

**FISIOLOGIA MEDICINA**

**FISIOLOGÍA  
DEL  
APARATO DIGESTIVO**

**2009**

**Ximena Páez**

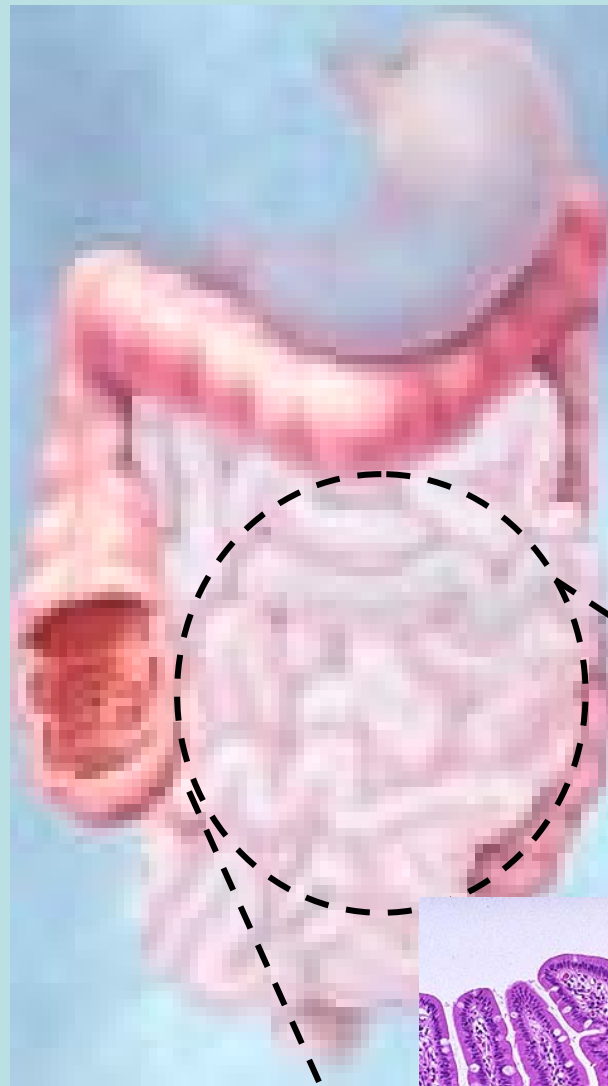
# TEMA 11

I. ABSORCIÓN AGUA  
Y ELECTROLITOS

II. SECRECIÓN  
ELECTROLITOS

III. ABS. MINERALES,  
VIT HIDROSOLUBLES

IV. MALABSORCIÓN





## ENTRADAS

2.0 l ingesta

1.5 l saliva

0.5 l bilis

2.0 l s. gástrica

1.5 l s. pancreática

1.5 l s. intestinal

7.5 l en intestino delgado

1.4 l en colon

0.1 l en heces

## I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

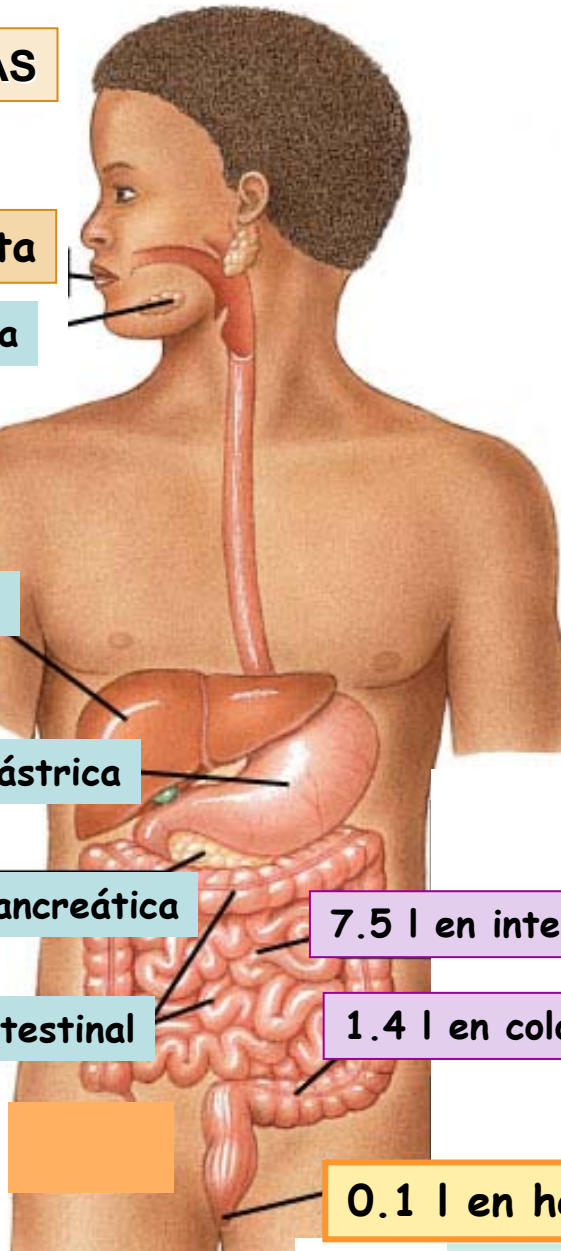
### BALANCE DE AGUA

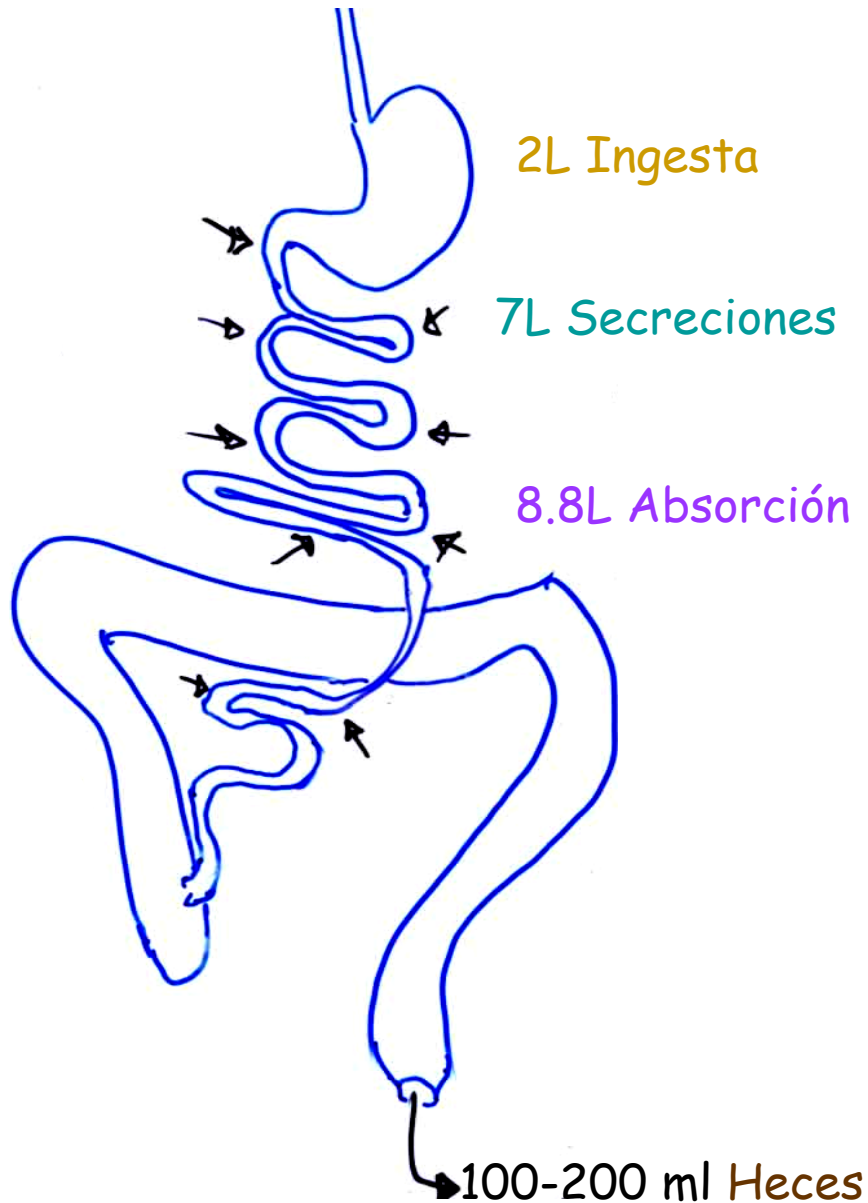
7.0 l secreciones

9.0 L TOTAL EN LA LUZ

8.9 L ABSORBIDO POR INTESTINO

9.0 L RETIRADOS DE LA LUZ





# 1. ABSORCIÓN AGUA

## BALANCE agua

### RECAMBIO DIARIO DE AGUA

	ml
INGERIDO	2000
SECRETIONES ENDÓGENAS	7000
• SALIVA	1500
• J. GÁSTRICO	2500
• BILIS	500
• J. PANCREÁTICO	1500
• J. INTESTINAL	1000
ENTRADA TOTAL	9000
REABSORCIÓN	8800
• YEYUNO	5500
• ILEON	2000
• COLON	1300
EQUILIBRIO	200

# 1. ABSORCIÓN AGUA

**EI INTESTINO**  
recibe 9 lts de líquido

**ABSORBE**  
prácticamente todo

elimina sólo 100-200 ml!

**MUY IMPORTANTE**

Entender  
**LA ABSORCIÓN DEL AGUA**



# 1. ABSORCIÓN AGUA

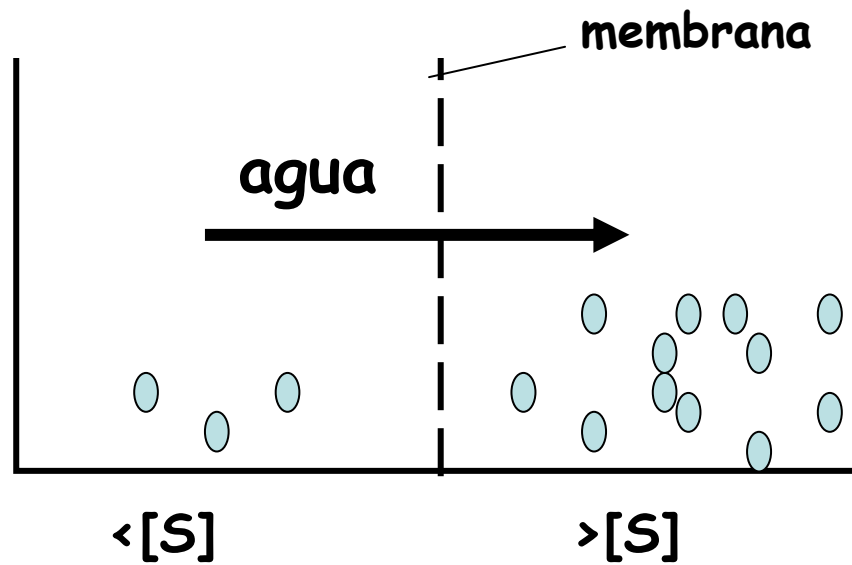
## Conceptos

### ÓSMOSIS

Difusión de moléculas de un SOLVENTE (agua) hacia donde hay mayor concentración de SOLUTO al cual la membrana es impermeable

# 1. ABSORCIÓN AGUA

## ÓSMOSIS



## 1. ABSORCIÓN AGUA

### ÓSMOSIS en TGI

¿Qué es lo que importa en el movimiento de agua por ósmosis?

Molaridad vs. Masa?

Nº de partículas vs Tamaño?





# 1. ABSORCIÓN AGUA

## ÓSMOSIS en TGI

En el movimiento del AGUA importa:

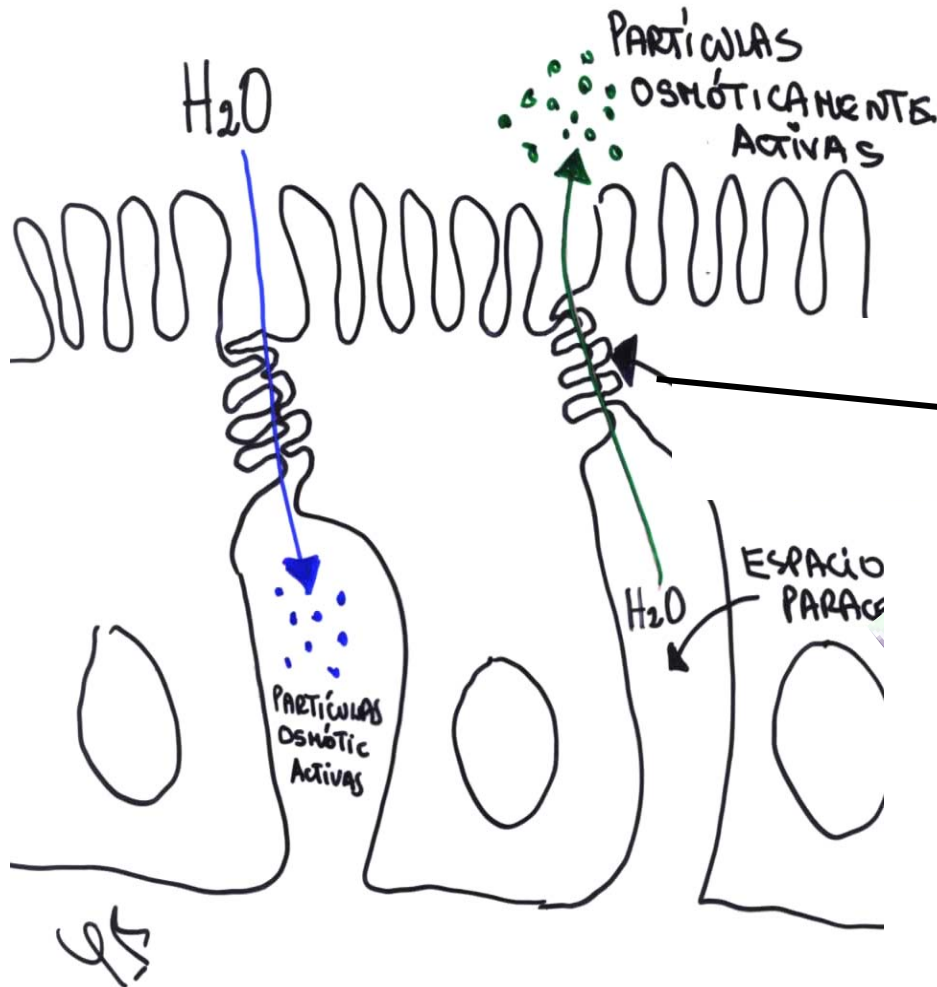
- \* Diferencias de MOLARIDAD y no de masa
- \* N° de PARTÍCULAS de soluto y no su tamaño

