

A transmission electron micrograph (TEM) of a cell membrane. The image shows a cross-section of the plasma membrane, which is a phospholipid bilayer. The bilayer consists of two layers of phospholipids, with their hydrophilic heads facing outwards and hydrophobic tails facing inwards. The membrane is shown as a thin, wavy line separating a light blue cytoplasmic region from a green extracellular region. The text 'MEMBRANA PLASMATICA' is overlaid on the image in a black, sans-serif font.

**MEMBRANA PLASMATICA**

# FUNCIONES

- Compartimentación
- Regulación de la concentración
- Recepción de mensajeros químicos
- Liberación de sustancias transmisoras

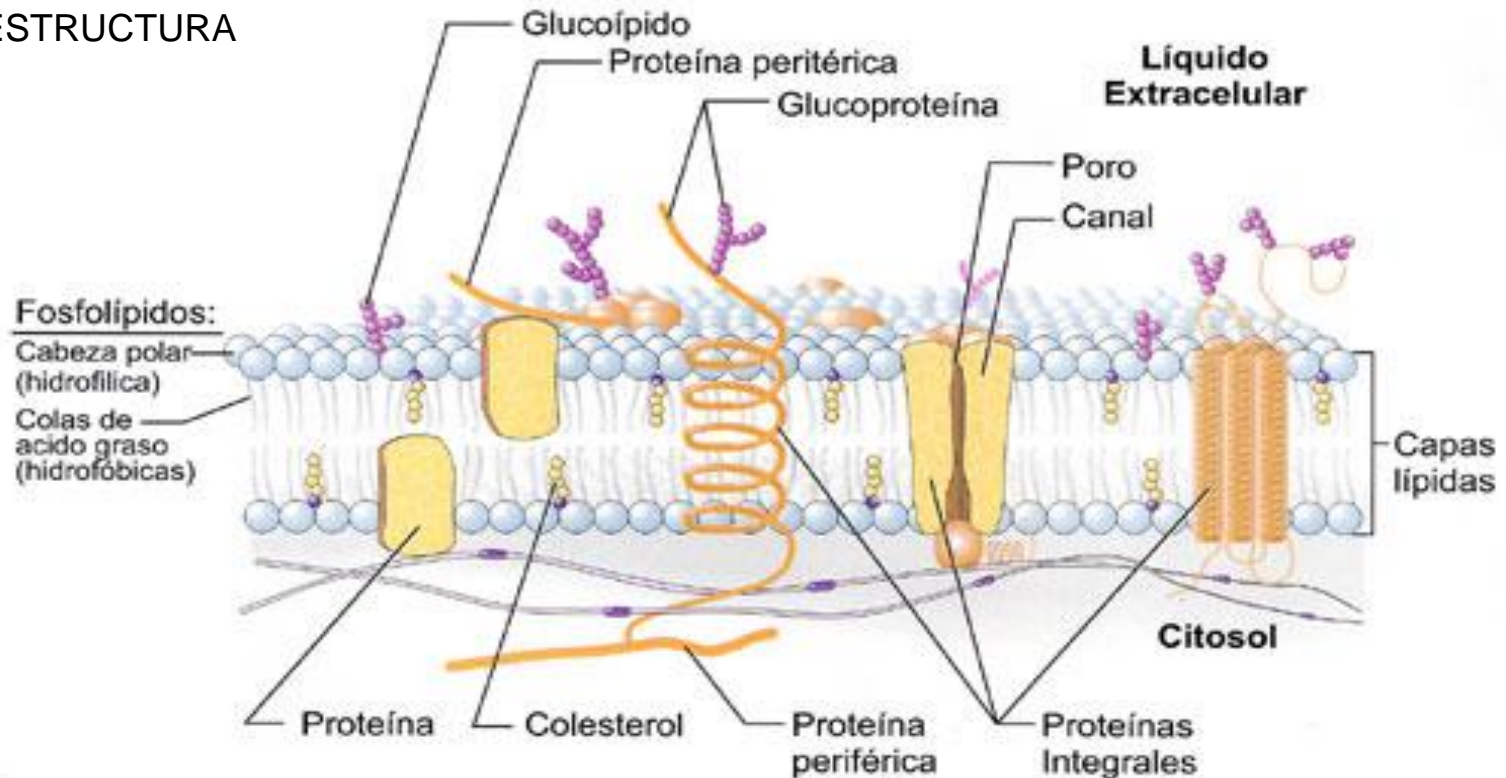
Barrera de libre difusión\*

Actividad enzimática\*

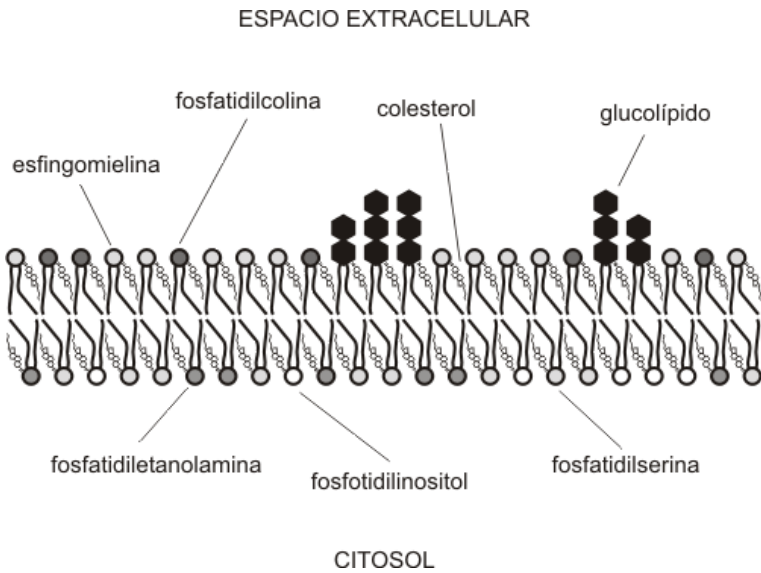
Conducción de impulsos nerviosos\*

Transducción de estímulos\*

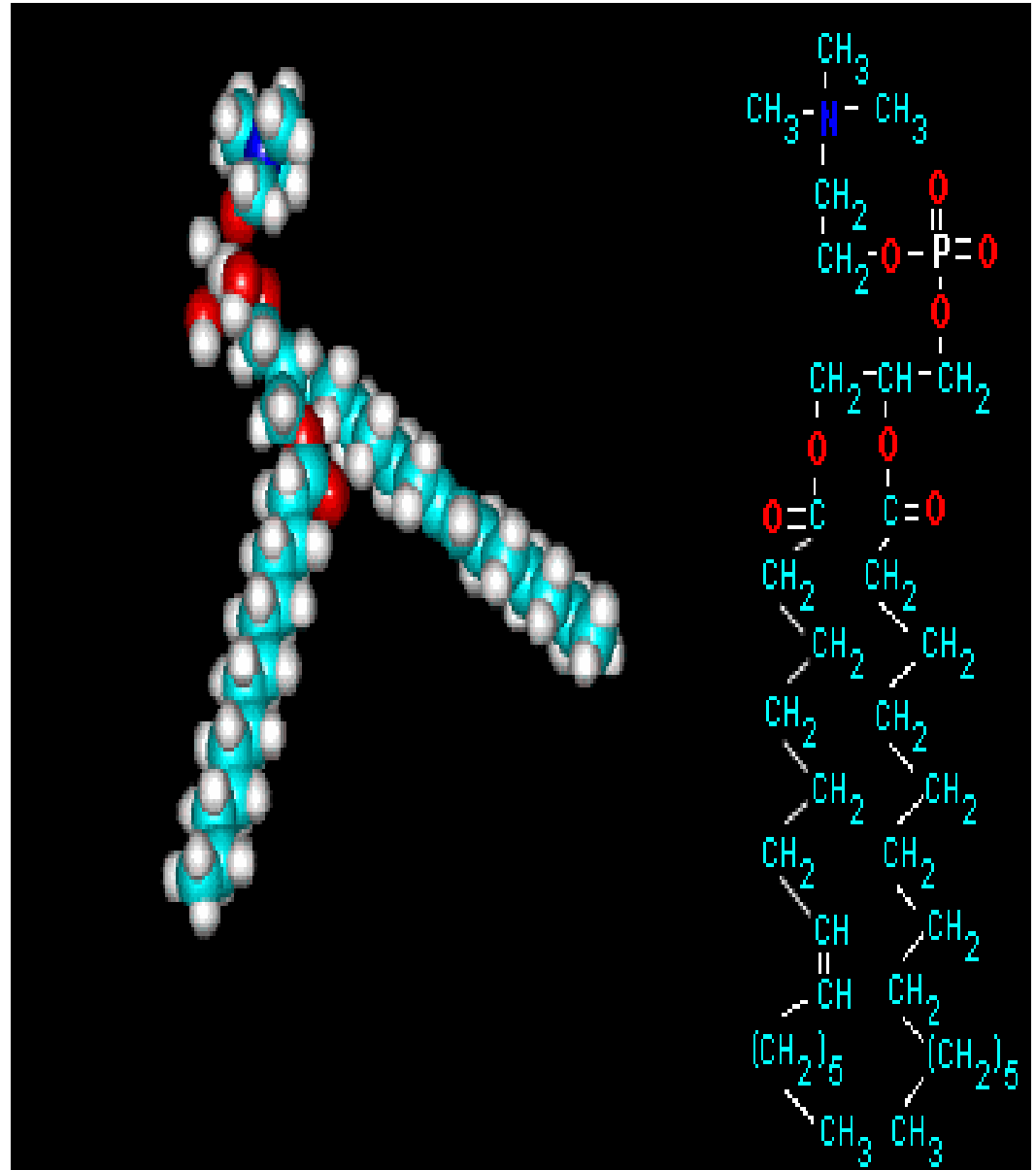
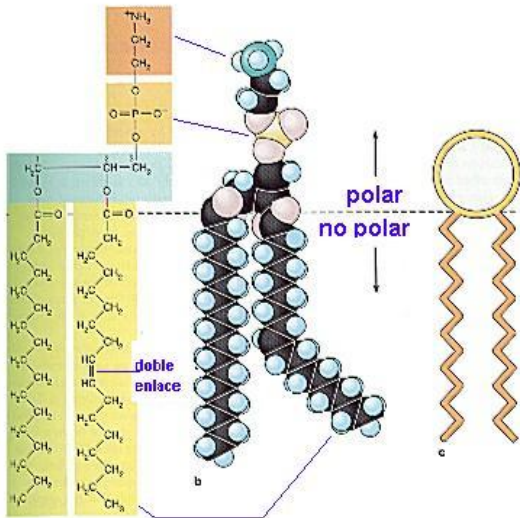
## ESTRUCTURA



