

Conducción Nerviosa

Ariel Chernomoretz
Electromagnetismo-Optica
1c 2019

Flujo de informacion

- ✓ A lo largo del sistema nervioso la información se transmite mediante pulsos eléctricos por fibras nerviosas llamadas **axones**

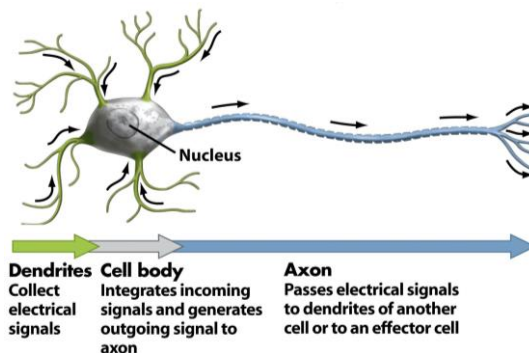
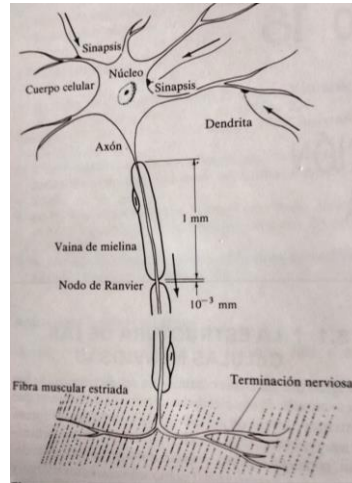


Figure 45-2b Biological Science, 2/e
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

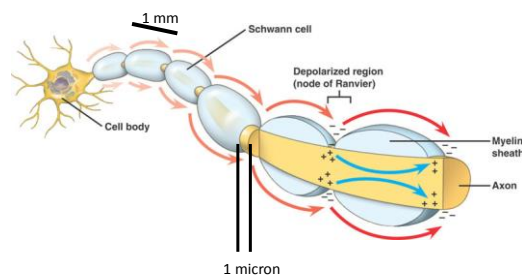
Estructura basica

- ✓ A lo largo del sistema nervioso la información se transmite mediante pulsos eléctricos por fibras nerviosas llamadas **axones**
- ✓ Dimensiones:
1-20 micrones de diametro
 10^{-3} – 1 m de largo
- ✓ Recubiertas por *células de Schwann* (vainas de mielina)



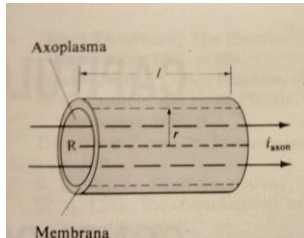
Estructura basica

- ✓ A lo largo del sistema nervioso la información se transmite mediante pulsos eléctricos por fibras nerviosas llamadas **axones**
- ✓ Dimensiones:
1-20 micrones de diametro
 10^{-3} – 1 m de largo
- ✓ Recubiertas por *células de Schwann* (vainas de mielina)
- ✓ Recubrimiento de mielina modifica las propiedades electricas a lo largo del axon



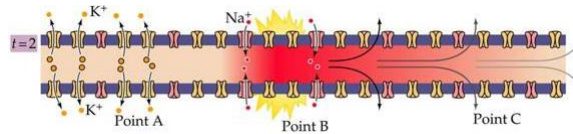
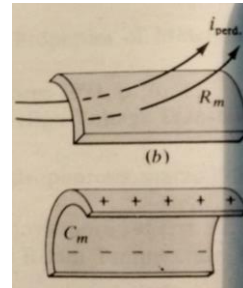
Modelo de axón

Cable conductor :
iones se mueven a lo largo del
axoplasma : i_{axon}

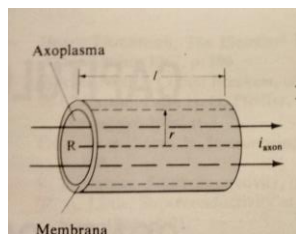


Pero tiene "perdidas":

- iones difunden por canales en membrana: i_{perd}
- Carga acumulada a lo largo de membrana: C_m