**No confundir!!!**



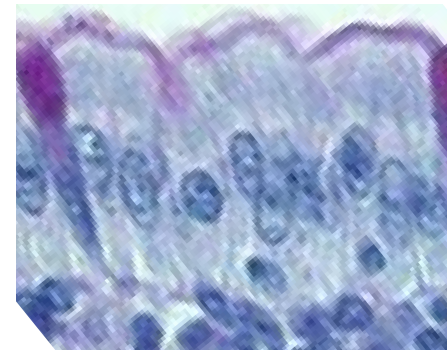
# 1. ABSORCIÓN AGUA

## ÓSMOSIS en TGI



**UNIONES ESTRECHAS =  
"Membrana semipermeable"**

- Permeable al agua
- Impermeable a grandes solutos



# 1. ABSORCIÓN AGUA

## ÓSMOSIS en TGI

### ABSORCIÓN: LUZ A LA SANGRE

**COMPARTIMIENTOS**

**LUZ**

**ENTEROCITO**

**INTERSTICIO**

**SANGRE**

**MEMBRANAS  
semipermeables**

**APICAL**

**BASOLATERAL**

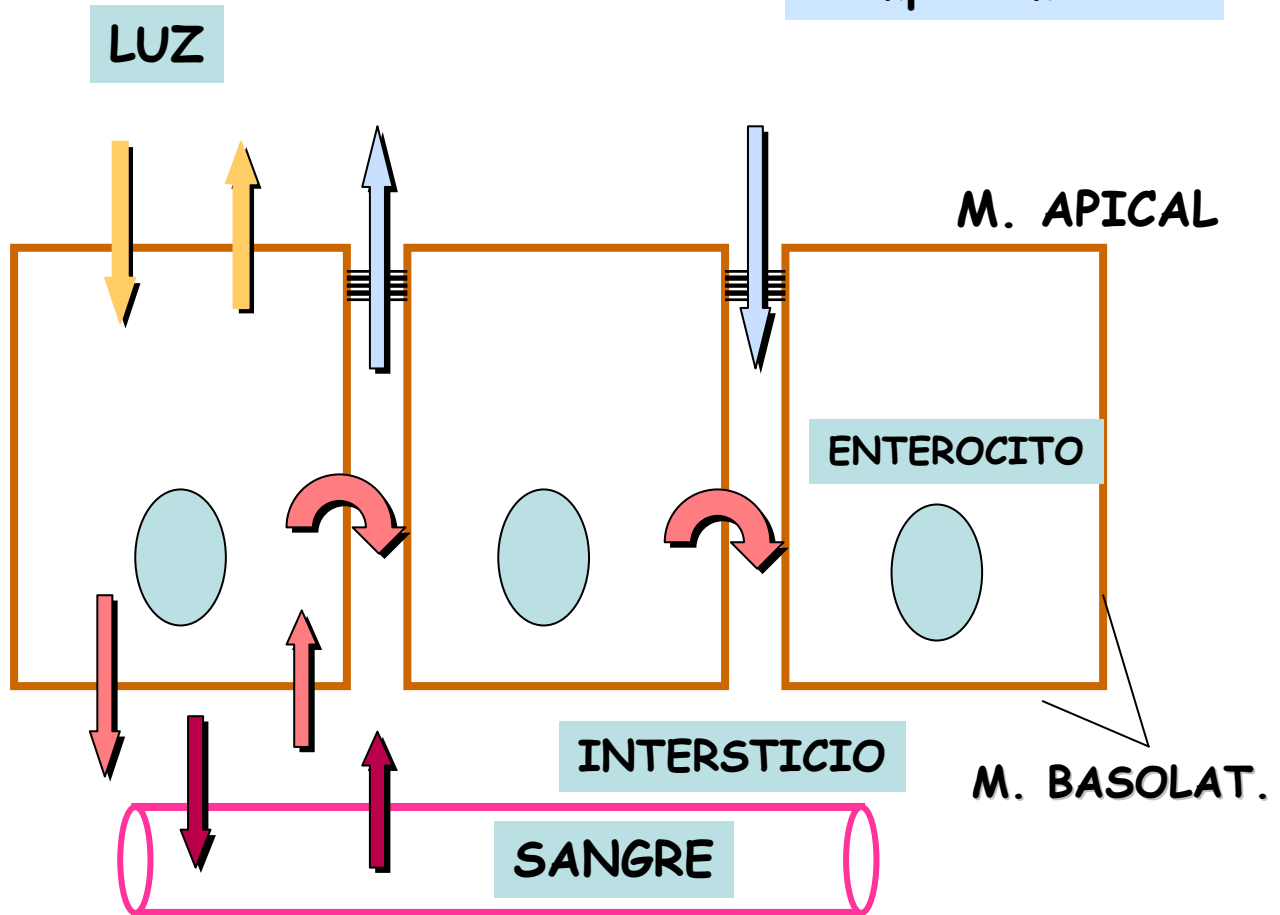
**UNIONES ESTRECHAS**

**CAPILAR**



# ÓSMOSIS en TGI

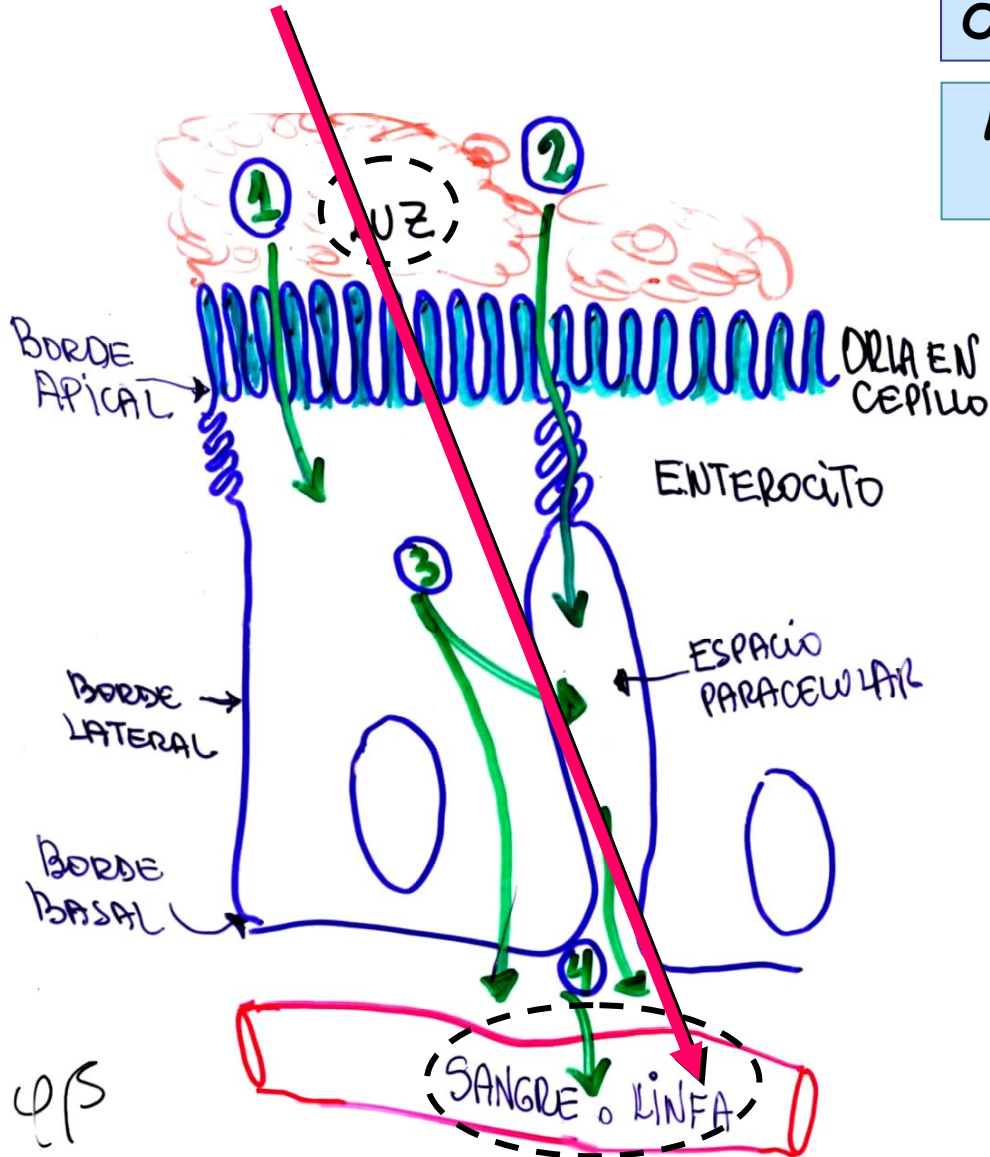
Mov. entre compartimientos





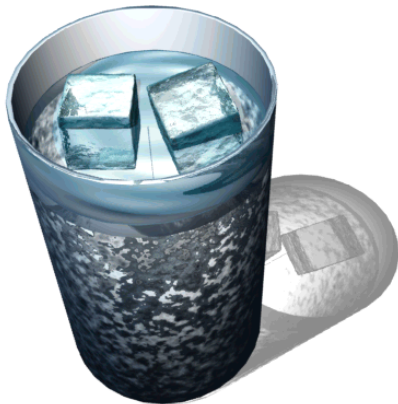
# ÓSMOSIS en TGI

Movimiento entre compartimientos



eps

# I. ABSORCIÓN AGUA - ELECTROLITOS



1. AGUA
2. SODIO
3. CLORO
4. BICARBONATO
5. REGULACIÓN

## ABSORCIÓN DE AGUA

1. **Movimiento de agua TGI**
2. Secuencia movimiento osmótico del agua
3. Abs. contra gradiente osmótico
4. Abs. intestino delgado y colon
5. Distribución proteínas de la membrana

# 1. ABSORCIÓN AGUA

## Movimiento de agua en TGI

- Difusión simple
- Generación gradientes osmóticos
- Propósito
- Acoplamiento con solutos





# 1. ABSORCIÓN AGUA

## Movimiento en TGI

### 1. DIFUSIÓN SIMPLE

- Movimiento pasivo siguiendo gradientes osmóticos
- El agua entra y sale de las células con flujo neto cero



# 1. ABSORCIÓN AGUA

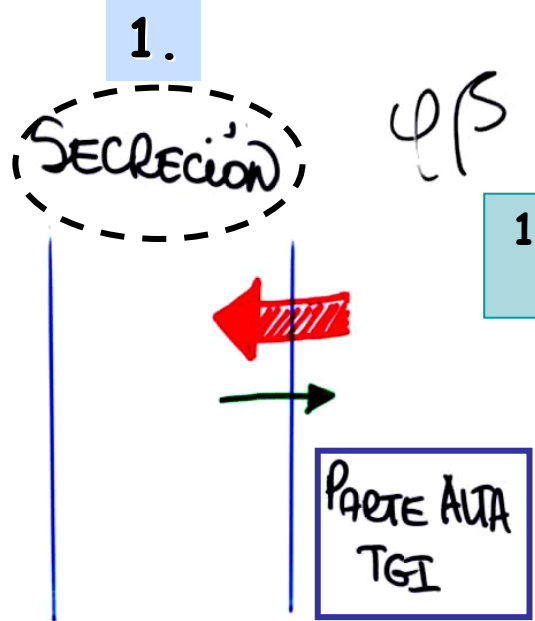
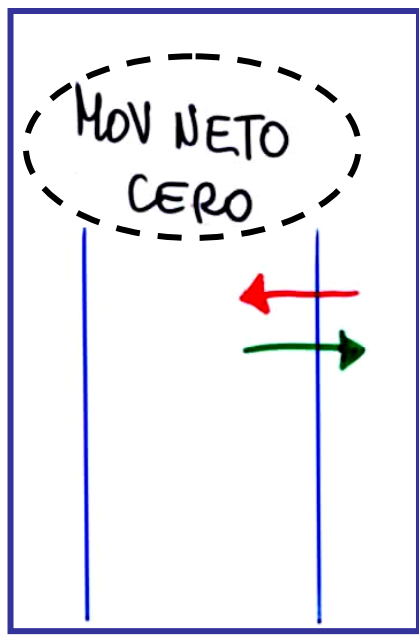
Movimiento en TGI

\* Paso de la LUZ a la SANGRE:

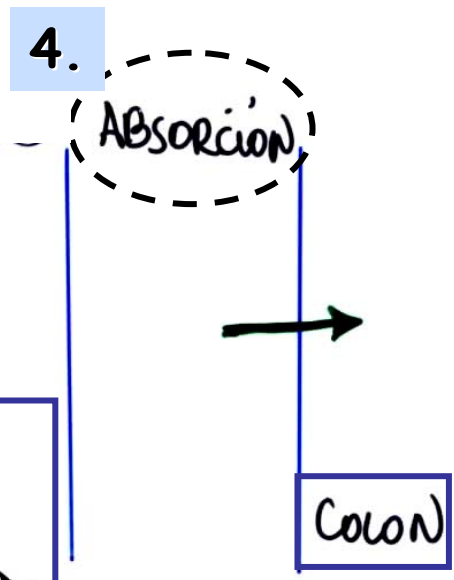
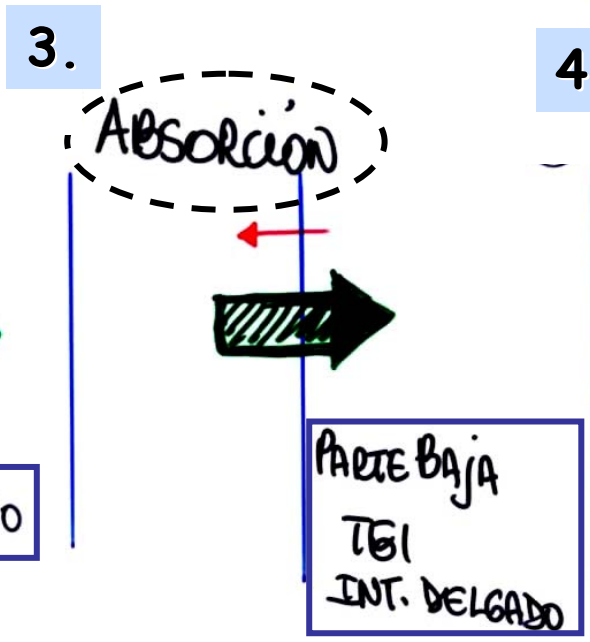
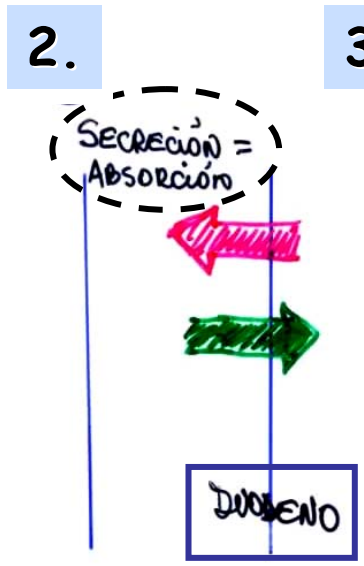
**ABSORCIÓN**

\* Paso del ENTEROCITO a la LUZ:

**SECRECIÓN**



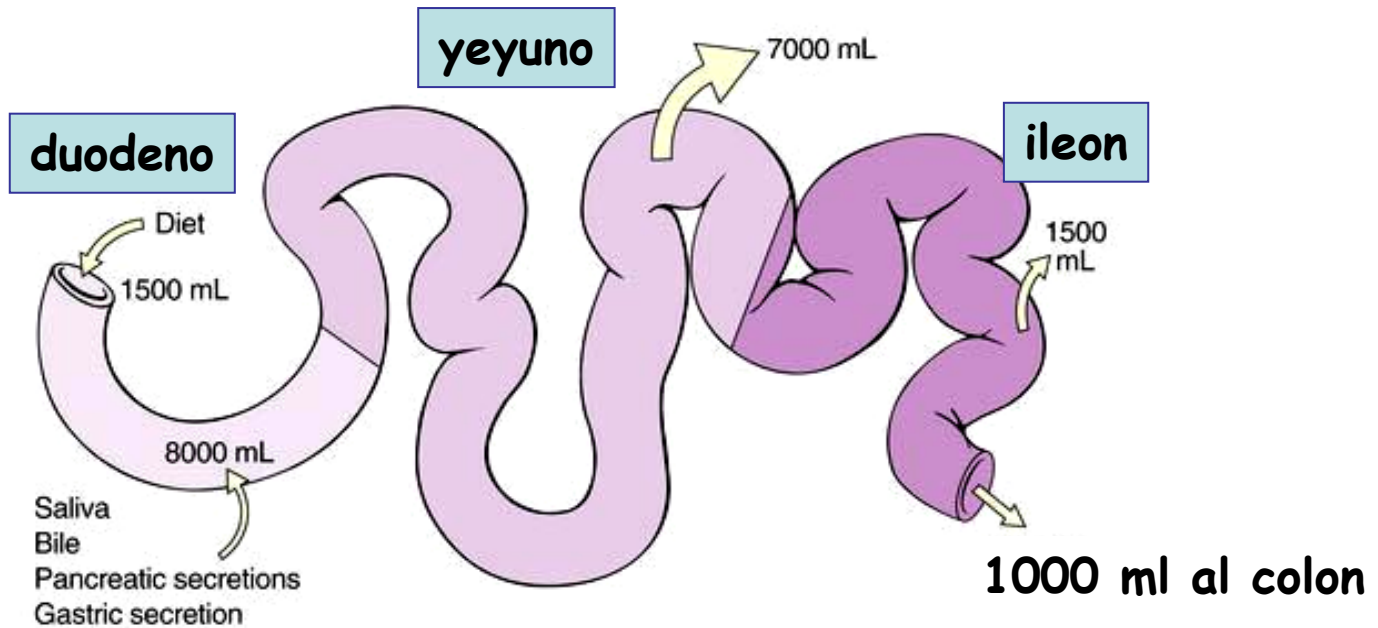
1. ABSORCIÓN AGUA



Variaciones Regionales Flujo Neto

# 1. ABSORCIÓN AGUA

## Movimiento en TGI



**Secreción =  
Absorción**

**Más absorción**



# 1. ABSORCIÓN AGUA

## Movimiento en TGI

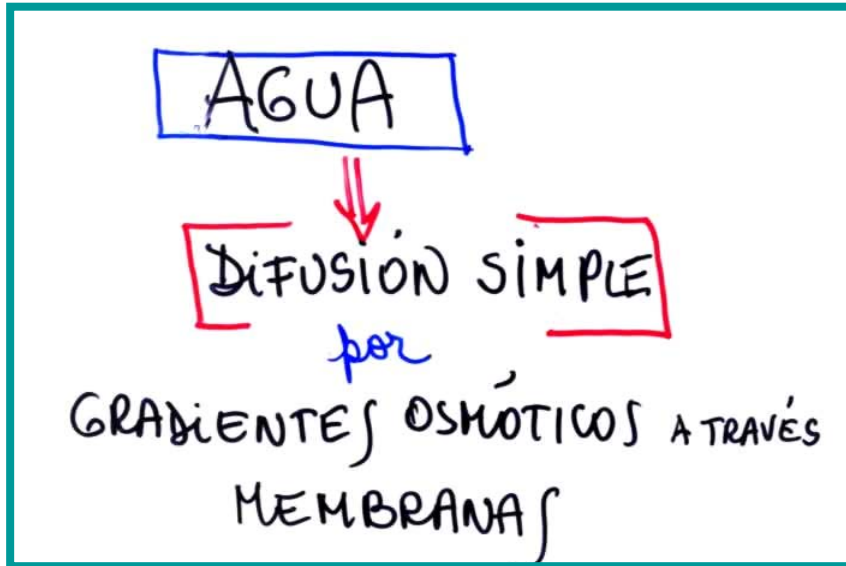
	SECRECIÓN	ABSORCIÓN
• BOCA-ESTÓMAGO	+++	
• DUODENO	+++	+++
• YEYUNO-ILEON COLON	0/0	+++



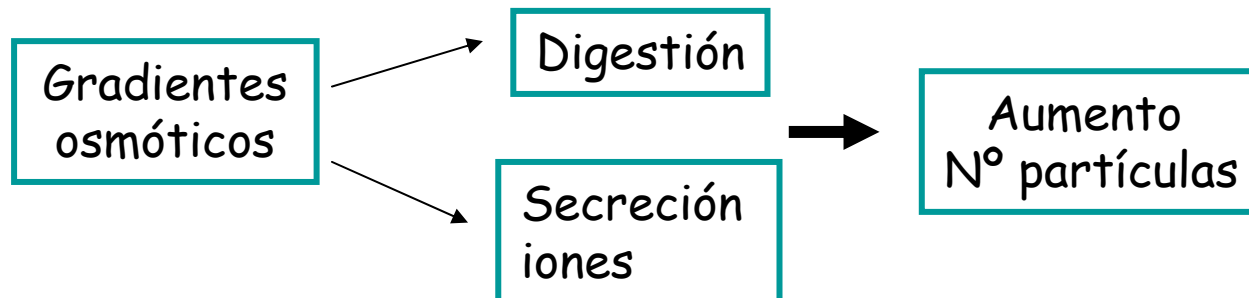
# 1. ABSORCIÓN AGUA

Movimiento en TGI

## 2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS



$\psi_s$





# Movimiento en TGI

## 2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS

1



DIGESTIÓN

2



H<sub>2</sub>O SE SECRETA

**Digestión de nutrientes**  
\* aumenta la osmolaridad  
\* sale agua a la luz

3



ABSORCIÓN

H<sub>2</sub>O SE ABSORBE

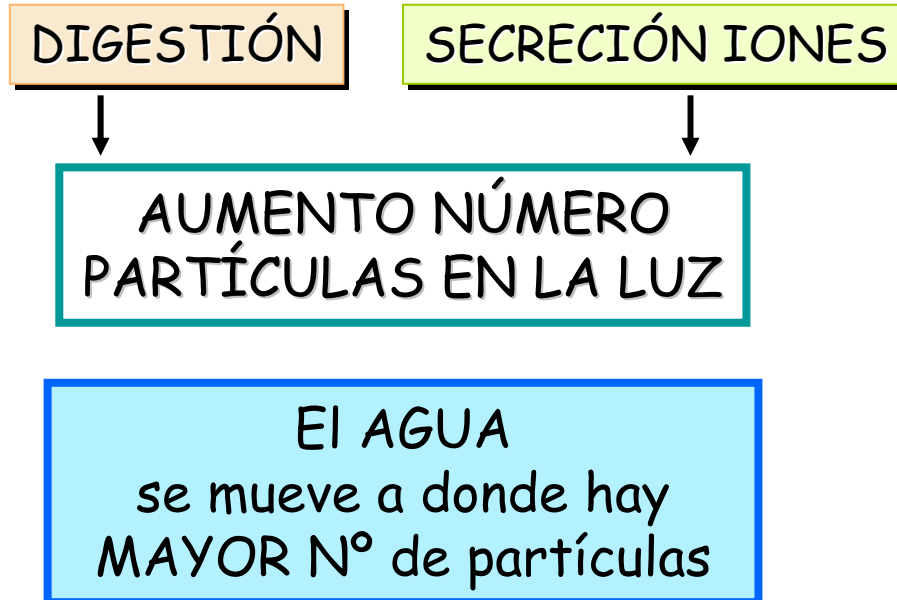






## Movimiento agua en TGI

### 2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS





# 1. ABSORCIÓN AGUA

Movimiento en TGI

## 3. PROPÓSITO DEL MOV. DE AGUA

Mantener isoosmolaridad  
del contenido intestinal  
con el plasma



## 1. ABSORCIÓN AGUA

Movimiento en TGI

## 4. ACOPLAMIENTO CON SOLUTOS

"el agua sigue a las partículas osmóticamente activas"



Movimiento agua en TGI

#### 4. ACOPLAMIENTO CON SOLUTOS

Concepto fundamental  
para entender la  
**ABSORCIÓN INTESTINAL**

Movimiento de agua depende de  
absorción de solutos,  
especialmente

**SODIO**

# I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

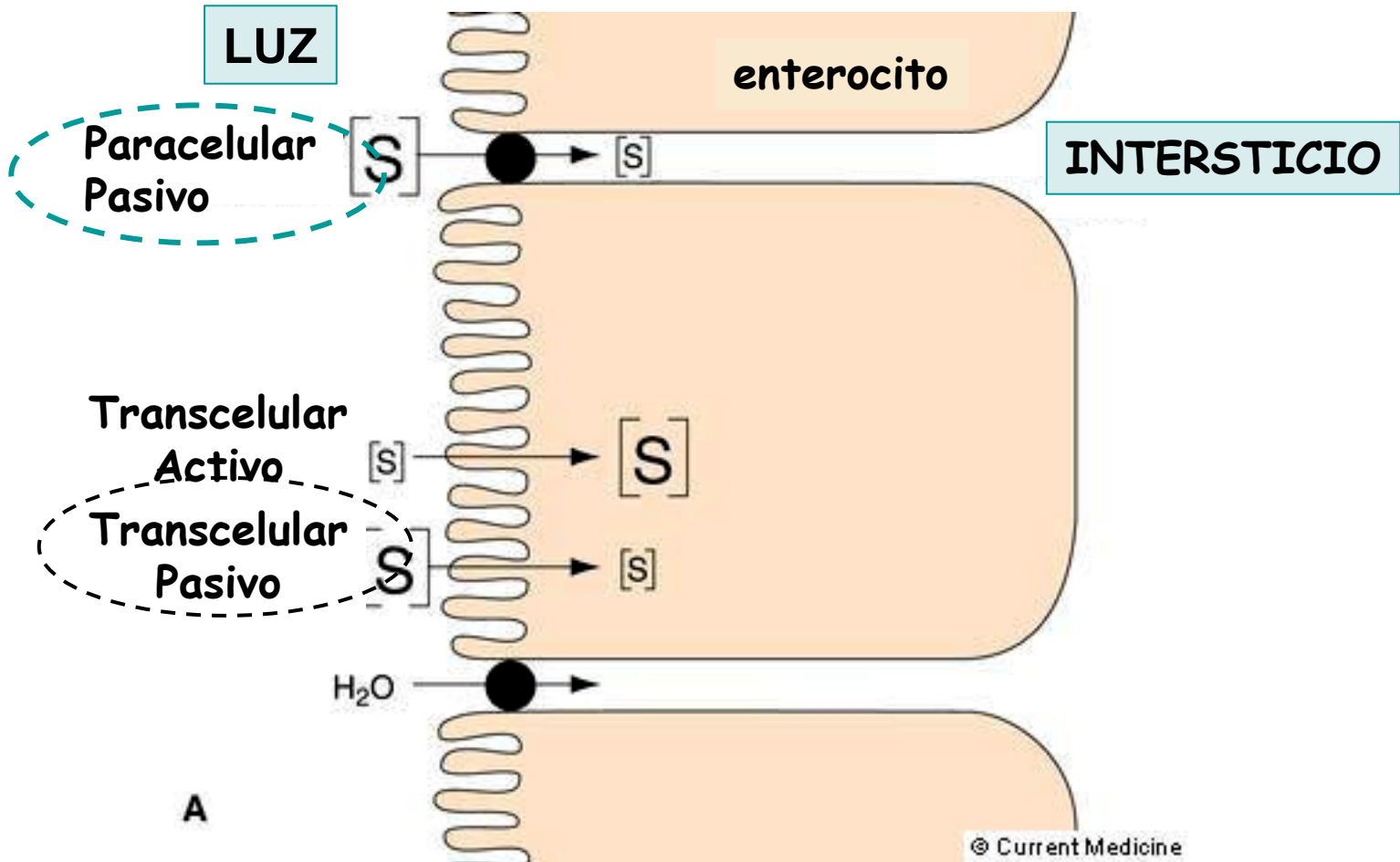
## ABSORCIÓN DE AGUA



1. Movimiento de agua a lo largo del TGI
2. Secuencia movimiento osmótico del agua
3. Abs. contra gradiente osmótico
4. Abs. intestino delgado y colon
5. Distribución de proteínas de membrana

# 1. ABSORCIÓN AGUA

SECUENCIA  
MOV. OSMÓTICO



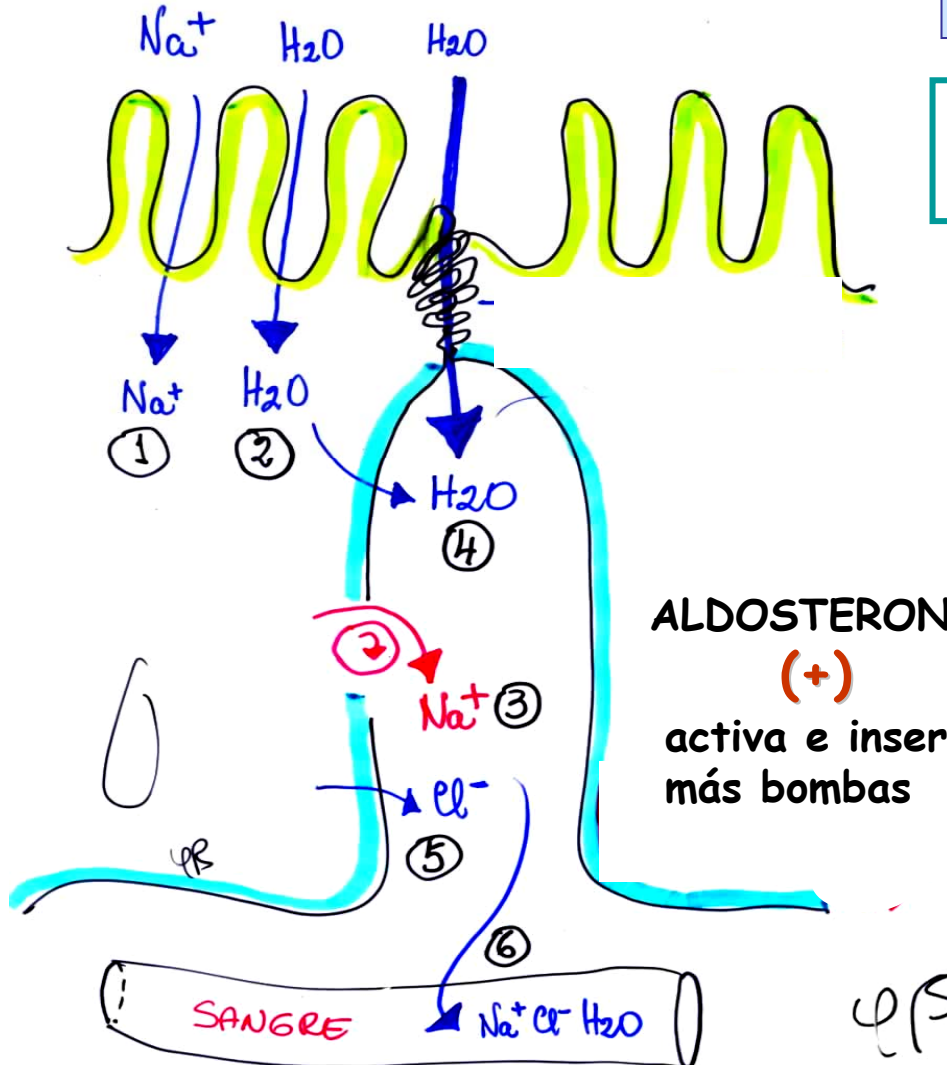


LUZ

# 1. ABSORCIÓN AGUA

SECUENCIA  
MOV. OSMÓTICO

Mov. Paracelular  
el más importante



## ABSORCIÓN DE AGUA

1. Movimiento de agua a lo largo del TGI
2. Secuencia movimiento osmótico del agua
- 3. Abs. contra gradiente osmótico
4. Abs. intestino delgado y colon
5. Distribución de proteínas de membrana