# LIPIDOS



## FOSFOLIPIDOS

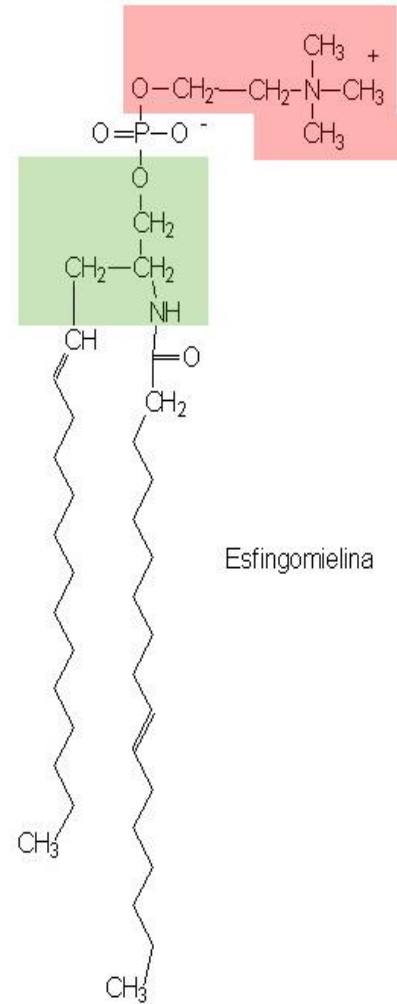


# ESFINGOLIPIDOS

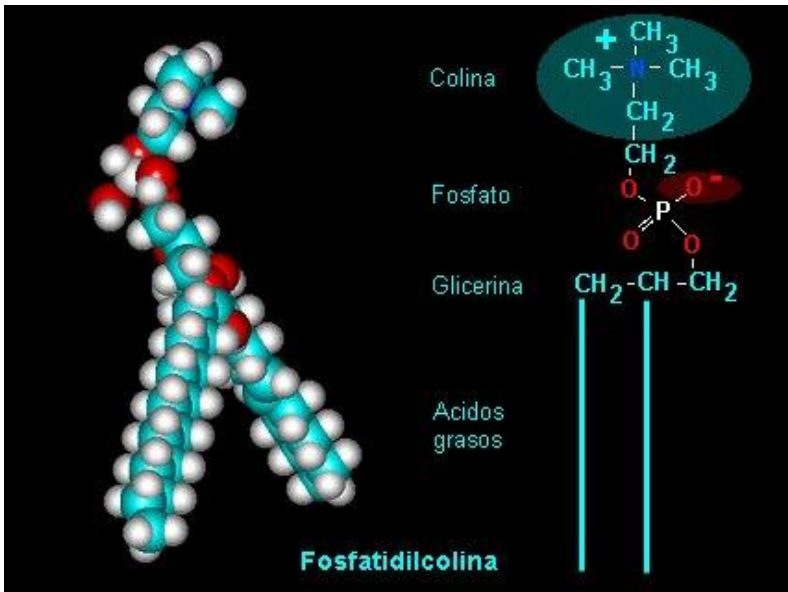
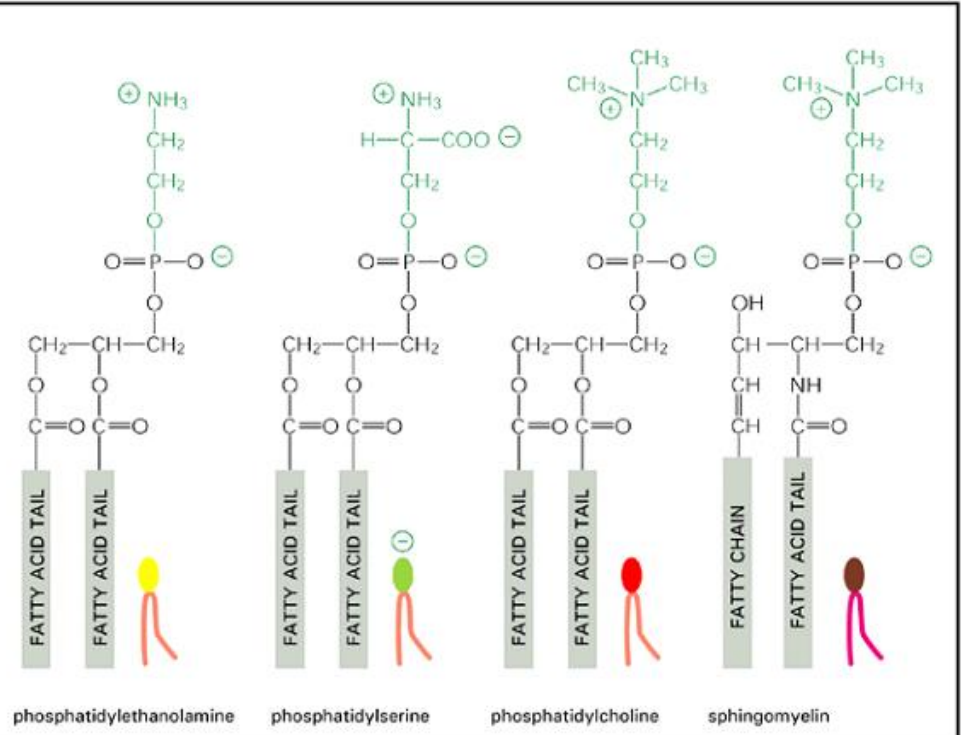
colina

fosfato

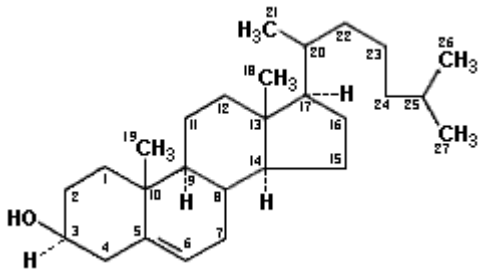
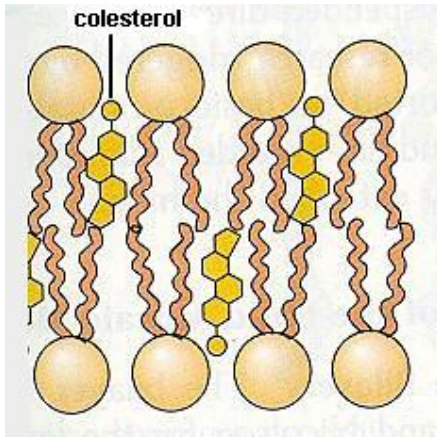
D-4-esfingosina  
(aminoalcohol)



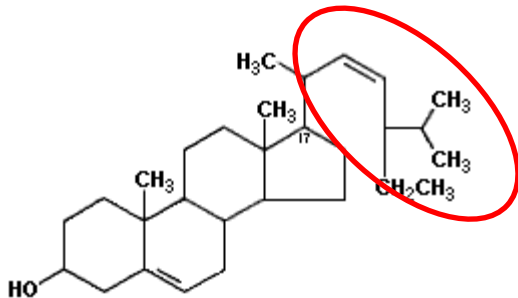
Esfingomielina



# COLESTEROL



## Fitosterol- Estigmasterol



CUADRO 2.2  
Porcentaje de diferentes tipos de lípidos

Membrana	Fosfolípidos	Glucolípidos	Esteroles
<i>Animal</i>			
Plasmática	50-60	5-17	15-22
Mitocondrial interna	80-90	<5	<5
Mitocondrial externa	80-90	<5	5-8
Lisomas	70-80	5-10	10-15
Retículo endoplásmico	70-80	<5	5-10
Núcleo	85-90	<5	10-15
Golgi	85-90	<5	5-10
Peroxisomas	90-95	<5	<5
Mielina	50-60	15-25	20-25
Eritrocito	70-80	5-10	20-25
<i>Vegetal</i>			
Plasmática	30-65	10-20	25-50
Mitocondria	90-95	<5	<5
Cloroplasto (envoltura)	20-30	65-80	<5
Cloroplasto (tilacoide)	35-45	50-70	<5
Retículo endoplásmico	70-80	5-15	10-20
<i>Bacterias</i>			
Plasmática	50-90	10-50	0

# MOVILIDAD DE LOS LIPIDOS

**Difusión lateral**  $D \sim 10^{-8} \text{ cm}^2 \cdot \text{seg}^{-1}$

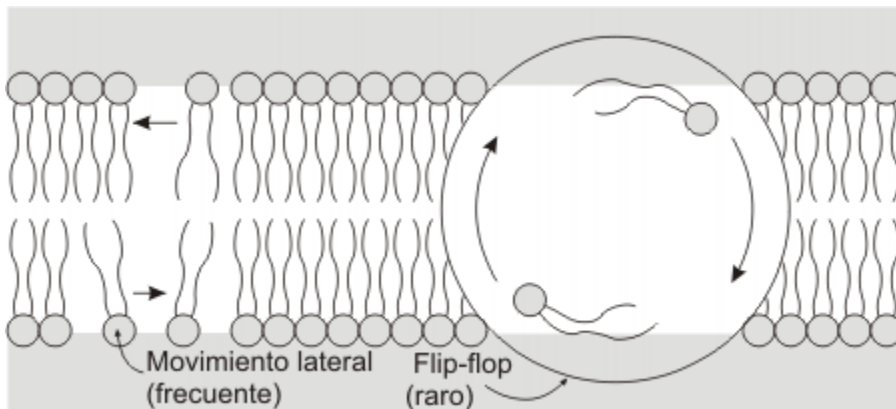
**Difusión rotacional**

**Flip flop**

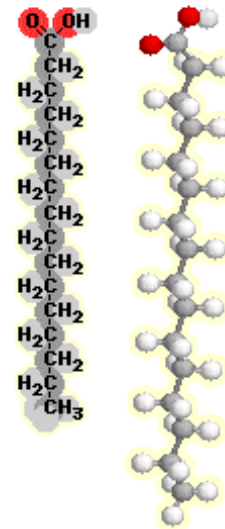
## Efecto fluidez de las colas de ácidos grasos

>> largo de los ácidos grasos >> más fuerzas Van der Waals

>> saturación ácidos grasos >> más fuerzas Van der Waals

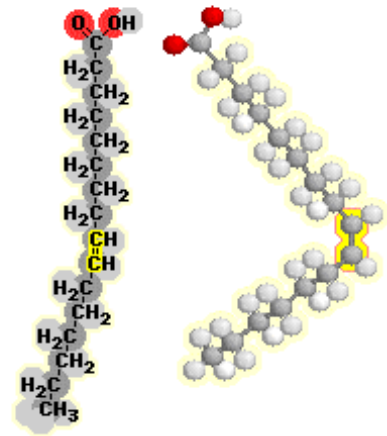


Ácido graso saturado



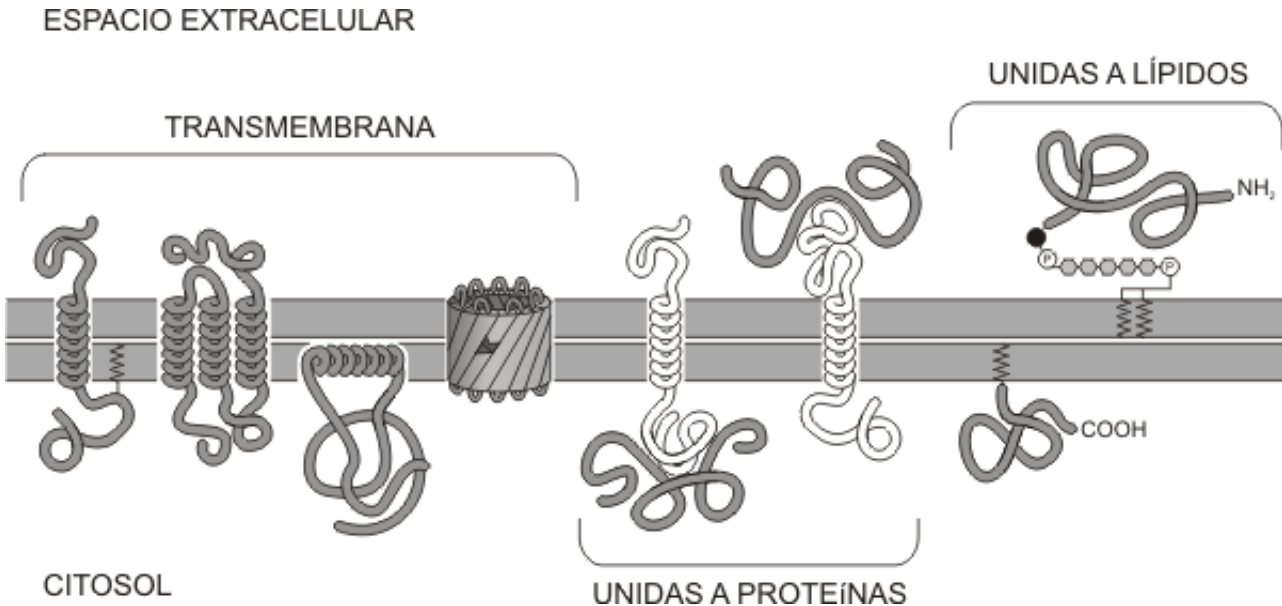
Largo Cadena

Ácido graso no saturado



Saturación

# PROTEINAS

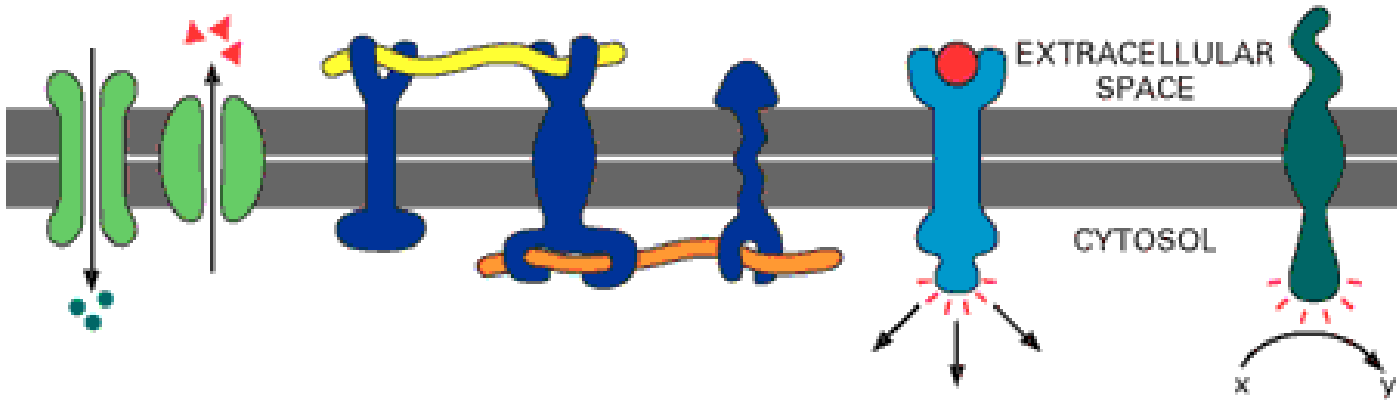


TRANSPORTERS

LINKERS

RECEPTORS

ENZYMES



# MOVILIDAD DE LAS PROTEINAS

**Difusión lateral**  $D \sim 5 \cdot 10^{-9} - 10^{-12} \text{ cm}^2 \cdot \text{seg}^{-1}$

**Difusión rotacional**

Muchas proteínas tienen movilidad lateral restringida debido al anclaje en el núcleo hidrofóbico de la bicapa lipídica y debido a las uniones herméticas entre células.