Valores típicos

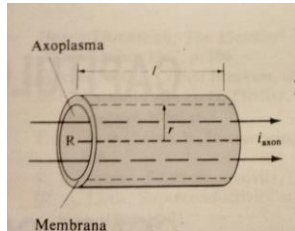


		Axon desnudo	Axon Mielina
Resistividad del axoplasma	$\rho_{\text{axoplasma}}$		2 Ωm
Radio axon	r		5 micrones

$$V_a - V_b = I \cdot R$$

$$R = \frac{\rho_{\text{axoplasma}} l}{\pi r^2}$$

Valores típicos



		Axon desnudo	Axon Mielina
Resistividad del axoplasma	$\rho_{axoplasma}$	2 Ωm	
Radio axon	r	5 micrones	

$$V_a - V_b = I \cdot R$$

$$R = \frac{\rho_{axoplasma} l}{\pi r^2}$$

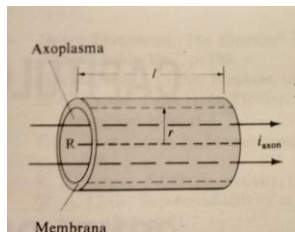
Resistencia que presenta 1cm de axon:

$$R = \frac{\rho_{axoplasma} l}{\pi r^2} = \frac{2 \Omega m \cdot 0.01 m}{\pi (5 \cdot 10^{-6})^2} = 2.5 \cdot 10^8 \Omega \quad \text{Enorme!!}$$

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

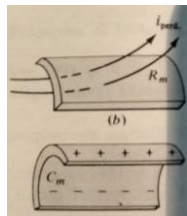
$\begin{matrix} \xrightarrow{i} \\ V_a \text{ --- } V_b \\ \text{1cm de axon} \end{matrix} \quad \sim \quad \begin{matrix} \xrightarrow{i} \\ V_a \text{ --- } V_b \\ \text{70000km de cable de cobre (} \rho_{cobre} = 1.7 \cdot 10^{-8} \Omega m \text{)} \end{matrix}$

Valores típicos

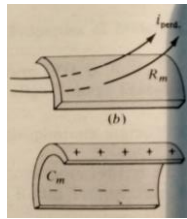
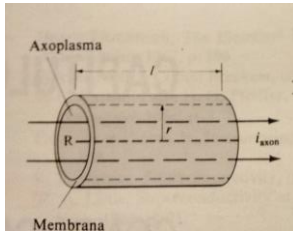


		Axon desnudo	Axon Mielina
Resistividad del axoplasma	$\rho_{axoplasma}$	2 Ωm	
Radio axon	r	5 micrones	
Resistencia por unidad de area membrana	R_{memb}	0.2 Ω/m^2	40 Ω/m^2
Capacidad por unidad de area membrana	C_{memb}	10^{-2} F/ m^2	$5 \cdot 10^{-5}$ F/ m^2

Para una membrana de largo l
 $C = C_{memb} (2 \pi r l)$

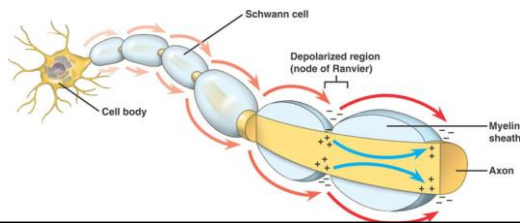


Valores típicos



		Axon desnudo	Axon Mielina
Resistividad del axoplasma	$\rho_{\text{axoplasma}}$	2 Ωm	
Radio axon	r	5 micrones	
Resistencia por unidad area membrana	R_{memb}	0.2 Ω/m^2	40 Ω/m^2
Capacidad por unidad de area membrana	C_{memb}	10 ⁻² F/m ²	5 10 ⁻⁵ F/m ²

- R_{memb} aumenta 200x por recubrimiento
- C_{memb} disminuye 200x por recubrimiento



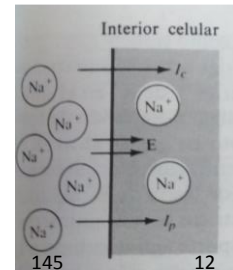
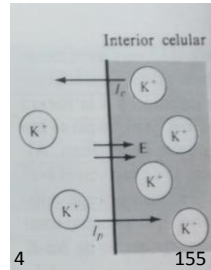
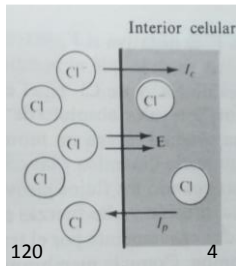
Condiciones fisiológicas

[mol/m ³]	Na ⁺	145						
	K ⁺	4						
	Cl ⁻	120						
	Otros	29	+	+	+	+	+	+
			membrana					
	Na ⁺	12	-	-	-	-	-	-
	K ⁺	155						
	Cl ⁻	4						
	Otros	163						
			Interior celular					