## 1. ABSORCIÓN AGUA

MOV. CONTRA  
GRADIENTE OSMÓTICO

**ILEON y COLON  
contenido  
HIPEROSMOLAR**

**Sin embargo,  
se absorbe prácticamente  
TODA el agua!**

**¿Cómo se explica esto??**

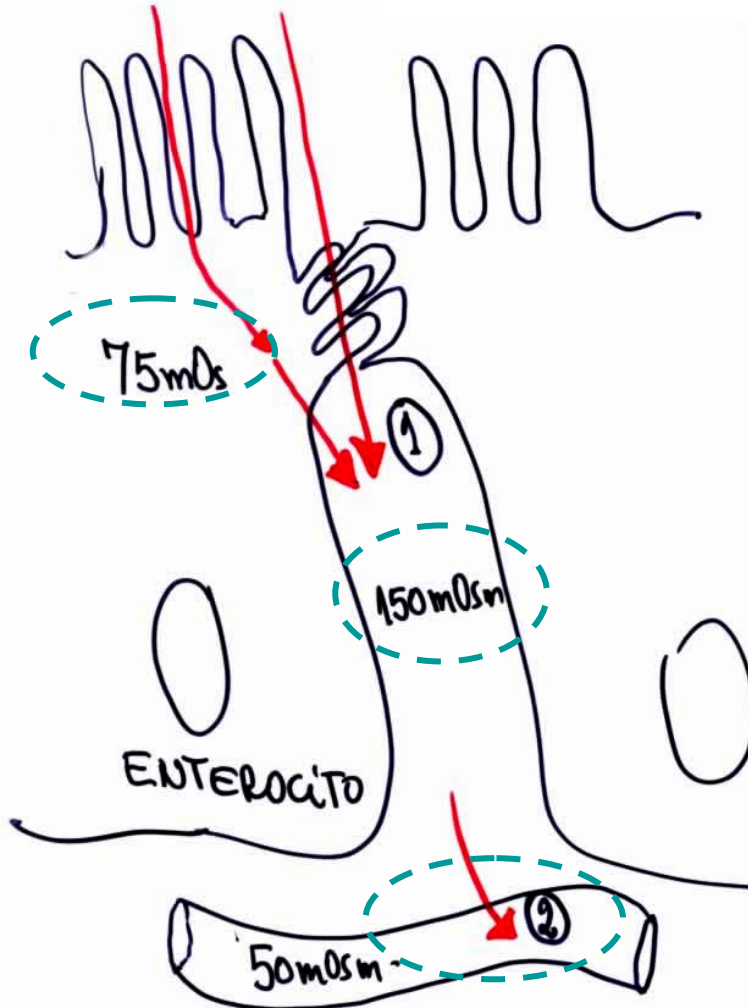


H<sub>2</sub>O

Ileon y colon

# 1. ABSORCIÓN AGUA

MOV. CONTRA GRADIENTE OSMÓTICO



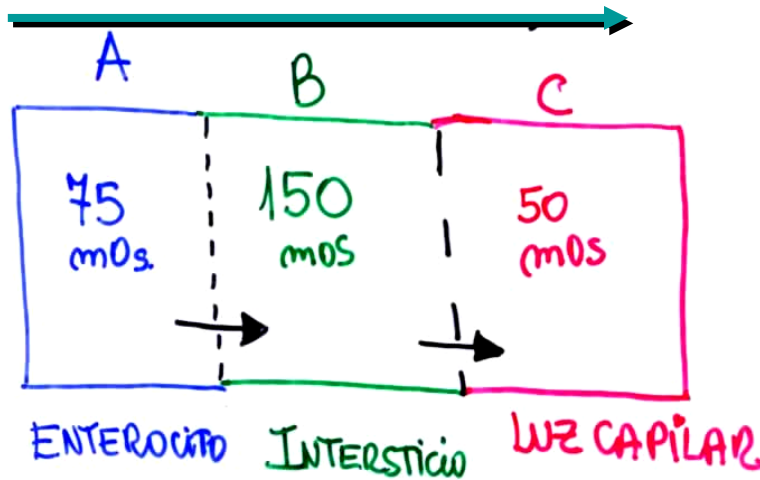
75 mOs a 150 mOs a 50 mOs

# 1. ABSORCIÓN AGUA

MOV. CONTRA GRADIENTE OSMÓTICO

Modelo Curran-Macintosh 1962

Agua tiene que ir del enterocito a la sangre



OSMOLARIDAD  $B > A$   
PERMEABILIDAD  $A:B < B:C$

AGUA  $A \rightarrow B$  ósmosis  
 $B \rightarrow C$  TP. HIDROSTÁTICA en B

AGUA  $A \rightarrow C$   
 $75mOs > 50mOs$

Presión hidrostática en intersticio empuja agua a través de membrana capilar que es más PERMEABLE

## MOV. CONTRA GRADIENTE OSMÓTICO

\* Agua va de la LUZ al INTERSTICIO a mayor osmolaridad

Correcto!

\* P. hidrostática intersticial empuja al agua a través del endotelio capilar LAXO (más permeable) aunque la molaridad sea MENOR!!

Correcto!

\* AGUA va de la LUZ al CAPILAR en contra de gradiente osmótico gracias a diferencias en la permeabilidad de las membranas!!

## **ABSORCIÓN DE AGUA**

1. **Movimiento de agua a lo largo del TGI**
2. **Secuencia movimiento osmótico del agua**
3. **Abs. contra gradiente osmótico**
- 4. **Abs. intestino delgado y colon**
5. **Distribución de proteínas de membrana**



## 1. ABSORCIÓN AGUA

Intestino delgado - Colon

"ABSORCIÓN DEL AGUA  
**ABSOLUTAMENTE DEPENDIENTE**  
DE  
ABSORCIÓN DE SOLUTOS  
PARTICULARMENTE  
**SODIO**"



# ABSORCIÓN AGUA Acoplada al SODIO

Intestino delgado - Colon

## Intestino delgado

1. \* COTRANSPORTE de  $\text{Na}^+$  y otras moléculas
2. ABSORCIÓN ELECTRONEUTRA de  $\text{NaCl}$

\* En comidas

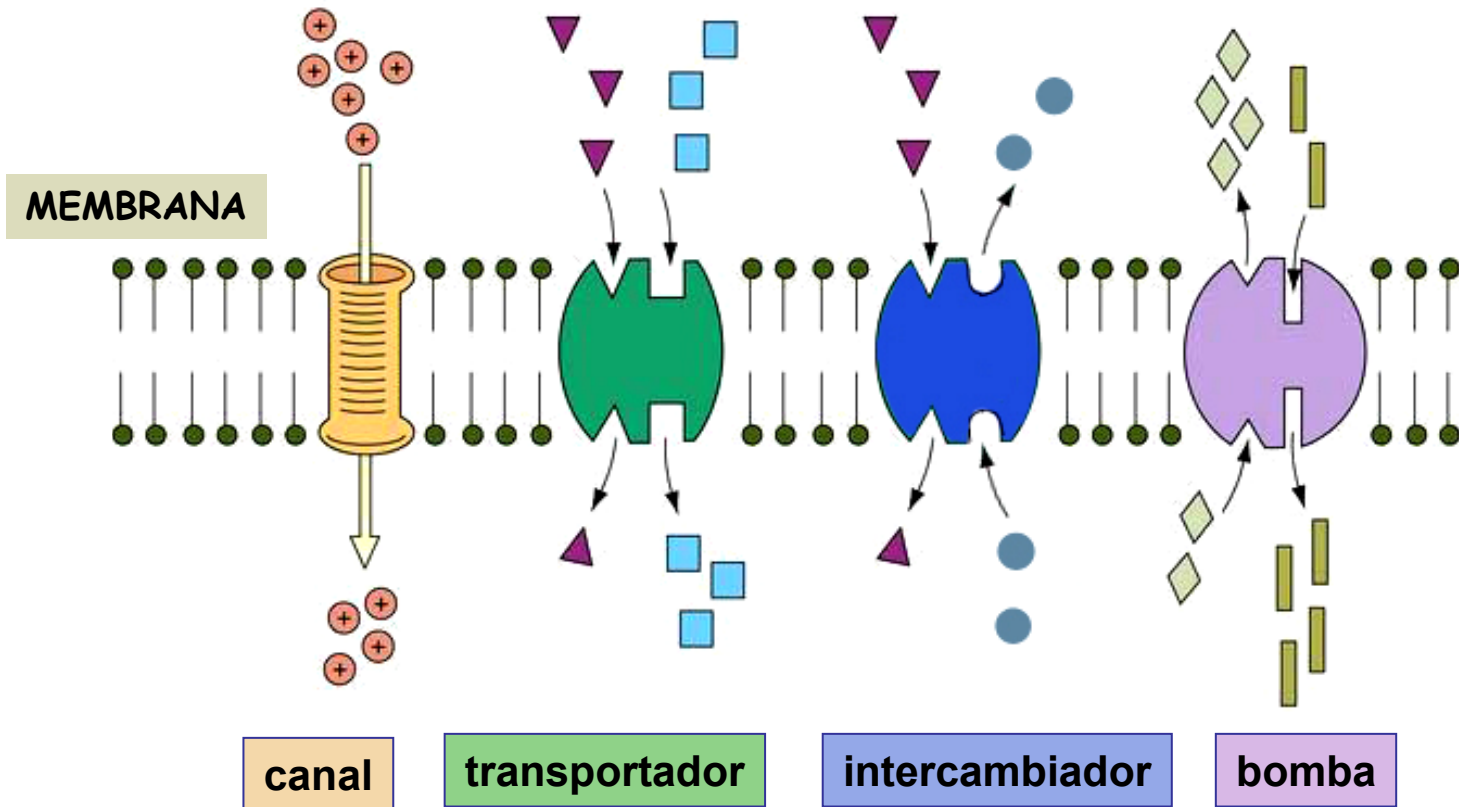
## Colon

1. \* ABSORCIÓN ELECTROGÉNICA de  $\text{Na}^+$  por canales de  $\text{Na}^+$  (colon)
2. ABSORCIÓN ELECTRONEUTRA de  $\text{NaCl}$ .

4/5

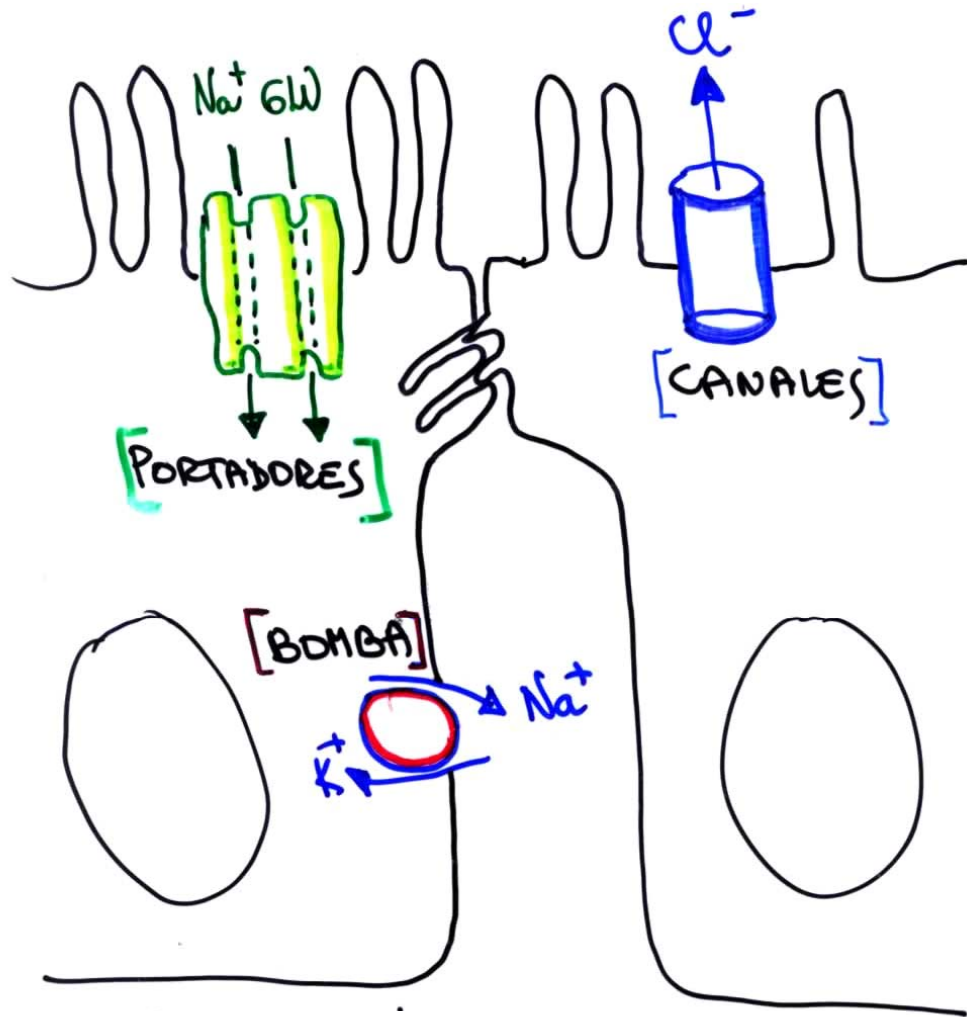
# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

Proteínas Membrana  
Función diferencial





# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS



Distribución  
Proteínas  
Transportadoras



Células polarizadas

4/5



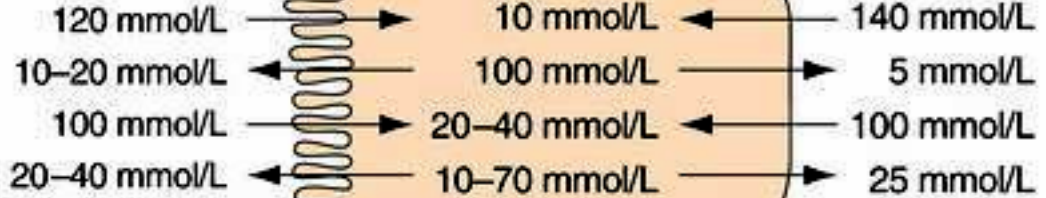
**LUZ**

**INTERSTICIO**

**enterocito**

**Químico**

- [Na]
- [K]
- [Cl]
- [HCO<sub>3</sub>]



**Eléctrico**

Dif. Potencial

0mV

Cations  
Anions

-40 mV

+3 mV

**Movimientos Iones según gradientes**

**Gradiente electroquímico**  
→

Entrar [Na]  
 Salir [K]  
 Entrar [Cl]  
 Salir [HCO<sub>3</sub>]