CUADRO 2.1

*Relación proteína/lípido en diferentes membranas*

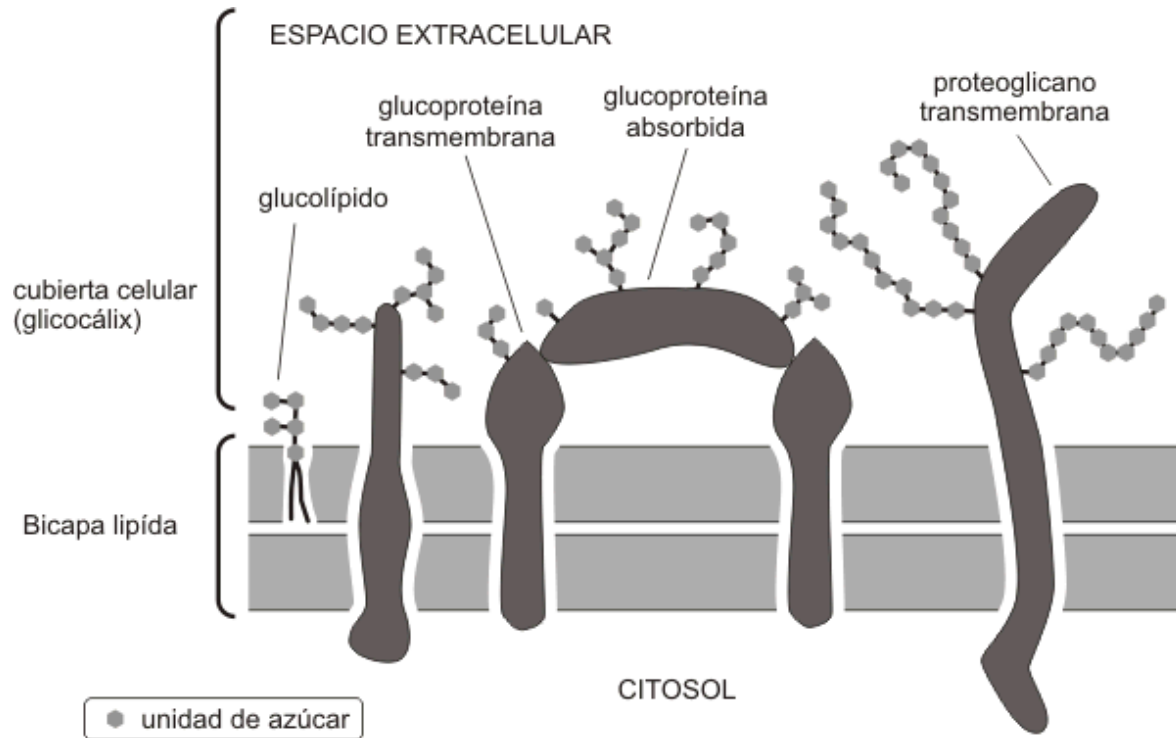
<i>Tipo de membrana</i>	<i>Proteína/lípido</i>
<i>Animal</i>	
Mielina	0,25
Plasmática hígado	1,5
RER hígado	2,5
REL hígado	2,1
Mitocondrial interna hígado	3,6
Mitocondrial externa hígado	1,2
Golgi hígado	2,4
Núcleo hígado	2,0
Bastón retinal	1,0
<i>Vegetal</i>	
Plasmática	0,9
Cloroplasto	1,9
<i>Procariotas</i>	
<i>Bacillus</i>	2,8
<i>Staphylococcus</i>	2,4
<i>Escherichia coli</i>	2,8



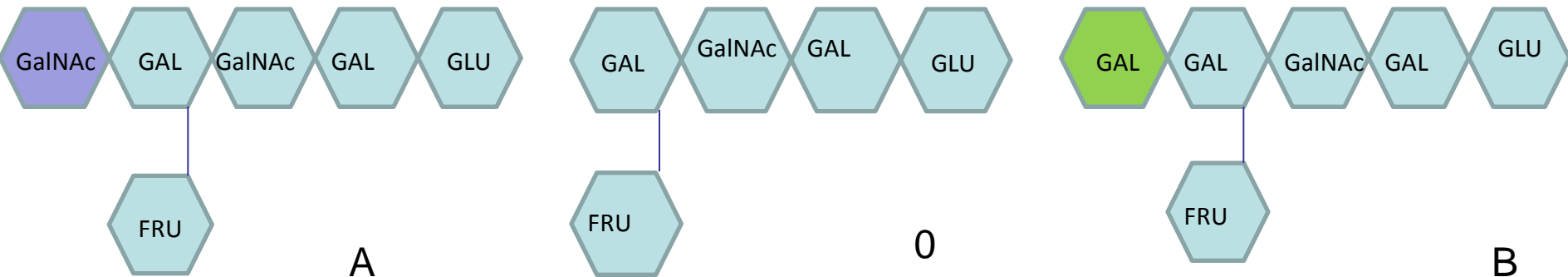
# HIDRATOS DE CARBONO



EstructuraMembrana.mp4



## Grupo sanguíneo



# FACTORES FISICOS DE LA PERMEABILIDAD DE LA MEMBRANA

**DIFUSION:** Se refiere al movimiento termico aleatorio de las moleculas disueltas o suspendidas, provocando su dispersion gradual desde las regiones de concentraciones elevadas hacia las de menor concentracion.

$$\text{Tasa de difusion} \quad \frac{dQ_s}{dt} = D_s A \frac{dC_s}{dx}$$

$D_s$ : coeficiente de difusi3n de  $s$ , varía con la naturaleza y PM de  $s$

$A$ : Area por donde difunde el soluto

$\frac{dC_s}{dx}$ : gradiente de concentraci3n de  $s$

**FLUJO DE MEMBRANA:** Puede expresarse como la cantidad de soluto que penetra por un area de membrana, cada segundo, en una direcci3n indicada.

$$\text{Flujo } J = \frac{dQ_s}{dt}$$

**PERMEABILIDAD:** La permeabilidad de la membrana para una sustancia, hace referencia a la tasa a la que la sustancia penetra la membrana, pasivamente, bajo un conjunto dado de condiciones.

Si se asume que la membrana es una barrera homogenea y que, para una sustancia no electrolitica existe un gradiente continuo de concentracion entre el lado de mayor concentracion y el de menor concentracion, entonces:

$$\frac{dQ_s}{dt} = P (C_I - C_{II})$$

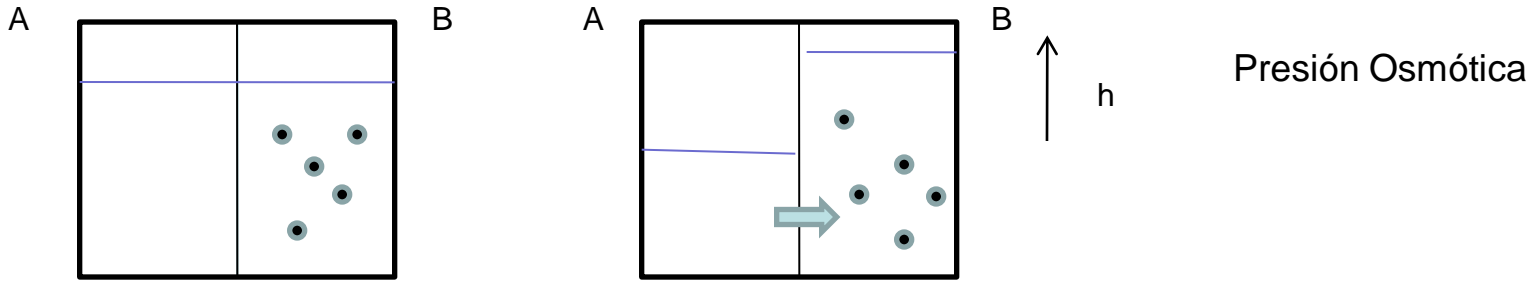
$$P = \frac{D_m K}{x}$$

$D_m$ : coeficiente de difusi3n de  $s$  en la memb.

$K$ : coeficiente de partici3n de  $s$ , difusibilidad relativa en agua y en aceite.

$x$ : espesor de la membrana

**OSMOSIS:** Es el movimiento de agua a través de una membrana semipermeable, a favor de su gradiente de concentración.



**OSMOLARIDAD:** Todas las soluciones con el mismo numero de partículas disueltas por unidad de volumen tienen la misma osmolaridad y se definen como isoosmóticas.

	isotónico	célula animal	célula vegetal	
Isoosmótico				Que tiene igual presión osmótica
Hipoosmótico				Que tiene menor presión osmótica
Hiperosmótico				Que tiene mayor presión osmótica

agua  
otras moléculas

plasmólisis



SolucionHipertonica.mp4



SolucionHipertonicaVegetal.mp4

# INFLUENCIAS ELECTRICAS SOBRE LA DISTRIBUCION IONICA

## ECUACION DE NERNST

El equilibrio electroquímico de un ion se establece cuando se logra el equilibrio entre el gradiente de concentración iónica y la diferencia de potencial eléctrico.

### Potencial Electroquímico

$$E_x = \frac{R T}{F z} \ln \frac{(x)_I}{(x)_{II}}$$

R cte. gral. de gases (8,31  $\frac{V \cdot C}{^{\circ}K \cdot mol}$ )

F cte. de Faraday (96.500 Coul/mol)

z valencia del ion x

## ECUACION DE GOLDMAN

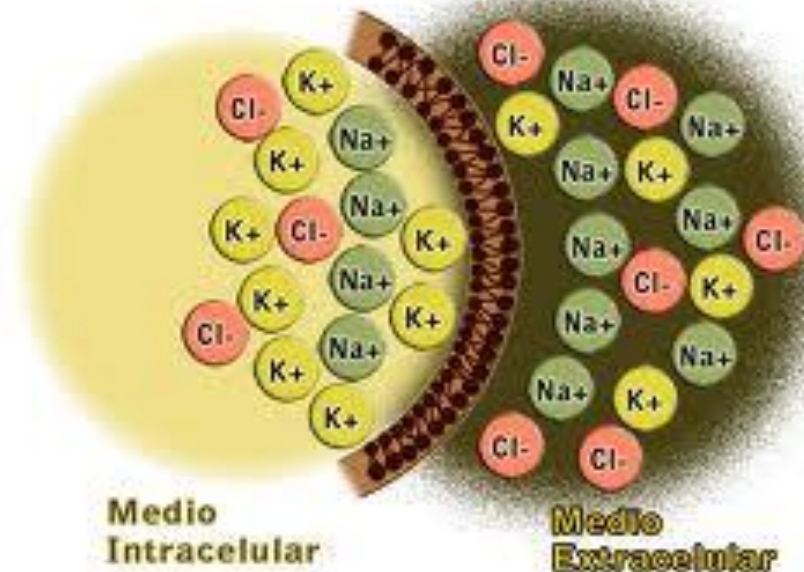
Determina el potencial eléctrico de la membrana, que se ve afectada por todos los iones a los cuales es permeable

$$V_m = \frac{R T}{F} \ln \frac{P_K (K)_I + P_{Na} (Na)_I + P_{Cl} (Cl)_I}{P_K (K)_{II} + P_{Na} (Na)_{II} + P_{Cl} (Cl)_{II}}$$

## FUERZA ELECTROMOTRIZ

La fuerza electromotriz que actúa sobre una especie iónica **x**, que fluye a través de los canales, en una membrana, se describe como la diferencia entre el potencial de membrana **V<sub>m</sub>** y el potencial de equilibrio de un ion **E<sub>x</sub>**.

$$F_{em} = V_m - E_x$$

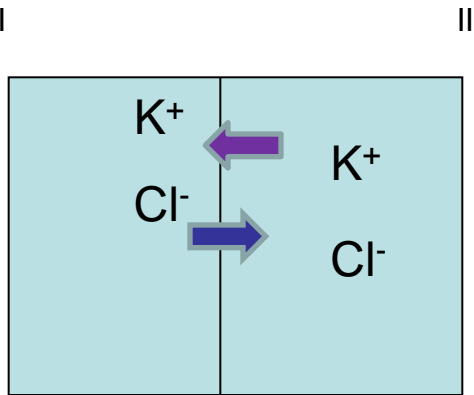


## EQUILIBRIO DONNAN:

Se refiere a la distribución desigual de iones difusibles en presencia de iones no difusibles

Consideraciones:

- Debe existir electroneutralidad en ambos compartimentos
- Los iones difusibles cruzan la membrana estadísticamente emparejados
- En el equilibrio, la tasa de difusión en una dirección debe ser igual a la tasa de difusión en la dirección opuesta.



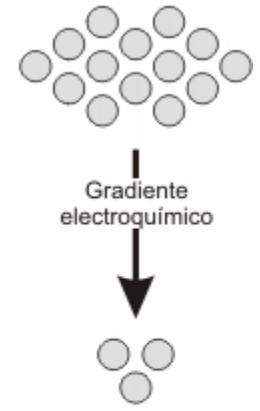
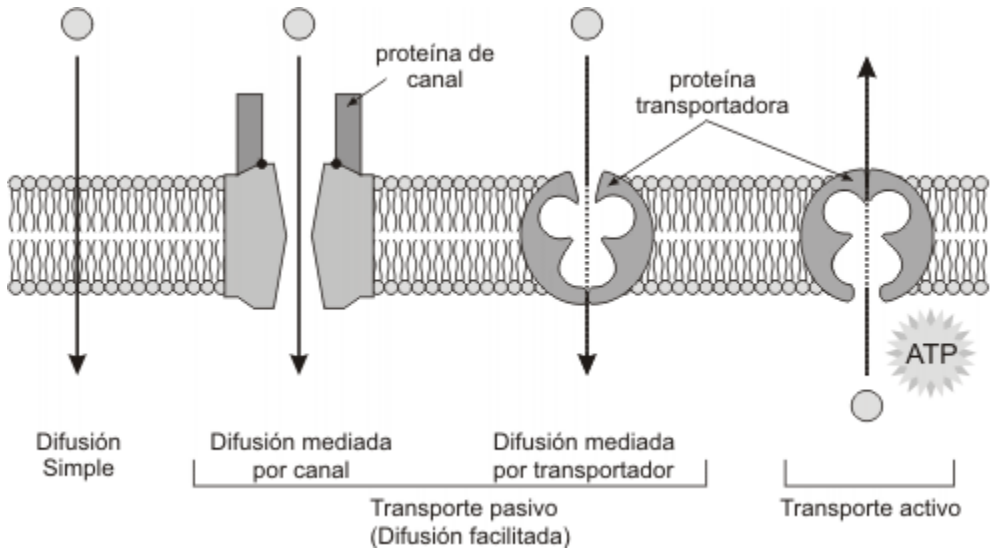
$$\text{a) } [K^+]_I \cdot [Cl^-]_I = [K^+]_{II} \cdot [Cl^-]_{II} \quad \gg \quad \frac{[K^+]_I}{[K^+]_{II}} = \frac{[Cl^-]_{II}}{[Cl^-]_I}$$

$$\text{b) } [K^+]_{II} \cdot [Cl^-]_{II} = [K^+]_I \cdot [Cl^- + A^-]_I \quad \gg \quad \frac{[K^+]_{II} \cdot [Cl^-]_{II}}{[Cl^-]_I} = \frac{[K^+]_I \cdot [Cl^- + A^-]_I}{[K^+]_{II}} \quad \text{c)}$$

