

**Universidad de los Andes  
FISIOLOGIA para MEDICINA**

**FISIOLOGÍA  
DEL  
APARATO DIGESTIVO**

**2011**

**Ximena Páez**

**MUY IMPORTANTE:**

Este material **NO** sustituye  
el uso de los libros para el  
estudio de la fisiología

## FUENTES

- *Ganong's Review of Medical Physiology*. 23<sup>er</sup>. Ed. K.E. Barrett, S.M. Barman, S. Boitano, H.L. Brooks Eds. Lange, **2010**.
- Silbernagl S. Despopoulos. *Fisiología. Texto y Atlas* 7<sup>ima</sup> Ed. Editorial Médica Panamericana, **2009**.
- Fox S.I. *Human Physiology*. 10<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill, New York, **2008**.
- Costanzo L.S. *Physiology*. 3<sup>er</sup> Ed. Saunders Elsevier, **2006**.
- K. M. Barrett. *Gastrointestinal Physiology*. Lange Physiology Series. McGraw-Hill, **2006**.
- A.C. Guyton, J.E Hall. *Textbook of Medical Physiology*. 10th Edition W.B. Saunders Co., Philadelphia, **2000**.
- M. Gershon. *The Enteric Nervous System: a Second Brain*. Hospital Practice. **1999**.
- L. Wilson-Pauwels, P.A. Stewart, E.J. Akesson. *Autonomic Nerves*. B.C. Decker Inc. Hamilton, **1997**.
- R.A. Bowen. Biomedical Sciences. *Digestive System*. Colorado State University, **2006**. Disponible en: <http://arbl.cvmb.colostate.edu/hbooks/pathphys/digestion/index.html>
- *Advanced Physiology*. Berkeley University. **2006**. Disponible en: <http://mcb.berkeley.edu/courses/mcb136>
- *The Inner Tube of Life*. Special Collection Science 307: 1914 **2005** [DOI: 10.1126/science.307.5717.1914a]. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/sci;307/5717/1895>

# Fisiología del Aparato Digestivo

- Generalidades de la función digestiva
- Control neural de la función digestiva
- Boca-esófago, estómago
- Control humoral de la función digestiva
- Hígado, páncreas
- Intestino delgado
- Digestión
- Absorción nutrientes
- **Absorción de agua, electrolitos y vitaminas**
- Colon

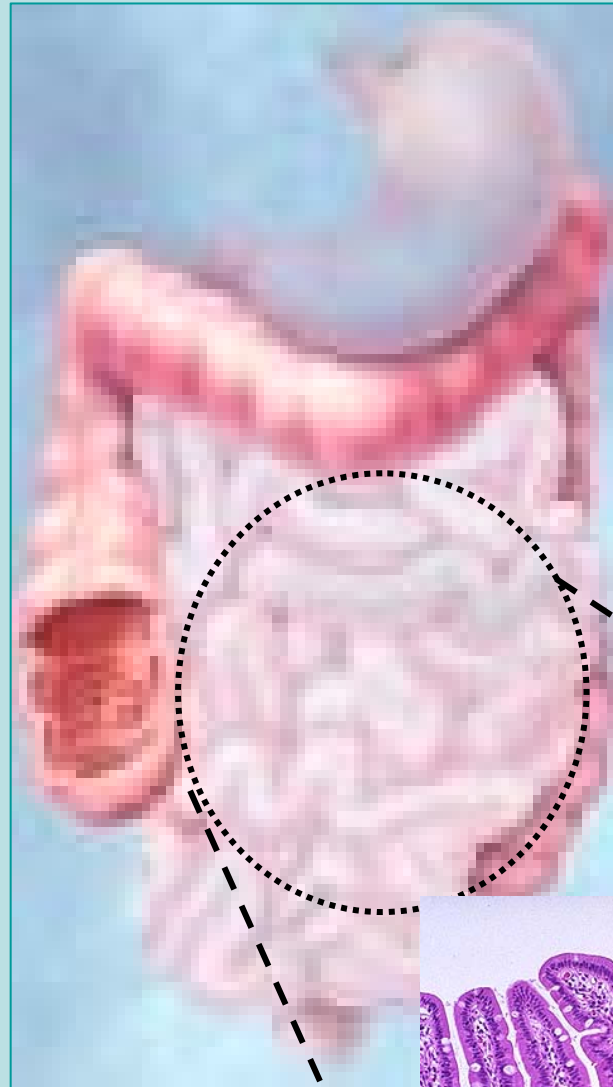
# TEMA 11

I. ABSORCIÓN AGUA  
Y ELECTROLITOS

II. SECRECIÓN  
ELECTROLITOS

III. ABS. MINERALES,  
VIT HIDROSOLUBLES

IV. MALABSORCIÓN



**ENTRADAS**

2.0 L ingesta

1.5 L saliva

7.0 L  
secreciones

0.5 L bilis

2.5 L s. gástrica

1.5 L s. pancreática

1.0 L s. intestinal

9.0 L TOTAL  
EN LA LUZ

7.5 L en intestino delgado

1.4 L en colon

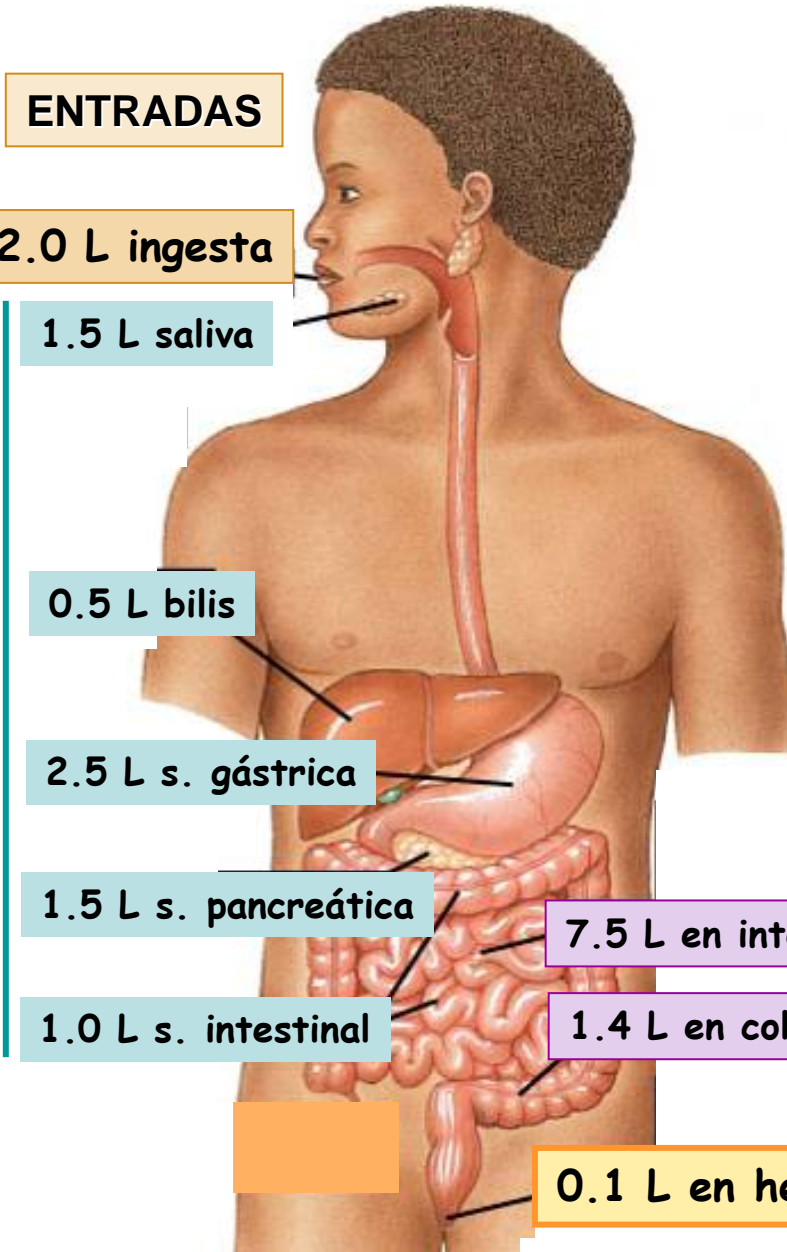
8.9 L  
ABSORBIDO  
POR INTESTINO

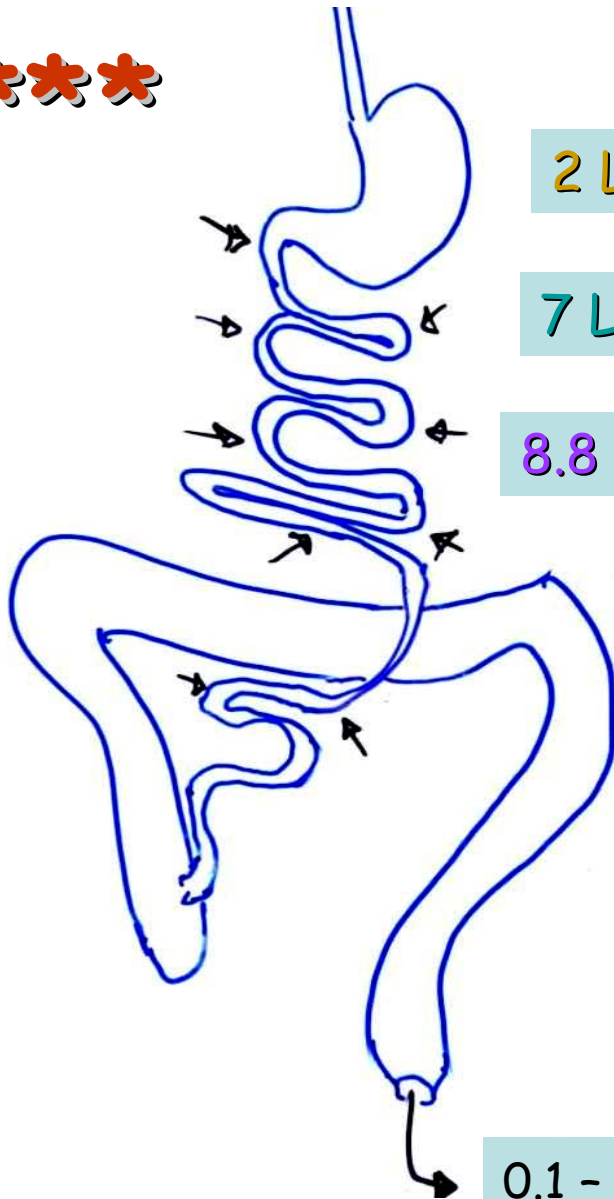
0.1 L en heces

9.0 L RETIRADOS  
DE LA LUZ

**I. ABSORCIÓN AGUA  
Y ELECTROLITOS**

**BALANCE DE AGUA**





2 L Ingesta

7 L Secreciones

8.8 L Absorción

0.1 - 0.2 L Heces

# 1. ABSORCIÓN AGUA

## BALANCE agua

Recambio diario de agua

Ingerido	ml
	2000
Secreciones 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**  
(delgado y grueso)  
recibe 9 lts de líquido