# I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS

1. Agua

2. SODIO

3. Cloro

4. Bicarbonato

5. Regulación

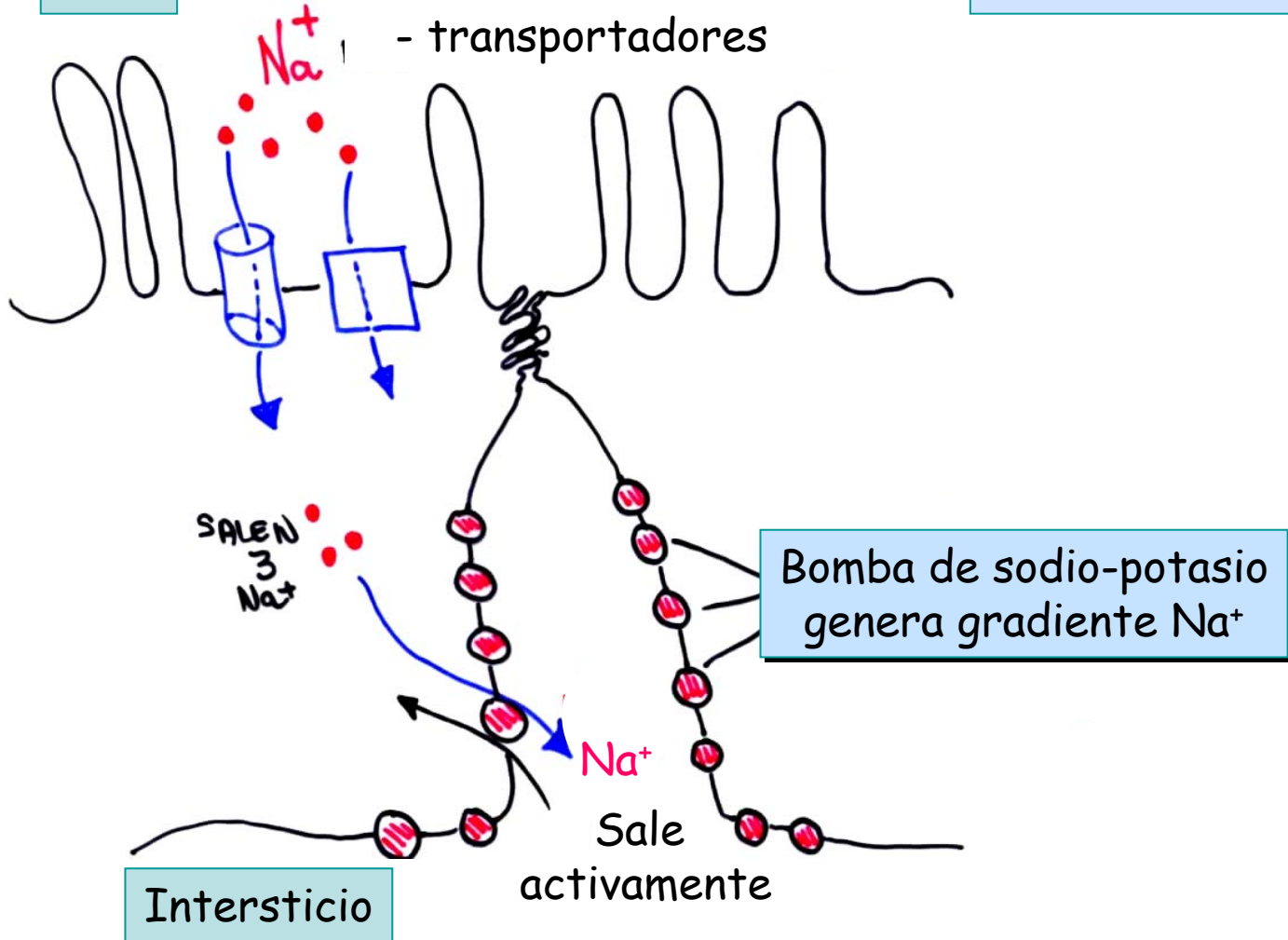
## 2. Absorción Sodio

Mov. PASIVO

Entra pasivamente:  
- canales  
- transportadores



LUZ



Intersticio

Sale activamente

Bomba de sodio-potasio genera gradiente Na<sup>+</sup>

SALEN 3 Na<sup>+</sup>

Na<sup>+</sup>



## 2. ABSORCIÓN SODIO

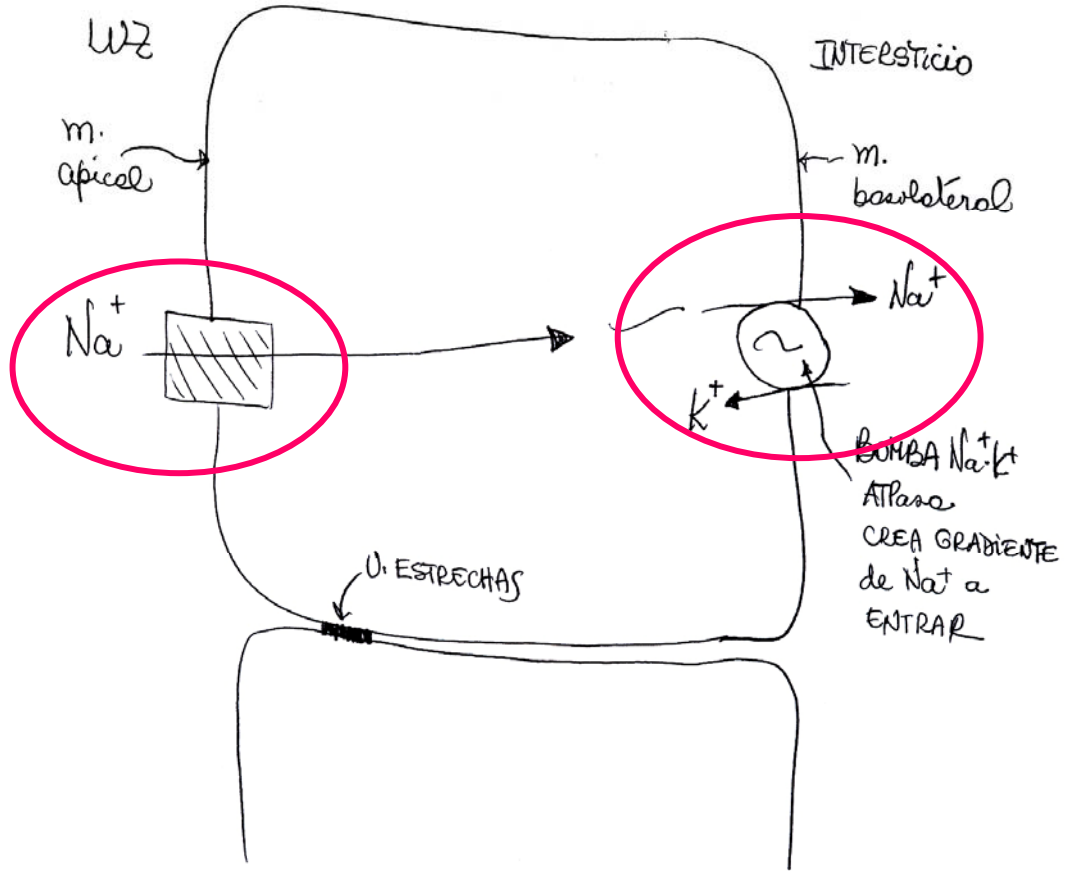
- Abs.  $\text{Na}^+$  - nutrientes  
Intestino delgado medio  
Ingesta
- Abs. Electroneutra  $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$   
Intestino delgado, colon  
Entre comidas
- Abs. electrogénica  $\text{Na}^+$   
Colon
- Abs. Arrastre

El  $\text{Na}^+$  se absorbe 99.5%!!!



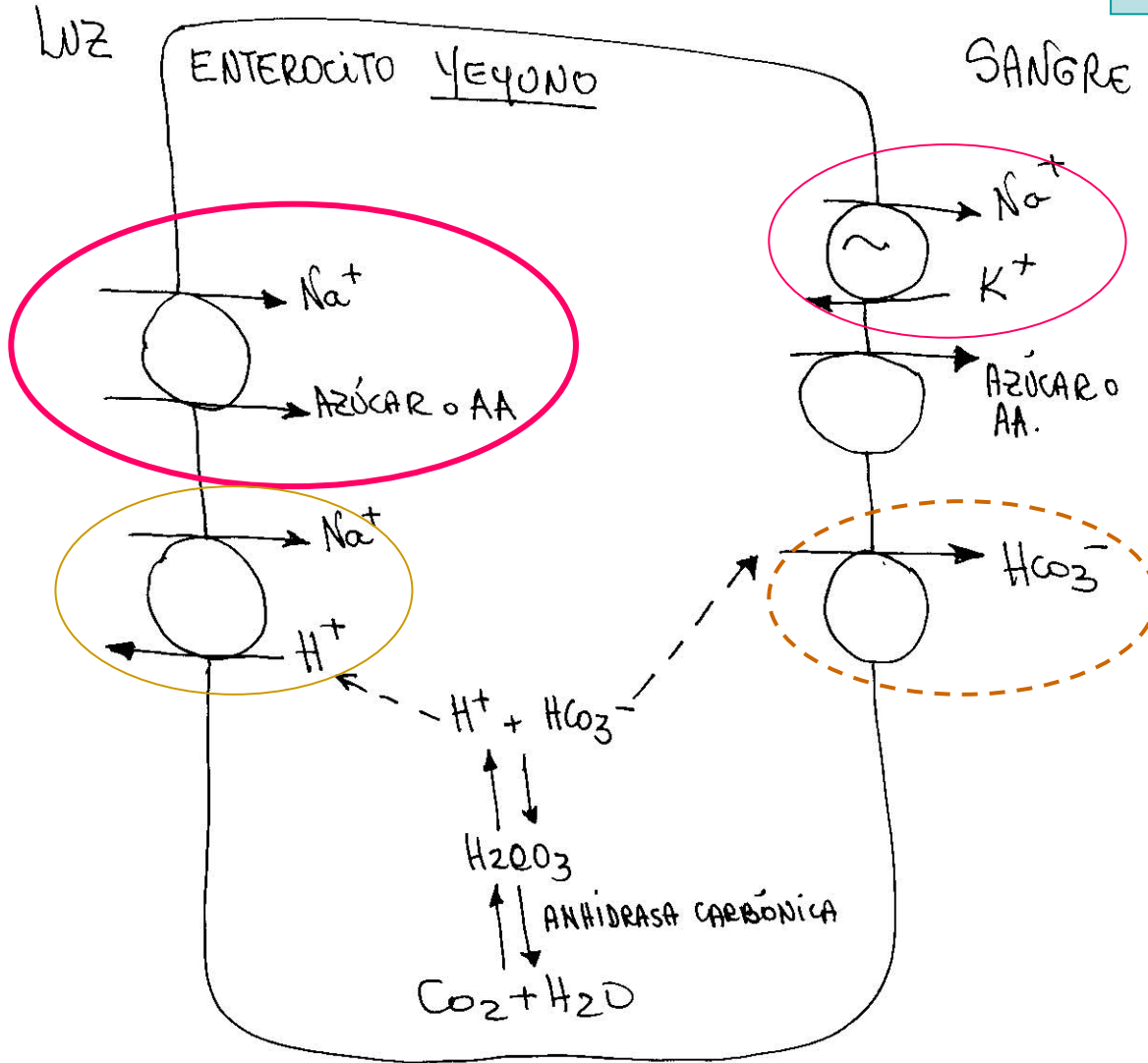
## 2. ABSORCIÓN SODIO

MEC. GENERAL DE ABSORCIÓN



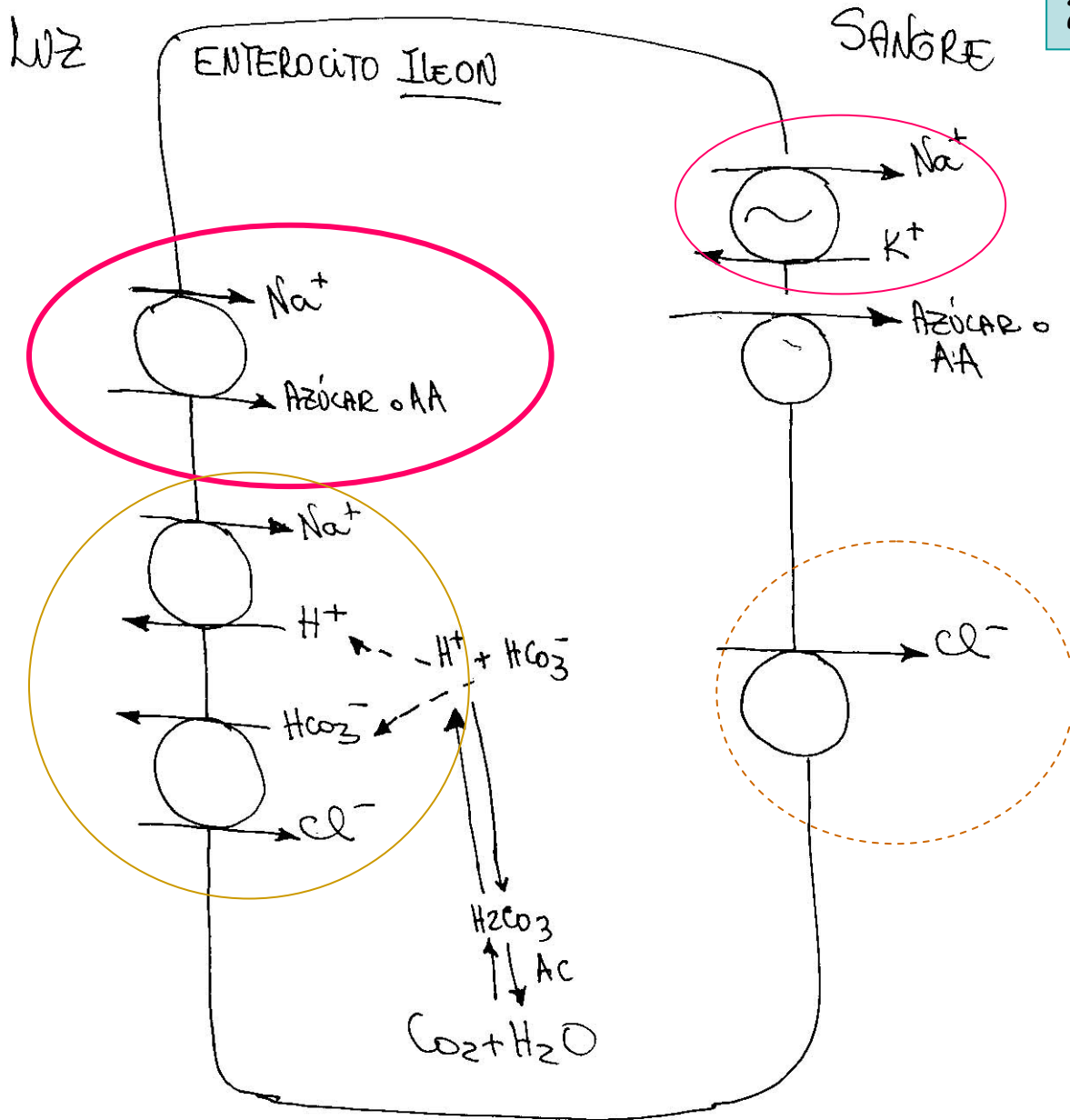
## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. acoplada a Nutrientes (yeyuno)



## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. acoplada a Nutrientes (ileon)







