

## TEMA II

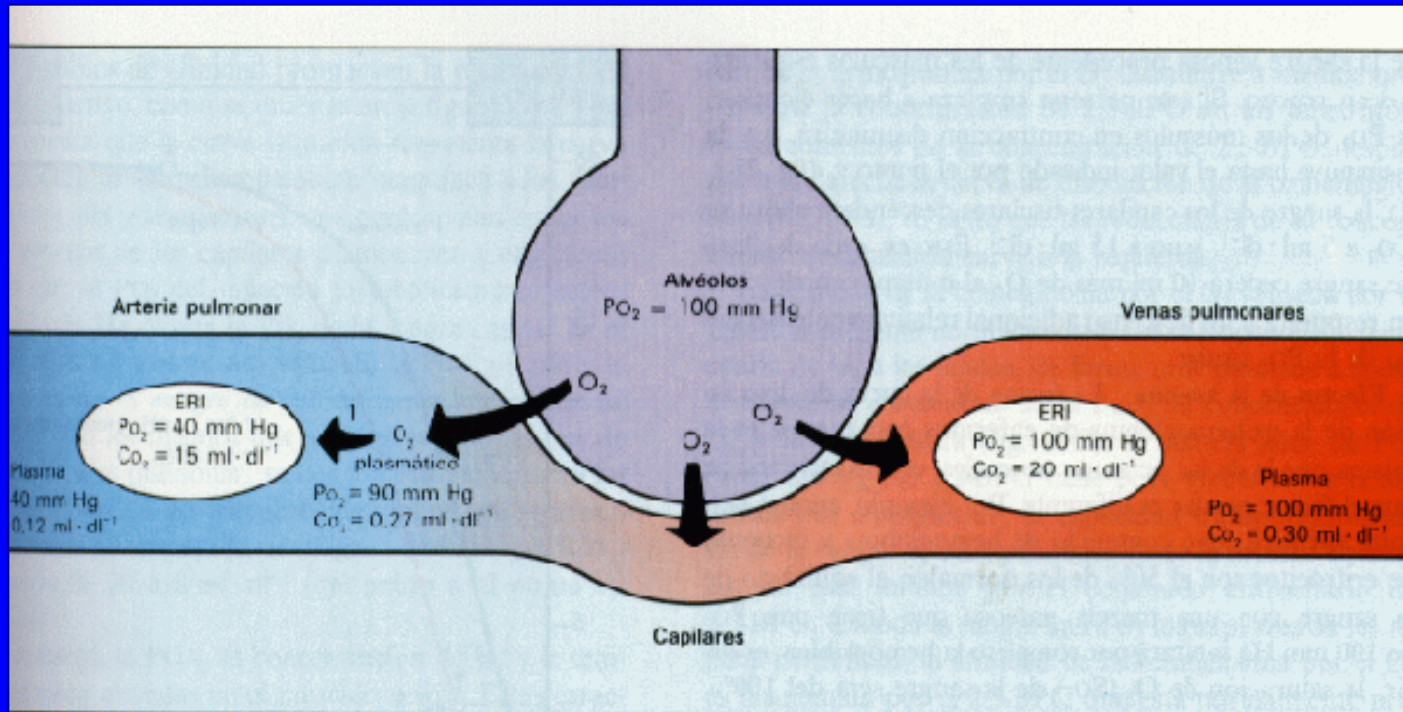
### Objetivos:

1. Conocer los tipos de membranas y sus propiedades físicas y químicas.

### Contenido

**SISTEMAS DE MEMBRANA. Transporte a través de membrana. Transporte Pasivo: Osmosis y Difusión. Transporte Activo Primario y Secundario. Equilibrios iónicos. Potenciales de membrana. Bases iónicas de la conducción nerviosa. Papel de la  $ATPase_{Na^+ K^+}$ .**

# COMPARTIMENTOS Y PERMEABILIDAD DE MEMBRANAS

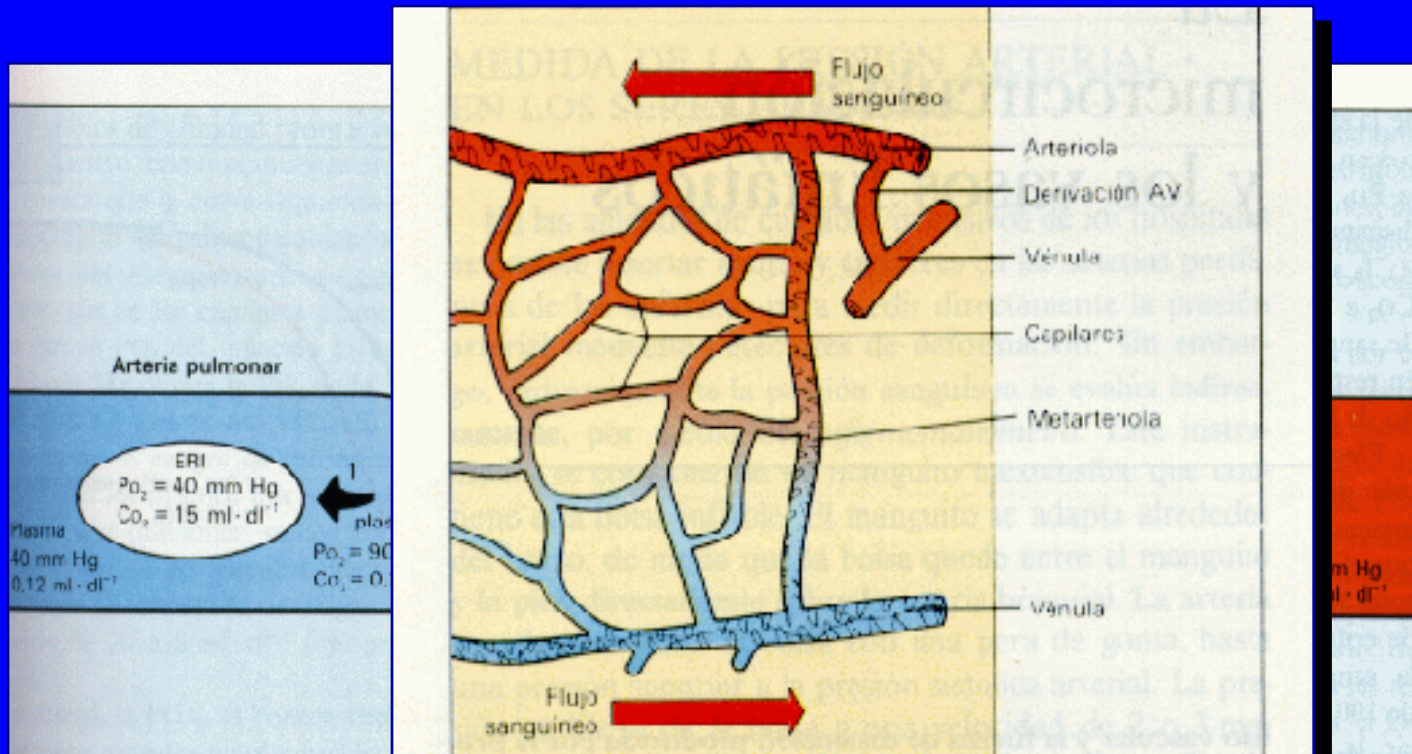


## DIFUSIÓN ALVÉOLO-CAPILAR

- GRADIENTES DE PRESIÓN DE GASES
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

plasma y sangre  
monar y después  
de sangre entera

# COMPARTIMENTOS Y PERMEABILIDAD DE MEMBRANAS



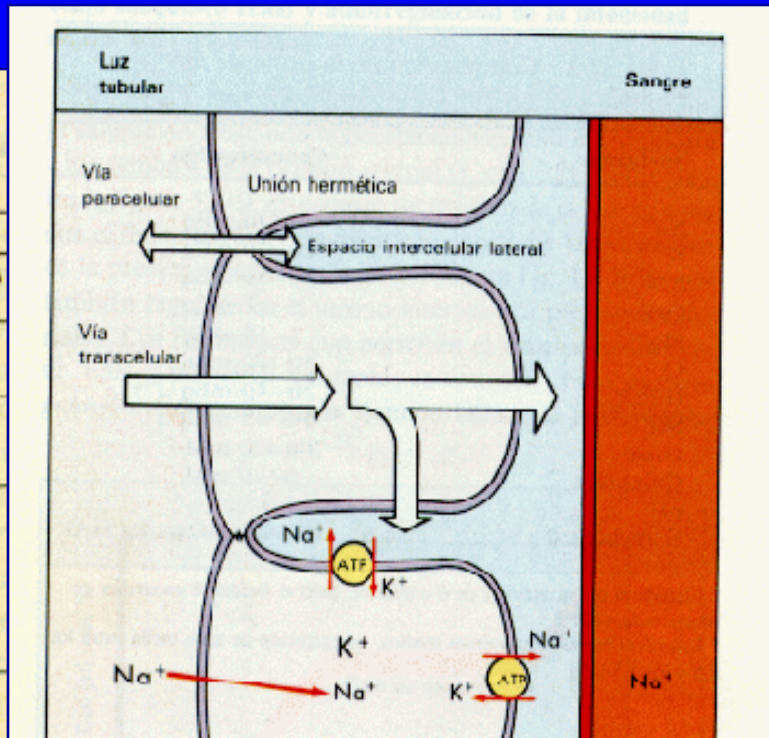
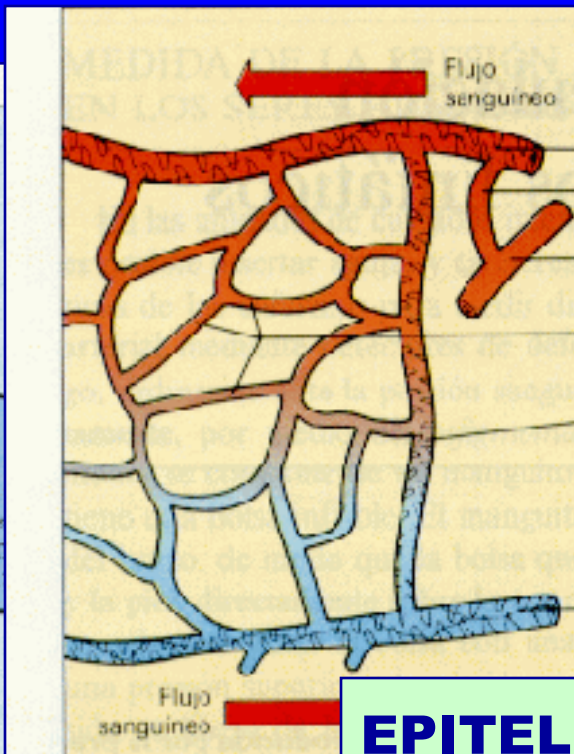
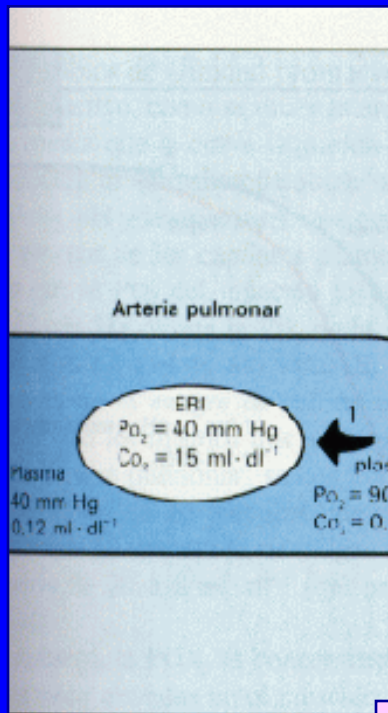
**DIFUSIÓN A**  
• GRADIENTES DE  
• GRADIENTES DE

## INTERCAMBIO INTERSTICIO-CAPILAR

- GRADIENTES DE PRESIÓN DE GASES
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA
- GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN



# COMPARTIMENTOS Y PERMEABILIDAD DE MEMBRANAS



## DIFUSIÓN AL

- GRADIENTES DE PRESIÓN DE GASES
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA
- GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN
- PROCESOS DE TRANSPORTE ACTIVO