# MECANISMOS DE TRANSPORTE

PASIVO

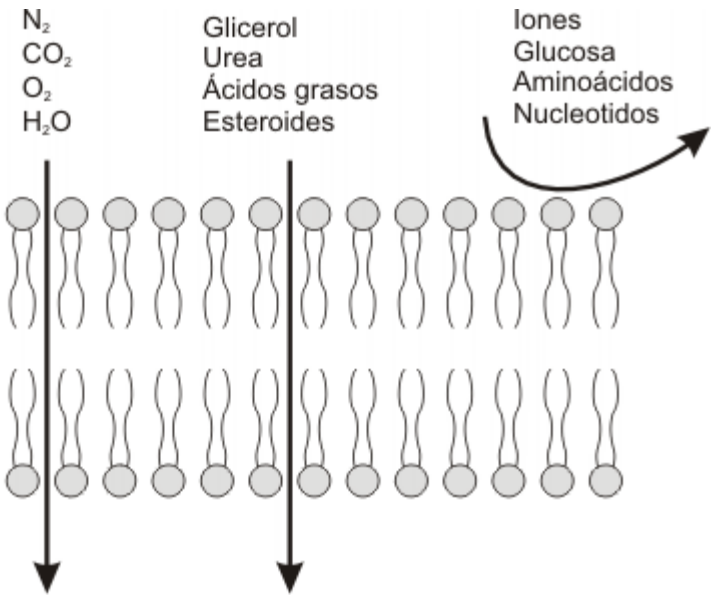
ACTIVO



## TRANSPORTE PASIVO

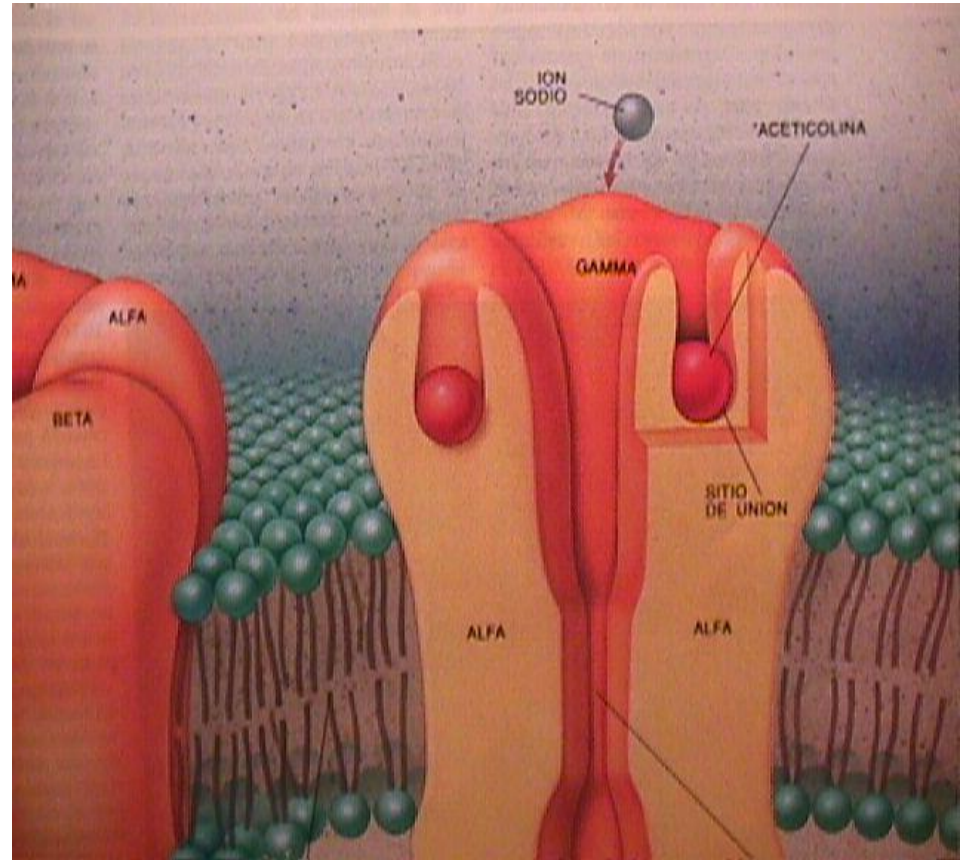
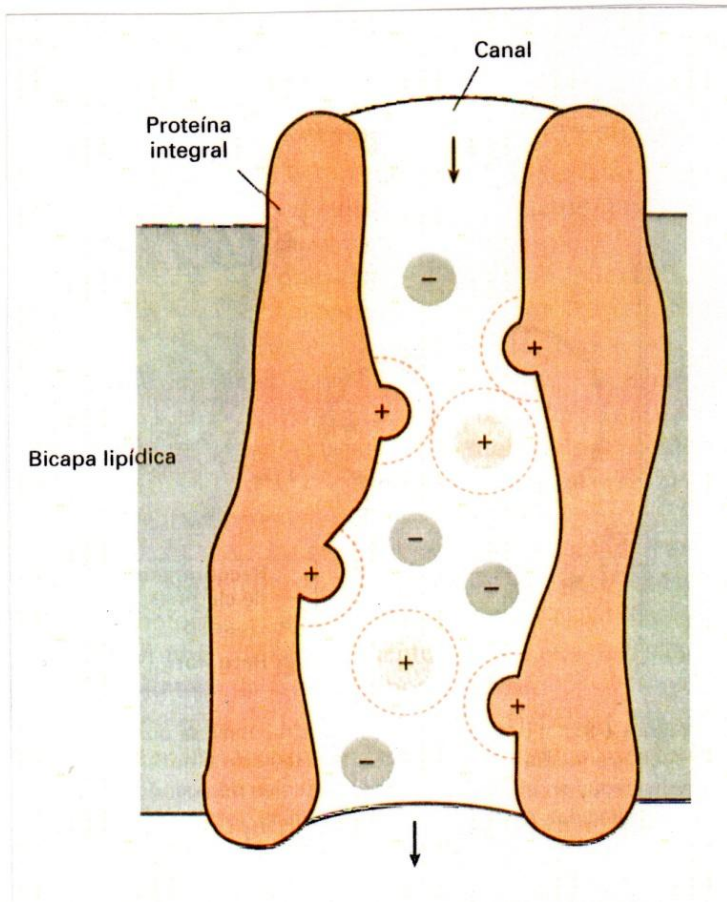
### DIFUSIÓN SIMPLE

$$K_{ow}$$



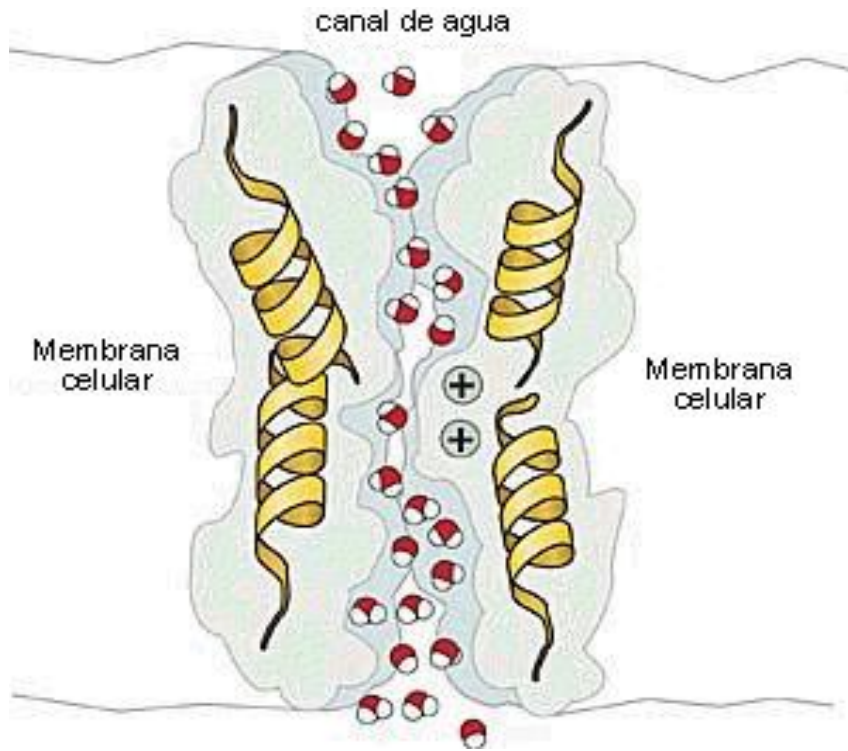
# TRANSPORTE PASIVO

# DIFUSIÓN POR CANALES IÓNICOS





# ACUAPORINAS



Son proteínas transmembrana que aumentan la permeabilidad de la célula al agua.

Están formadas por un tetrámero de subunidades idénticas, cada una de las cuales posee seis hélices  $\alpha$  que atraviesan la membrana y forman un poro central, de 0,28 nm de diámetro, por el cual se mueve el agua.

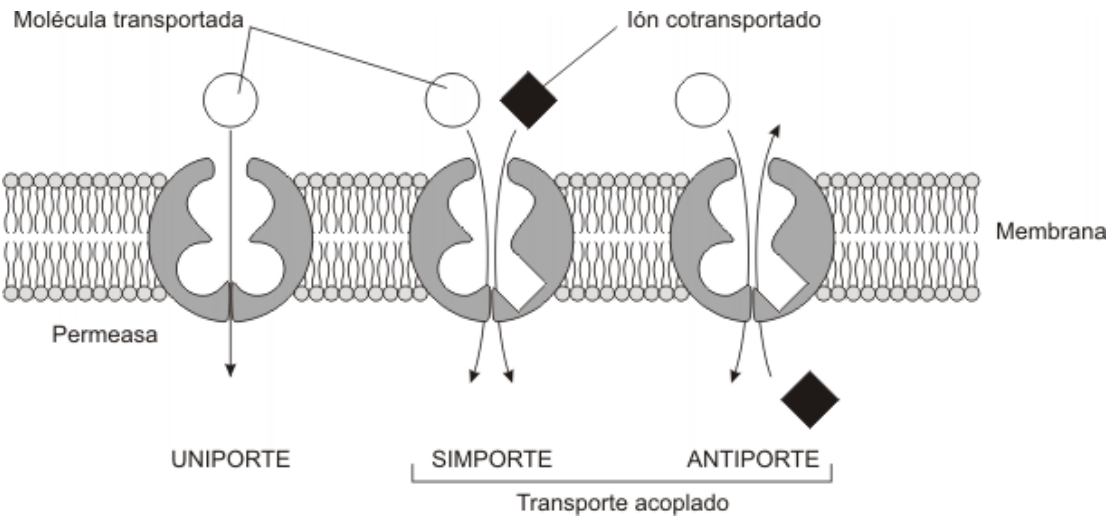
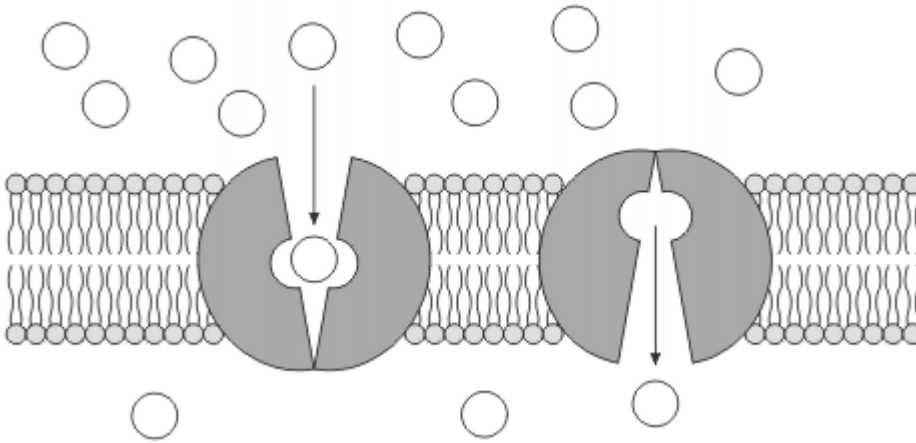
El mayor número de acuaporinas se encuentra en el reino vegetal, cerca de 50.

En animales se han identificado 13.

La mayoría de las células de nuestro cuerpo poseen acuaporinas. Los órganos que se caracterizan por un alto transporte de agua, presentan varias de estas proteínas.

Tras su síntesis, por ej. AQP2 permanece como una proteína de membrana en vesículas intracelulares; sólo bajo la acción de la hormona antidiurética las vesículas se fusionan con la cara apical de las células principales del túbulo colector renal; de ese modo las células exponen en la membrana la proteína responsable del aumento de la permeabilidad al agua en dicho túbulo.