**ABSORBE**  
prácticamente todo  
elimina sólo 100-200 ml!

**MUY IMPORTANTE**

Entender  
**LA ABSORCIÓN DEL AGUA**





## 1. ABSORCIÓN AGUA

### ÓSMOSIS en TGI

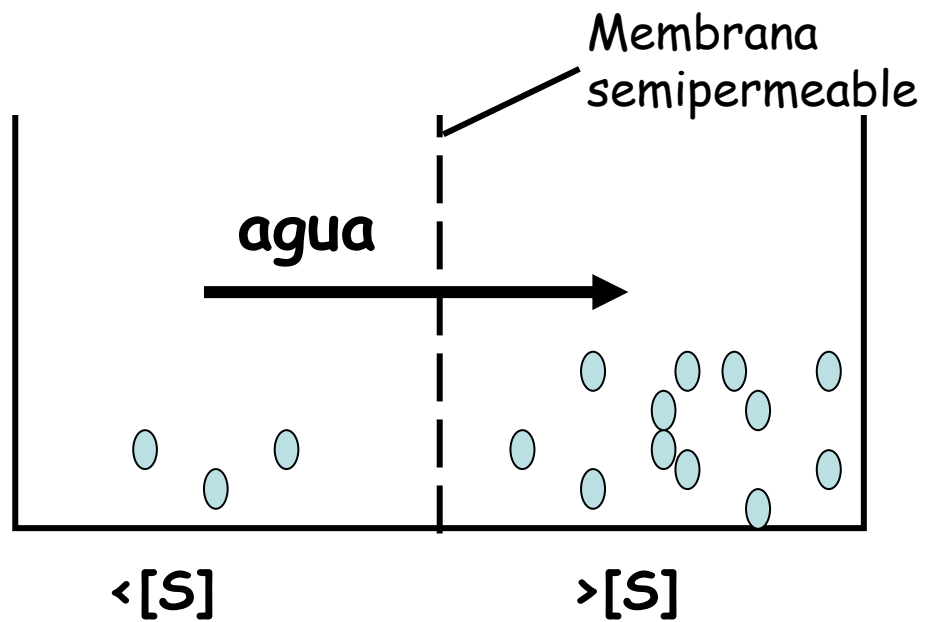
### ÓSMOSIS

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

# 1. ABSORCIÓN AGUA

## ÓSMOSIS en TGI

### 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

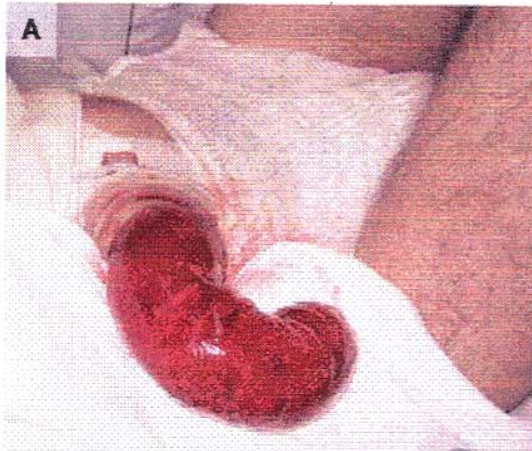
**No confundir!!!**

\*\*\* Curiosidad...

## 1. ABSORCIÓN AGUA

### ÓSMOSIS en TGI

## Aplicación de conocimientos sobre movimiento osmótico agua



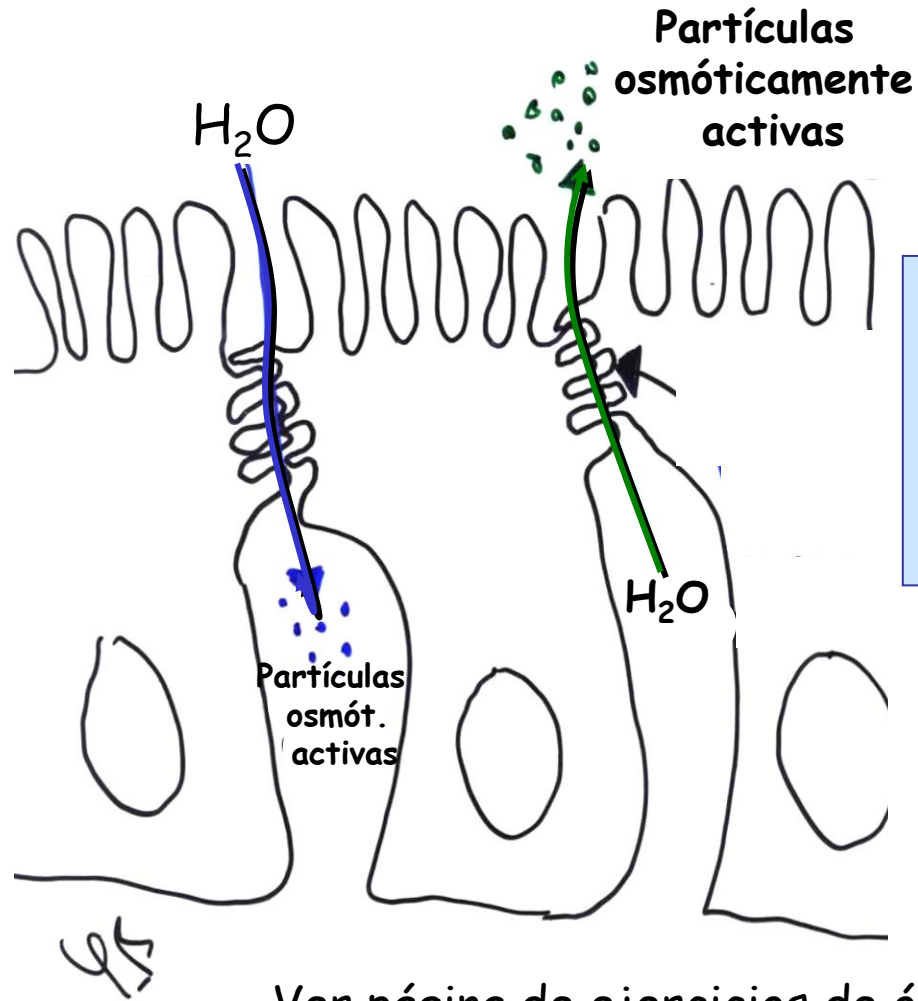
- Ileostomía prolapsada en un hombre de 62 años con cirugía 25 meses antes
- Aplicación de azúcar granulada sobre la víscera
- Reducción espontánea del prolapso 2 minutos después.

Brandt A., Schouten O. Sugar to reduced a prolapsed ileostomy  
<http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMicm1012908>  
Mayo 12, 2011.