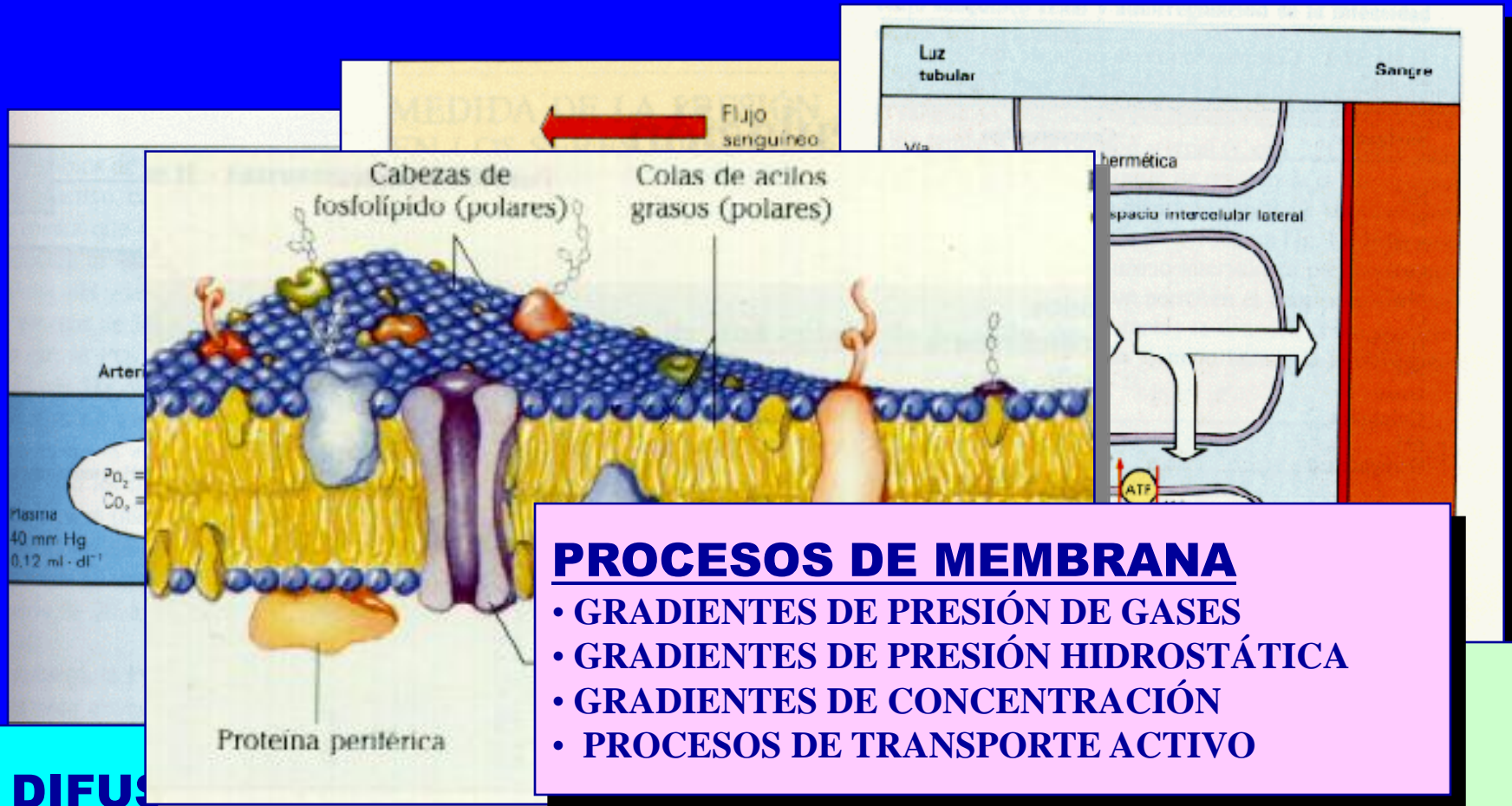
## INTERCAMBIO

- GRADIENTES DE PRESIÓN DE GASES
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA
- GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN
- PROCESOS DE TRANSPORTE ACTIVO

## EPITELIO ESPECIALIZADO

- GRADIENTES DE PRESIÓN DE GASES
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA
- GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN
- PROCESOS DE TRANSPORTE ACTIVO

# COMPARTIMENTOS Y PERMEABILIDAD DE MEMBRANAS



## PROCESOS DE MEMBRANA

- GRADIENTES DE PRESIÓN DE GASES
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA
- GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN
- PROCESOS DE TRANSPORTE ACTIVO

## DIFUSIÓN

- GRADIENTES DE PRESIÓN DE GASES
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

- GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN
- GRADIENTES DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

- GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN
- PROCESOS DE TRANSPORTE ACTIVO

# TRANSPORTE A TRAVÉS DE MEMBRANAS

## MEDIO DE TRANSPORTE

### MEMBRANAS TISULARES

FINAS CAPAS DE TEJIDO A TRAVÉS DE LAS CUALES TIENE LUGAR EL DESPLAZAMIENTO DE LÍQUIDOS, GASES Y SOLUTOS

### MEMBRANAS CELULARES

BICAPA LIPÍDICA CON PROTEÍNAS, QUE SE COMPORTA COMO UN MOSÁICO FLUIDO, DIFUSIBLE Y SELECTIVA.

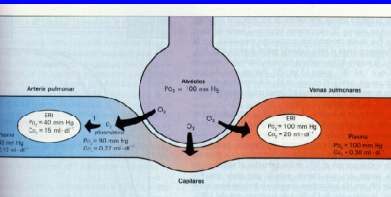


FIGURA 27-2 Cambio de la presión parcial de oxígeno ( $P_{O_2}$ ) y del contenido de oxígeno ( $O_2$ ) de plasma y sangre entre el entrar la sangre venosa más oxigenada en la arteria pulmonar, pasar por un capilar pulmonar y después fluir por una vena pulmonar. Obsérvese que en los estrechos (A), se expresa la  $O_2$  en ml de sangre oxigenada y no en ml de  $O_2$  de oxígeno.

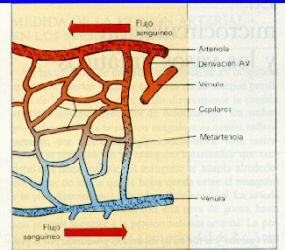


FIGURA 21-1 Esquema de la microcirculación. Las estructuras circulares de las arteriolas y las vénulas representan fibras musculares lisas, y las líneas ramificadas, fibras nerviosas simpáticas. Las flechas señalan la dirección del flujo sanguíneo.

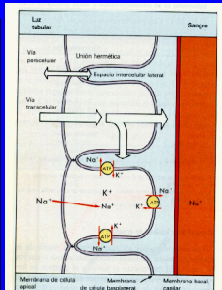
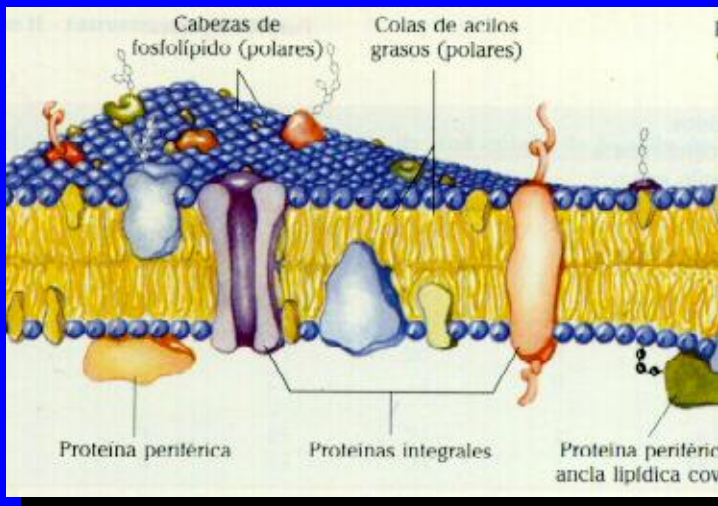


FIGURA 32-9 Representación esquemática de las vías de transporte en un tubo proximal (del 417, métodos de técnicas).





# TRANSPORTE SEGÚN EL TIPO DE SUSTANCIA



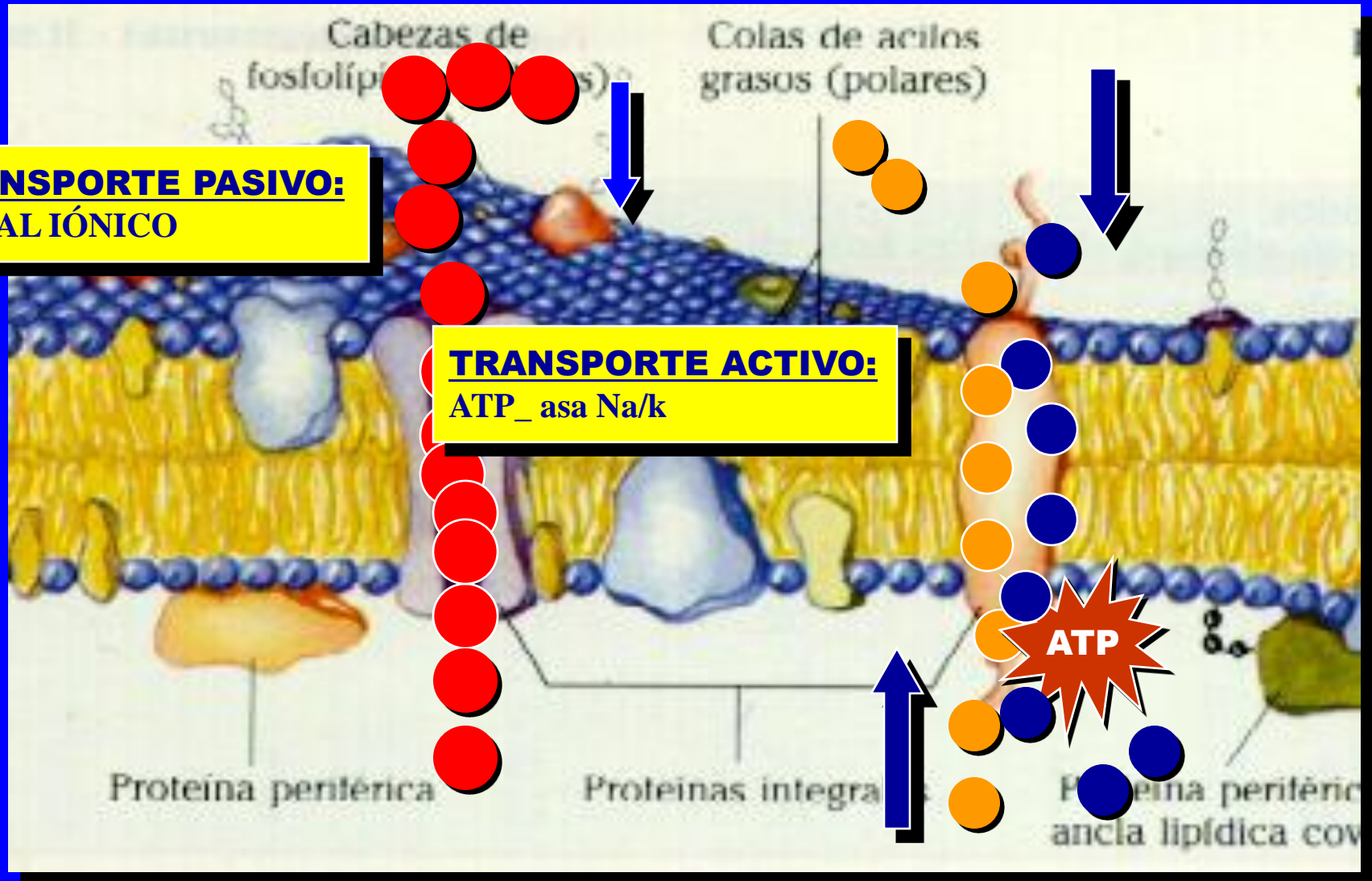
## TRANSPORTE DE SUSTANCIAS LIPOSOLUBLES:

TIENE LUGAR MEDIANTE SOLUBILIZACIÓN EN LA MEMBRANA, SIGUIENDO EL GRADIENTE DE CONCENTRACIÓN

# TRANSPORTE DE SUSTANCIAS HIDRÓFILAS

**TRANSPORTE PASIVO:  
CANAL IÓNICO**

**TRANSPORTE ACTIVO:  
ATP\_asa Na/k**





# **ENTRADA/SALIDA SIN ATRAVESAR LA MEMBRANA**

## **ENDOCITOSIS**

- **FAGOCITOSIS**
- **PINOCITOSIS**
- **ENDOCITOSIS MEDIADA POR RECEPTOR**

## **EXOCITOSIS**

# MECANISMOS DE PASO DE SOLUTOS Y FLUIDOS ENTRE COMPARTIMENTOS

PASO DE PARTÍCULAS  
DE  
DISOLVENTE



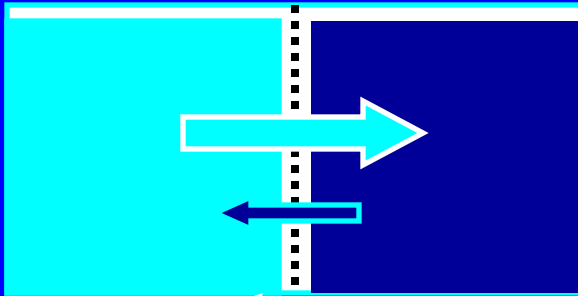
**ÓSMOSIS**

PASO DE PARTÍCULAS  
DE  
SOLUTO



- **DIFUSIÓN**
- **ARRASTRE**
- **TRANSPORTE ACTIVO**

# ÓSMOSIS



**MEMBRANA SEMIPERMEABLE**

ES LA QUE PERMITE EL PASO DE MOLÉCULAS DE

LA CONCENTRACIÓN SE MIDE EN:

Osm / Kg  
mOsm / Kg

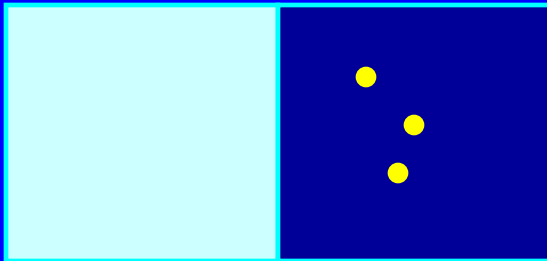
GEN

$$\text{mOsm / Kg} = \frac{\text{mg/PM}}{\text{Kg}} \cdot i$$



# ÓSMOSIS SEGÚN EL TIPO DE SOLUTO

## SOLUTOS NO DISOCIABLES

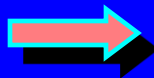


SE INT  
EN 1 Kg DE AGUA

**$i$  = FACTOR DE VAN'T HOFF**

PROPORCIÓN ENTRE EL N° DE PARTÍCULAS PRESENTES EN LA DISOLUCIÓN Y EL N° DE PARTÍCULAS REALES APORTADAS

CONCENTRACIÓN REAL:



$$\text{mm} = \frac{540/180}{1 \text{ mg/PM}} = 3 \text{ mM/Kg}$$

CONCENTRACIÓN APARENTE:



$$\text{mOsm} = \frac{\text{mm}}{\text{Kg}} \cdot i = 3 \cdot 1 = 3 \text{ mOsm/kg}$$

# ÓSMOSIS SEGÚN EL TIPO DE SOLUTO (2)

SOLUTO

SON AQUELLOS QUE EN DISOLUCIÓN SE SEPARAN EN SUS ESPECIES IÓNICAS:

$\text{Cl Na} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{Na}^+$	2	partículas
$\text{Cl K} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{K}^+$	2	“
$\text{Cl}_2 \text{Ca} \cdot 6 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^- + \text{Ca}^+$	3	“
$\text{CO}_3 \text{H Na} \rightleftharpoons \text{CO}_3 \text{H}^- + \text{Na}^+$	2	“
$\text{Lactato-Na} \rightleftharpoons \text{Lactato}^- + \text{Na}^+$	2	“
$\text{Citrato-Na}_3 \rightleftharpoons \text{Citrato}^- + 3 \text{Na}^+$	4	“

CONCENTRACION

CONCENTRACION

# DIFUSIÓN SIMPLE

DESPLAZAMIENTO NETO DE MOLÉCULAS A TRAVÉS DE UNA MEMBRANA PERMEABLE, DE ACUERDO CON EL GRADIENTE DE CONCENTRACIÓN

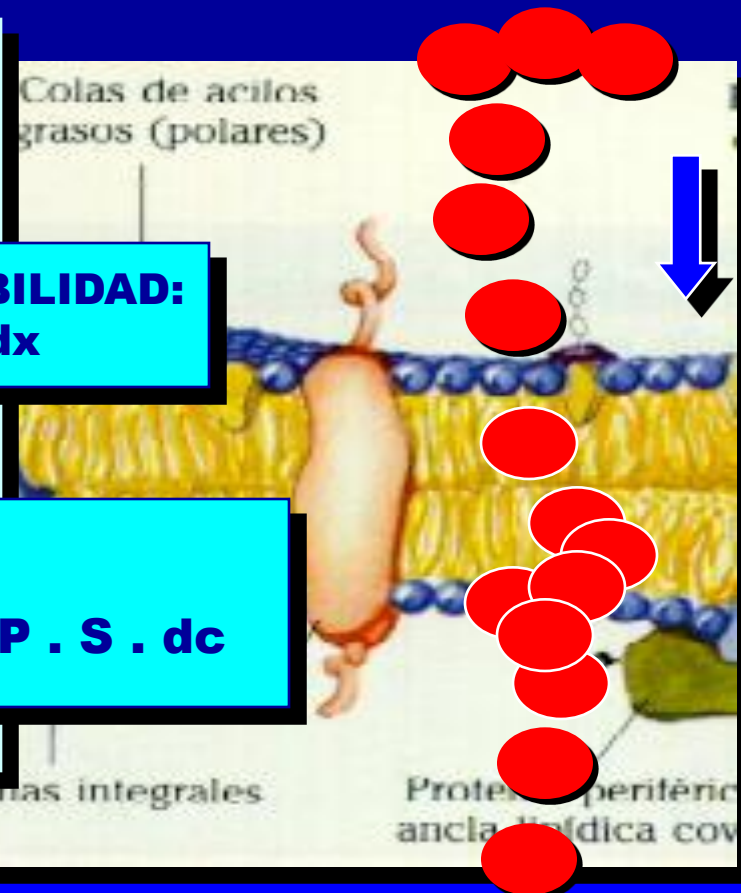
## FLUJO DE DIFUSIÓN (Ley de Fick):

$$\dot{V} = D \cdot S \cdot dc / dx$$

- V: FLUJO O TASA DE DIFUSIÓN
- D: COEFICIENTE DE DIFUSIÓN
- S: SUPERFICIE DE LA MEMBRANA
- dc: GRADIENTE DE CONCENTRACIÓN
- dx: ESPESOR DE LA MEMBRANA