## TRANSPORTE PASIVO



## TRANSPORTE FACILITADO

### *Proteínas Transportadoras*

- Son proteínas de membrana que transportan moléculas que no pueden difundir por la bicapa lipídica.
- Poseen sitios específicos de unión para el soluto transportado.
- Presentan una velocidad máxima de transporte ( $V_{max}$ ), cuando todos los sitios de unión están ocupados.
- Cada proteína transportadora tiene una constante característica de unión al soluto ( $K_{max}$ ), es la concentración del soluto cuando la velocidad de transporte es la mitad del valor max.
- El soluto no es modificado por la proteína transportadora, simplemente es llevado de un lado a otro de la membrana mediante un cambio conformacional, reversible, que expone alternativamente el sitio de unión al soluto a una y otra cara.

• La unión de la proteína al soluto puede ser bloqueada específicamente por inhibidores competitivos y no competitivos.

### Proteínas Transportadoras

- Son proteínas de membrana que transportan moléculas que no pueden difundir por la bicapa lipídica.
- Poseen sitios específicos de unión para el soluto transportado.
- Presentan una velocidad máxima de transporte ( $V_{max}$ ), cuando todos los sitios de unión están ocupados.
- Cada proteína transportadora tiene una constante característica de unión al soluto ( $K_{max}$ ), es la concentración del soluto cuando la velocidad de transporte es la mitad del valor max.
- El soluto no es modificado por la proteína transportadora, simplemente es llevado de un lado a otro de la membrana mediante un cambio conformacional, reversible, que expone alternativamente el sitio de unión al soluto a una y otra cara.
- La unión de la proteína al soluto puede ser bloqueada específicamente por inhibidores competitivos y no competitivos.

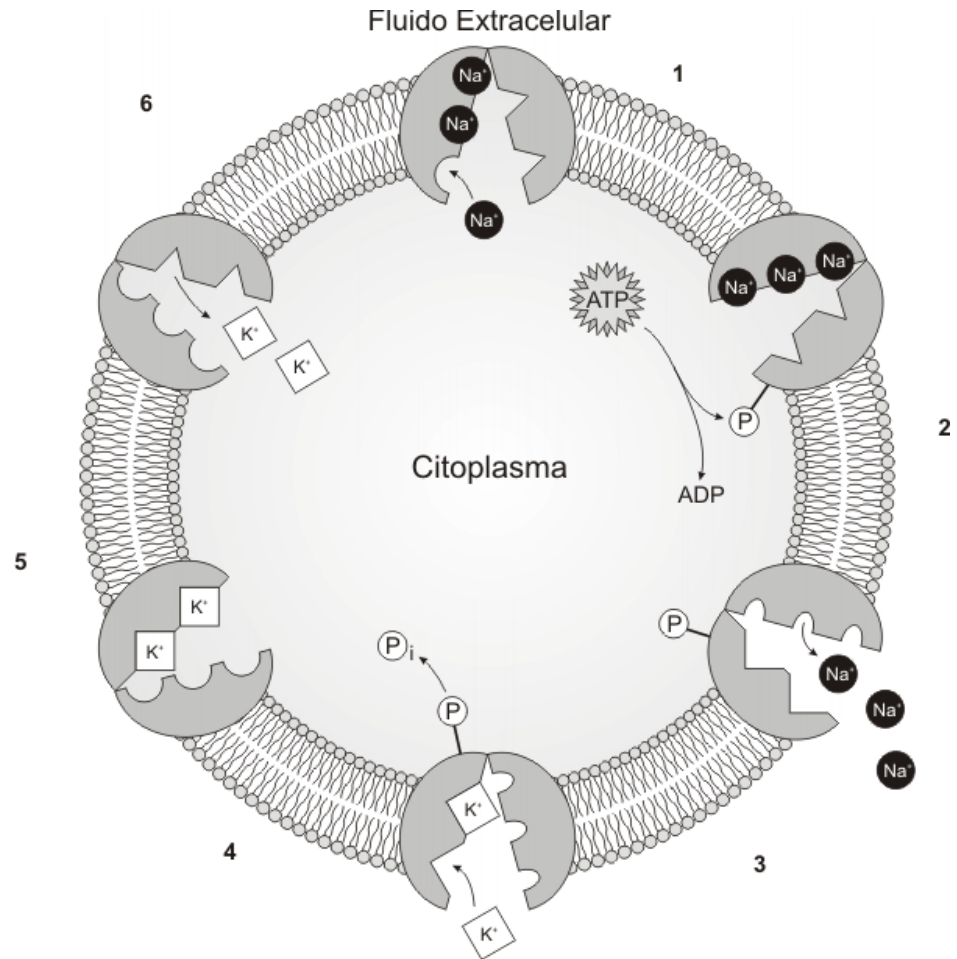
**•Ocurre en contra de un gradiente electro-químico.**

**•Se requiere energía, por lo tanto está acoplado a una ATPasa.**

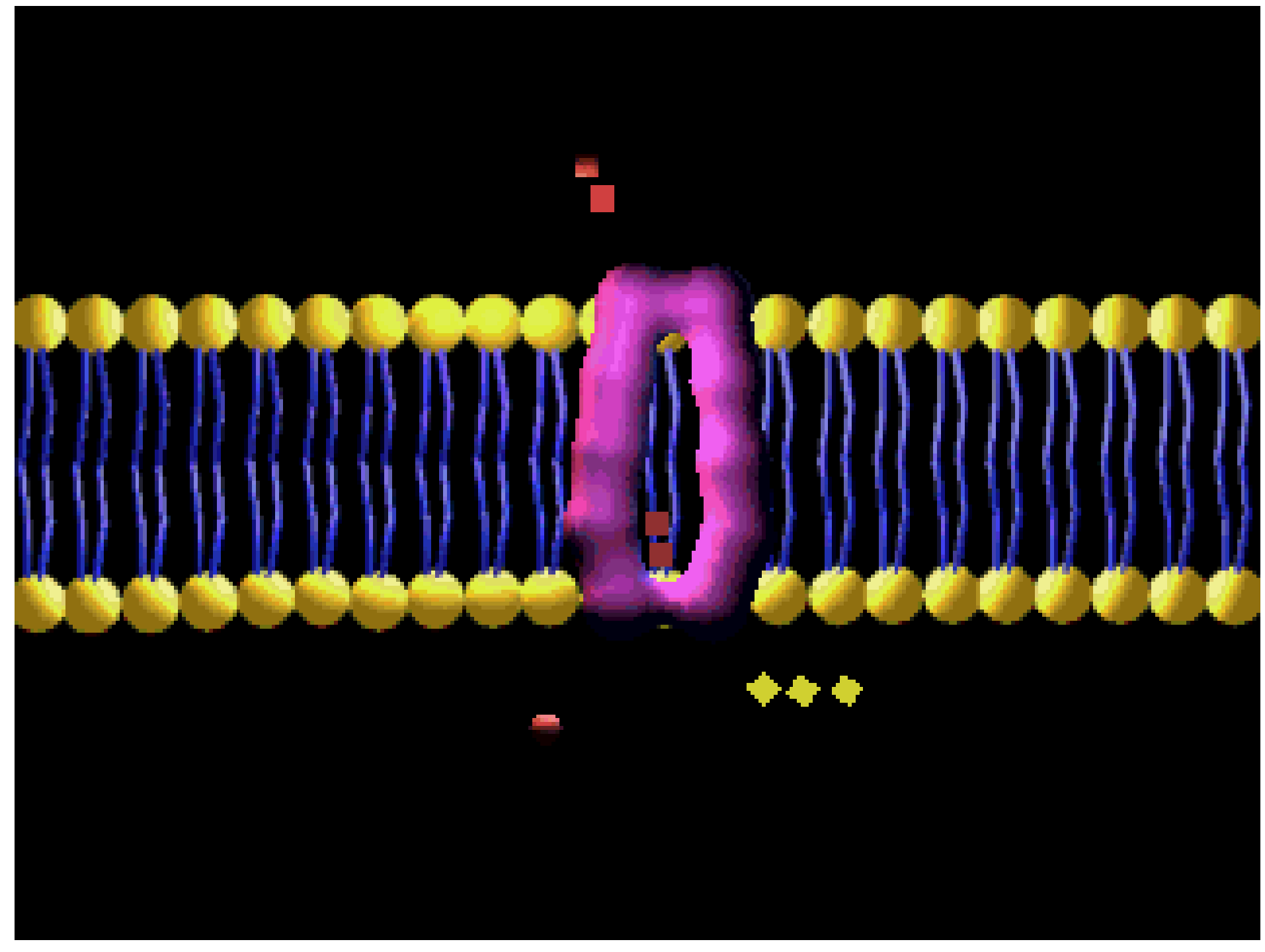
**•A veces se intercambia una especie iónica por otra >> transporte acoplado.**

**•Puede ser electrogénico, o sea que realiza un trabajo eléctrico, generando un potencial eléctrico >>  $2K^+ / 3Na^+$ .**

## TRANSPORTE ACTIVO



Bomba de Sodio/Potasio



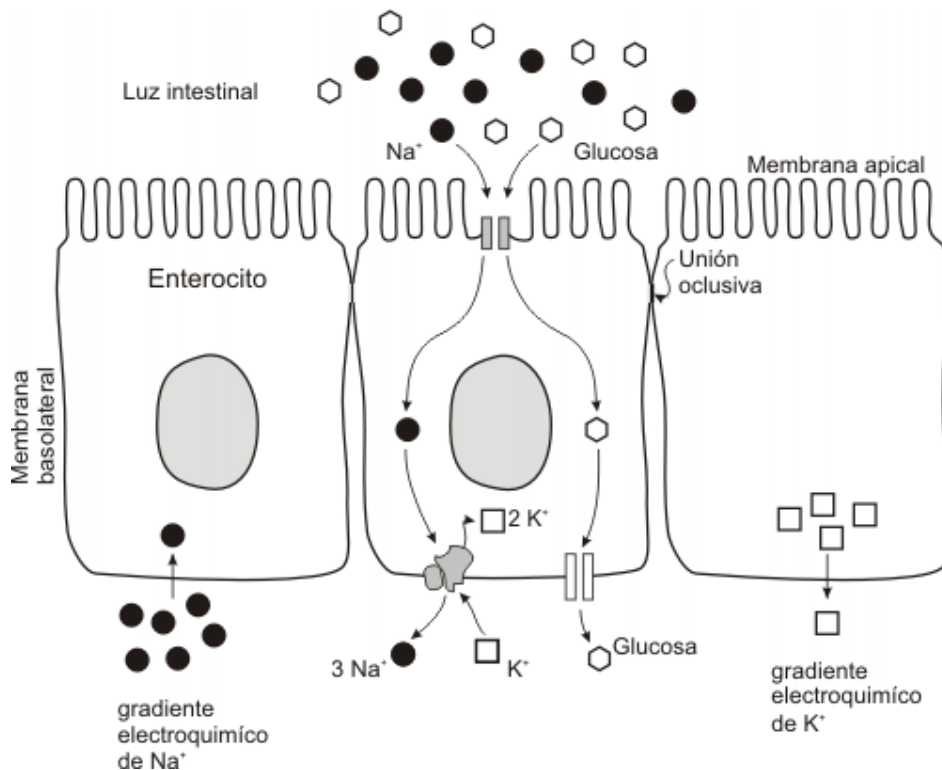


# TRANSPORTE ACTIVO

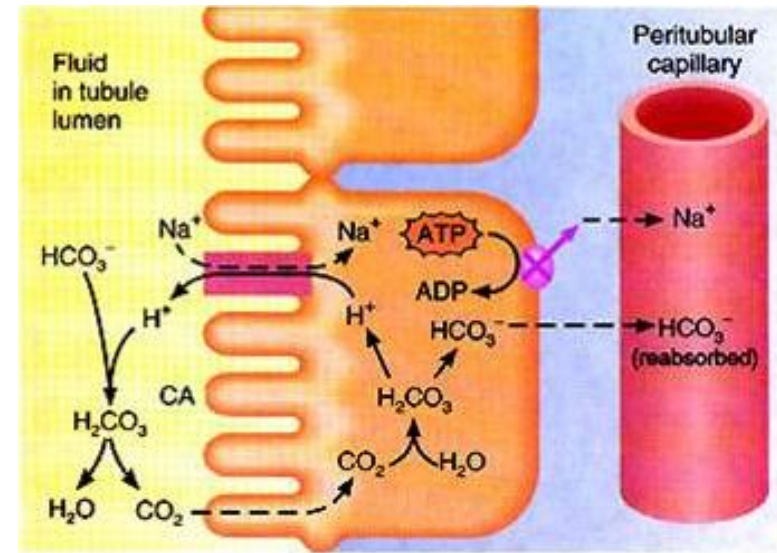
## TRANSPORTE ACOPLADO - COTRANSPORTE

La célula aprovecha el gradiente iónico generado por las bombas iónicas para transportar a través suyo, moléculas de aminoácidos, monosacáridos y nucleótidos.