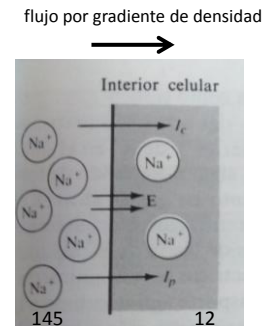
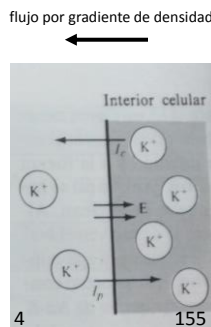
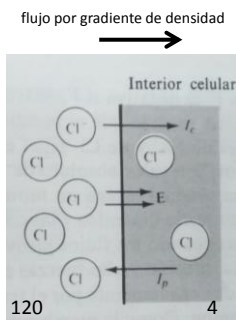
-90mV

- A ambos lados de la membrana hay acumulación de carga
- Hay una diferencia de potencial $V_{\text{int}} - V_{\text{ext}} \sim -90 \text{ mV}$
- $Q = C \cdot V \sim 1/100000$ nro de iones negativos de la cel. (exceso de carga muy chico genera esa dif de potencial)

Condiciones fisiológicas...mecanismos pasivos



Condiciones fisiológicas...mecanismos pasivos



← flujo inducido por ΔV

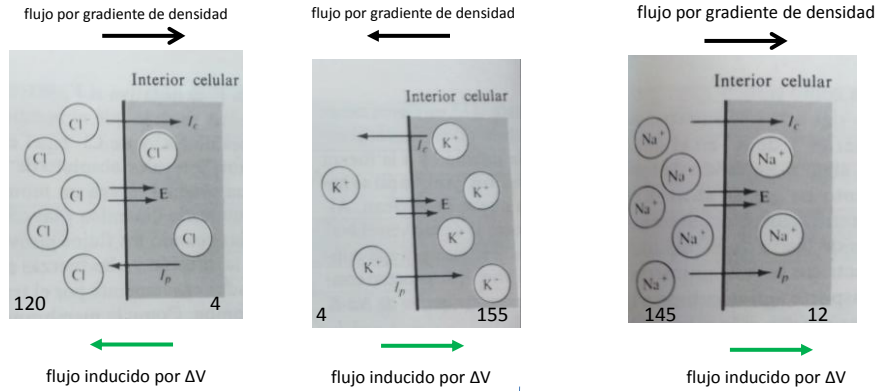
→ flujo inducido por ΔV

→ flujo inducido por ΔV

Ecuación de Nerst: Balance entre trabajo electrostático y trabajo contra el gradiente de densidad

$$q(V_i - V_o)^* = k_B T \ln \frac{n_o}{n_i}$$

Condiciones fisiológicas...~~mecanismos pasivos~~

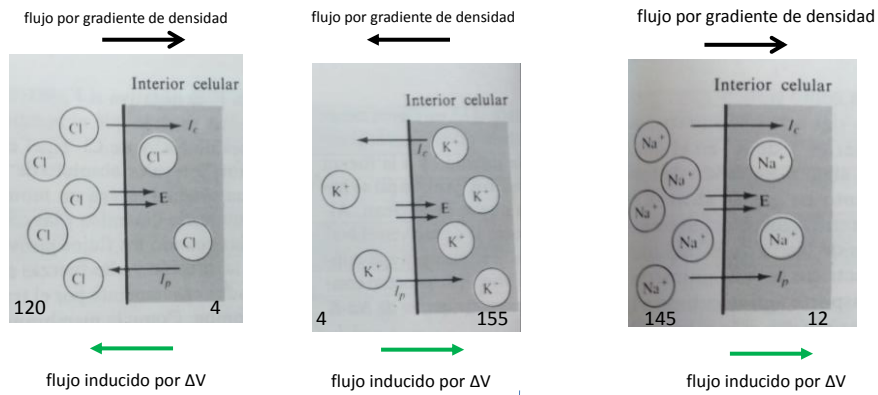


Ecuacion de Nerst: Balance entre trabajo electrostatico y trabajo contra el gradiente de densidad

$$q(V_i - V_o)^* = k_B T \ln \frac{n_o}{n_i}$$

La distribución de Na⁺ interior y exterior **no es compatible** con situaciones de equilibrio inducida solamente por estos flujos... **tiene que haber algo mas...**