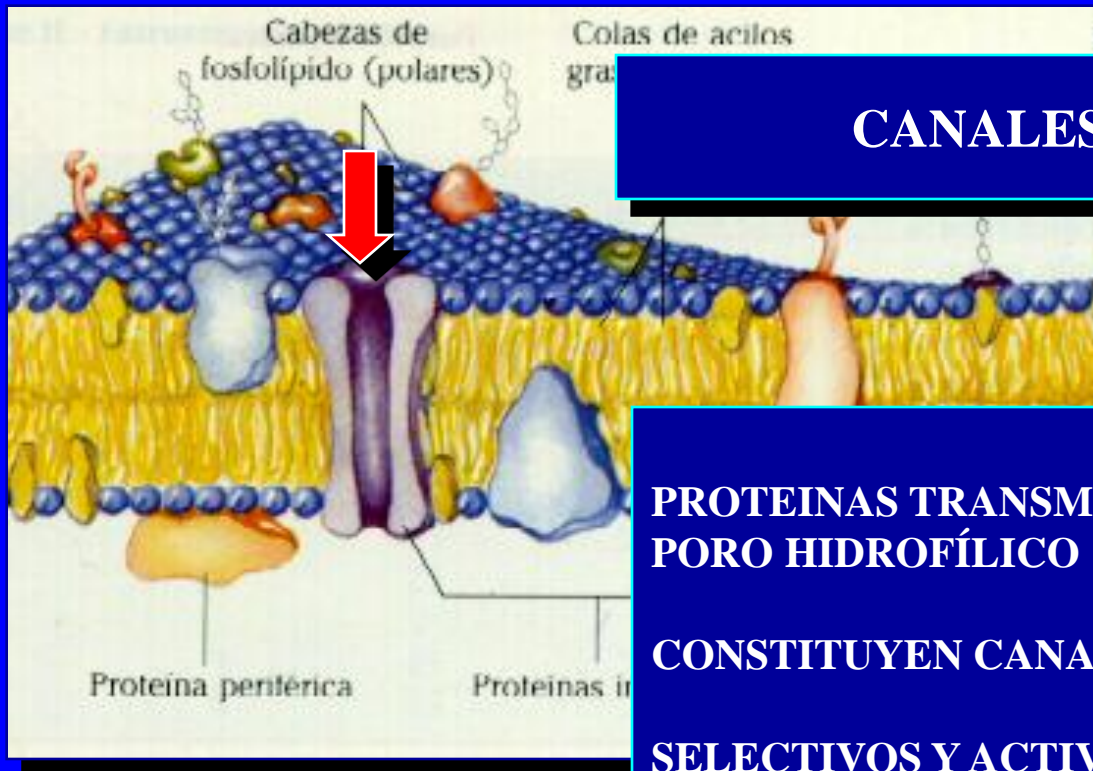
**PERMEABILIDAD:**  
 $P = D/dx$

$$\dot{V} = P \cdot S \cdot dc$$





# INTERVENCIÓN DE SISTEMAS PROTEICOS PARA EL TRANSPORTE A TRAVÉS DE MEMBRANA



## CANALES PROTÉICOS:

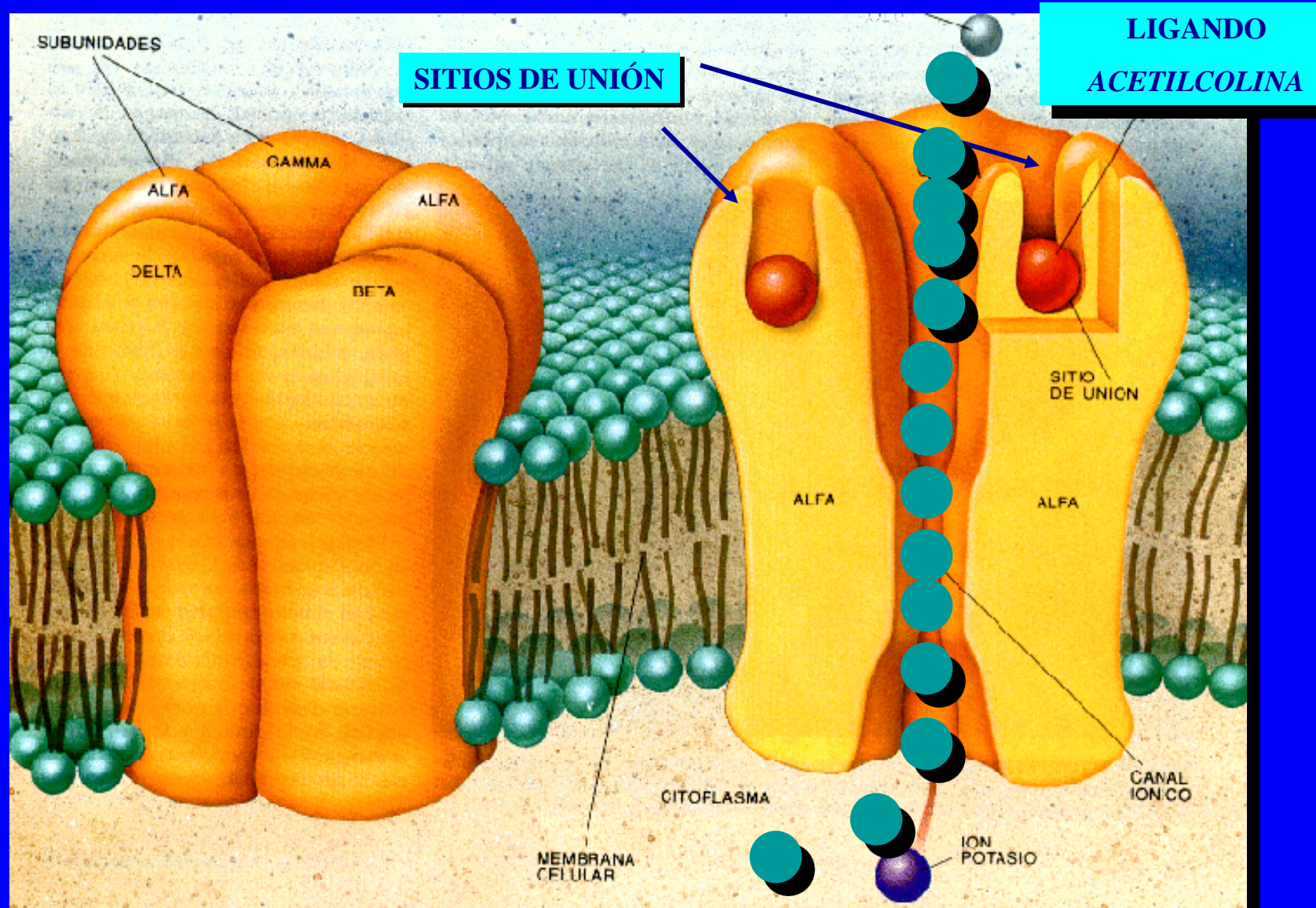
PROTEINAS TRANSMEMBRANA CON UN ÚNICO PORO HIDROFÍLICO

CONSTITUYEN CANALES IÓNICOS

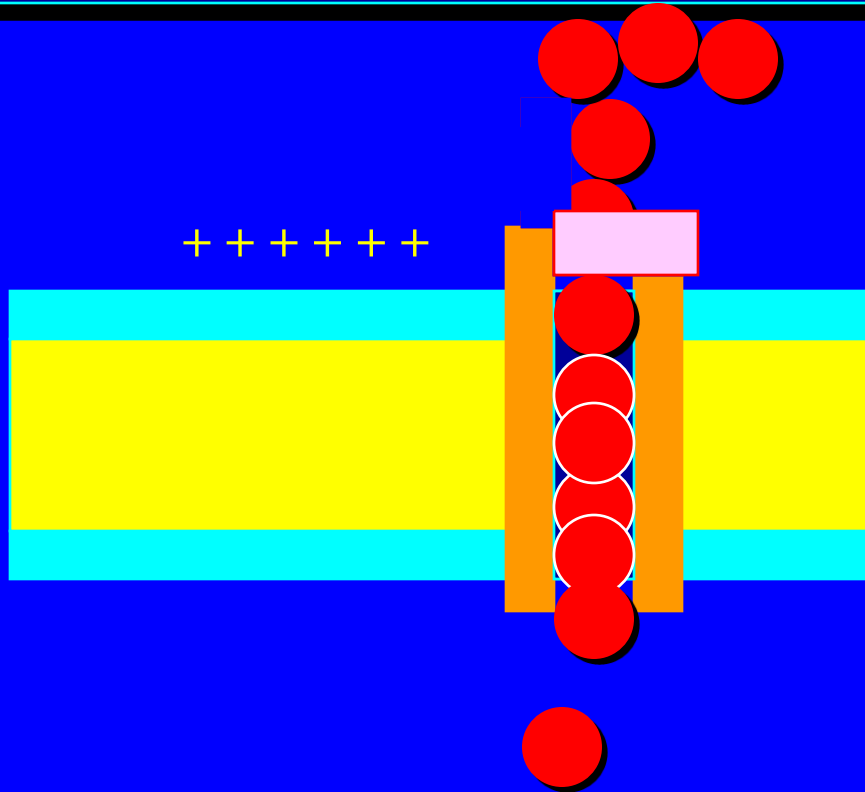
SELECTIVOS Y ACTIVABLES (POTENCIAL O LIGANDO)

SON EN OCASIONES MODULABLES

# ACTIVACIÓN DE CANALES POR LIGANDO



# ACTIVACIÓN DE CANALES DEPENDIENTES DE POTENCIAL ELÉCTRICO



UNA MODIFICACIÓN DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE LA MEMBRANA PRODUCE UN CAMBIO EN LA CONFORMACIÓN DE LA PROTEINA QUE DETERMINA LA APERTURA DEL CANAL DURANTE UN PERIODO DE TIEMPO, LO QUE PERMITE UN FLUJO DE IONES SEGUN EL GRADIENTE DE CONCENTRACIÓN



## TRANSP

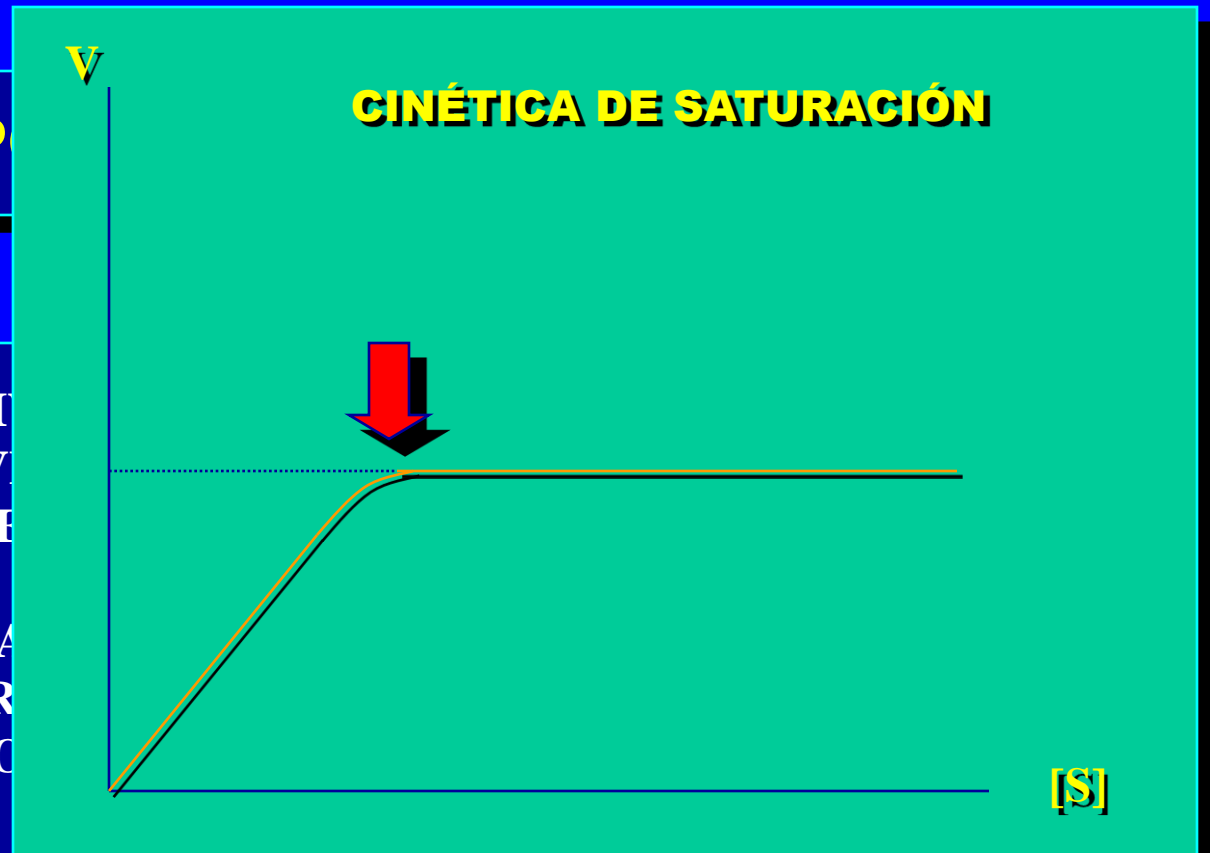
- TRANSPORTE PASIVO  
PRODUCE A UNA VELOCIDAD  
POR LAS LEYES DE

- UTILIZA PROTEINA  
BRANA QUE SE SIRVE  
PERMITIR EL PASO

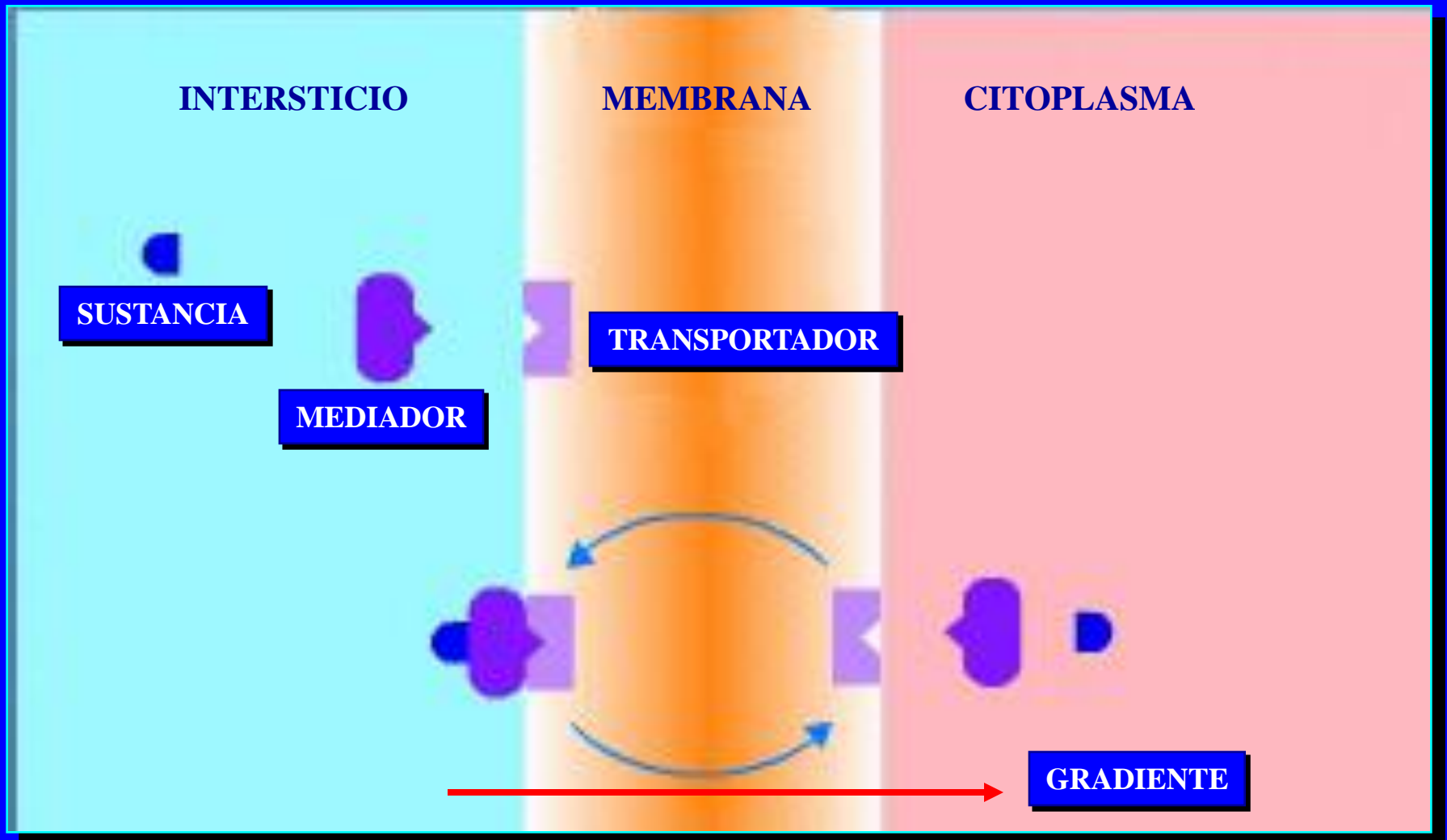
- LA SUSTANCIA A TRANSPORTARSE UNE A SITIOS ESPECIFICOS DE  
LA PROTEINA.