### SIMPORTE



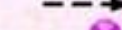





### ANTIPOORTE



(b) Reabsorption of  $\text{HCO}_3^-$

#### Key:

-   $\text{Na}^+/\text{H}^+$  antiporter
-  Secondary active transport
-  Simple diffusion
-  Sodium pump
-  Primary active transport
-  CA Carbonic anhydrase

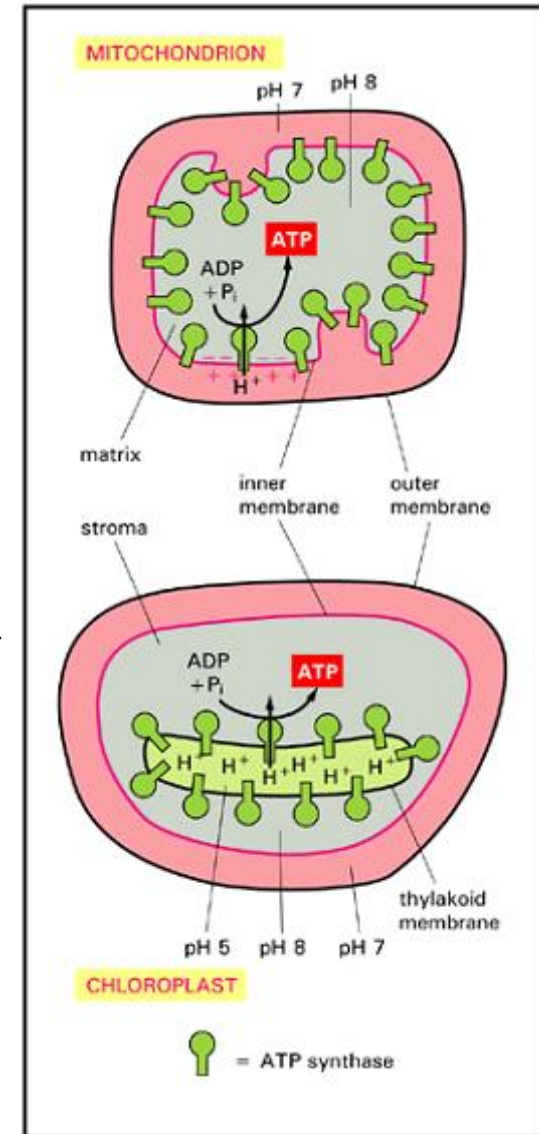
## GRADIENTE IONICO

Los gradientes ionicos pueden impulsar la sintesis de ATP a partir de ADP + Pi, utilizando ATPasas en sentido opuesto >>> ATPsintasas.

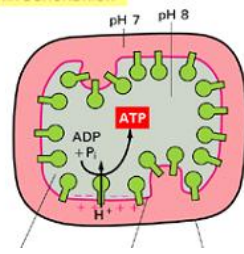
Las **ATPsintasas** son enzimas que pueden trabajar en ambas direcciones, dependiendo de las condiciones energéticas del medio:

- Pueden **hidrolizar ATP** y bombear  $H^+$  a traves de la membrana.
- Pueden **sintetizar ATP** cuando los  $H^+$  fluyen a traves de la enzima en direccion opuesta.
- La funcion **ATPasa / ATPsintasa**, depende del balance exacto entre la variación de energia libre, favorable o desfavorable, para que los  $H^+$  atraviesen la membrana hacia una direccion determinada.
- Cuando la energia almacenada en un gradiente electroquimico es mayor que la energia quimica de la hidrolisis del ATP, los iones se desplazan a favor de su gradiente electroquimicos y se sintetiza ATP a partir de ADP + Pi.

## TEORIA QUIMIOOSMOTICA O DE MITCHELL



# RESPIRACIÓN CELULAR



Glucosa se oxida liberando e- con alto nivel energético.

Descienden hasta el bajo nivel energético del oxígeno > *Cadena transportadora de e-*.

Siguen un curso zigzagueante desde la superficie intermembrana, atravesándola tres veces en el curso de su pasaje desde el NADH (1er aceptor de H<sup>+</sup>) hasta el oxígeno.

Cada vez que 2 e- viajan desde el interior al exterior de la membrana interna, recogen 10 H<sup>+</sup> de la matriz mitocondrial y los descargan en el exterior de la membrana interna.

A través de tres grandes complejos: *NADH-CoQ reductasa*,  
*CoQH<sub>2</sub>-cit c reductasa*  
*Citocromo oxidasa*

Se genera una concentración diferencial de H<sup>+</sup> entre la matriz y el exterior que representa una energía potencial, por la diferencia de pH y de carga eléctrica.

Como la membrana interna es impermeable, no pueden entrar iones con carga (+) a la matriz para neutralizar la pérdida de H<sup>+</sup>, ni pueden salir iones (-).

La energía liberada propulsa la síntesis de ATP a partir de ADP y Pi. Es casi seguro que se necesitan 4 H<sup>+</sup> para sintetizar 1 ATP.

<http://www.youtube.com/watch?v=ylijM8iEJ-o>

El complejo **ATP sintasa** está formado por dos regiones: **F<sub>0</sub>** y **F<sub>1</sub>**.

El **F<sub>0</sub>** está compuesto por **3 polipéptidos** insertados en la membrana, formando un **canal protónico**, a través del cual ocurre el flujo de protones desde el lumen hasta el estroma.

El **F<sub>1</sub>** está compuesto de por lo menos **5 polipéptidos** ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $d$ ,  $g$ ,  $e$ ), que contiene sitios catalíticos para la **síntesis de ATP**.

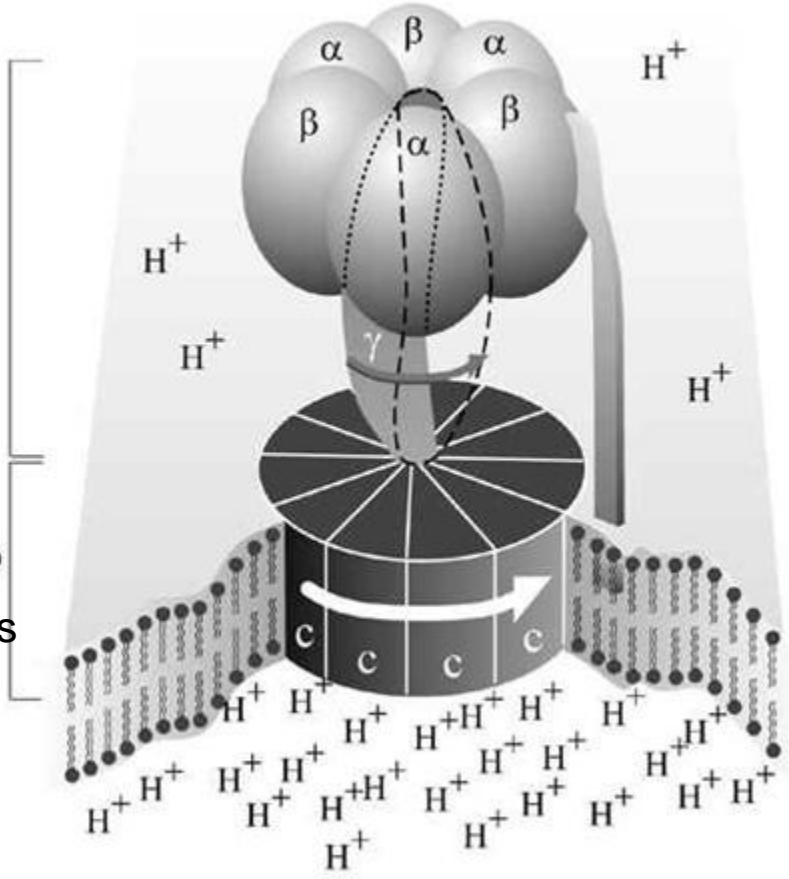
La energía del gradiente electroquímico de protones, creado durante el transporte de electrones es utilizada para la síntesis de ATP por medio del mecanismo quimiosmótico propuesto por Peter Mitchell.



Según ese mecanismo, la diferencia de concentración de iones y la diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana son las fuentes de energía libre utilizada para sintetizar ATP.

Mitchell propuso que la energía total disponible para la síntesis de ATP, denominada como fuerza protón motriz ( $\Delta p$ ), resulta de la suma del potencial químico de protones ( $\Delta p\text{H}$ ) y del potencial eléctrico transmembrana ( $\Delta \Psi$ ):

$$\Delta p = \Delta p\text{H} + \Delta \Psi$$





# TRANSPORTE ACTIVO QUE INVOLUCRA LA MEMBRANA CELULAR

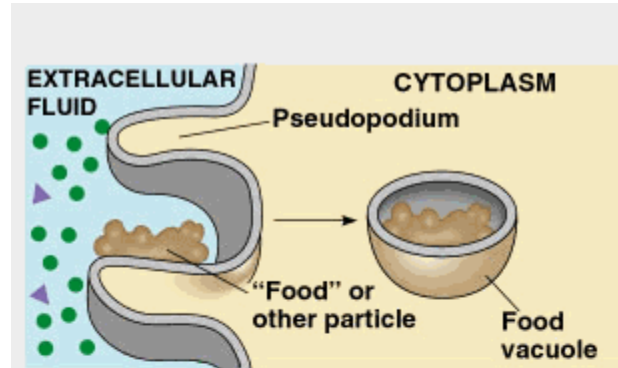
**ENDOCITOSIS:** Es el proceso mediante el cual la célula es capaz de tomar partículas del medio externo e incorporarlas al interior celular.

• **PINOCITOSIS** >>> si la partícula incorporada es fluida (< 150 nm)

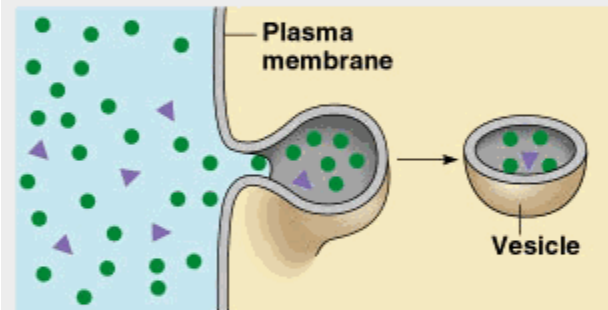
• **FAGOCITOSIS** >>> si la partícula incorporada es sólida (> 150 nm)

• **ENDOCITOSIS HETEROGENEA** se incorporan partículas indistintamente: microorganismos, macrófagos, neutrófilos (alimento, defensa)

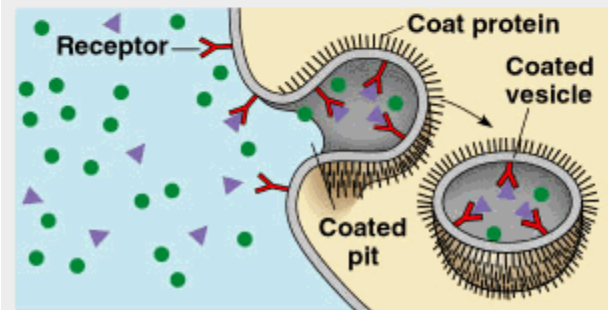
• **ENDOCITOSIS MEDIADA POR RECEPTOR** >>> es específica (hierro, LDL)



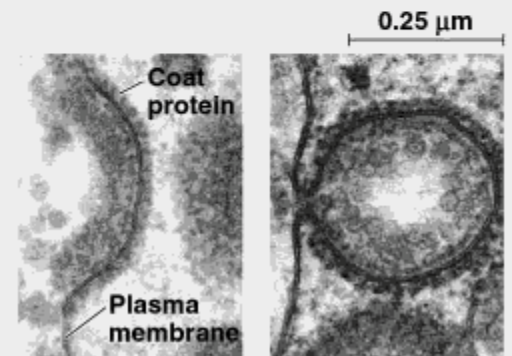
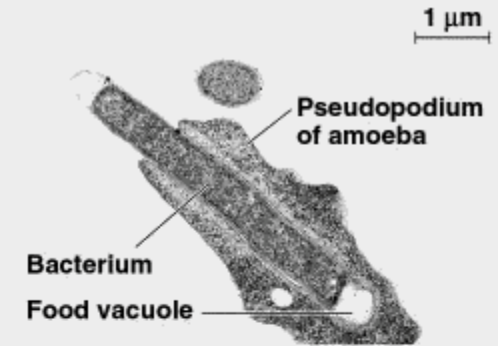
(a) Phagocytosis



(b) Pinocytosis



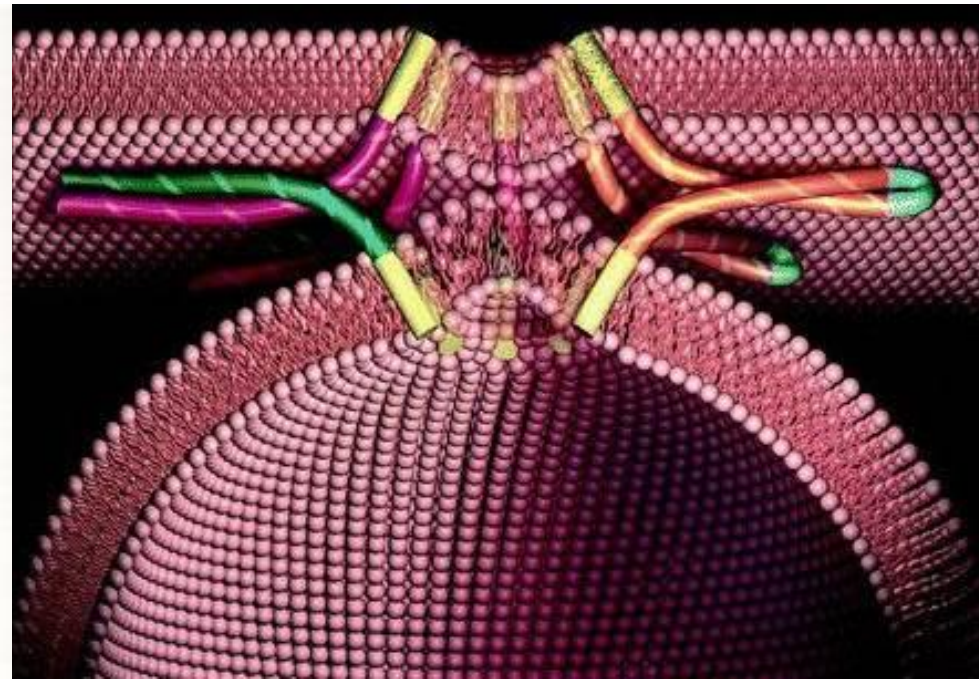
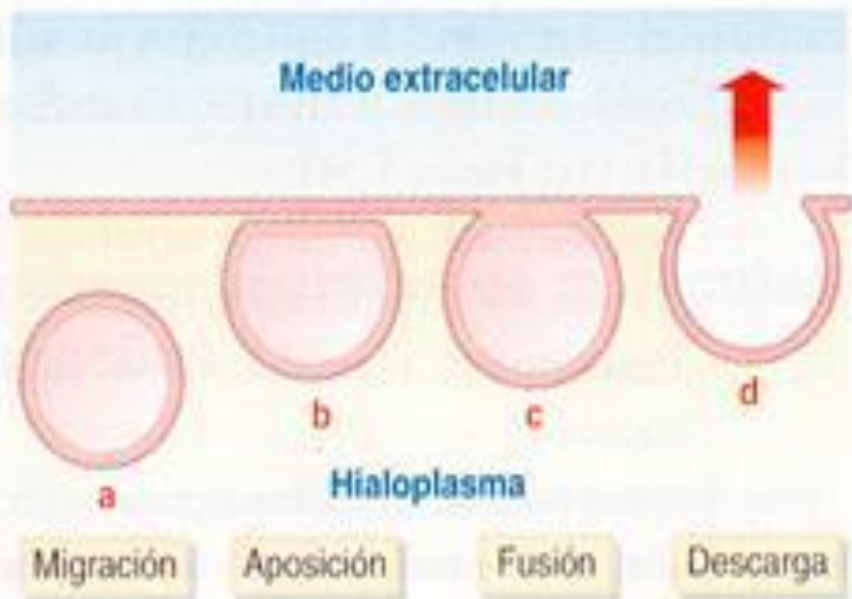
(c) Receptor-mediated endocytosis