Condiciones fisiológicas...~~mecanismos pasivos~~



Ecuacion de Nerst: Balance entre trabajo electrostatico y trabajo contra el gradiente de densidad

$$q(V_i - V_o)^* = k_B T \ln \frac{n_o}{n_i}$$

$(V_i - V_o)^*$

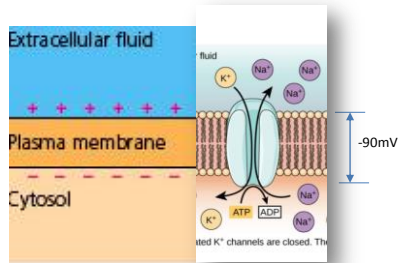
Cl ⁻	-90mV	┌	El mecanismo pasivo no alcanza para explicar las concentraciones observadas para Na y K
K ⁺	-98mV		
Na ⁺	+66mV		

Entonces...rol de las **bombas de Na-K**
Consumo de energía para mantener la dif de potencial basal de -90mV

Bombas Na-K

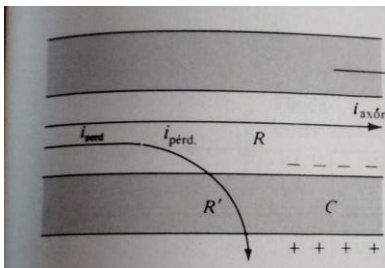
[mol/m ³]	Na⁺	145
	K⁺	4
	Cl⁻	120
	Otros⁻	29

	Na⁺	12
	K⁺	155
	Cl⁻	4
	Otros⁻	163



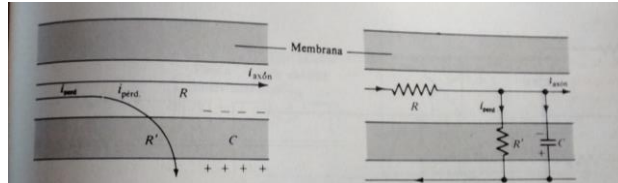
Conducción axonal para estímulos débiles

- Para estímulos eléctricos menores a cierto umbral (débiles) el axón responde como un circuito relativamente simple

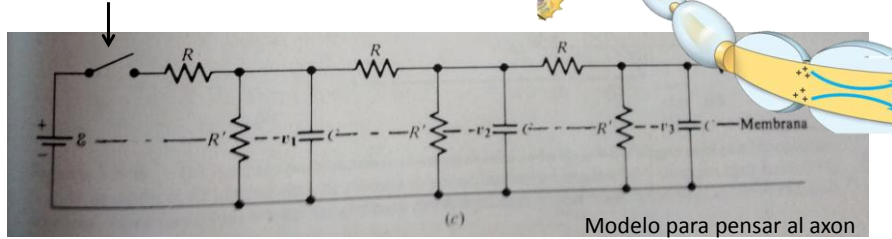


Conducción axonal para estímulos débiles

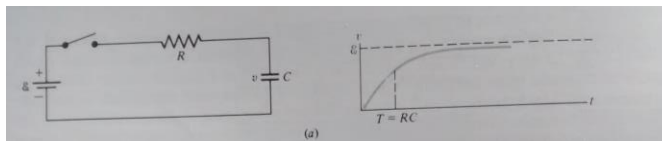
- Para estímulos eléctricos menores a cierto umbral (débiles) el axón responde como un circuito relativamente simple



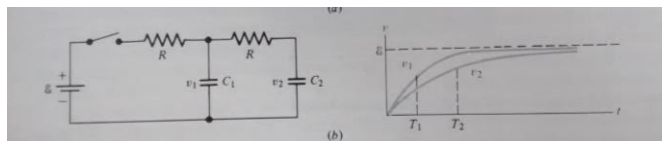
estímulo tipo escalon



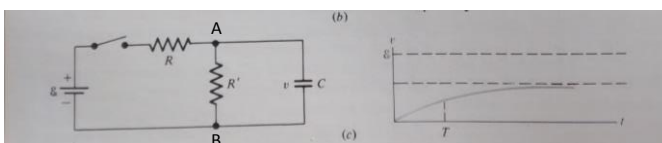
Conducción axonal para estímulos débiles