# 1. ABSORCIÓN AGUA

## ÓSMOSIS en TGI



**UNIONES ESTRECHAS = "Membrana semipermeable"**

- Permeable al agua
- Impermeable a grandes solutos



Ver página de ejercicios de ósmosis

## 1. ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI

### ABSORCIÓN: LUZ A LA SANGRE

COMPARTIMIENTOS

LUZ

ENTEROCITO

INTERSTICIO

SANGRE

MEMBRANAS  
semipermeables

APICAL

BASOLATERAL

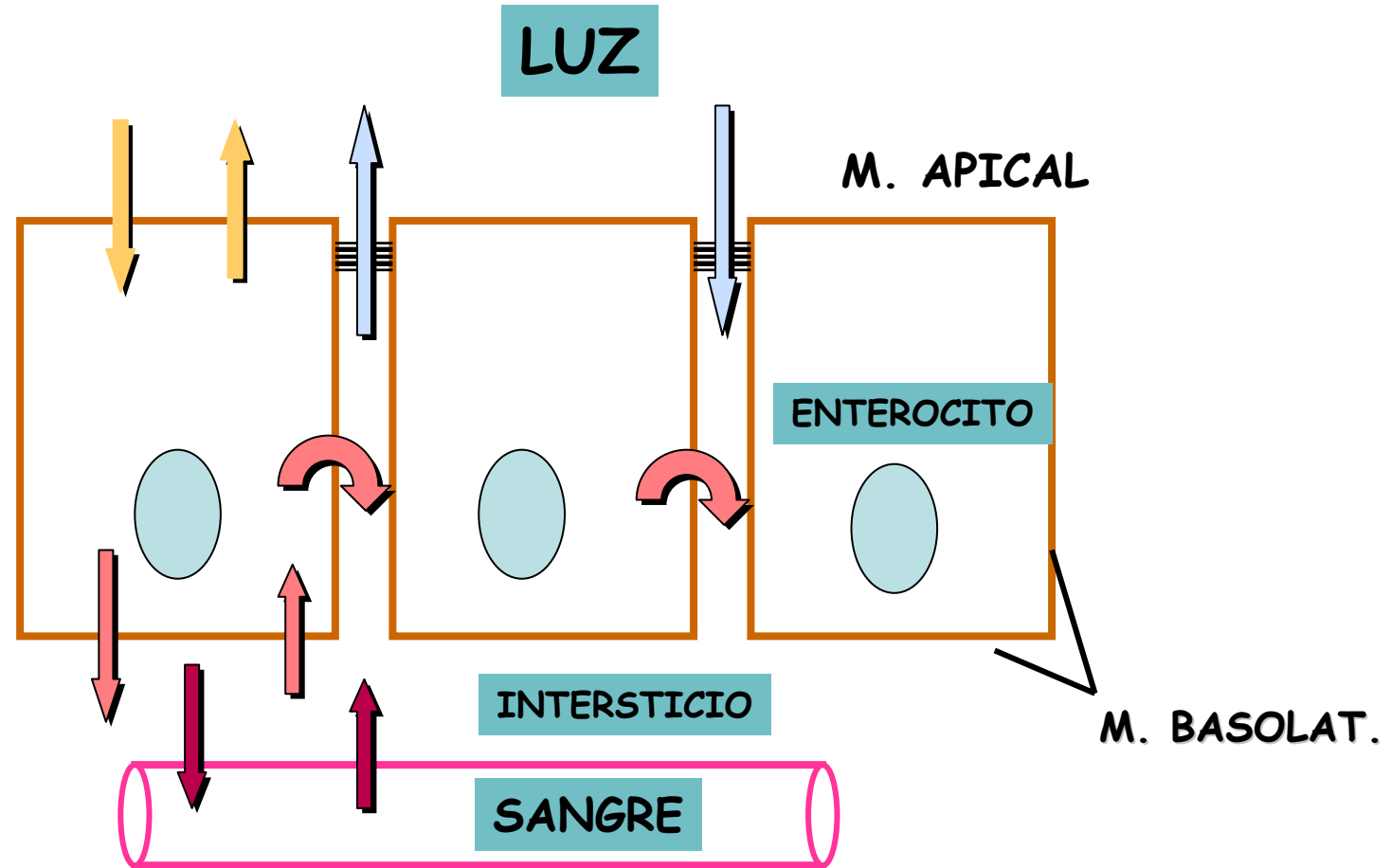
UNIONES ESTRECHAS

CAPILAR

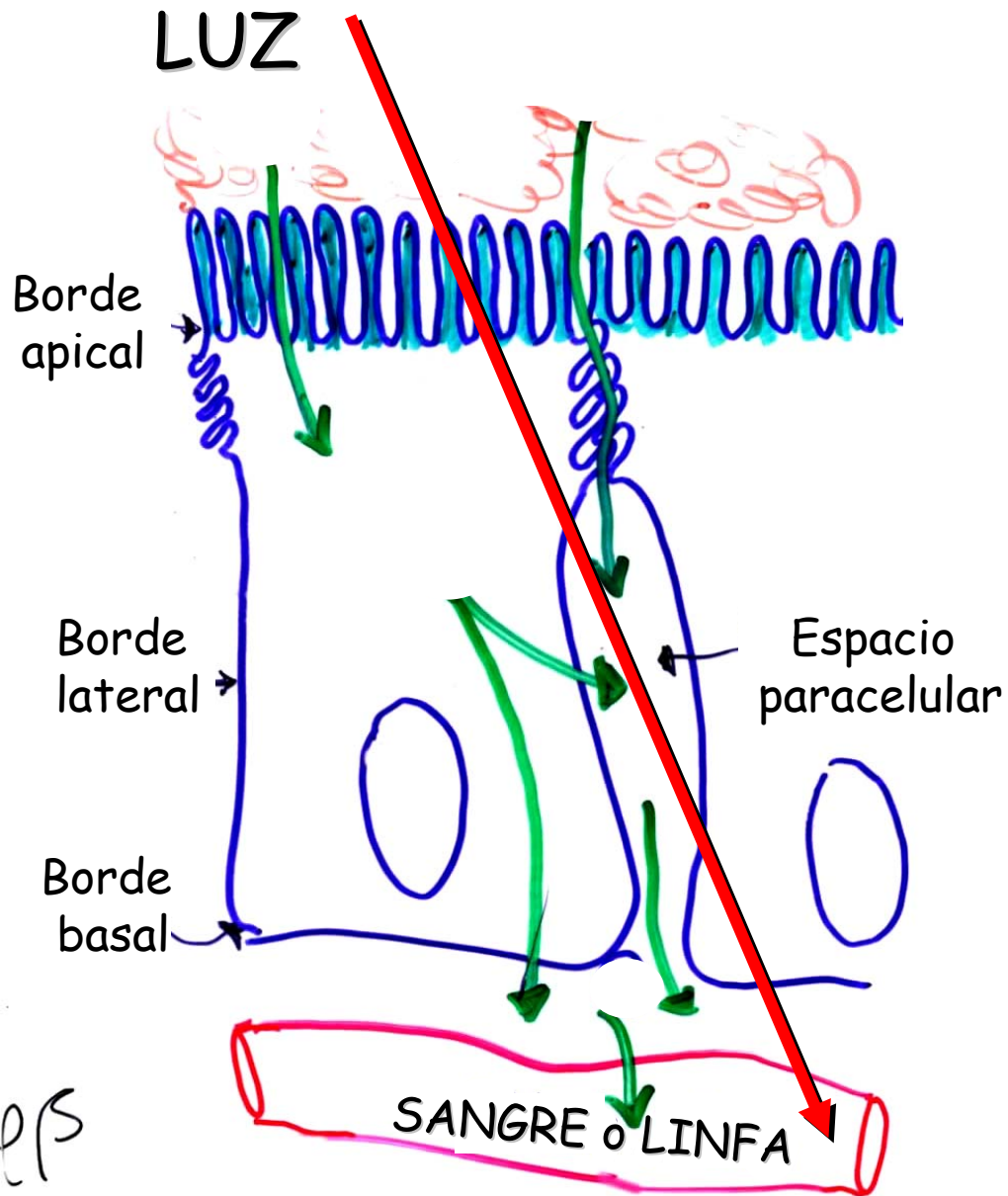


# ÓSMOSIS en TGI

Mov. entre compartimientos



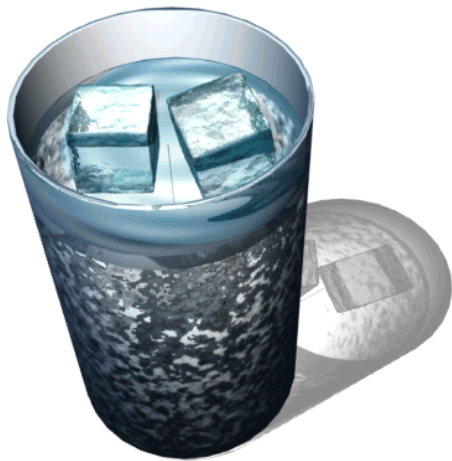




## ÓSMOSIS en TGI

Movimiento entre compartimientos

## I. ABSORCIÓN AGUA - ELECTROLITOS



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

## I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

### 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

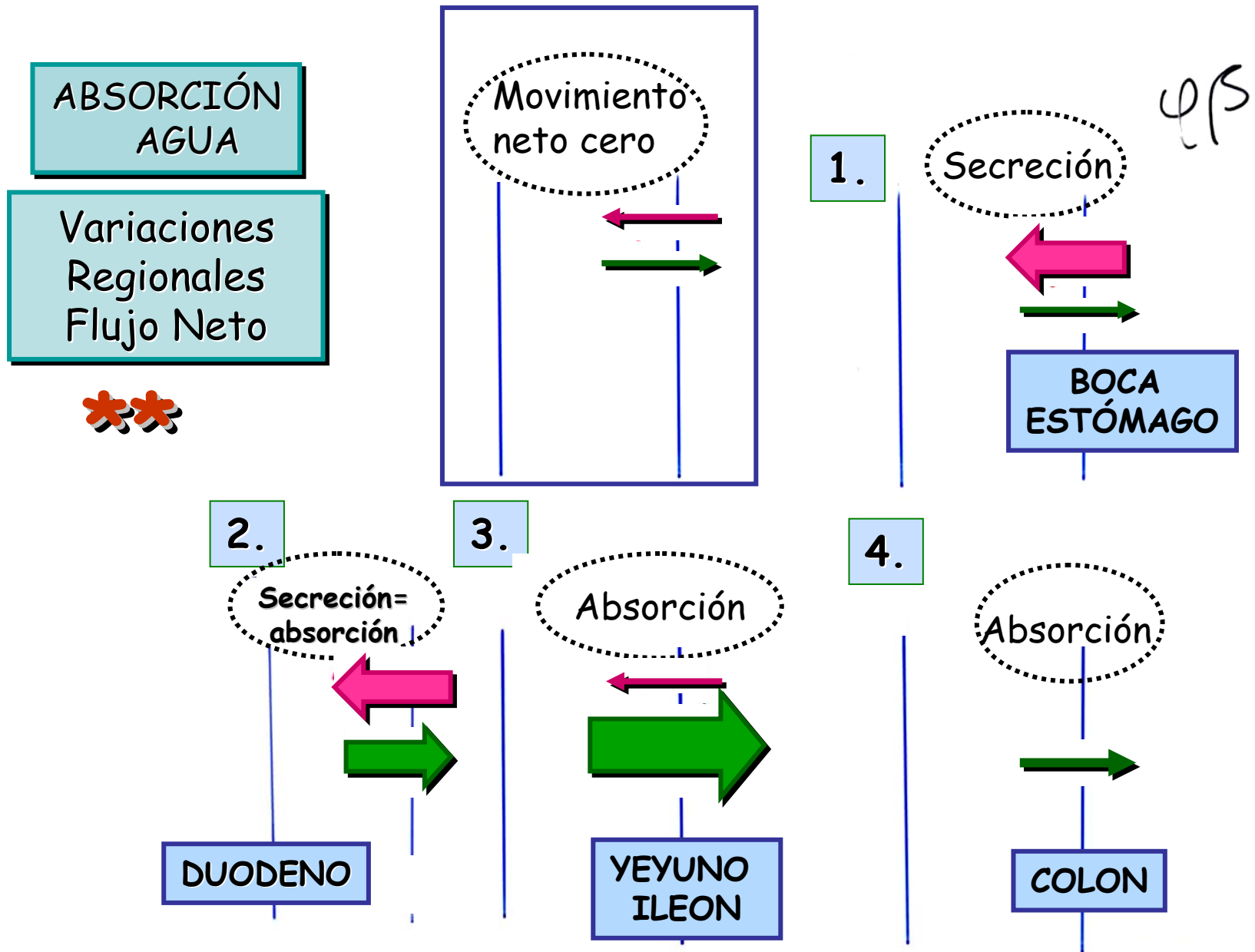
Movimiento en TGI

\* Paso de la LUZ a la SANGRE:

**ABSORCIÓN**

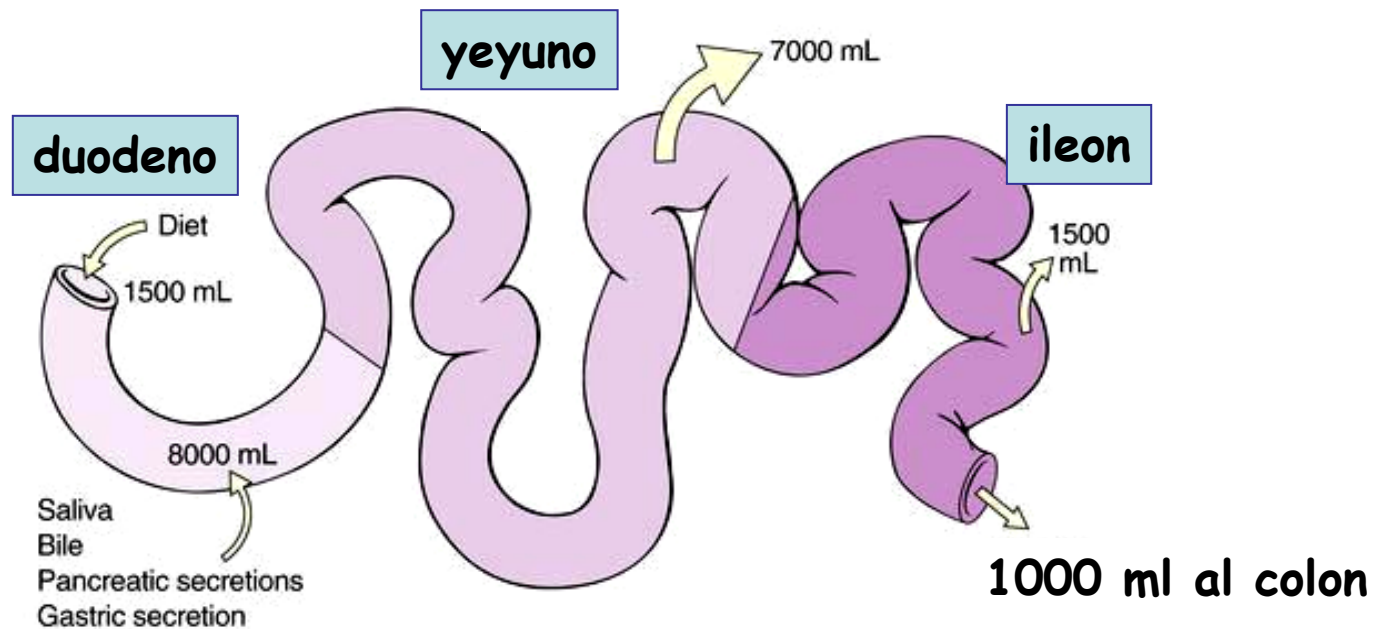
\* Paso del ENTEROCITO a la LUZ:

**SECRECIÓN**



# 1. ABSORCIÓN AGUA

Movimiento en TGI



**Secreción =  
Absorción**

**Más absorción**





## 1. ABSORCIÓN AGUA

### Movimiento en TGI

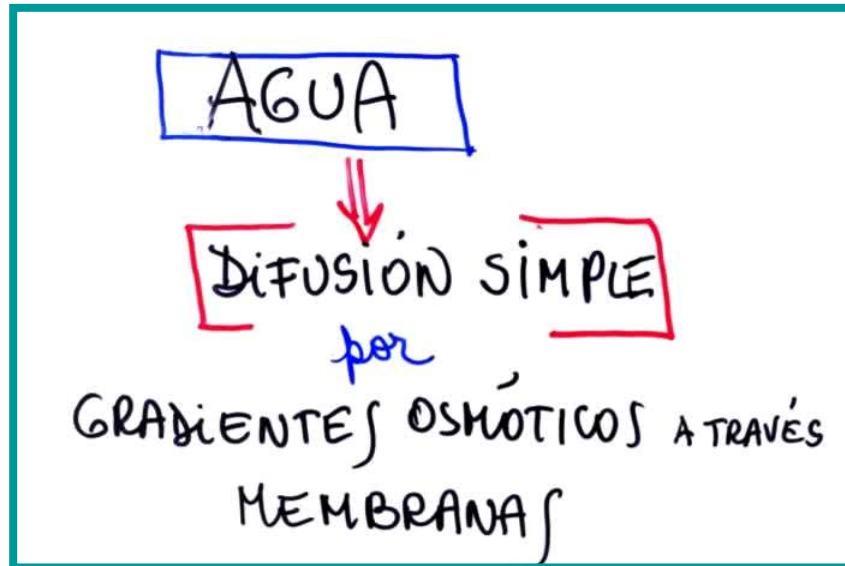
	SECRECIÓN	ABSORCIÓN
• BOCA-ESTÓMAGO	+++	
• DUODENO	+++	+++
• YEYUNO-ILEON COLON	q/s	+++



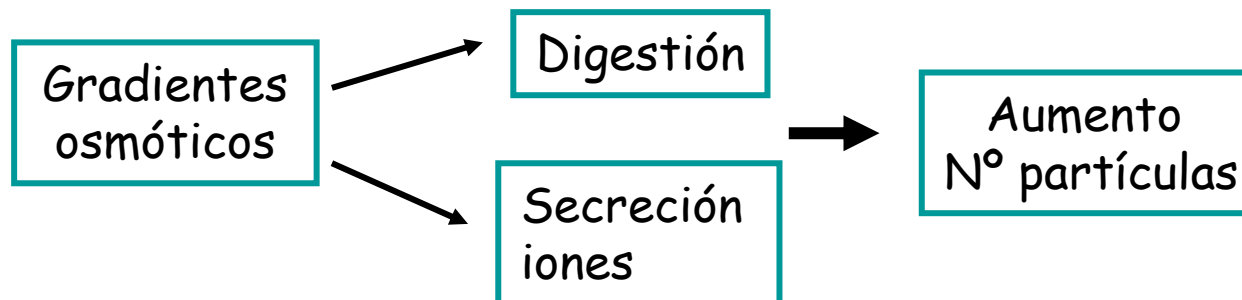
## 1. ABSORCIÓN AGUA

Movimiento en TGI

## 2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS



eps





Movimiento en TGI

## 2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS

DIGESTIÓN

SECRECIÓN IONES

AUMENTO NÚMERO  
PARTÍCULAS EN LA LUZ

El AGUA  
se mueve a donde hay  
MAYOR N° de partículas



## 1. ABSORCIÓN AGUA

Movimiento en TGI

## 3. PROPÓSITO DEL MOVIMIENTO 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 del

# SODIO

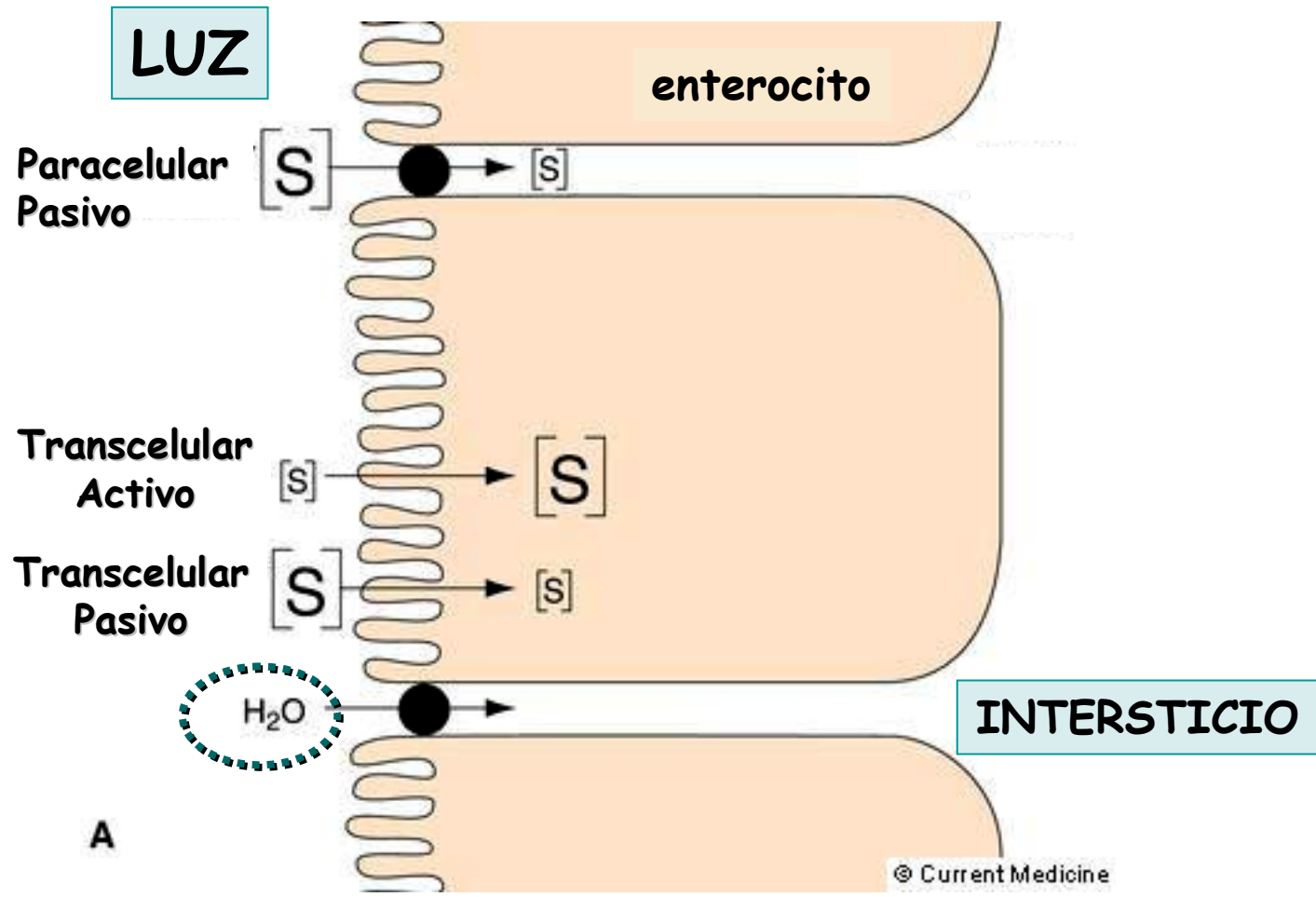
## I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