## 2. ABSORCIÓN SODIO

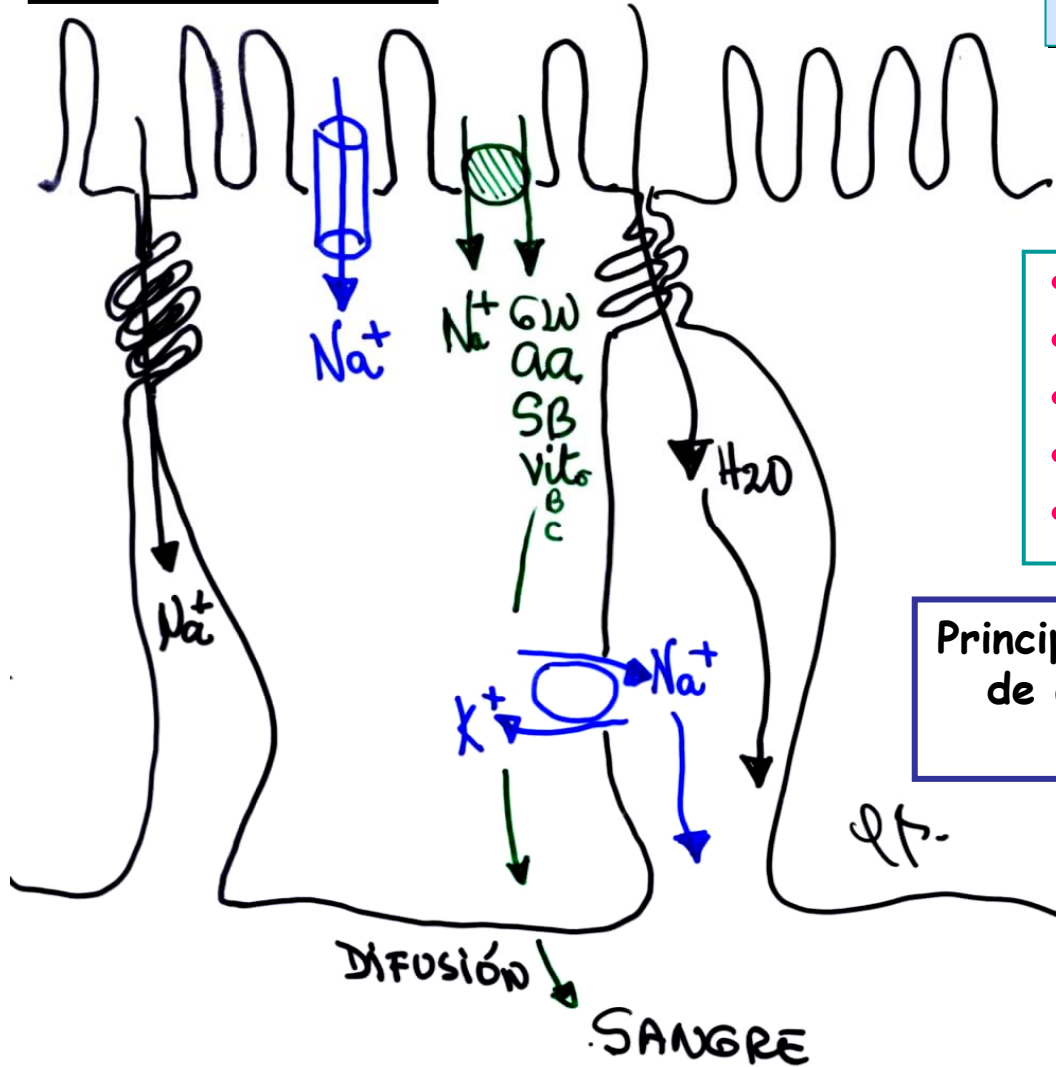
Intestino delgado

Abs. Acoplada a moléculas orgánicas

Con ingesta

- Glucosa galactosa
- Aminoácidos
- Vits B
- Vit C ileon
- Sales biliares ileon

Principal mecanismo absorción de agua durante comida y en I. delgado

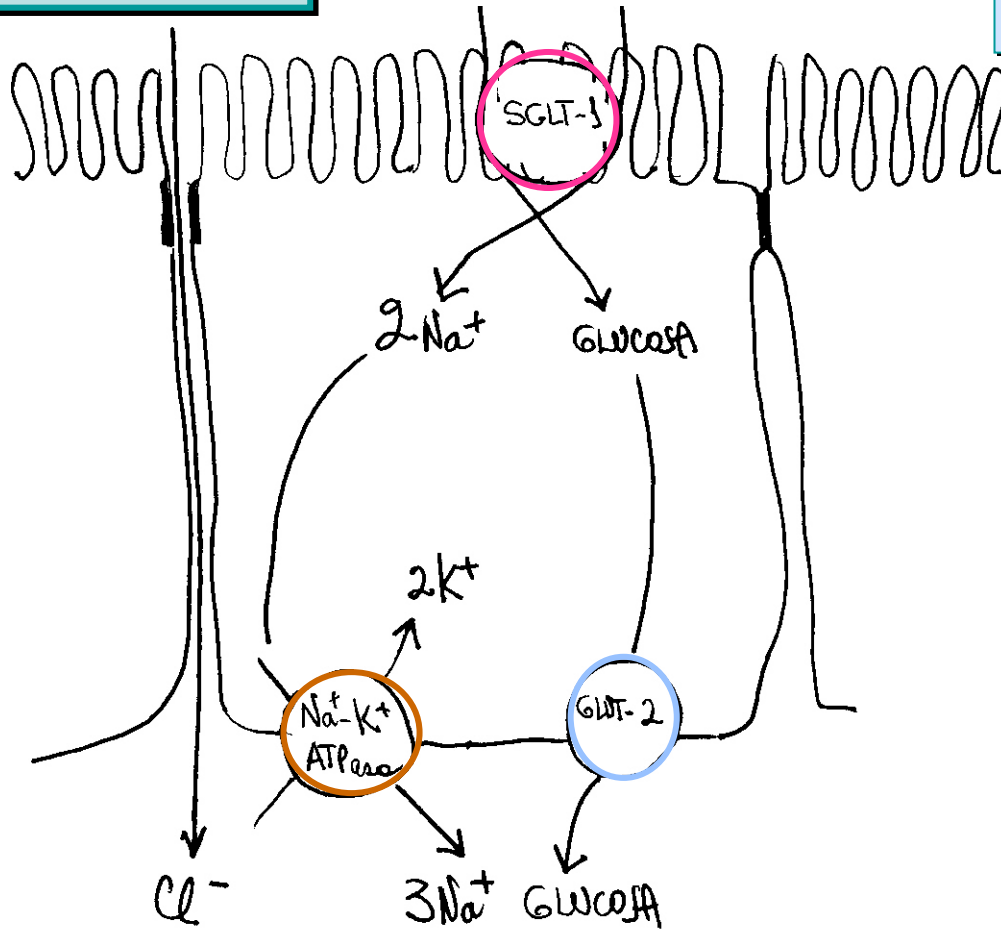




## 2. ABSORCIÓN SODIO

Intestino delgado

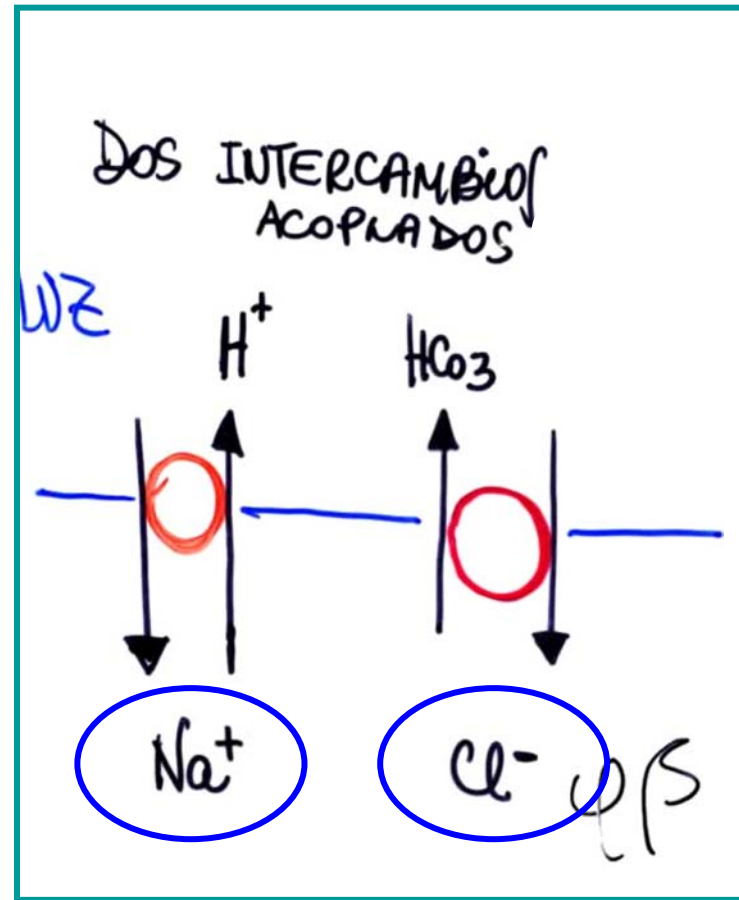
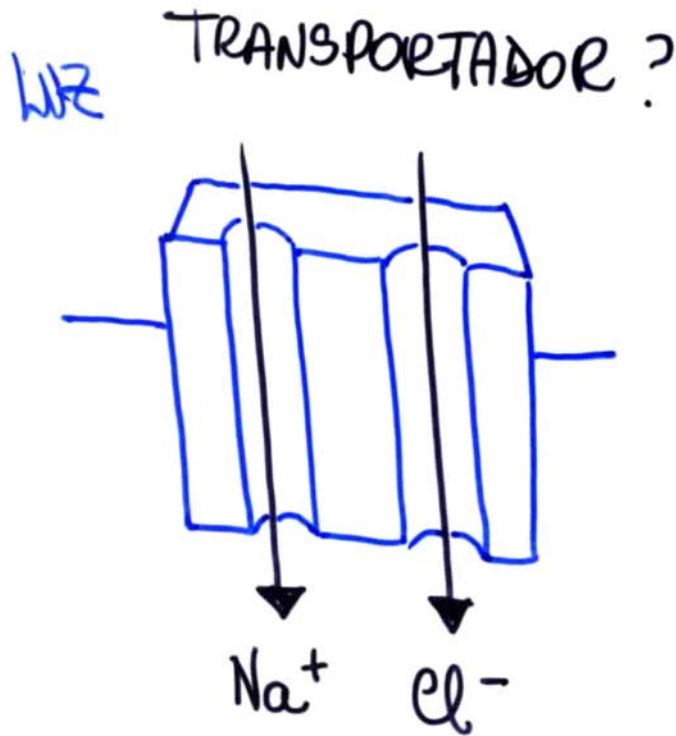
Abs. Acoplada a Nutrientes





## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electroneutra NaCl

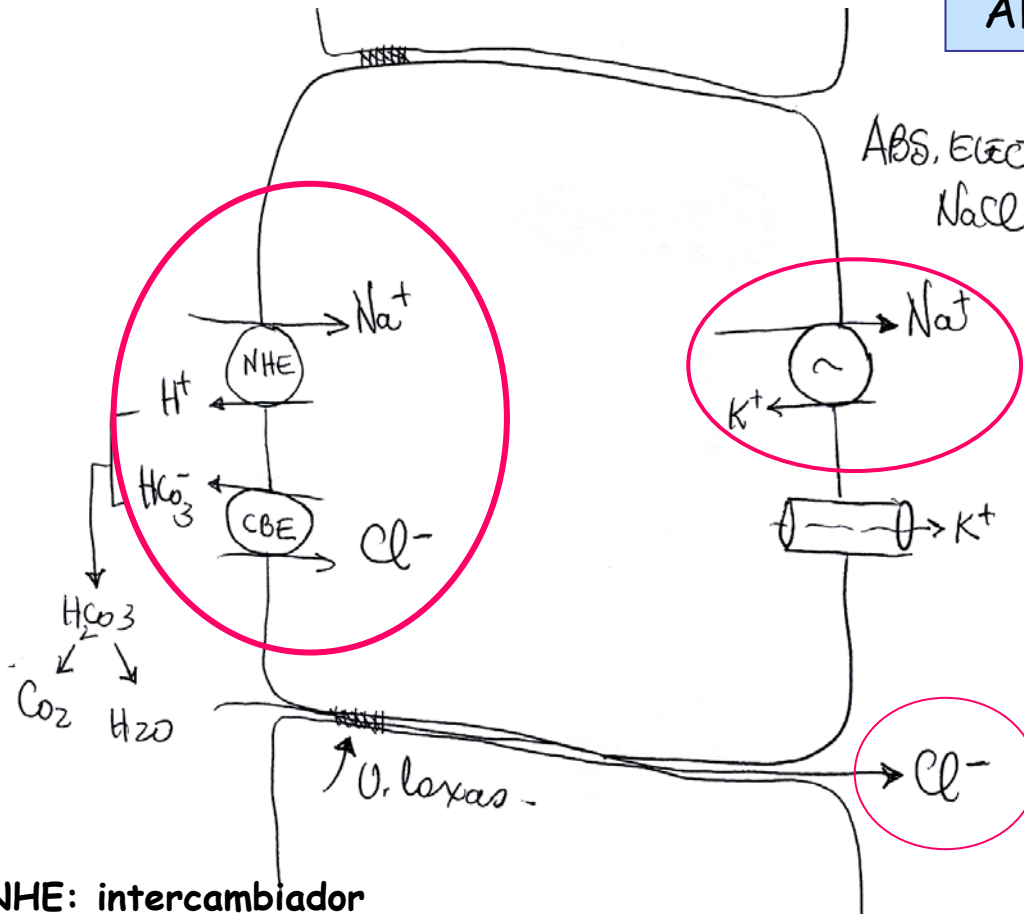




## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electroneutra NaCl

ABS. ELECTRONEUTRA  
NaCl I. delgado



NHE: intercambiador

Na<sup>+</sup> H<sup>+</sup>

CBE: intercambiador

Cl<sup>-</sup> HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>



I. Delgado Colon

## 2. ABSORCIÓN SODIO

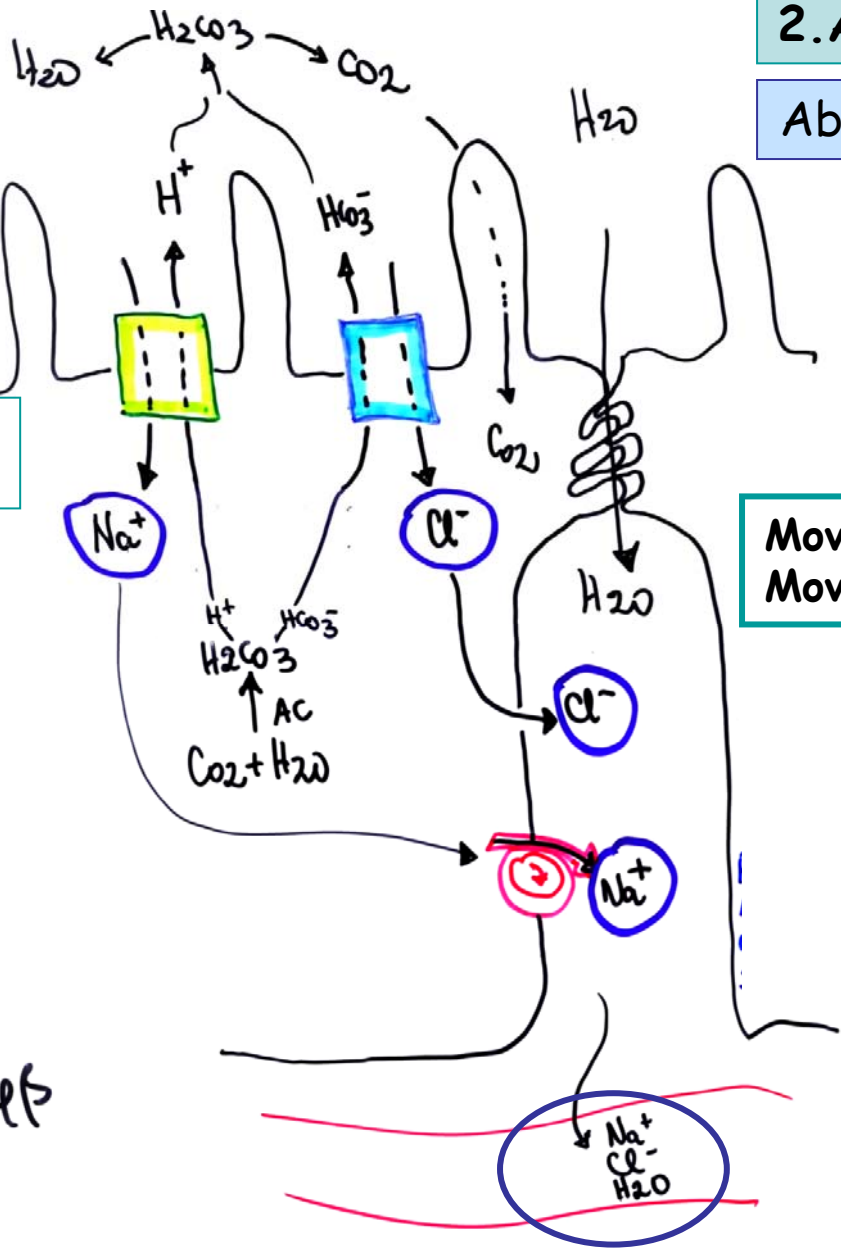
Abs. Electroneutra NaCl

Entre ingestas

No hay AC en la luz

Mov. Apical pasivo  
Mov. Basolateral activo

45



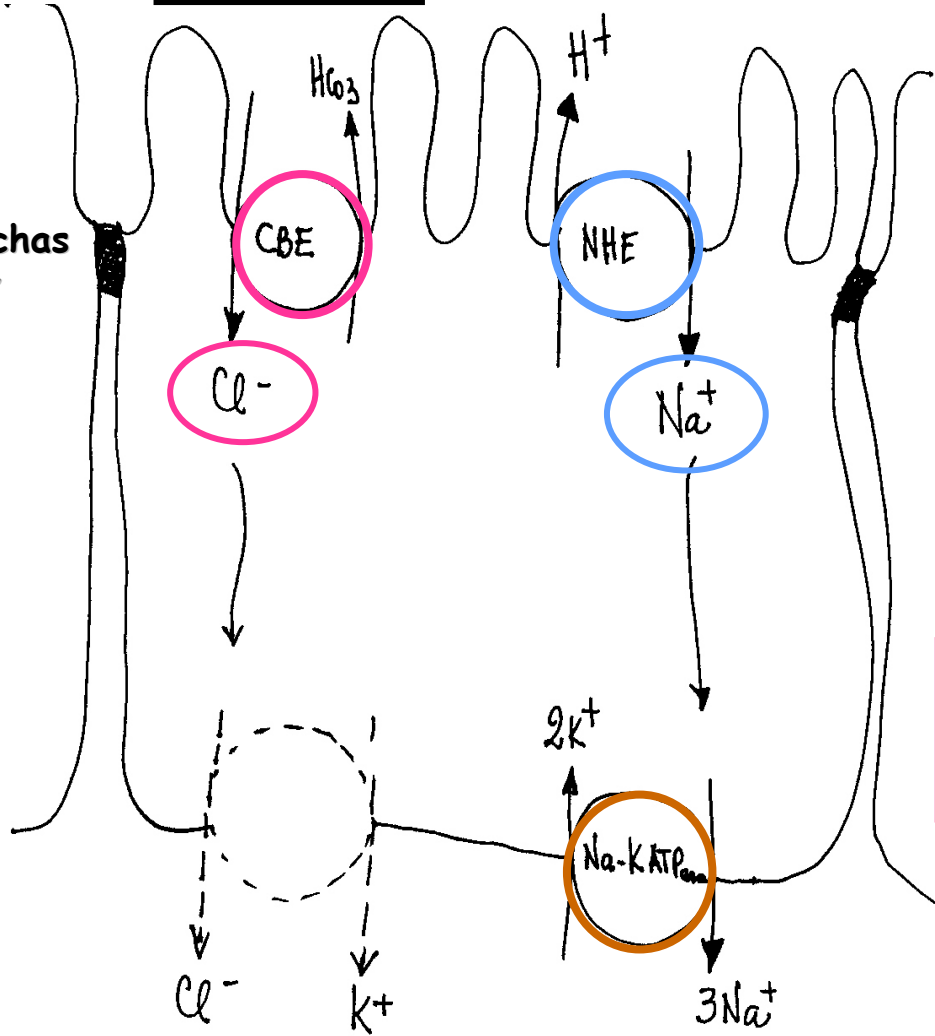


I. Delgado Colon

2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electroneutra NaCl

U. Estrechas laxas



Este mecanismo es INHIBIDO por aumento de AMPc que inhibe el intercambio Na<sup>+</sup>- H<sup>+</sup>

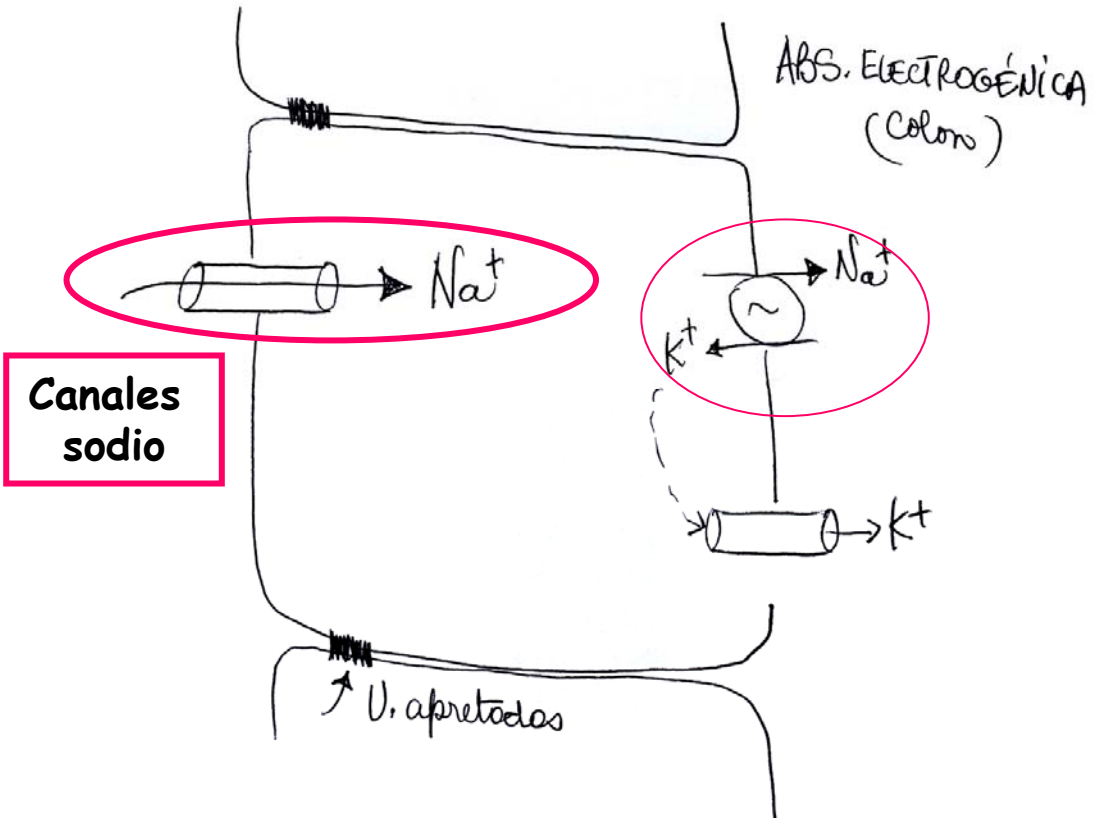
IMPORTANTE: Diarrea secretora como Cólera Rehidratación oral



## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electrogénica  
Canales de sodio

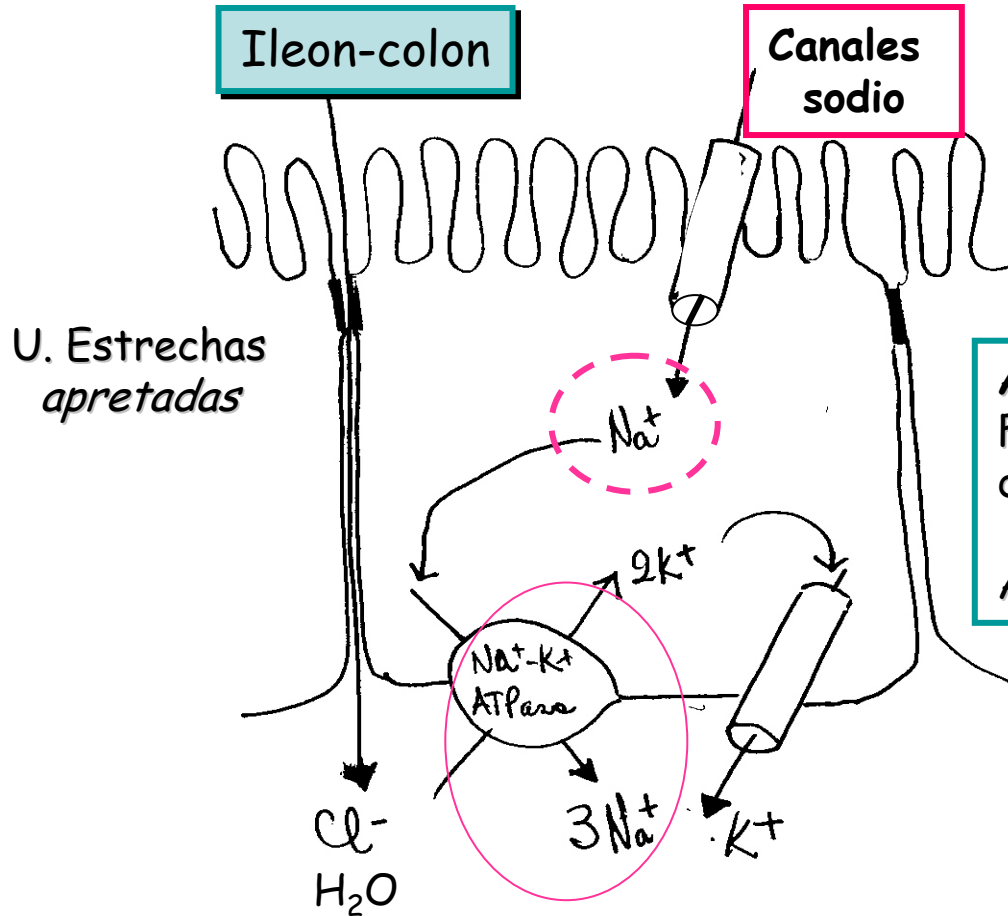
Ileon-colon





## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electrogénica  
Canales de sodio

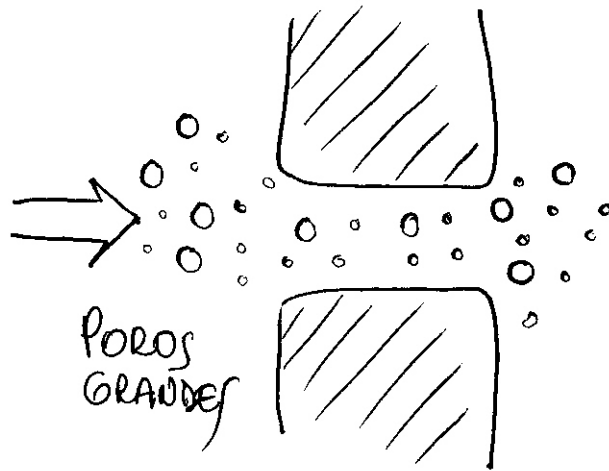


**ALDOSTERONA**  
Favorece absorción  
de  $\text{Na}^+$  y eliminación de  $\text{K}^+$   
Acción en Gl. Salivales, TCP

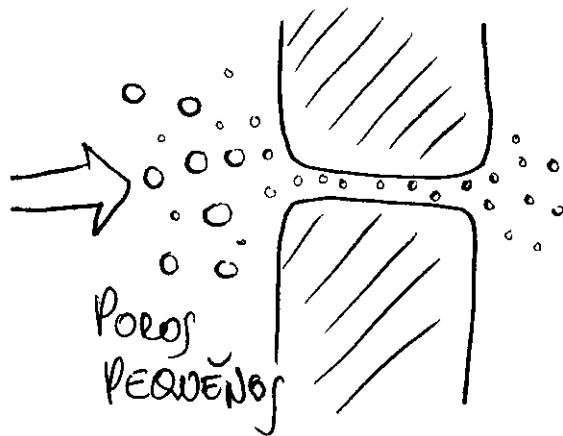


## 2. ABSORCIÓN SODIO

Mov. por Arrastre



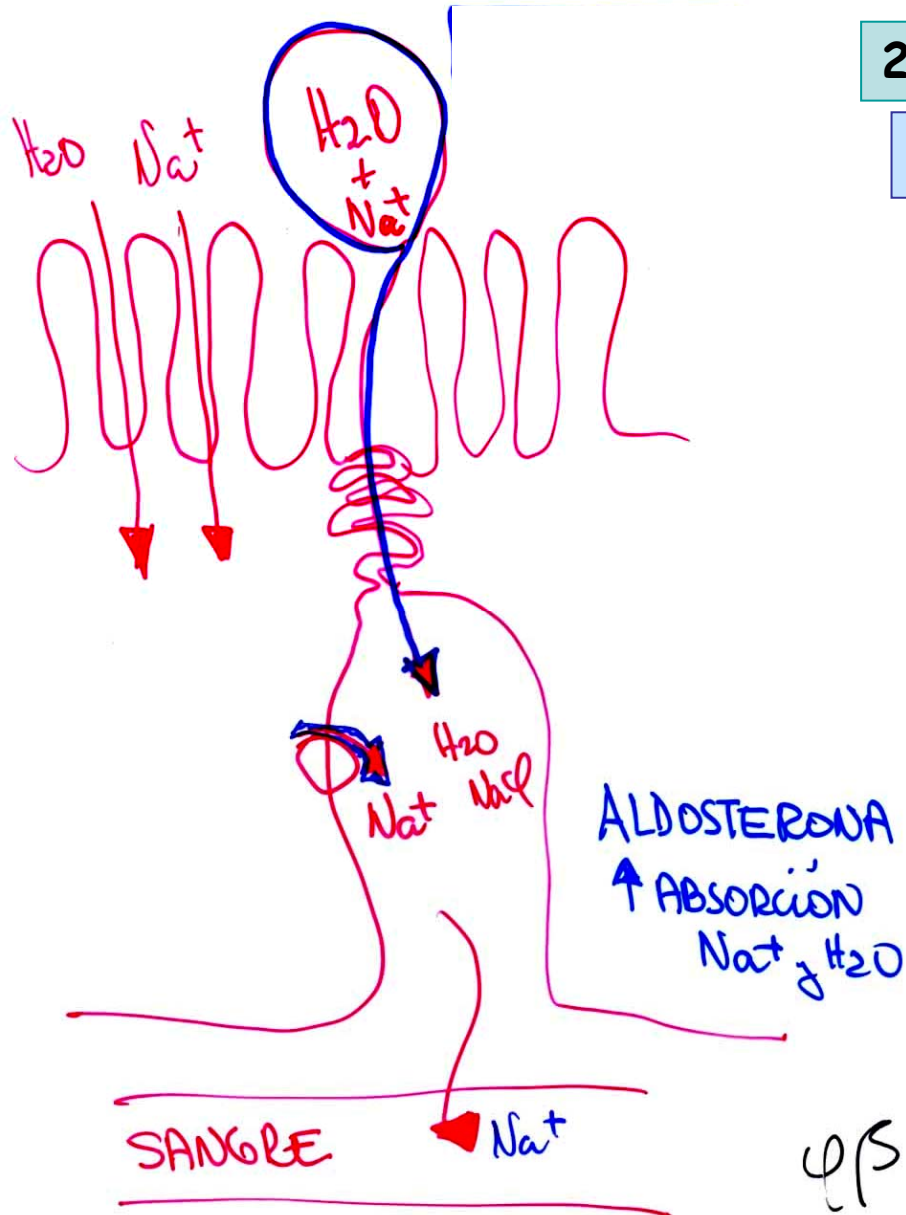
Flujo por  
ARRASTRE  
AGUA + OTROS MOLÉCULAS  
DE SODIO



Flujo de  
AGUA.