# TRANSPORTE ACTIVO QUE INVOLUCRA LA MEMBRANA CELULAR

**EXOCITOSIS:** Es el mecanismo por el cual macromoléculas contenidas en vesículas citoplasmáticas, son transportadas desde el interior celular al exterior celular. La **exocitosis constitutiva** se produce en todas las células para liberar moléculas que van a formar parte de la matriz extracelular (glucoproteínas) o bien sirven para regenerar la propia membrana celular. La **exocitosis regulada** se produce sólo en aquellas células especializadas en la secreción, las productoras de hormonas, las neuronas, las células del epitelio digestivo y las glándulas.

- Es fundamental la presencia de una elevada concentración de  $\text{Ca}^{++}$  intracelular.
- Elimina el anclaje de la vesícula exocítica al citoesqueleto y orienta la vesícula hacia la membrana.
- Activa las proteínas (fodrina, gelsolina, nexina) que fijan a la vesícula a la membrana plasmática, moviliza a los fosfolípidos y genera el poro.

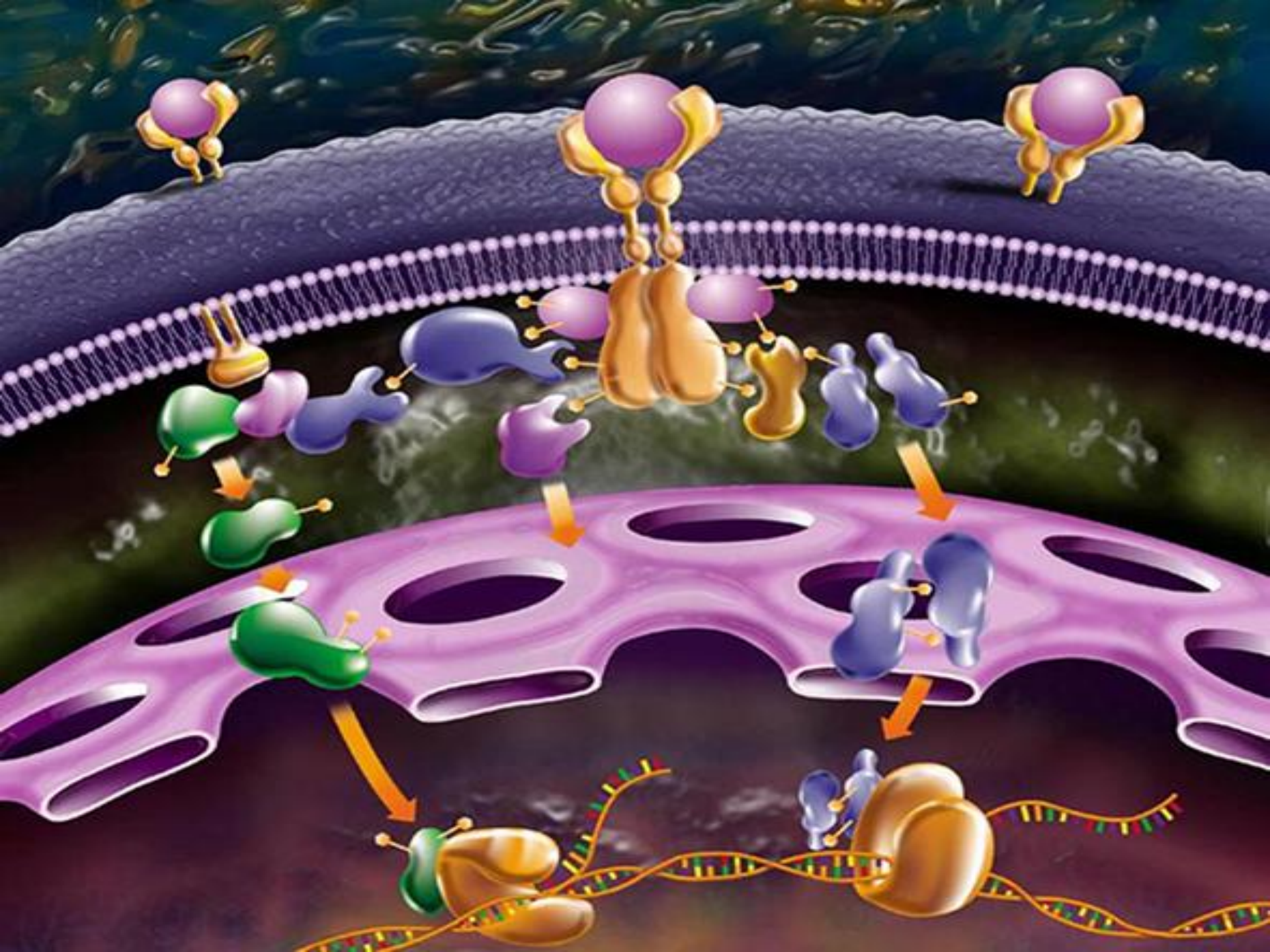


## PERMEABILIDAD DE LA MEMBRANA CELULAR

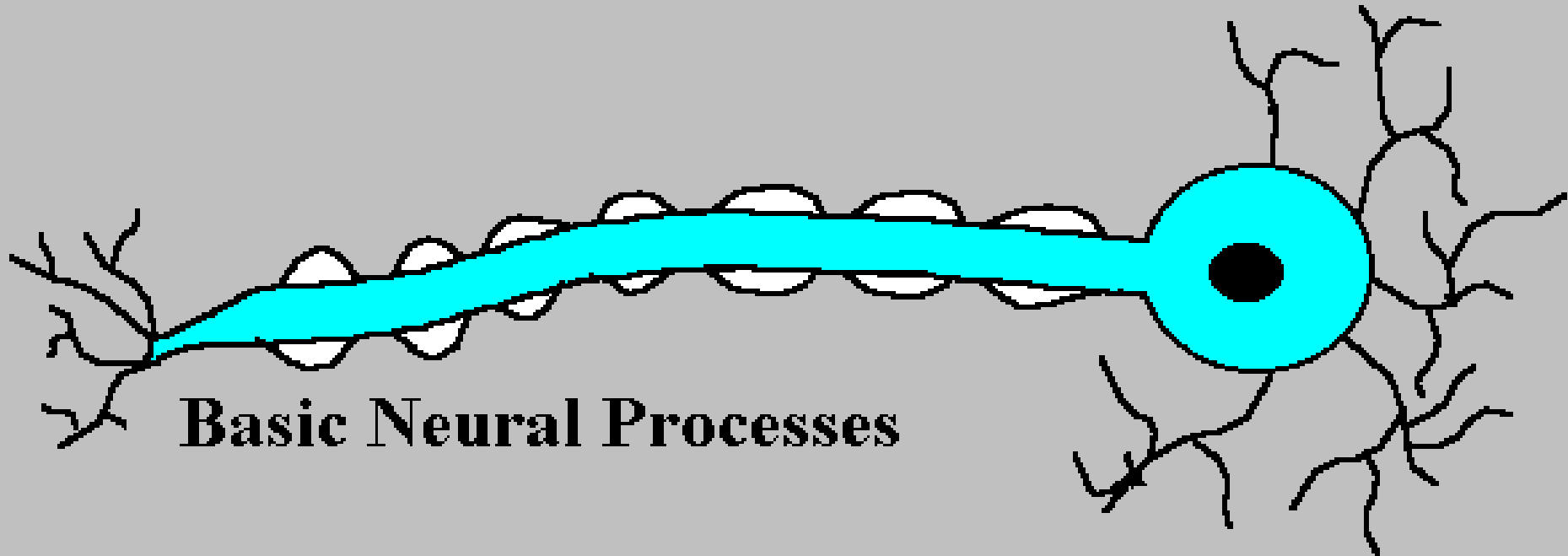
La membrana celular posee permeabilidad selectiva >>>> permite mantener en el citosol ciertos solutos a diferentes concentraciones de las que existen en el exterior celular y en cada uno de los compartimientos celulares.

De esta forma las membranas son capaces de almacenar energía potencial en forma de gradientes electroquímicos. Estos gradientes serán utilizados para llevar adelante numerosos procesos metabólicos: producción de ATP, transporte de señales eléctricas.

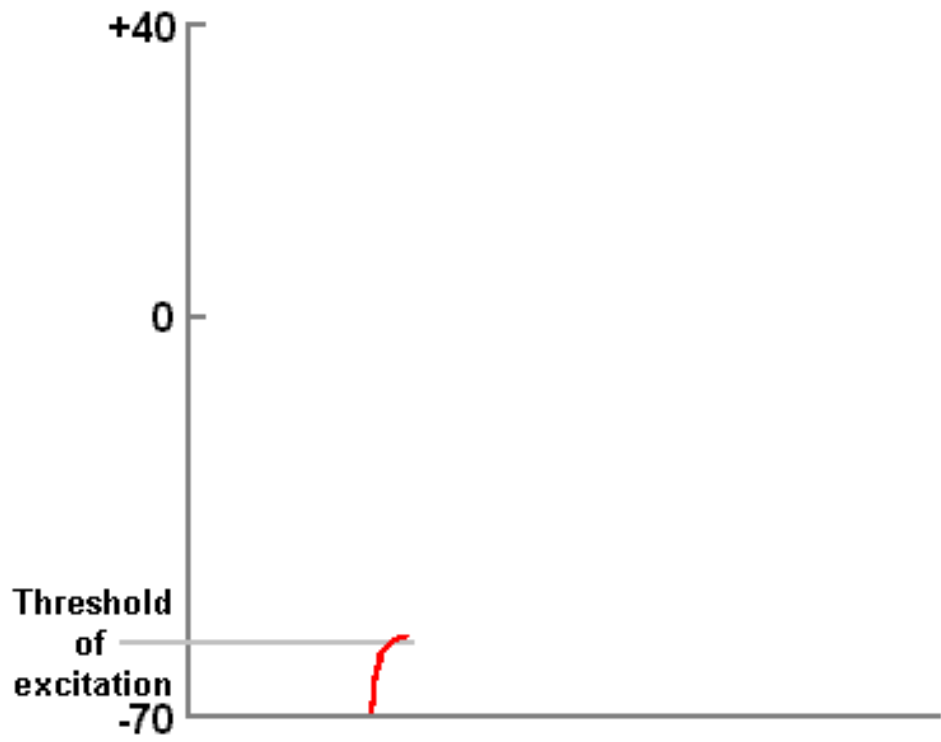
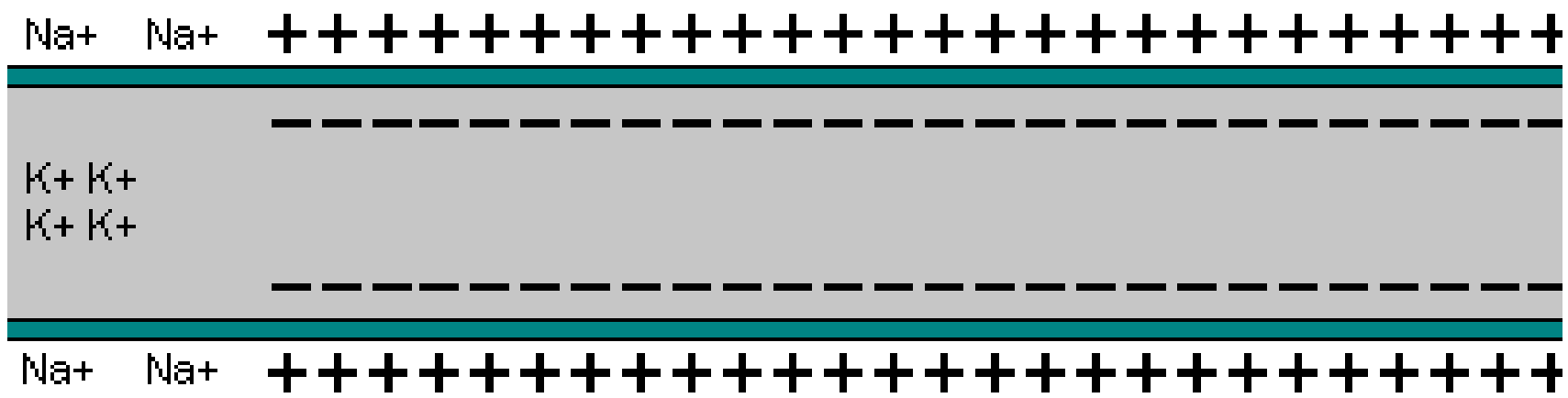
**Es función de las membranas biológicas proporcionar las condiciones óptimas para el funcionamiento de la célula y por lo tanto su HOMEOSTASIS.**