### 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

**ABSORCIÓN DE AGUA**

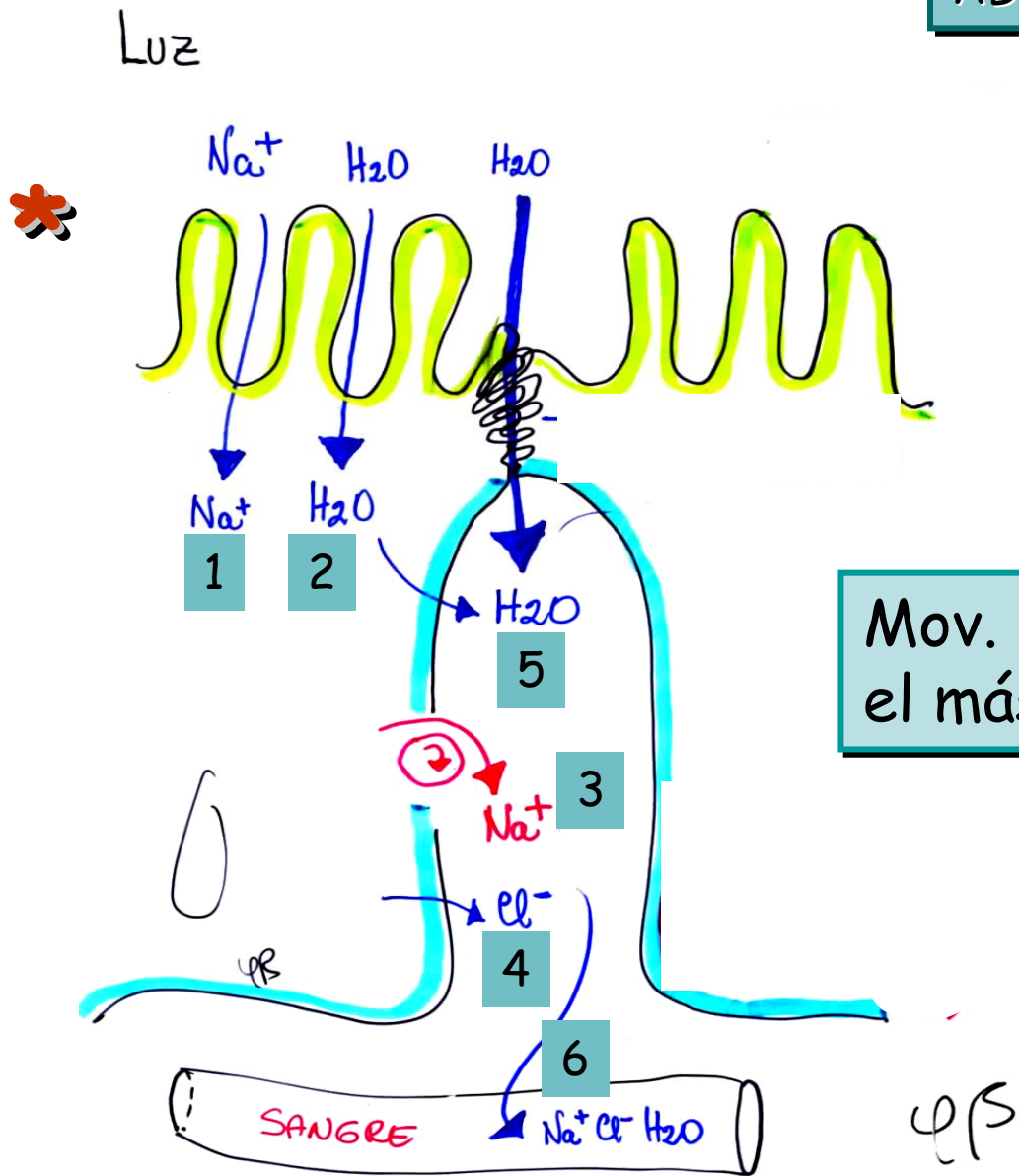
**SECUENCIA  
MOV. OSMÓTICO**





# ABSORCIÓN DE 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



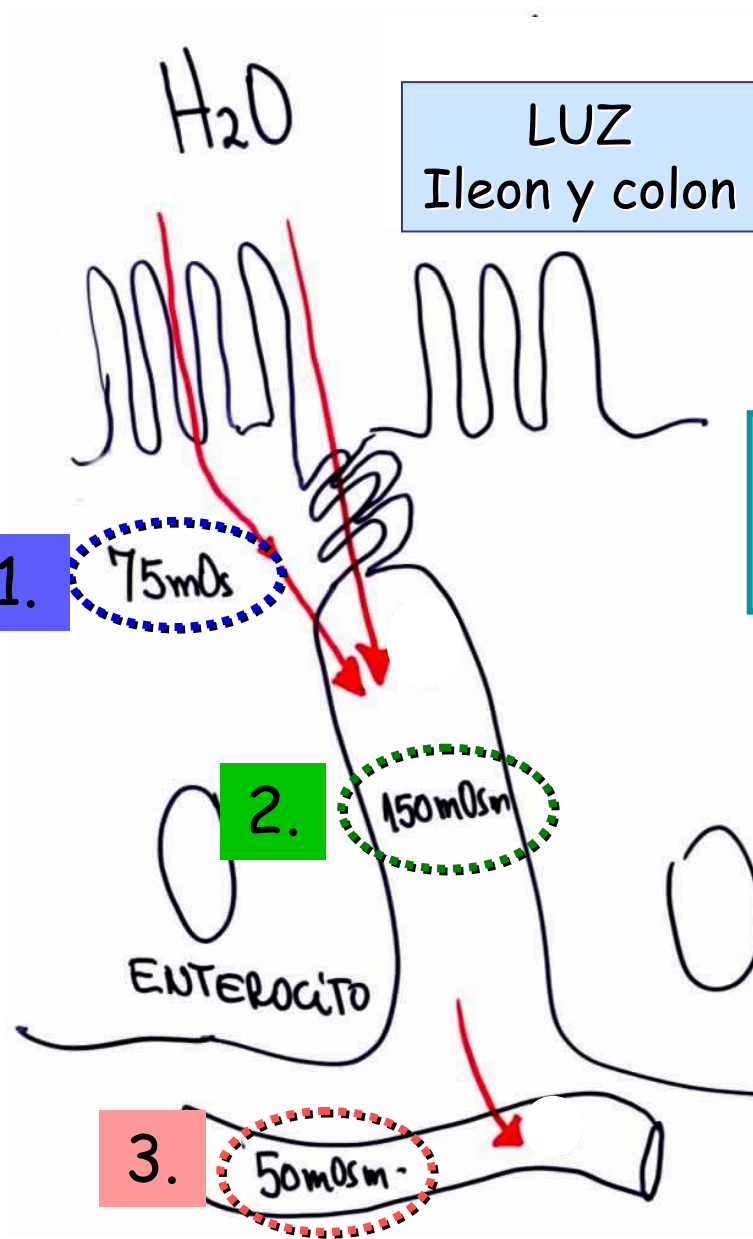
## 1. ABSORCIÓN AGUA

MOV. CONTRA  
GRADIENTE OSMÓTICO

ILEON y COLON  
contenido  
HIPEROSMOLAR

Sin embargo,  
se absorbe prácticamente  
TODA el agua!

**¿Cómo se explica esto??**



**1. ABSORCIÓN AGUA**

**MOV. CONTRA GRADIENTE OSMÓTICO**

Agua tiene que ir del enterocito a la sangre

75 mOs a 150 mOs a 50 mOs

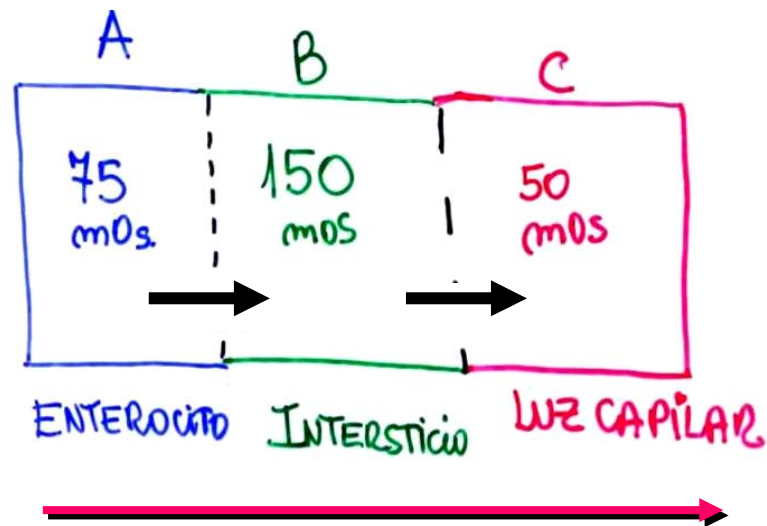
3 compartimientos  
2 membranas

## 1. ABSORCIÓN AGUA

MOV. CONTRA  
GRADIENTE OSMÓTICO

Modelo Curran-Macintosh  
1962

Agua tiene que ir del enterocito  
a la sangre



Osmolaridad B mayor que A  
Permeabilidad BC mayor que AB

A a B por ósmosis

B a C por aumento presión  
hidrostática en B

Total A a C:  
de 75 mOs a 50 mOs!



## 1. ABSORCIÓN AGUA

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!!

OK!