- MUESTRAN UNA CINÉTICA DE SATURACIÓN

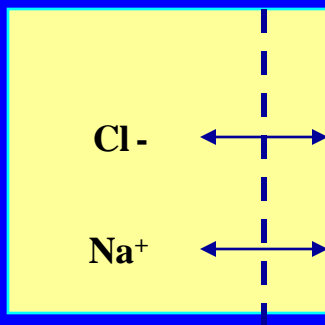
- SON INHIBIBLES



# ESQUEMA DE TRANSPORTE FACILITADO

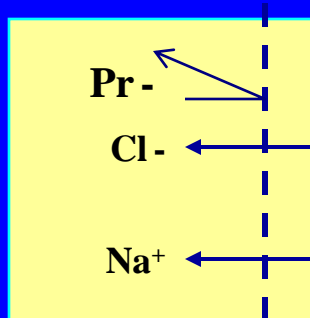


# EQUILIBRIOS DE MEMBRANA CON IONES DIFUSIBLES Y NO DIFUSIBLES



**MEMBRANA DIFUSIBLE**

- LA SUMA DE CATIONES Y ANIONES ES IGUAL EN CADA UNO DE LOS COMPARTIMENTOS
- EL PRODUCTO ANIÓN x CATION DIFUSIBLE ES IGUAL EN LOS DOS LADOS DE LA MEMBRANA



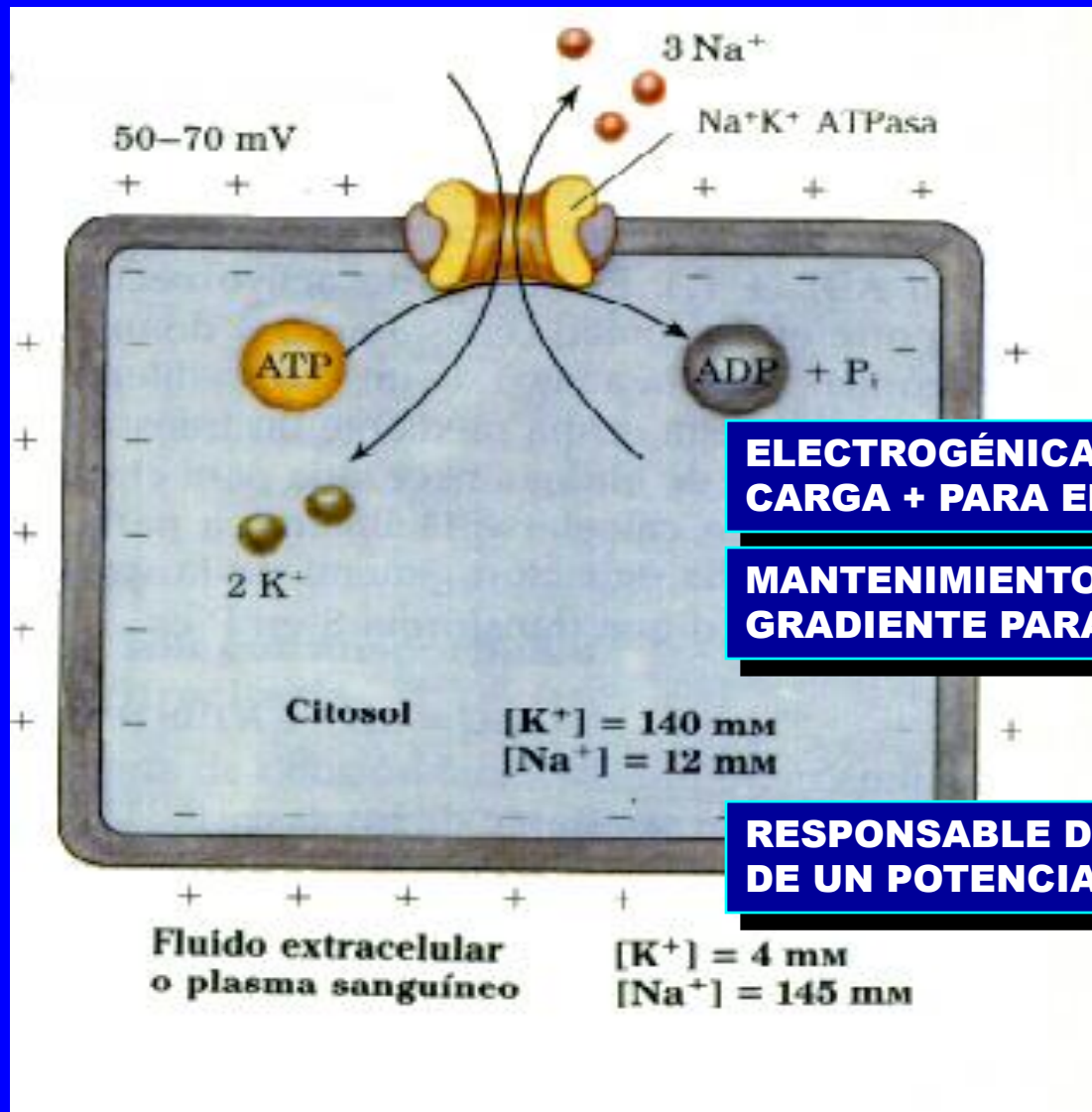
- LA SUMA DE IONES DIFUSIBLES DE SIGNO CONTRARIO AL DEL IÓN NO DIFUSIBLE, ES MAYOR EN EL COMPARTIMENTO DEL COLOIDE
- LA SUMA TOTAL DE IONES ES MAYOR EN EL COMPARTIMENTO COLOIDAL
- ESTE EQUILIBRIO ES CAUSA DE LA **PRESIÓN ONCÓTICA**
- ES CAUSA DE LA APARICIÓN DE POTENCIALES ELÉCTRICOS



# **TRANSPORTE ACTIVO**

- **SE PRODUCE EN CONTRA DEL GRADIENTE**
- **UTILIZA PROTEINAS DE TRANSPORTE ESPECÍFICAS DE LA MEMBRANA QUE SE SIRVEN DE LA ENERGÍA PROCEDENTE DE LA HIDRÓLISIS DE ATP**
- **LA SUSTANCIA A TRANSPORTAR SE UNE A SITIOS ESPECÍFICOS DE LA PROTEINA.**
- **MUESTRAN UNA CINÉTICA DE SATURACIÓN**
- **SON INHIBIBLES**
- **PUEDE SER PRIMARIO O SECUNDARIO**

# TRANSPORTE ACTIVO PRIMARIO (ATPasa $\text{Na}^+\text{K}^+$ )



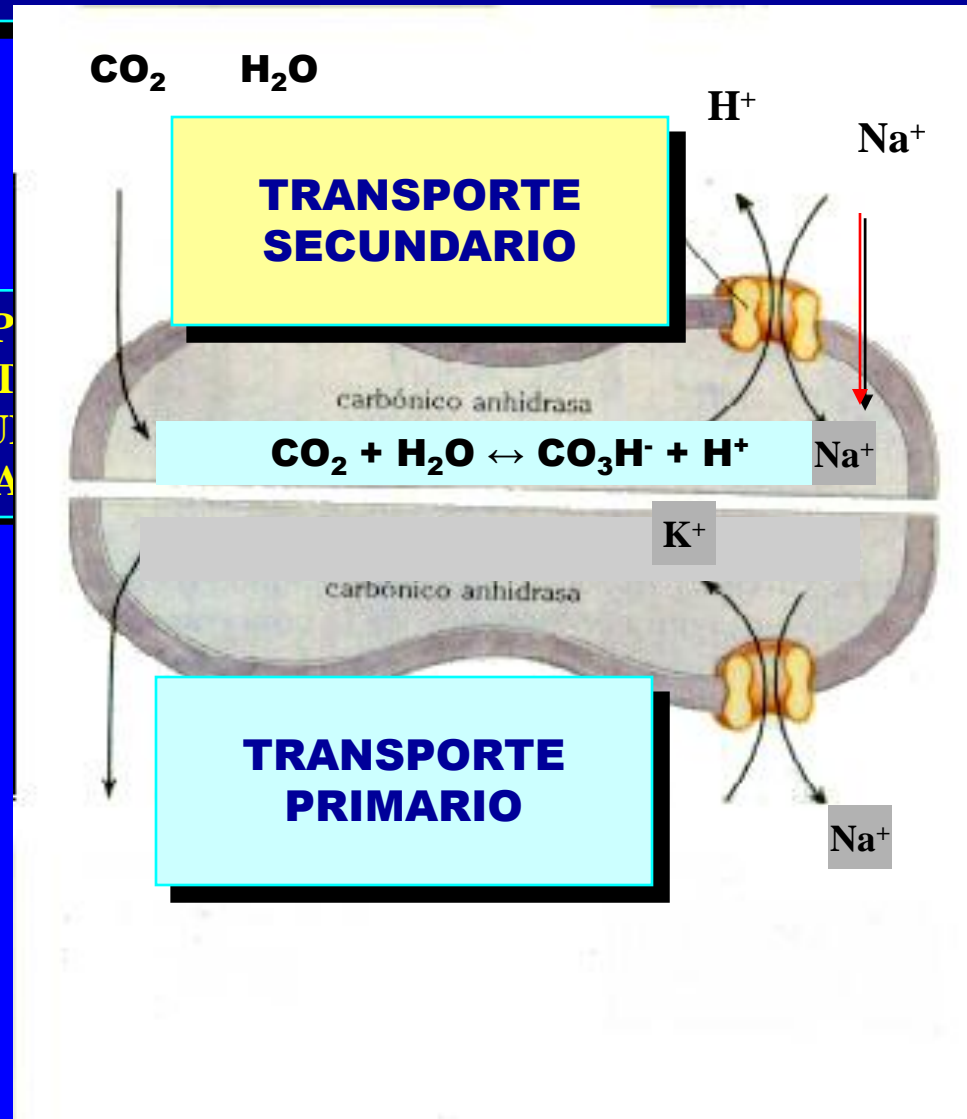
**ELECTROGÉNICA CON DÉFICIT DE CARGA + PARA EL INTERIOR**

**MANTENIMIENTO DE UN FUERTE GRADIENTE PARA EL  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$**

**RESPONSABLE DE LA APARICIÓN DE UN POTENCIAL DE MEMBRANA**

# TRANSPORTE ACTIVO SECUNDARIO

ES EL QUE SE P  
GASTO DIRECT  
SUSTANCIA QU  
TRANSPORTE A



TRA

# POTENCIALES DE MEMBRANA

EN EL EQUILIBRIO ELECTROQUÍMICO:

$$RT \cdot \ln C_1 / C_2 = -z \cdot E \cdot F$$

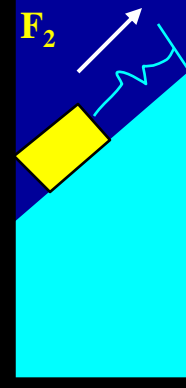
$$E = - (RT/zF) \cdot \ln C_1 / C_2$$

DONDE **E** REPRESENTA EL VALOR DEL POTENCIAL ELÉCTRICO EN EL EQUILIBRIO.

EL REPARTO DESIGUAL DE UN MISMO IÓN, A AMBOS LADOS DE UNA MEMBRANA, GENERA UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL

EL EQUILIBRIO ELECTROQUÍMICO SE ALCANZA CUANDO AL GRADIENTE DE CONCENTRACIÓN SE OPONE UN GRADIENTE ELÉCTRICO DE IGUAL VALOR

EL POTENCIAL ELÉCTRICO AL CUAL SE LOGRA EL EQUILIBRIO ELECTROQUÍMICO, PARA UN IÓN, SE DENOMINA POTENCIAL DE EQUILIBRIO DE DICHO IÓN





# POTENCIALES DE EQUILIBRIO

	<b>INTRA</b>	<b>EXTRA</b>	<b>Ci/Ce</b>	<b>log(Ci/Ce)</b>	<b>Potencial E</b>
<b>SODIO</b>	<b>14</b>	<b>140</b>	<b>0,1</b>	<b>-1</b>	<b>61</b>
<b>POTASIO</b>	<b>140</b>	<b>4</b>	<b>35</b>	<b>1,54</b>	<b>-94</b>
<b>CLORO</b>	<b>4</b>	<b>103</b>	<b>25,75</b>	<b>1,41</b>	<b>-86</b>
<b>CALCIO</b>	<b>0,0001</b>	<b>2,4</b>	<b>4,16 10<sup>-05</sup></b>	<b>-4,38</b>	<b>134</b>
<b>BICARBONATO</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	<b>2,8</b>	<b>0,44</b>	<b>-27</b>
<b>MAGNESIO</b>	<b>58</b>	<b>1,2</b>	<b>48,33</b>	<b>1,68</b>	<b>-51</b>