Carga de un capacitor.
Escala temporal RC



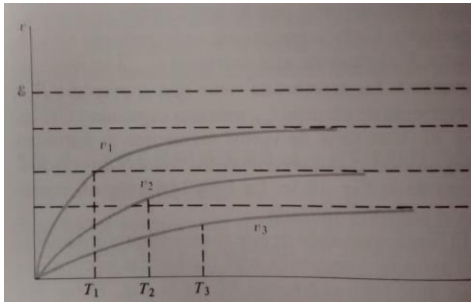
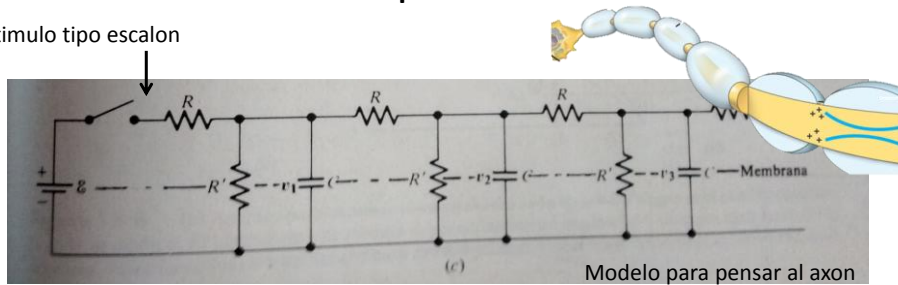
Carga de capacitores.
Escala temporal
 $R_1 C_1$ y $(R_1 + R_2) C_2$



Carga de capacitor
hasta valor
asintótico menor
 $(V_A - V_B < E)$

Conducción axonal para estímulos débiles

estímulo tipo escalón



- Estímulos débiles se propagan lentamente
- se hacen paulatinamente más débiles
- desaparecen a los pocos milímetros

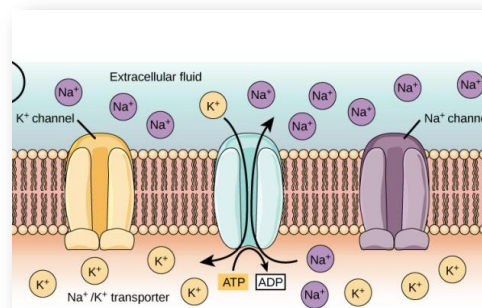
Canales Iónicos

Hay de tres tipos

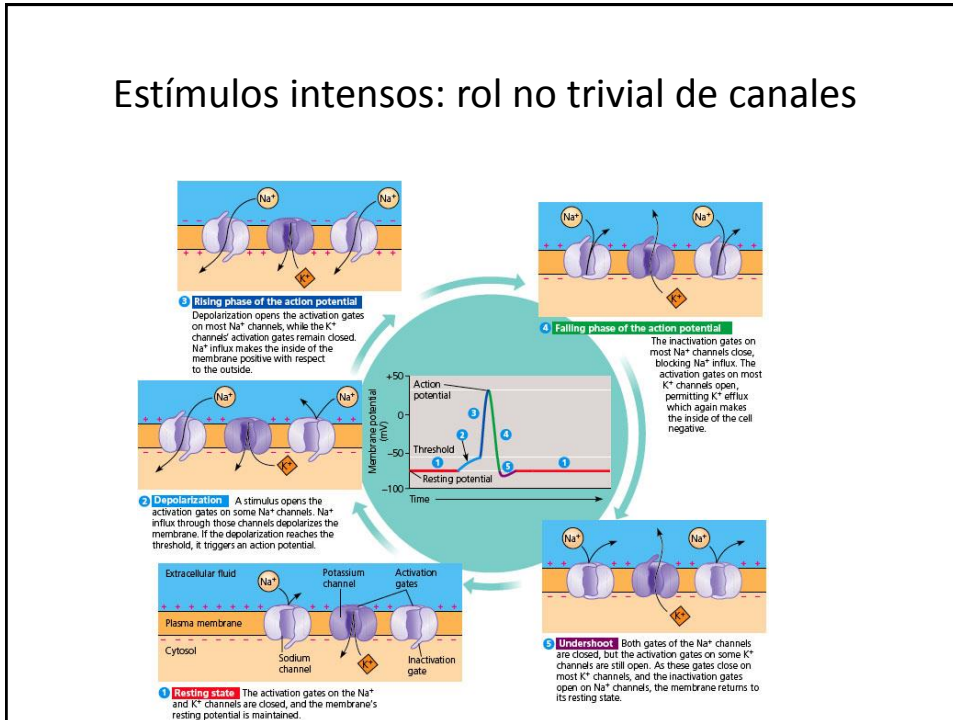
Canal K^+ / Na^+ mantiene el potencial basal, a costa de energía

Canal Na^+ (3 estados) activado por voltaje. Aumenta la permeabilidad efectiva de la membrana al Na^+

Canal K^+ (2 estados) activado por voltaje. Aumenta la permeabilidad efectiva de la membrana al K^+



Estímulos intensos: rol no trivial de canales



Estímulos intensos: propagacion