## 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  $\text{NaCl}$

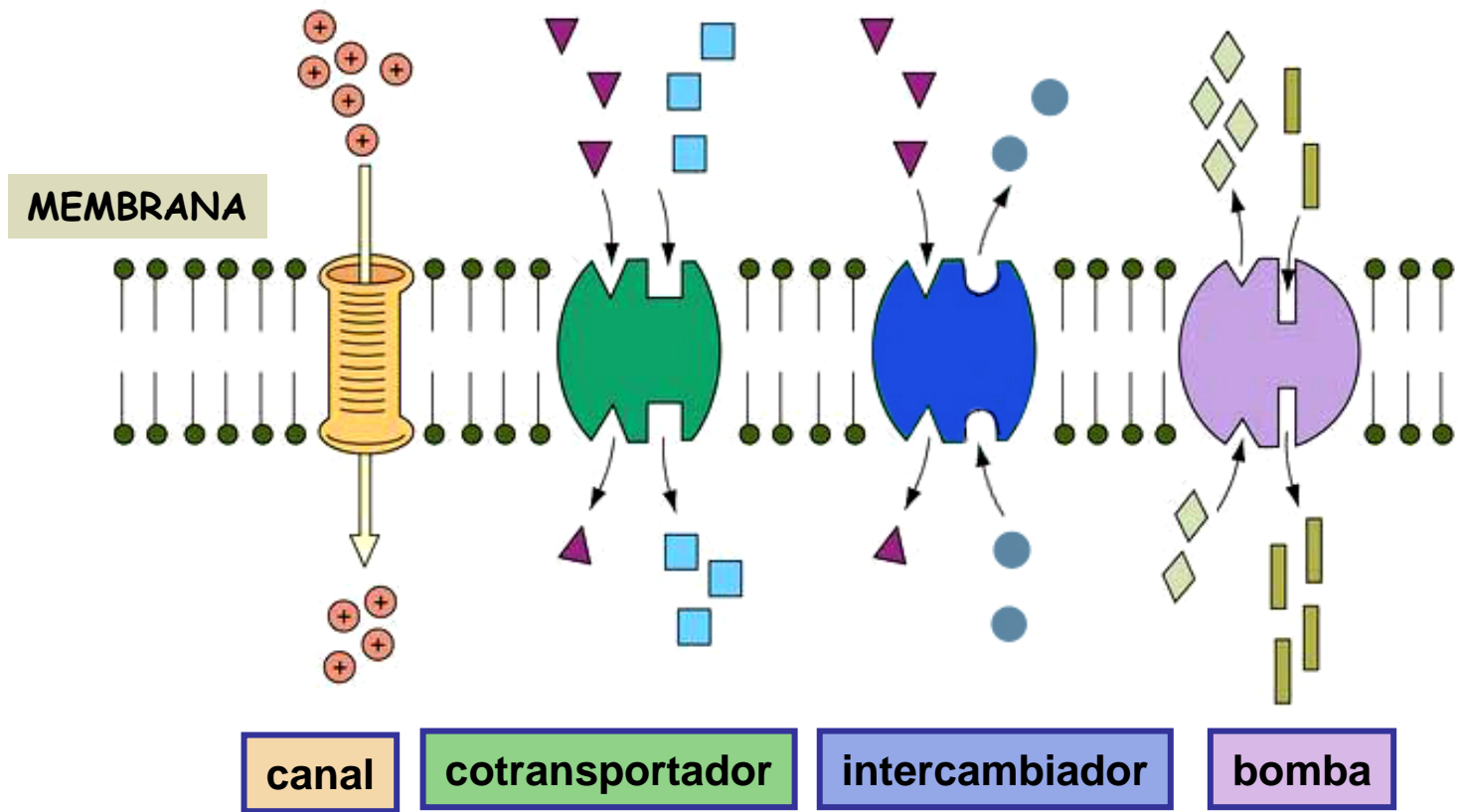
### Colon

1. Absorción electrogénica de  $\text{Na}^+$  por canales  $\text{Na}^+$ \*
2. Absorción electroneutra de  $\text{NaCl}$

\* Postprandial

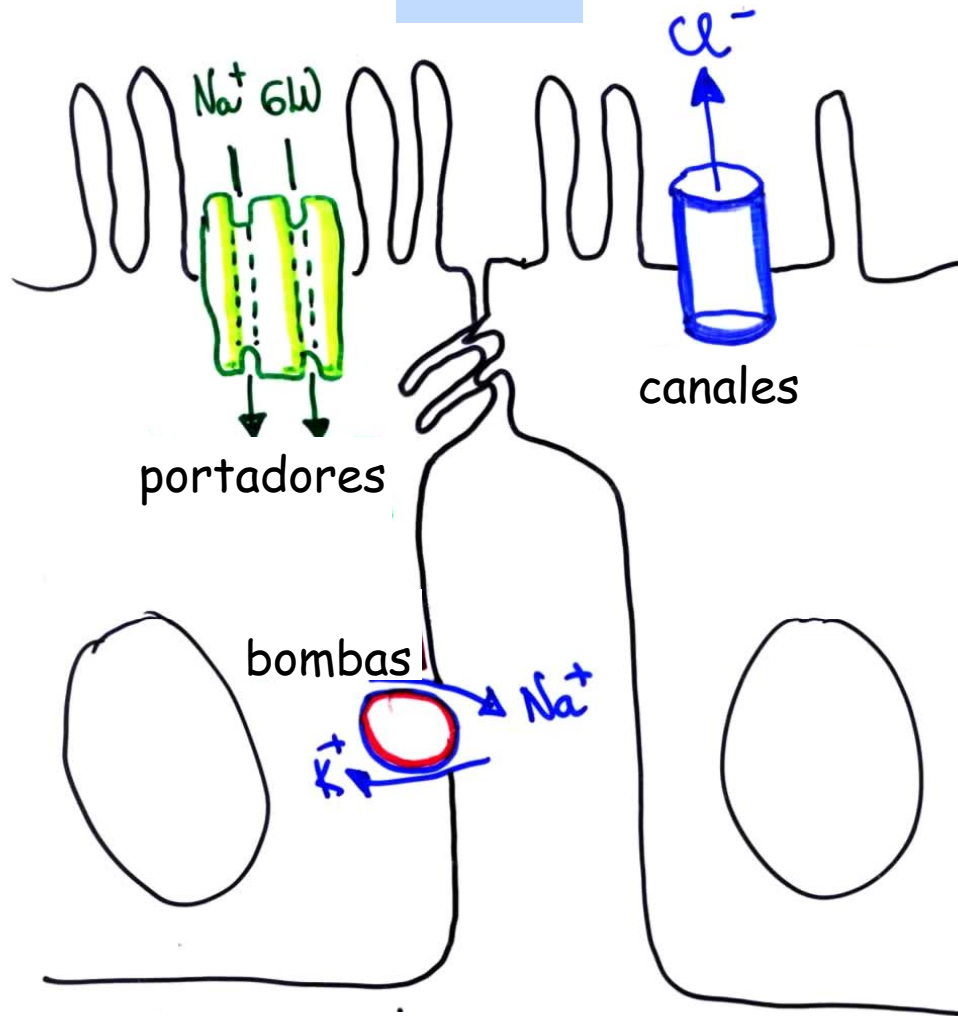
# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

Proteínas Membrana  
Función diferencial



© Current Medicine

**LUZ**



**INTERSTICIO**

efs

**I. ABSORCIÓN AGUA  
ELECTROLITOS**

Distribución  
Proteínas  
Transportadoras



**Células polarizadas**



**LUZ**

**INTERSTICIO**

**enterocito**

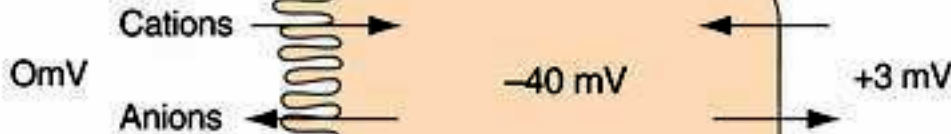
**Químico**

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



**Eléctrico**

Dif. Potencial



**Movimientos Iones según gradientes**

**Gradiente electroquímico**



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

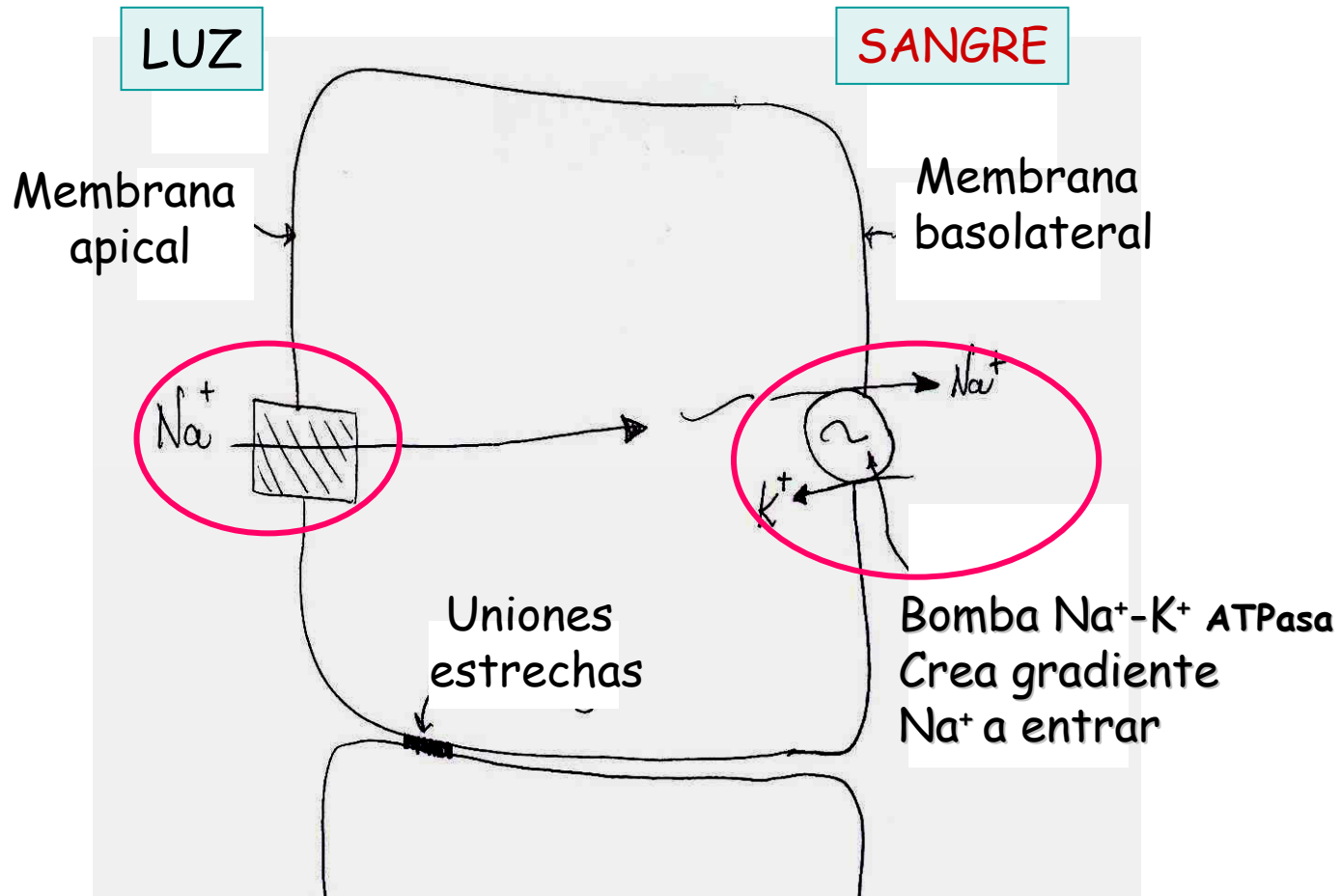
# I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS



1. Agua
2. **SODIO**
3. Cloro
4. Bicarbonato
5. Regulación



## 2. ABSORCIÓN SODIO



## 2. Absorción Sodio



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

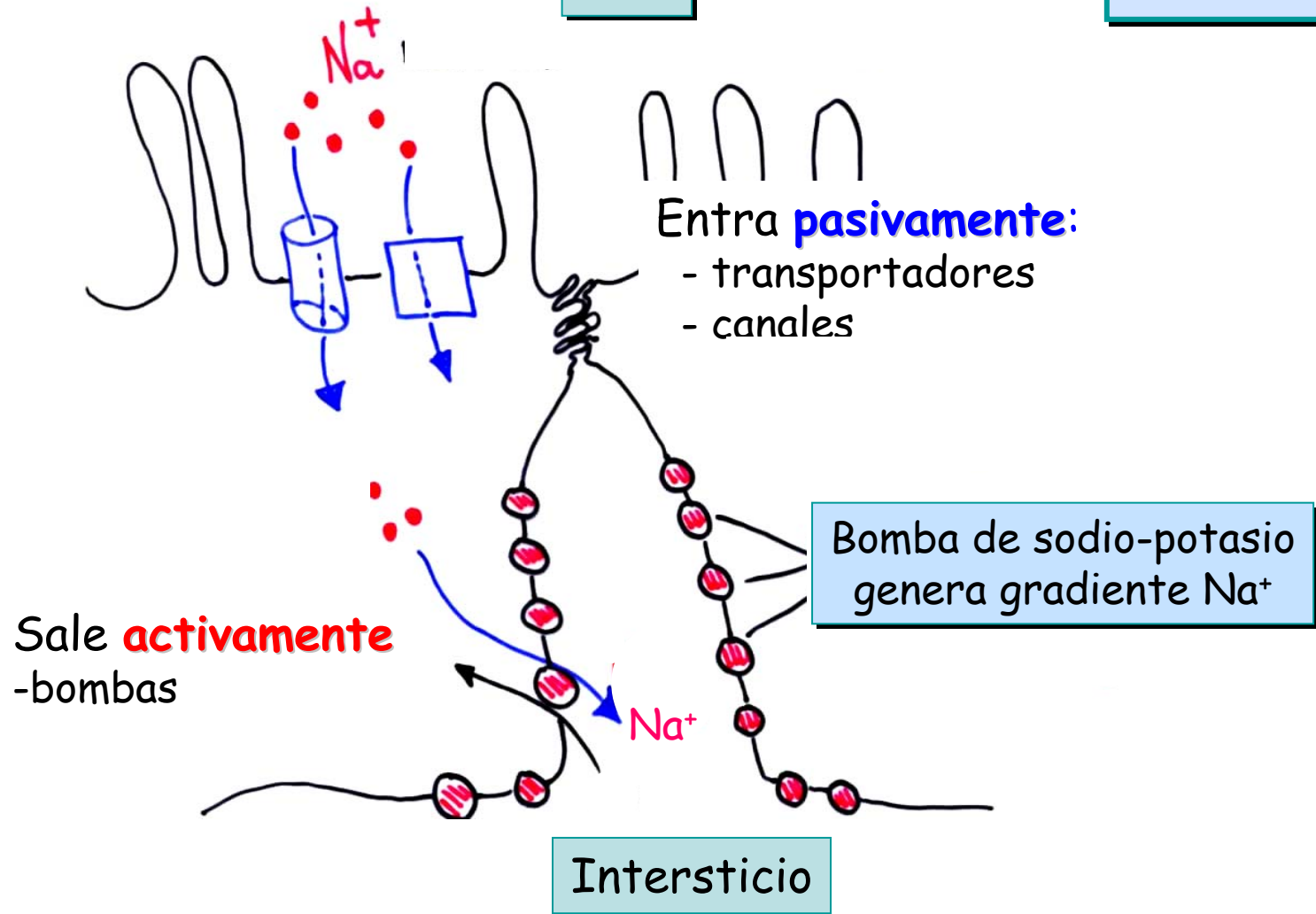
El  $\text{Na}^+$  se  
absorbe 99.5%!!!

## 2. ABSORCIÓN SODIO

Mov. PASIVO



LUZ





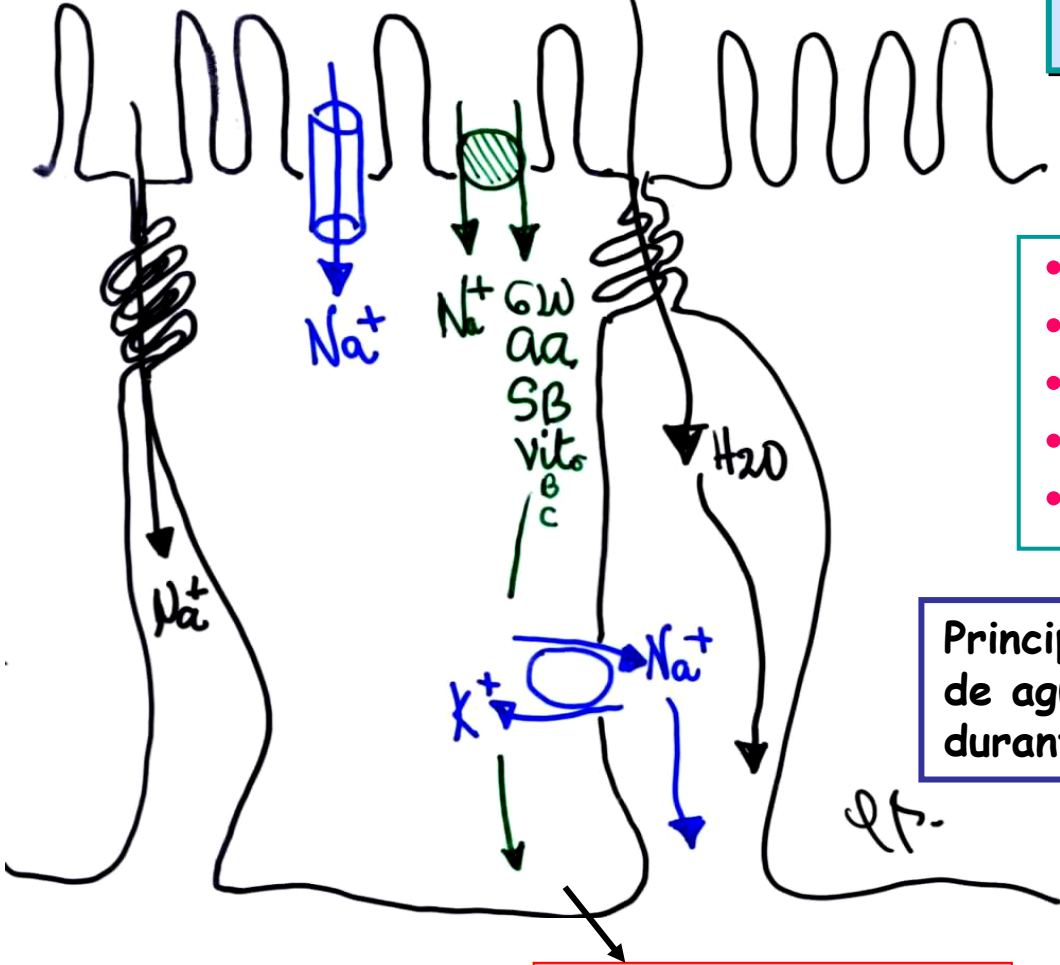


Intestino Delgado

Ingesta

## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. acoplada a moléculas orgánicas



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

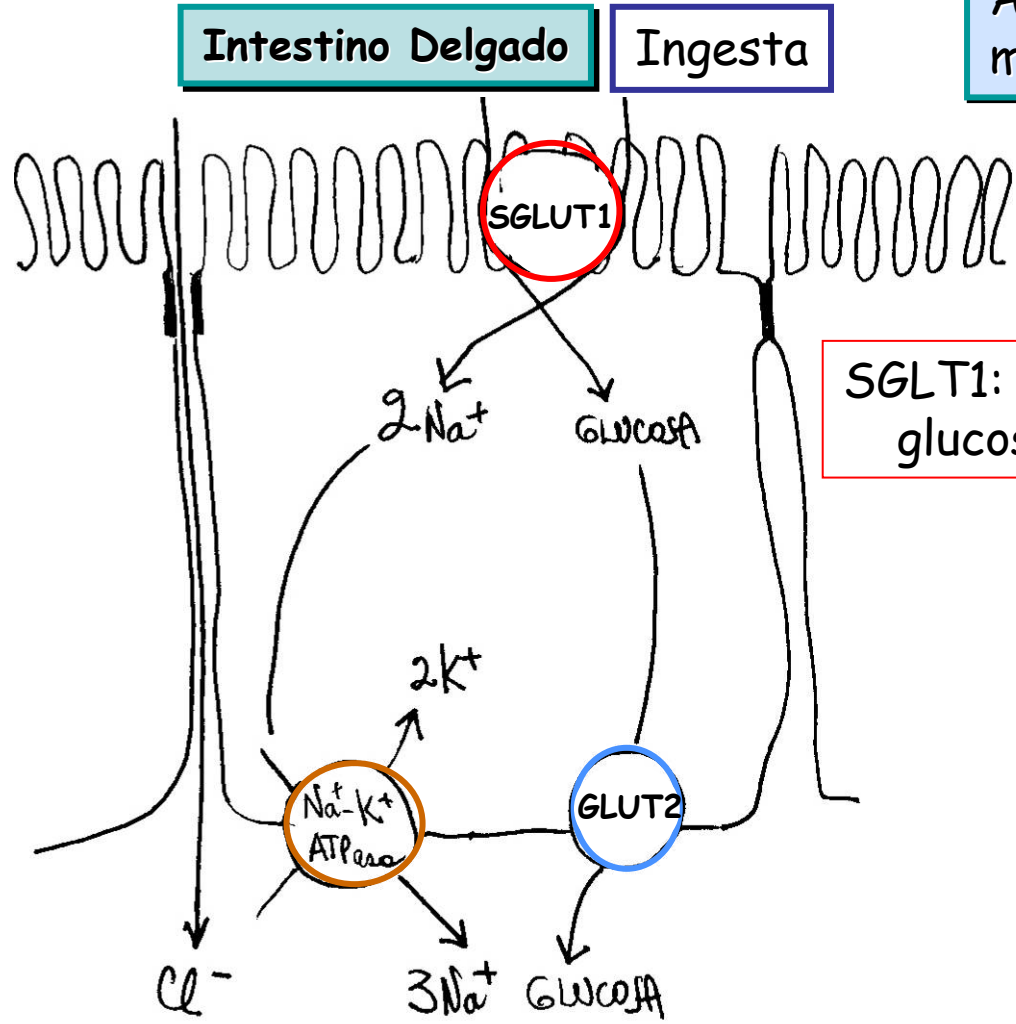
Principal mecanismo absorción de agua en I. delgado durante comida

Difusión a la sangre



## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. acoplada a moléculas orgánicas