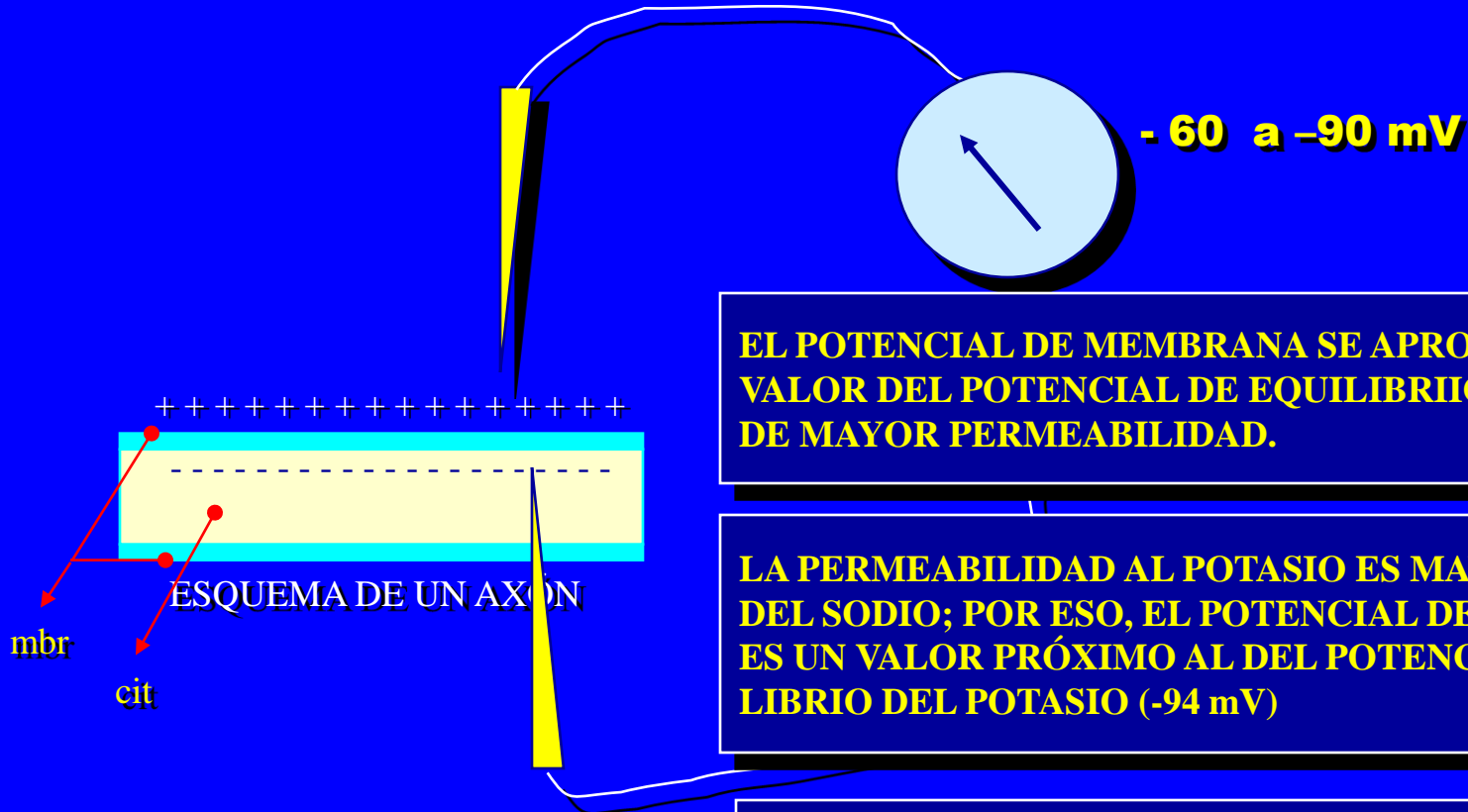
# POTENCIAL DE MEMBRANA EN LA CÉLULA

- EN EL CASO DE LA MEMBRANA CELULAR, LOS IONES DETERMINANTES SON  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$
- LA MEMBRANA MANIFIESTA UNA PERMEABILIDAD DISTINTA PARA ESTOS IONES
- LA EXPRESIÓN QUE SE AJUSTA AL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE LA MEMBRANA CELULAR ES LA DE GOLDMAN.

$$E_m = \frac{RT}{F} \cdot \ln \left( \frac{P_{\text{Na}} \cdot \text{Na}^+_{\text{ex}} + P_{\text{K}} \cdot \text{K}^+_{\text{ex}} + P_{\text{Cl}} \cdot \text{Cl}^-_{\text{in}}}{P_{\text{Na}} \cdot \text{Na}^+_{\text{in}} + P_{\text{K}} \cdot \text{K}^+_{\text{in}} + P_{\text{Cl}} \cdot \text{Cl}^-_{\text{ex}}} \right)$$

**POTENCIAL DE MEMBRANA**

# CARACTERÍSTICAS DEL POTENCIAL DE MEMBRANA



EL POTENCIAL DE MEMBRANA SE APROXIMA AL VALOR DEL POTENCIAL DE EQUILIBRIO DEL IÓN DE MAYOR PERMEABILIDAD.

LA PERMEABILIDAD AL POTASIO ES MAYOR QUE LA DEL SODIO; POR ESO, EL POTENCIAL DE MEMBRANA ES UN VALOR PRÓXIMO AL DEL POTENCIAL DE EQUILIBRIO DEL POTASIO (-94 mV)

LA BOMBA  $\text{Na}^+\text{-K}^+$  SE ENCARGA DE MANTENER EL FUERTE GRADIENTE ELECTROQUÍMICO ENTRE EL INTERIOR Y EXTERIOR CELULAR.

# **EXCITACIÓN DE LA MEMBRANA**

**LA APLICACIÓN DE DETERMINADOS ESTÍMULOS PROVOCA CAMBIOS EN LA POLARIDAD DE CIERTAS MEMBRANAS**

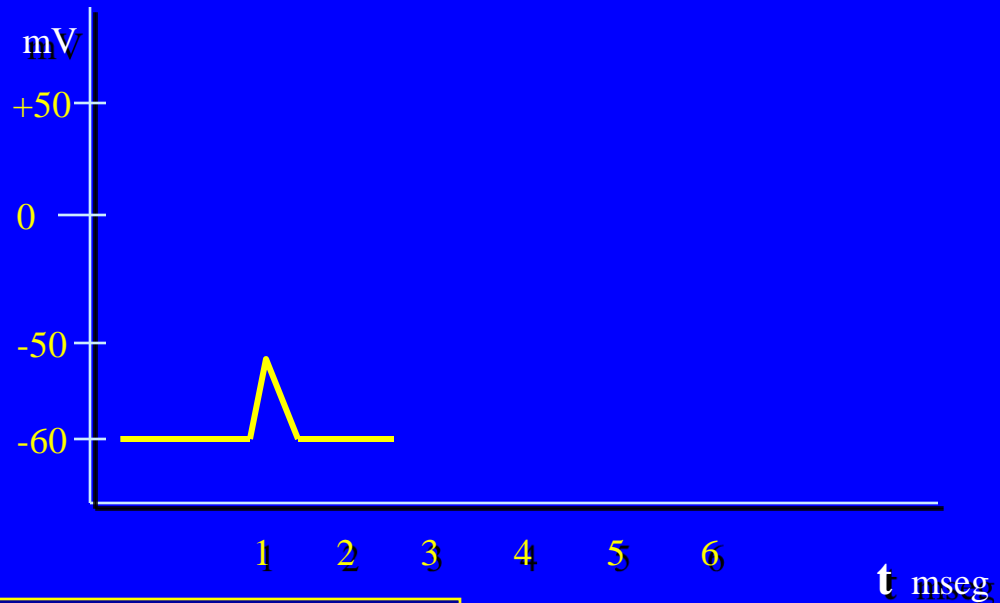
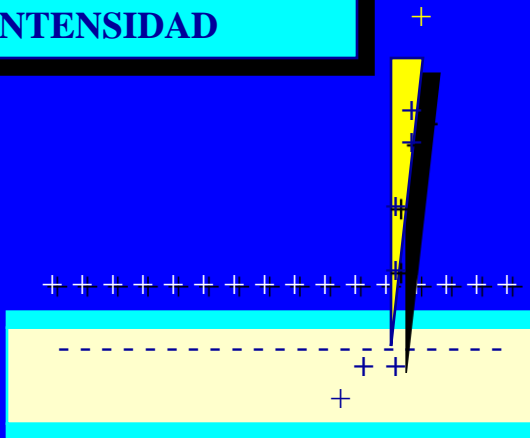
**TIPOS DE EXCITACIÓN:**

- \* QUÍMICA**
- \* MECÁNICA**
- \* ELÉCTRICA**

- POTENCIALES ELECTROTÓNICO**
- POTENCIALES LOCALES**
- POTENCIALES DE ACCIÓN**

# RESPUESTA DE LA MEMBRANA A LA EXCITACIÓN

ESTÍMULO DE BAJA INTENSIDAD



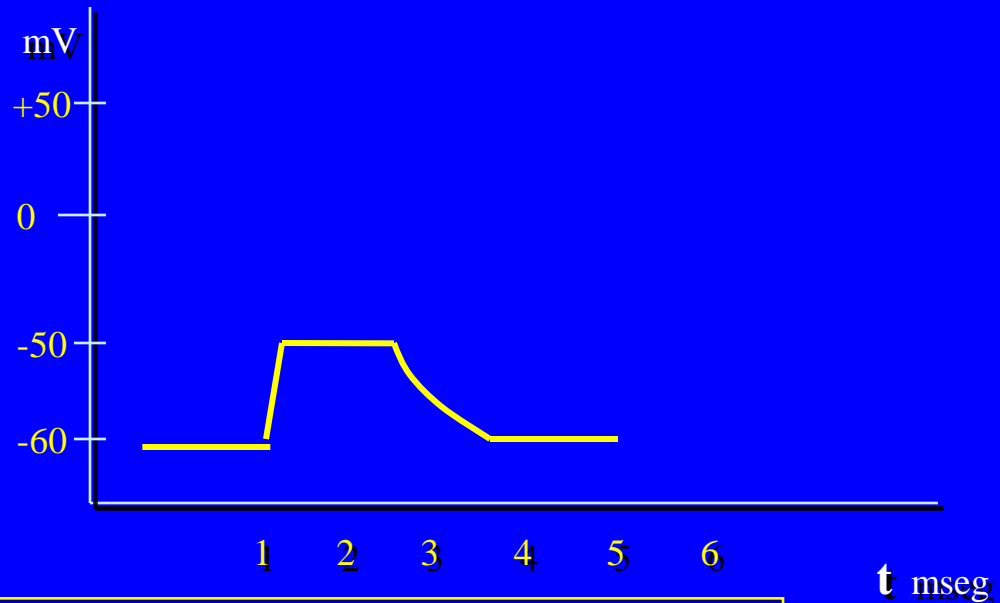
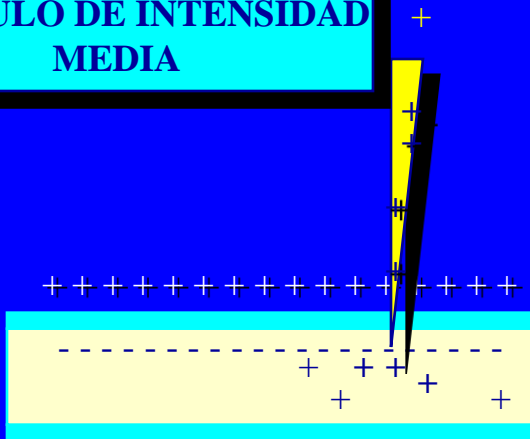
## POTENCIAL ELECTROTÓNICO

MODIFICACIÓN REVERSIBLE DEL POTENCIAL DE MEMBRANA, PROPORCIONAL A LA INTENSIDAD DEL ESTÍMULO. SU EXTINCIÓN TIENE LUGAR CUANDO CESA DICHO ESTÍMULO. PRESENTA SUMACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL. SI EL ESTÍMULO ES + PROVOCA DESPOLARIZACIÓN, SI ES - HIPERPOLARIZACIÓN



