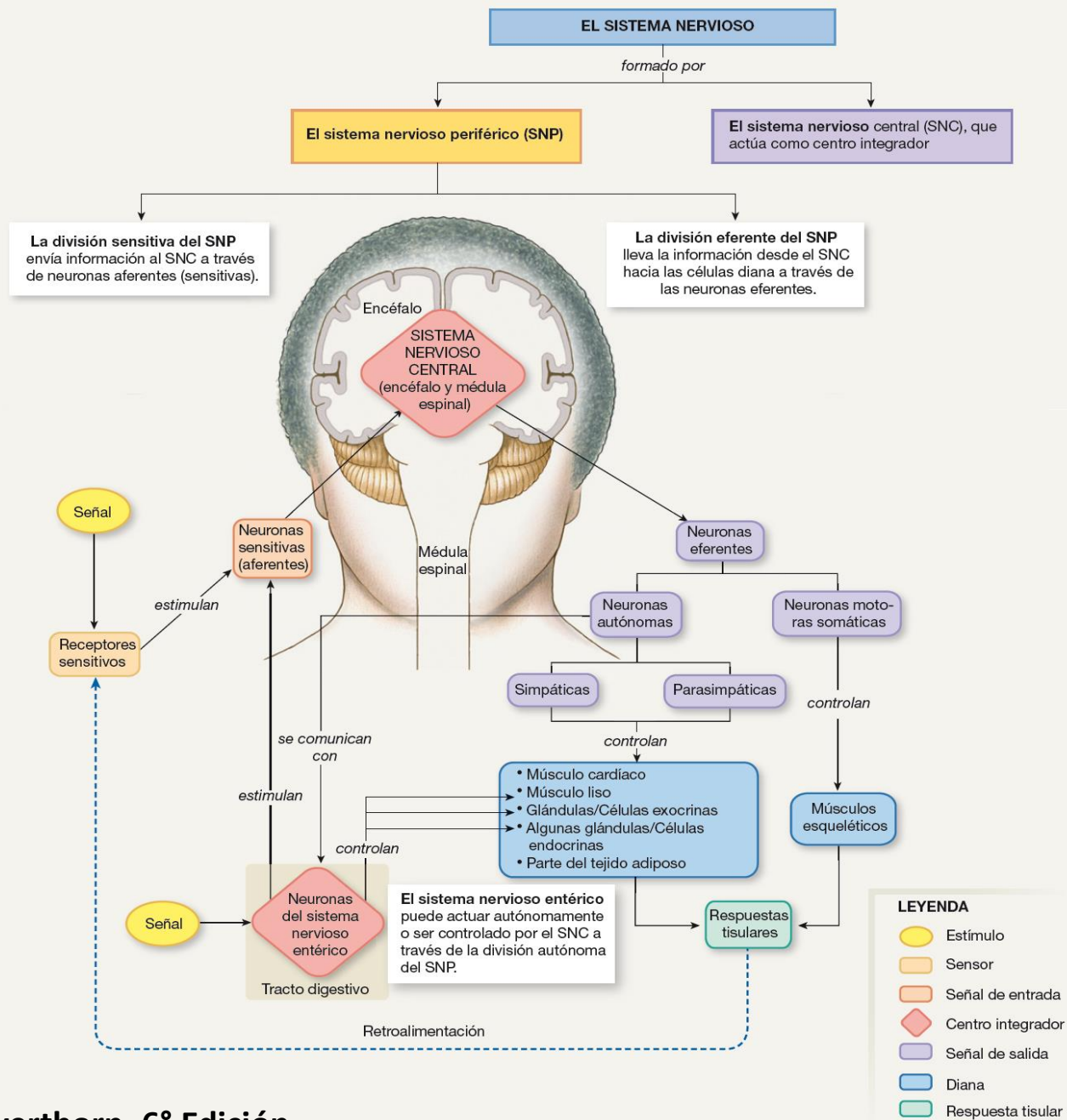
(a) Los potenciales de acción parecen saltar de un nodo de Ranvier al siguiente. Solo los nodos poseen canales de Na^+ regulados por voltaje.



(b) En las enfermedades desmielinizantes, la conducción se ralentiza a causa de la fuga de corriente fuera de las regiones previamente aisladas entre los nodos.



La organización del sistema nervioso



OBJETIVOS



- ✚ Integrar a los fenómenos eléctricos en el proceso de comunicación celular.
- ✚ Valorar la importancia de la homeostasis del medio interno.