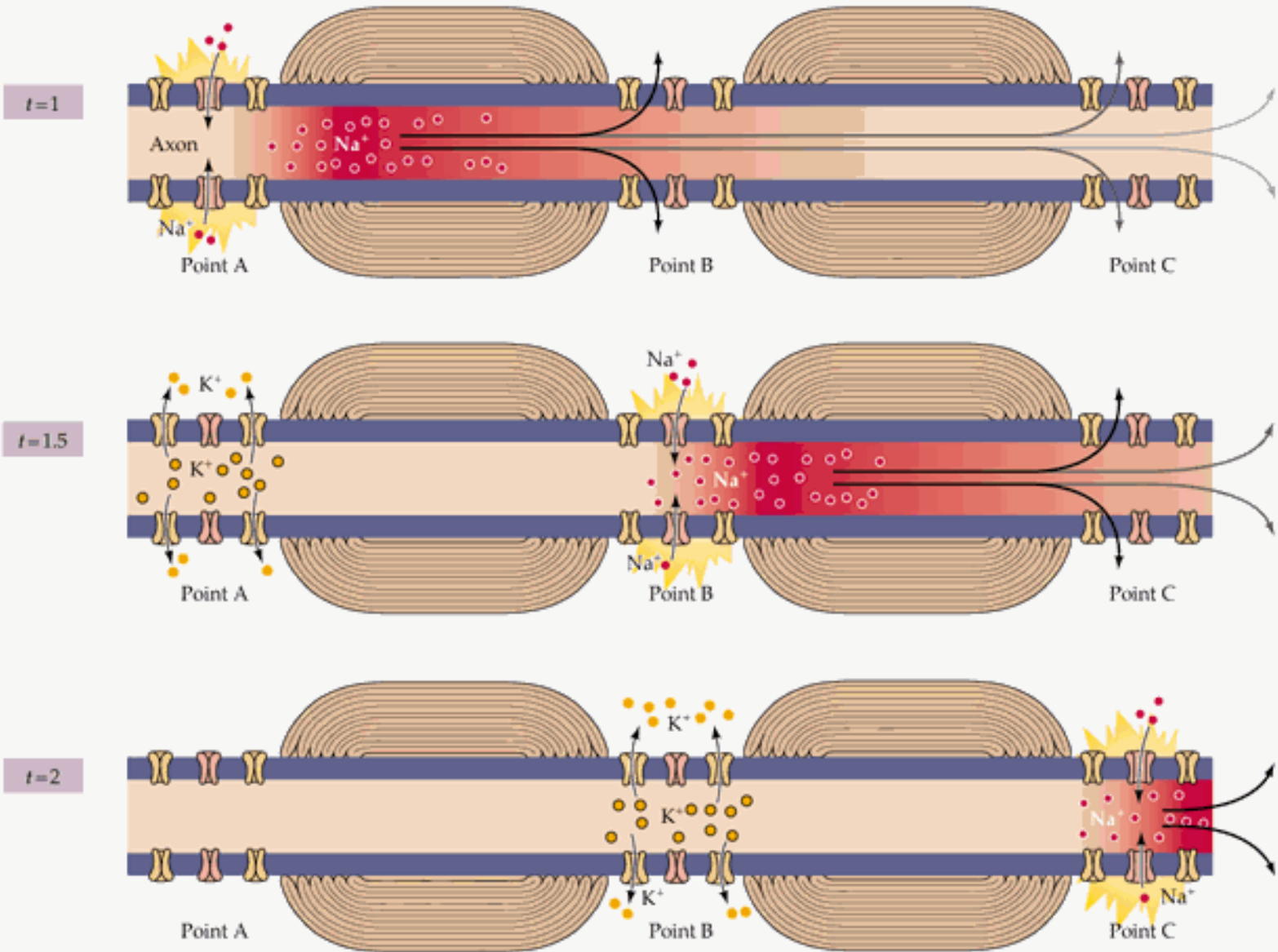
# MEMBRANAS ELECTRICAMENTE ACTIVAS



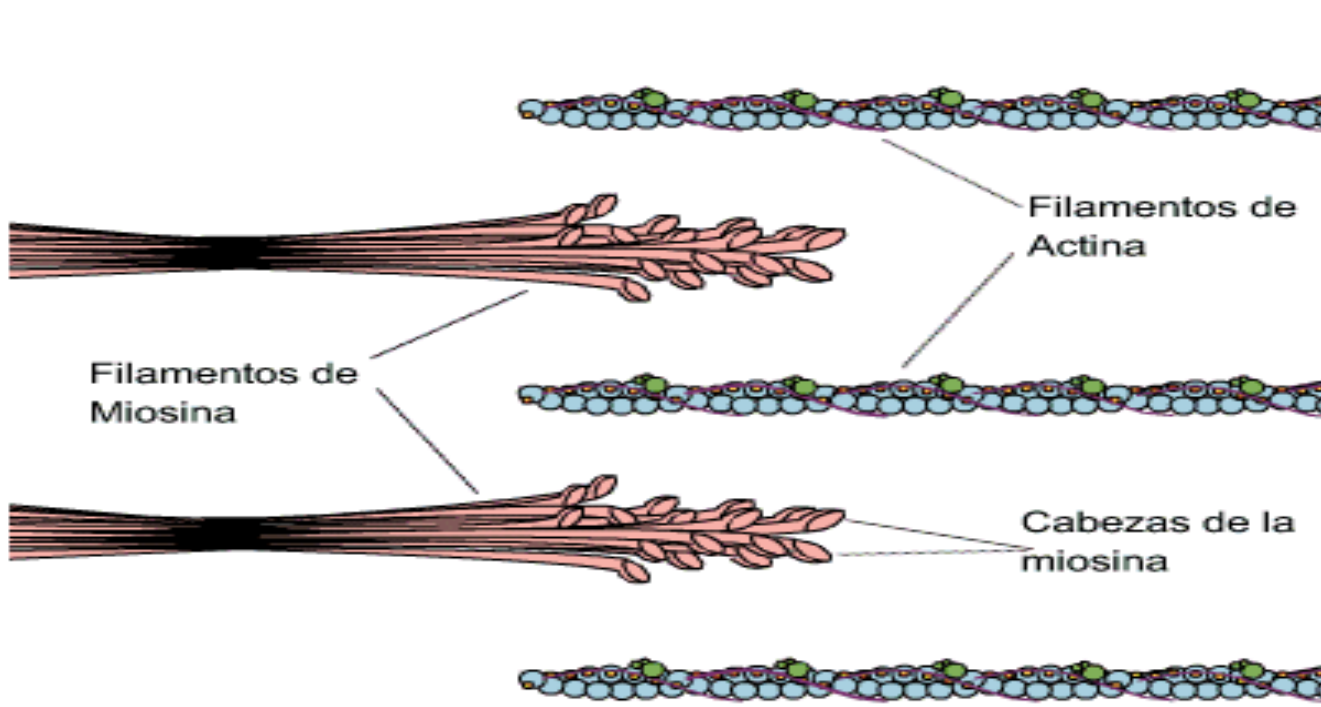
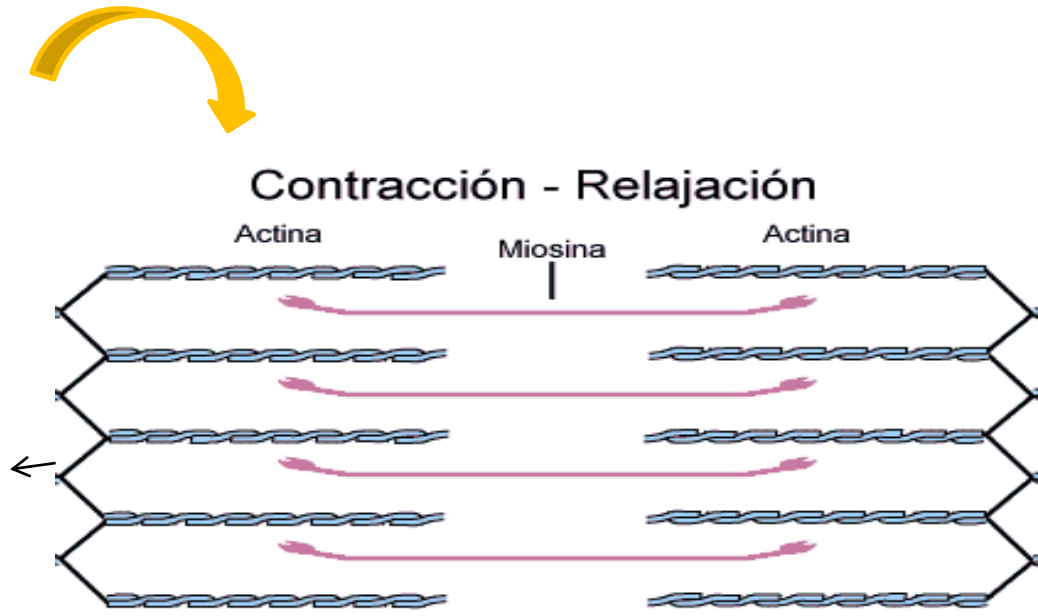
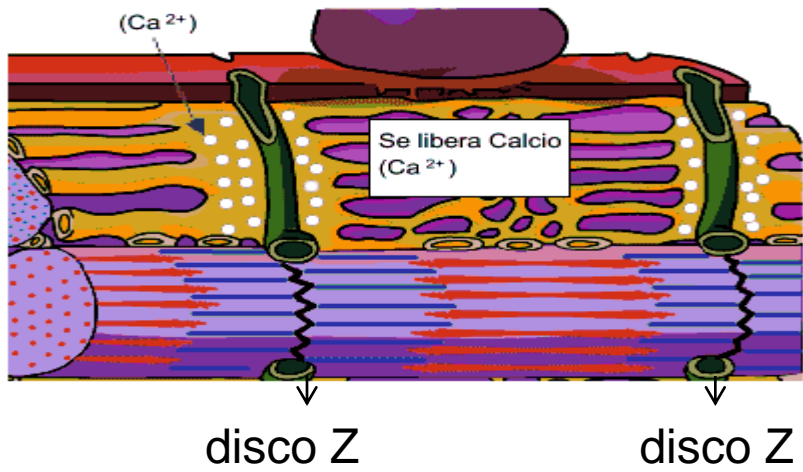
**Basic Neural Processes**



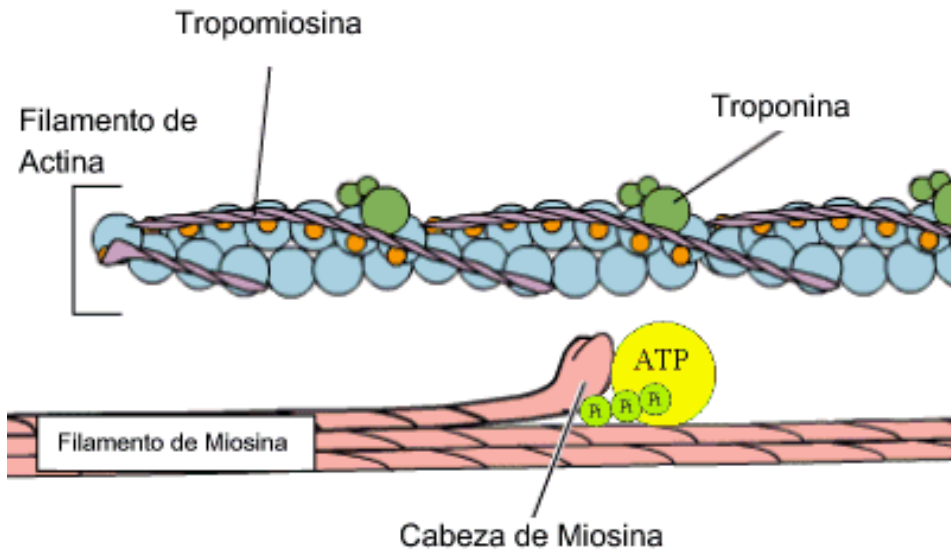
(B) Action potential propagation



# Mecanismo molecular de la contracción neuromuscular







## Tropomiosina

Proteína que impide la unión entre *Actina* y *Miosina*, inhibiendo la contracción muscular.

**Troponina C-** posee un centro de unión al  $\text{Ca}^{+2}$ . >> sufre un cambio conformacional y moviliza a la *Tropomiosina* de su sitio.

**Troponina T-** se une a la proteína *Tropomiosina* >> su desplazamiento libera el sitio de unión de *Actina* con *Miosina*.

**Troponina I-** bloquea los sitios de unión de *Actina* con *Miosina*

ATP está unido a la *Miosina*, cuando esta se acopla con la *Actina*, pierde un P >> ADP ese P es captado por la *creatinina* >> *Fosfocreatina*, mientras la energía del ATP es utilizada de manera mecánica por la fibra de *Miosina* para desplazar a la de *Actina*.