# RESPUESTA DE LA MEMBRANA A LA EXCITACIÓN

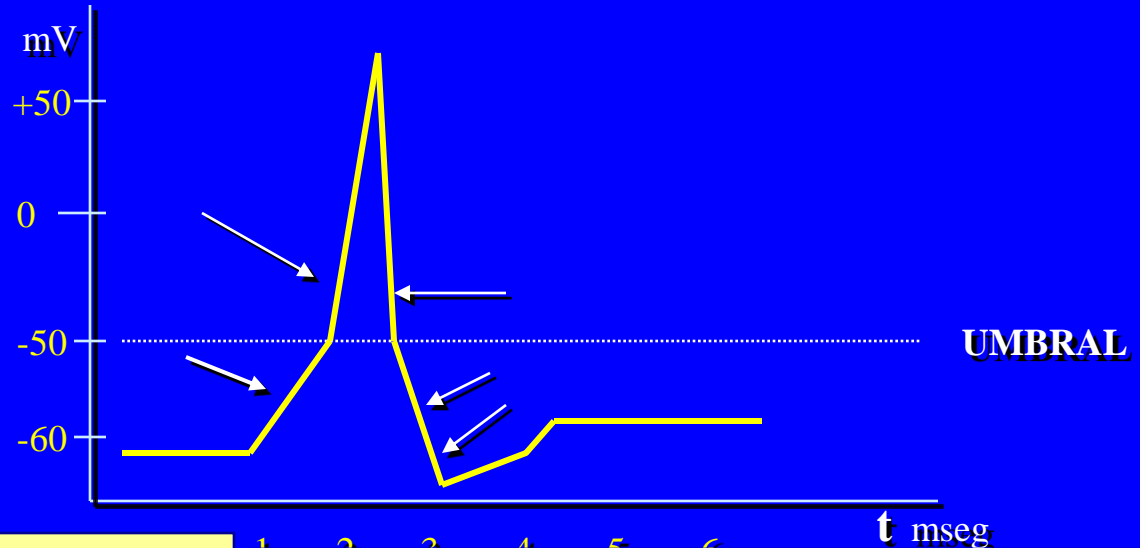
ESTÍMULO DE INTENSIDAD MEDIA



## **POTENCIAL LOCAL.**

MODIFICACIÓN TAMBIÉN REVERSIBLE DEL POTENCIAL DE MEMBRANA, **QUE NO ES** PROPORCIONAL A LA INTENSIDAD DEL ESTÍMULO. SU EXTINCIÓN TIENE LUGAR ALGO DESPUÉS DE CESAR DICHO ESTÍMULO. TIENE LA PROPIEDAD DE SUMACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL. SE PROPAGA LOCALMENTE HASTA SU EXTINCIÓN. SI EL ESTÍMULO ES + PROVOCA **DESPOLARIZACIÓN**, SI ES - **HIPERPOLARIZACIÓN**

# RESPUESTA DE LA MEMBRANA A LA EXCITACIÓN (2): POTENCIAL DE ACCIÓN



## FASES DEL POTENCIAL DE ACCIÓN

- 1.- DESPOLARIZACIÓN LENTA (hasta  $-55$  mV)
- 2.- DESPOLARIZACIÓN RÁPIDA ( $-55$  a  $+40$  mV)
- 3.- REPOLARIZACIÓN RÁPIDA ( $+40$  a  $2/3$  repol.)
- 4.- REPOLARIZACIÓN LENTA (hasta  $-70$  mV)
- 5.- HIPERPOLARIZACIÓN (valores inferiores)

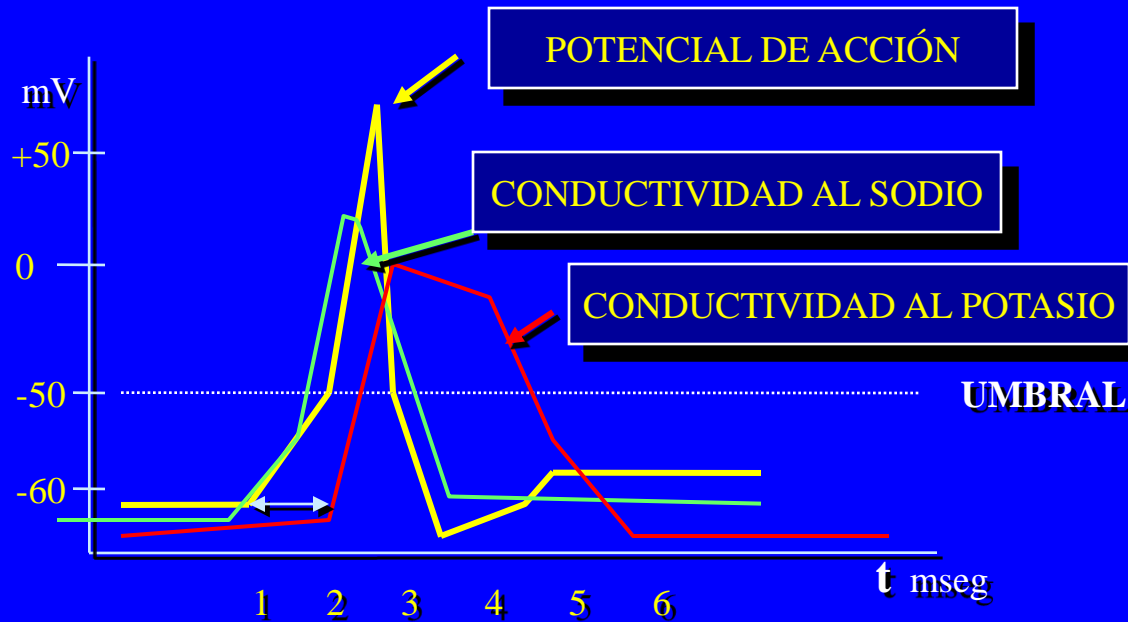
## PROPIEDADES DEL POTENCIAL DE ACCIÓN

SIGUE LA LEY DEL TODO O NADA

NO SE EXTINGUE, SE PROPAGA A LO LARGO DE LA MEMBRANA HASTA SU FINAL

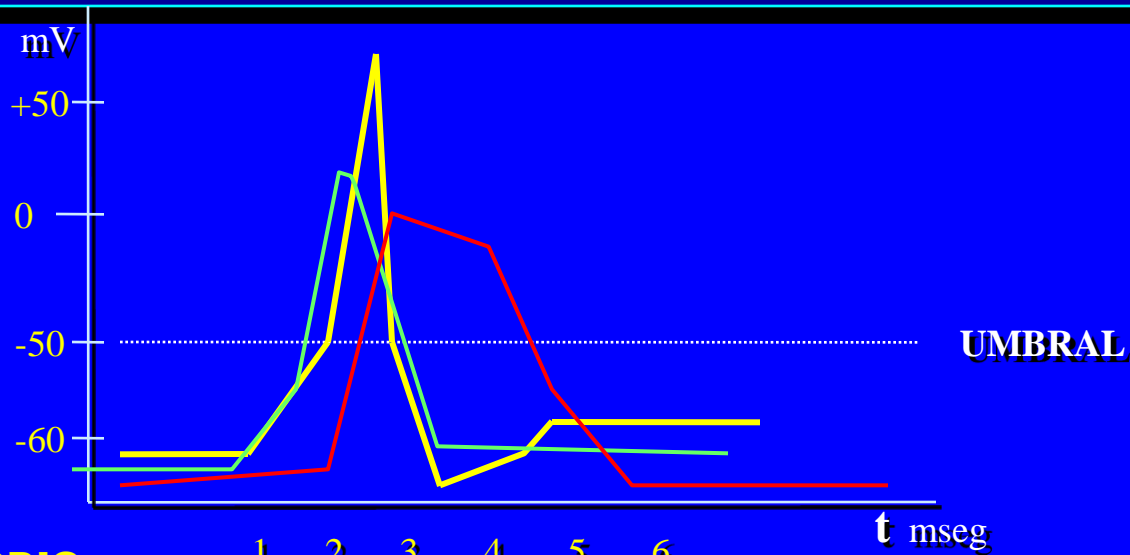
PRESENTA REFRACTARIEDAD

# MOVIMIENTO IÓNICO A LO LARGO DEL POTENCIAL DE ACCIÓN

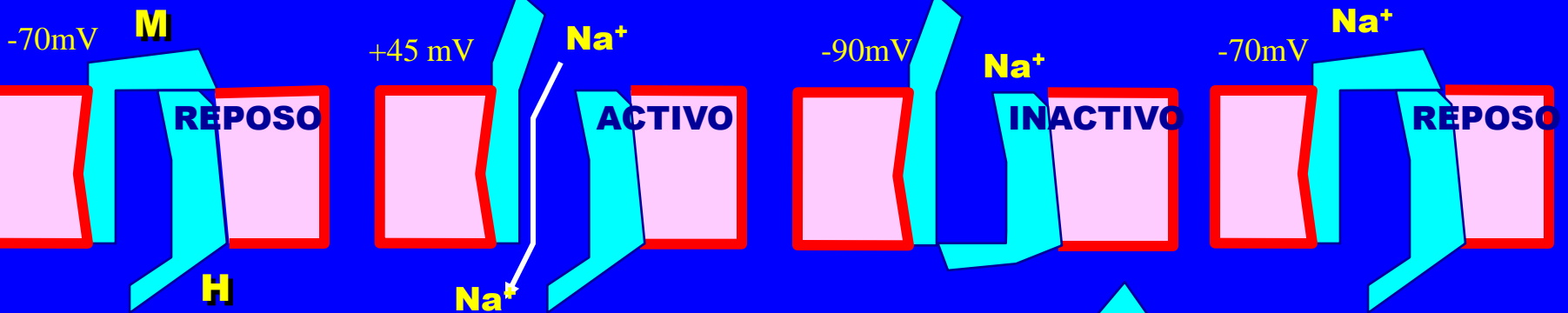


- LA MÁXIMA CONDUCTIVIDAD AL SODIO COINCIDE CON LA DESPOLARIZACIÓN
- LA MÁXIMA CONDUCTIVIDAD AL POTASIO COINCIDE CON LA REPOLARIZACIÓN E HIPERPOLARIZACIÓN
- HAY UN DESFASE DE TIEMPO ENTRE AMBOS PICOS