## 2. ABSORCIÓN SODIO

Mov. por Arrastre



# **I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS**

**1. Agua**

**2. Sodio**

**3. CLORO**

**4. BICARBONATO**

**5. REGULACIÓN**

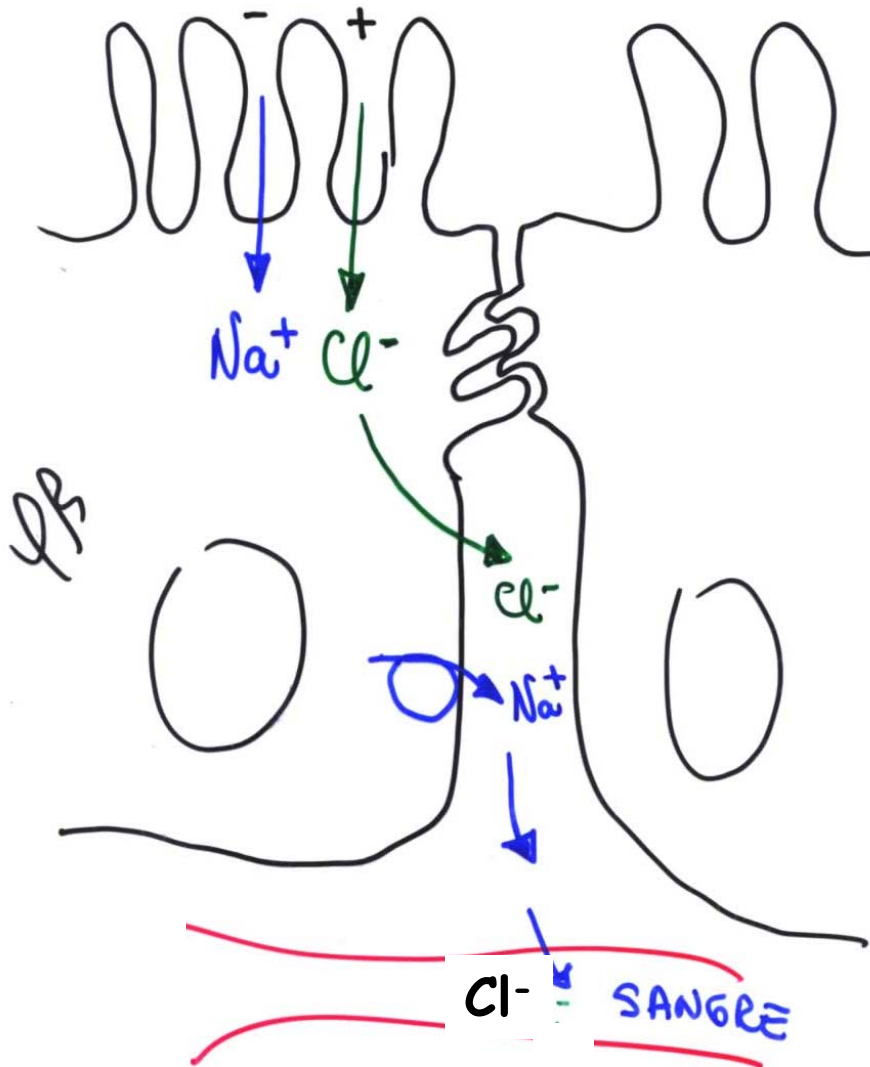


Duodeno yeyuno

### 3. ABSORCIÓN CLORO

PASIVA

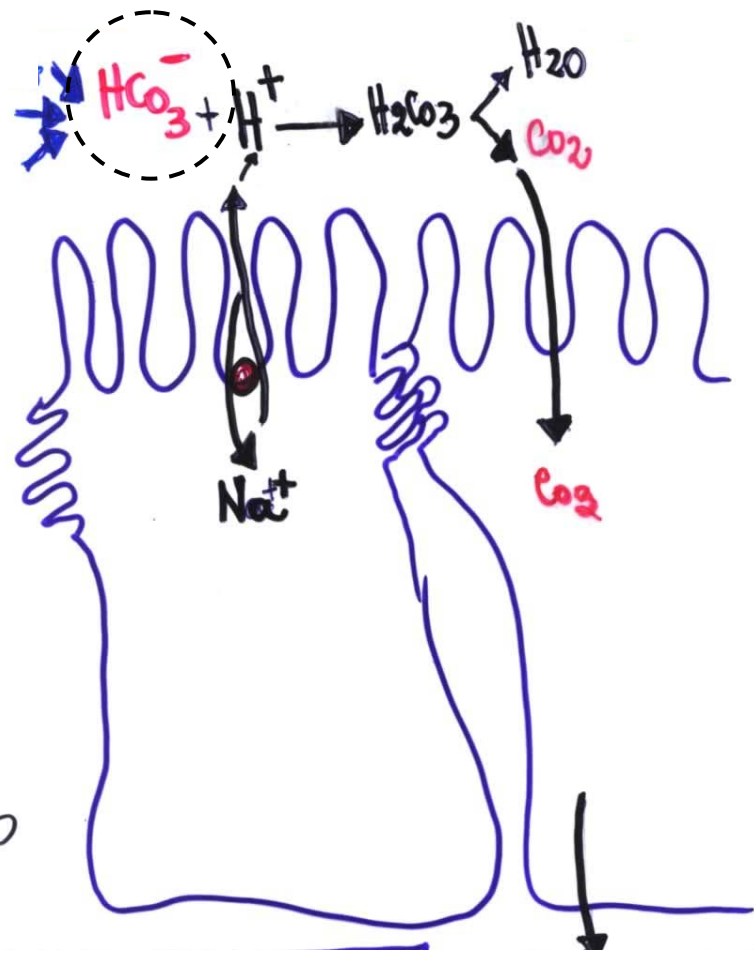
En todo el intestino,  
más en parte SUP.





Duodeno yeyuno

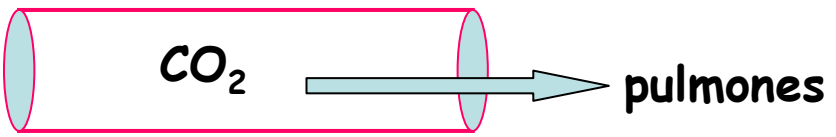
pH alcalino



#### 4. ABSORCIÓN BICARBONATO

ACTIVA INDIRECTA

S. Biliar, Pancreática, e Intestinal

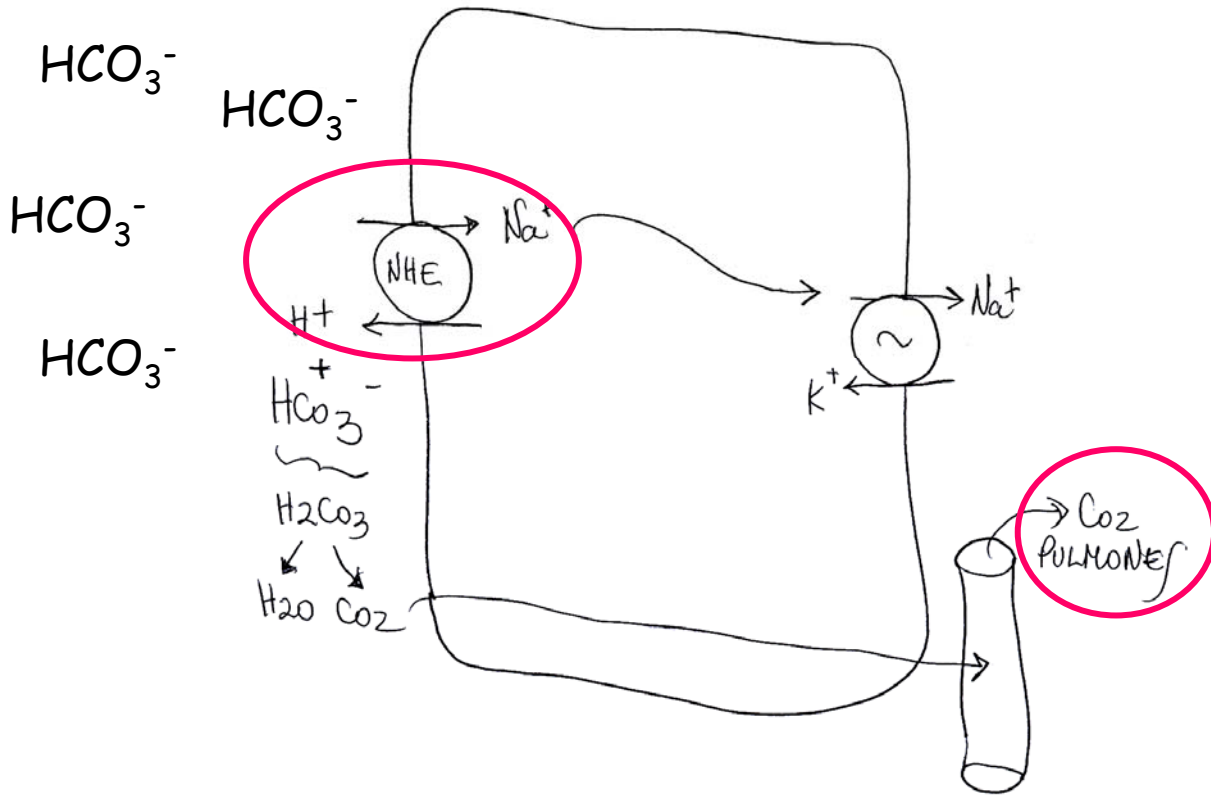




# 4. ABSORCIÓN BICARBONATO

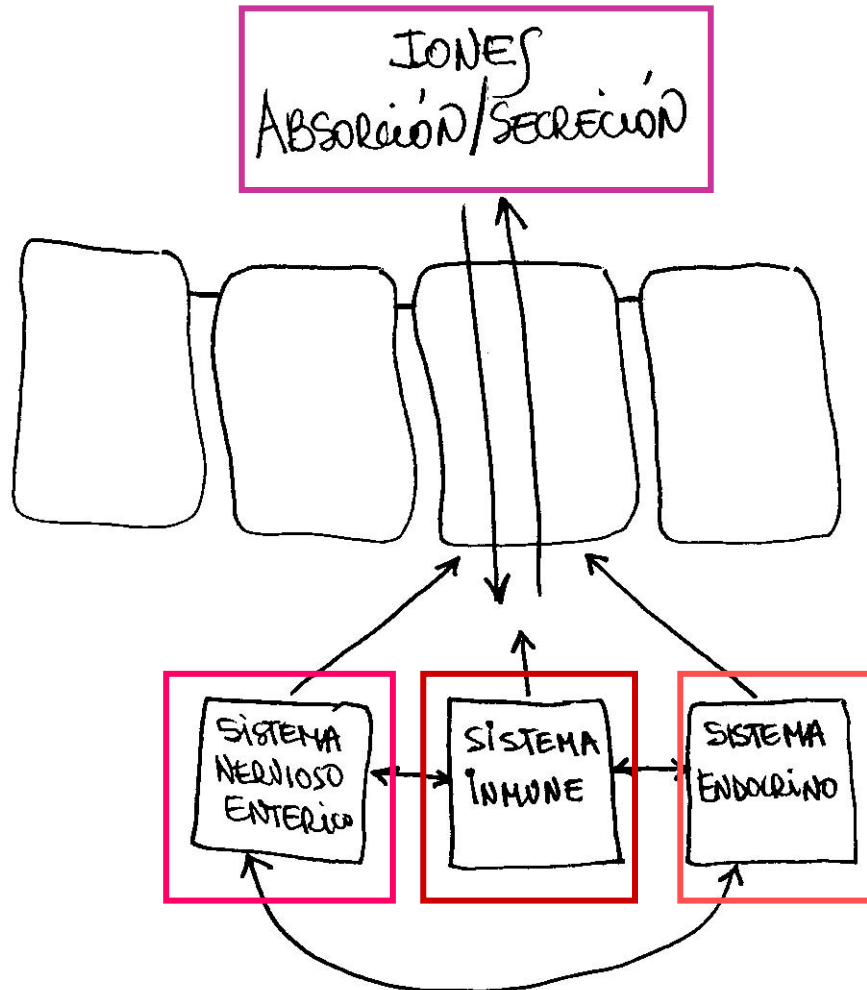
Duodeno yeyuno

ACTIVA INDIRECTA



# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

## 5. REGULACIÓN MOV. IÓNICO



Factores celulares:  
Endocrino  
Neurocrino  
Inmune  
Autocrino



# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

## 5. REGULACIÓN MOV. IÓNICO

### R. Neural

R. Vago-vagal  
R. Locales (bolo)  
c. ECL 5-HT  
NT: ACh -VIP

### R. Luminales

(m. apical)

Guanilina  
5-AMP  
Ac. Biliares

### R. Humorales

(m. basal)

PG miofibroblastos  
Histamina mastocitos  
IgE c. inmunes



# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

## 5. REGULACIÓN TRANSPORTE IÓNICO

### Factores humorales

Dependientes AMPc	Dependientes Ca <sup>++</sup>
<ul style="list-style-type: none"><li>• VIP</li><li>• PG</li><li>• Guanilina</li><li>• 5 AMP/adenosina</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ACh</li><li>• 5-HT</li><li>• Ac. Biliares</li></ul>



# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

## 5. REGULACIÓN TRANSPORTE IÓNICO

### Regulación **AGUDA** (en minutos)

- En respuesta a comida
- Por estímulos SNC al estrés

Regulación de 2dos mensajeros  
Redistribución de  
transportadores

### Regulación **CRÓNICA** (días, semanas)

- Dieta baja en sal  
**ALDOSTERONA**

Expresión de transportadores  $\text{Na}^+$   
Retiene  $\text{Na}^+$  y pierde  $\text{K}^+$

# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

## 5. REGULACIÓN TRANSPORTE IÓNICO

HORMONAS :- ALDOSTERONA : ↑ canales  $\text{Na}^+$  apicales  
↑ bombas  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  basolaterales

GLUCOCORTICÓIDES :

↑ incorporación de Bombas  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$

SNA :- SIMPÁTICO ↑ absorción

4/5 PARASIMPÁTICO ↓ absorción

\* ¿Por qué?