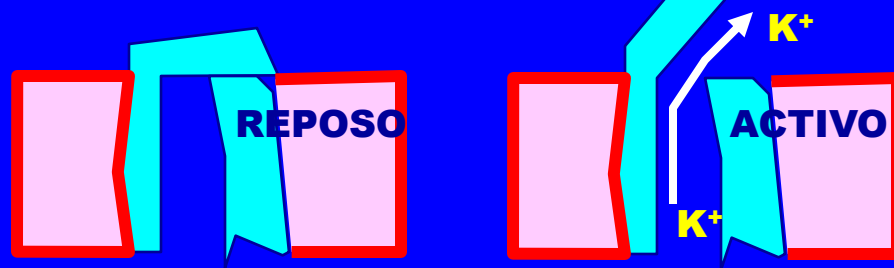
# COMPORTAMIENTO DE LOS CANALES DEPENDIENTES DE POTENCIAL



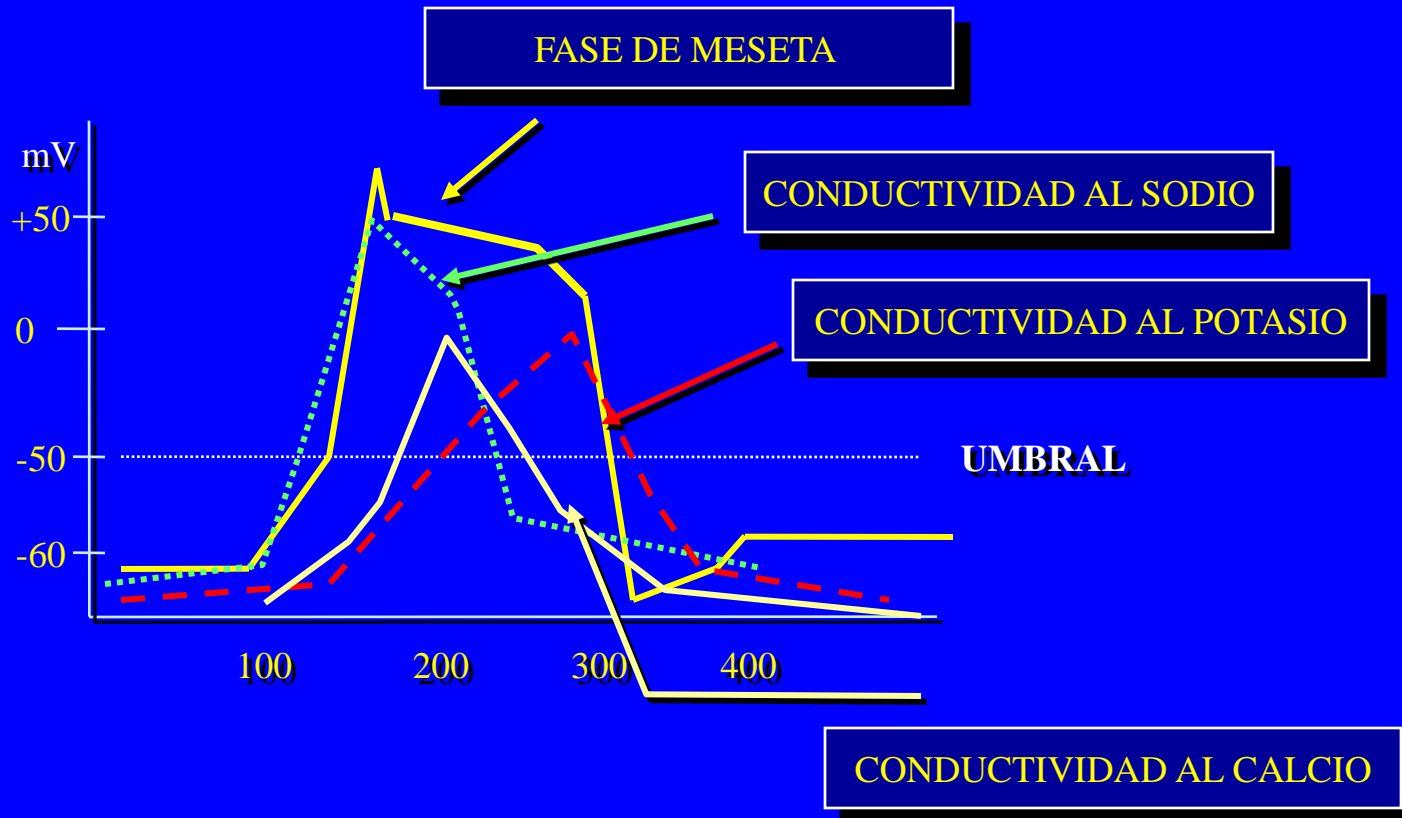
## CANAL DE SODIO



## CANAL DE POTASIO



# INTERVENCIÓN DE CANALES LENTOS $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Na}^{+}$

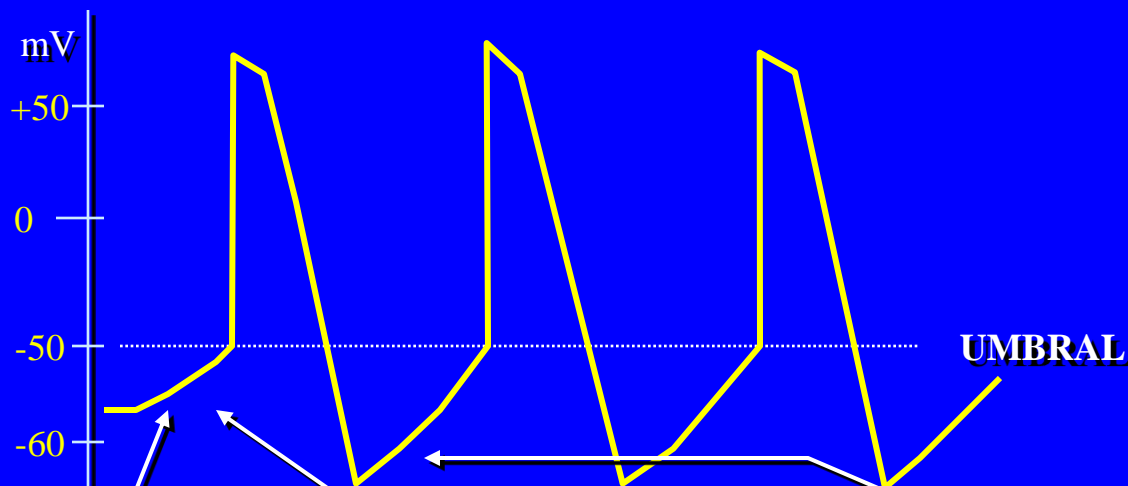




# AUTOEXCITACIÓN

ALGUNAS CÉLULAS, COMO LAS CARDÍACAS O MUSCULARES LISAS TIENEN LA PROPIEDAD DE AUTOESTIMULARSE, PROVOCANDO EL DISPARO RÍTMICO DE POTENCIALES DE ACCIÓN.

ESTE FENÓMENO SE PRODUCE POR LA PERMEABILIDAD VARIABLE QUE MUESTRAN LOS CANALES DE SODIO (AUMENTO) Y POTASIO (DISMINUCIÓN).



DISMINUCIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL  $K^+$

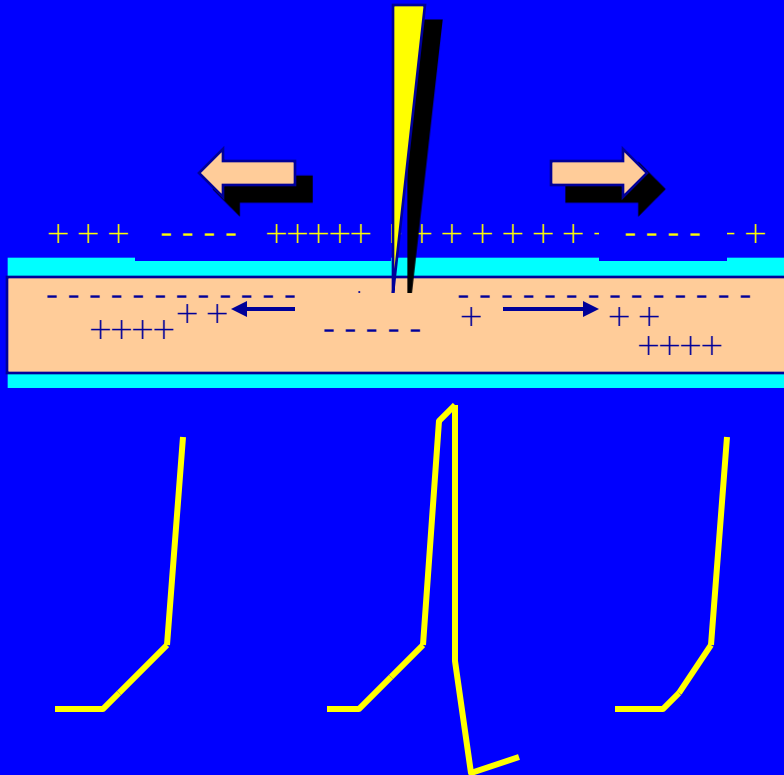
AUMENTO DE LA PERMEABILIDAD DEL  $Na^+$

HIPERPOLARIZACIÓN

# **MODIFICACIÓN DE LA EXCITABILIDAD**

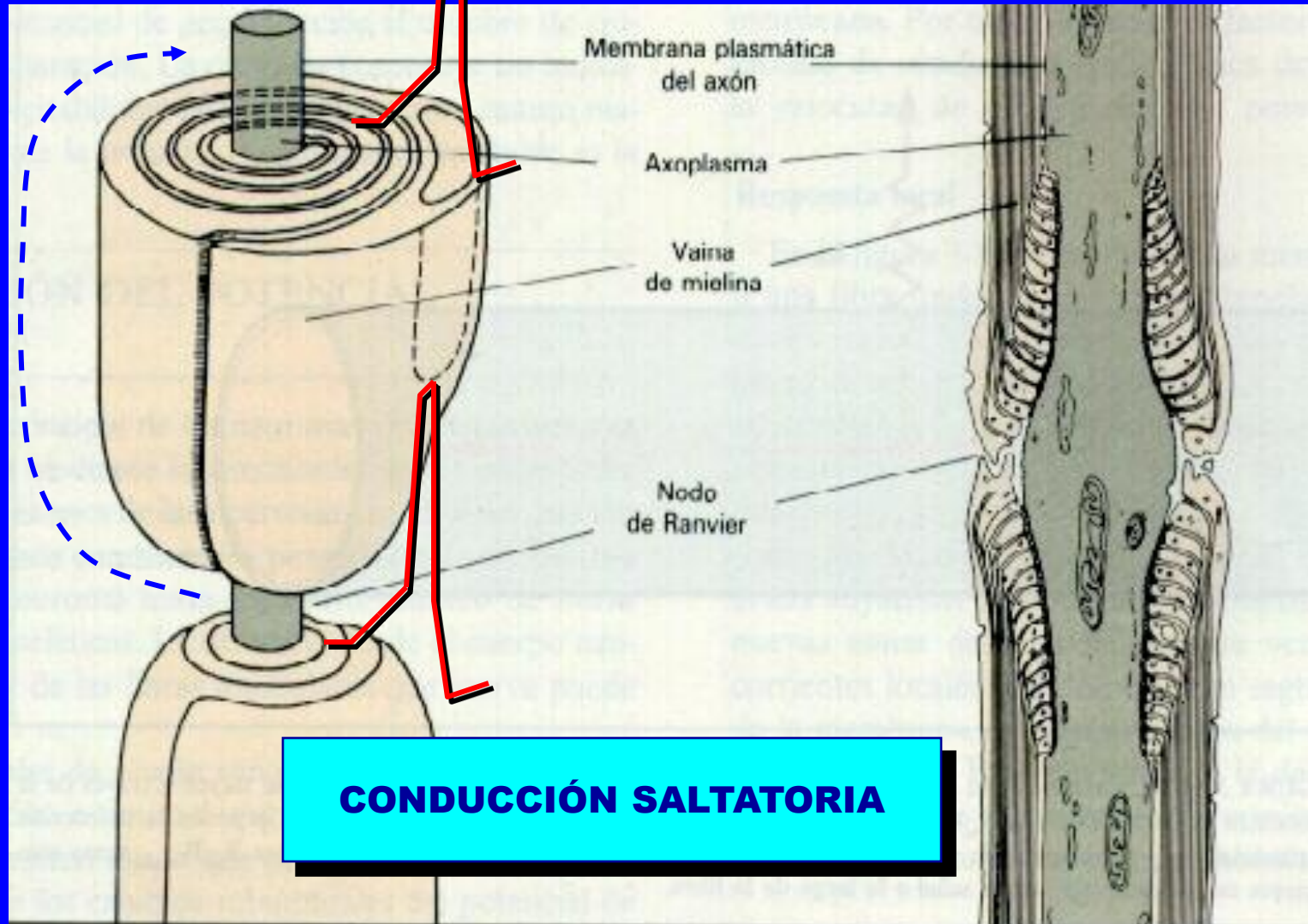
- **LA EXCITABILIDAD DE UNA MEMBRANA PUEDE MODIFICARSE POR VARIACIÓN DEL POTENCIAL UMBRAL.**
- **LA PRESENCIA DE IONES  $\text{Ca}^{++}$  DISMINUYE LA EXCITABILIDAD POR AUMENTO DEL POTENCIAL UMBRAL.**
- **DETERMINADAS SUSTANCIAS RETRASAN LA APERTURA DE LOS CANALES DE  $\text{Na}^+$  (ANESTÉSICOS)**
- **LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE  $\text{K}^+$**

# PROPAGACIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN



- EL POTENCIAL DE ACCIÓN SE PROPAGA POR LA APARICIÓN DE UN GRADIENTE ELÉCTRICO EN EL INTERIOR DE LA MEMBRANA QUE DESPLAZA CARGAS POSITIVAS CREANDO CORRIENTES ELECTRO-TÓNICAS EN LAS REGIONES ADYACENTES.
- TALES CORRIENTES SON LA CAUSA DE LA DESPOLARIZACIÓN QUE SE PROPAGA DE FORMA CENTRÍFUGA, HASTA LOS EXTREMOS DEL AXÓN.
- LA VELOCIDAD DEPENDERÁ DE:
  - LA DENSIDAD DE CARGA POSITIVA GENERADA POR LA CORRIENTE DE SODIO.
  - EL GROSOR DEL AXÓN
  - LA PRESENCIA DE MIELINA

# FIBRAS MIELÍNICAS



# CARACTERIZACIÓN DE UN SUERO

COMPOSICIÓN (1L)	C. REAL (Mm/L)	Nº.PARTIC	C.APARENTE (mOsm/kg)
<b>ClNa .... 5 g</b>	$\frac{5000/58,5}{1} = 85,5$	<b>2</b>	<b>171</b>
<b>Cl<sub>2</sub>C 6H<sub>2</sub>O.. 0,5 g</b>	$\frac{500/219}{1} = 2,3$	<b>3</b>	<b>6,9</b>
<b>GLUCOSA .. 15 g</b>	$\frac{15000/180}{1} = 83,3$	<b>1</b>	<b>83,3</b>
			<b>261,2</b>