SGLT1: Sodium dependent glucose transporter 1

Ingesta

## 2. ABSORCIÓN SODIO

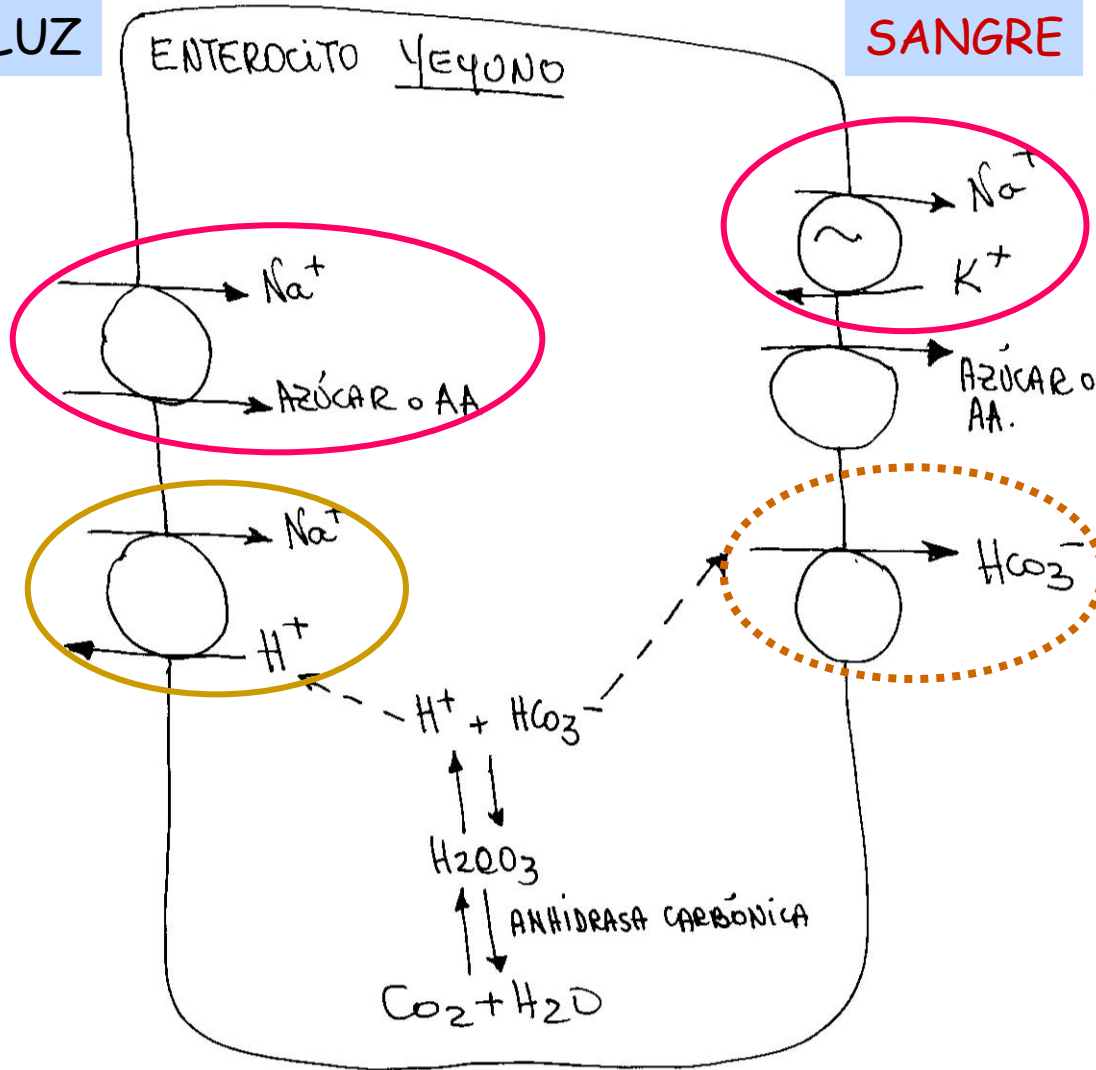
LUZ

ENTEROCITO Yeyuno

SANGRE

Abs. acoplada a Nutrientes (yeyuno)

Yeyuno Intersticio:  
Azúcar, AA  
 $\text{HCO}_3^-$



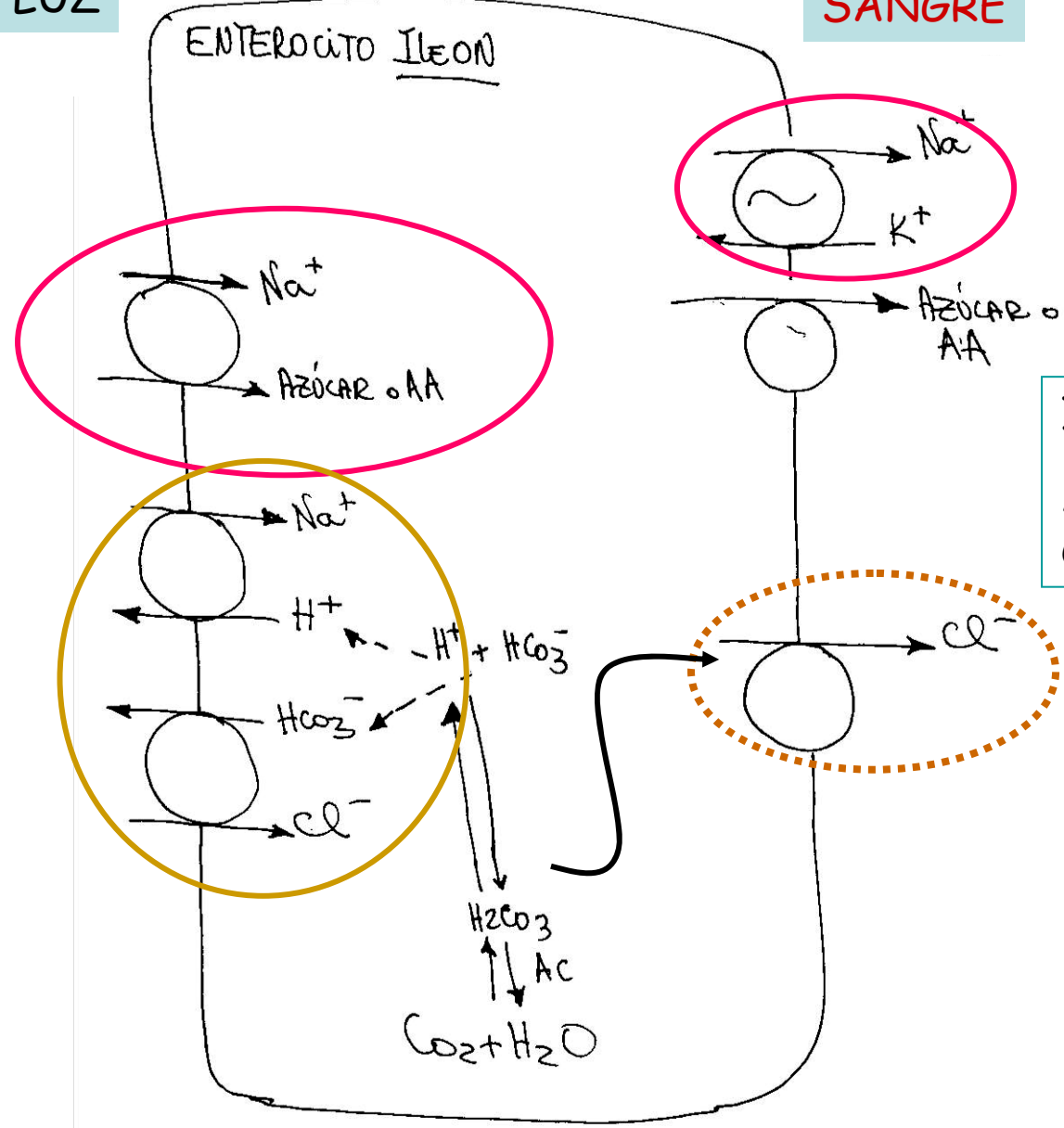
LUZ

Ingesta

SANGRE

## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. acoplada a Nutrientes (ileon)



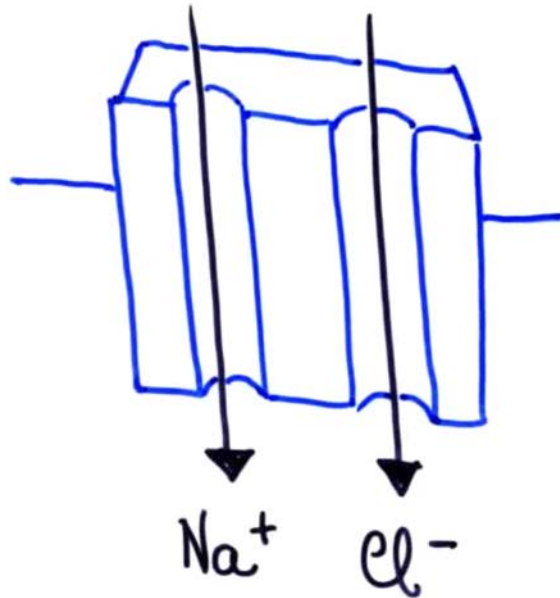
Ileon Intersticio:  
Azúcar, AA  
 $\text{Cl}^-$



Intestino delgado y Colon

Entre ingestas

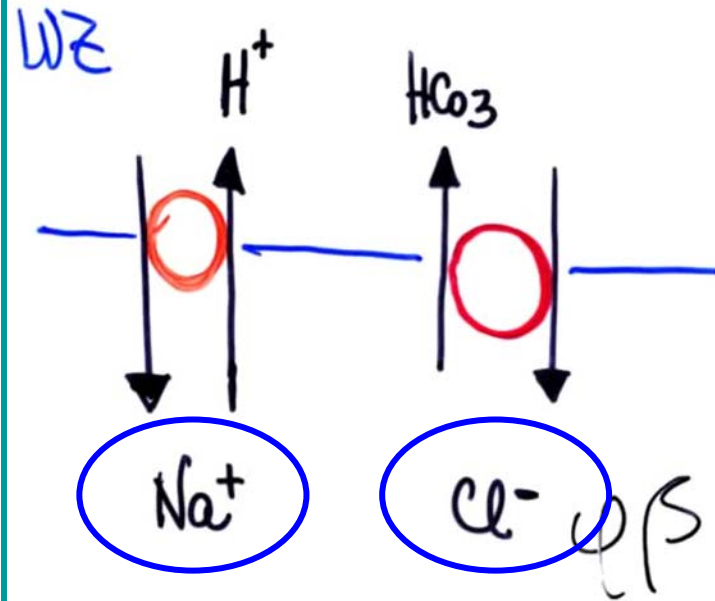
¿Transportador?



2. Absorción Sodio

Abs. Electroneutra  $\text{NaCl}$

Dos intercambios acoplados



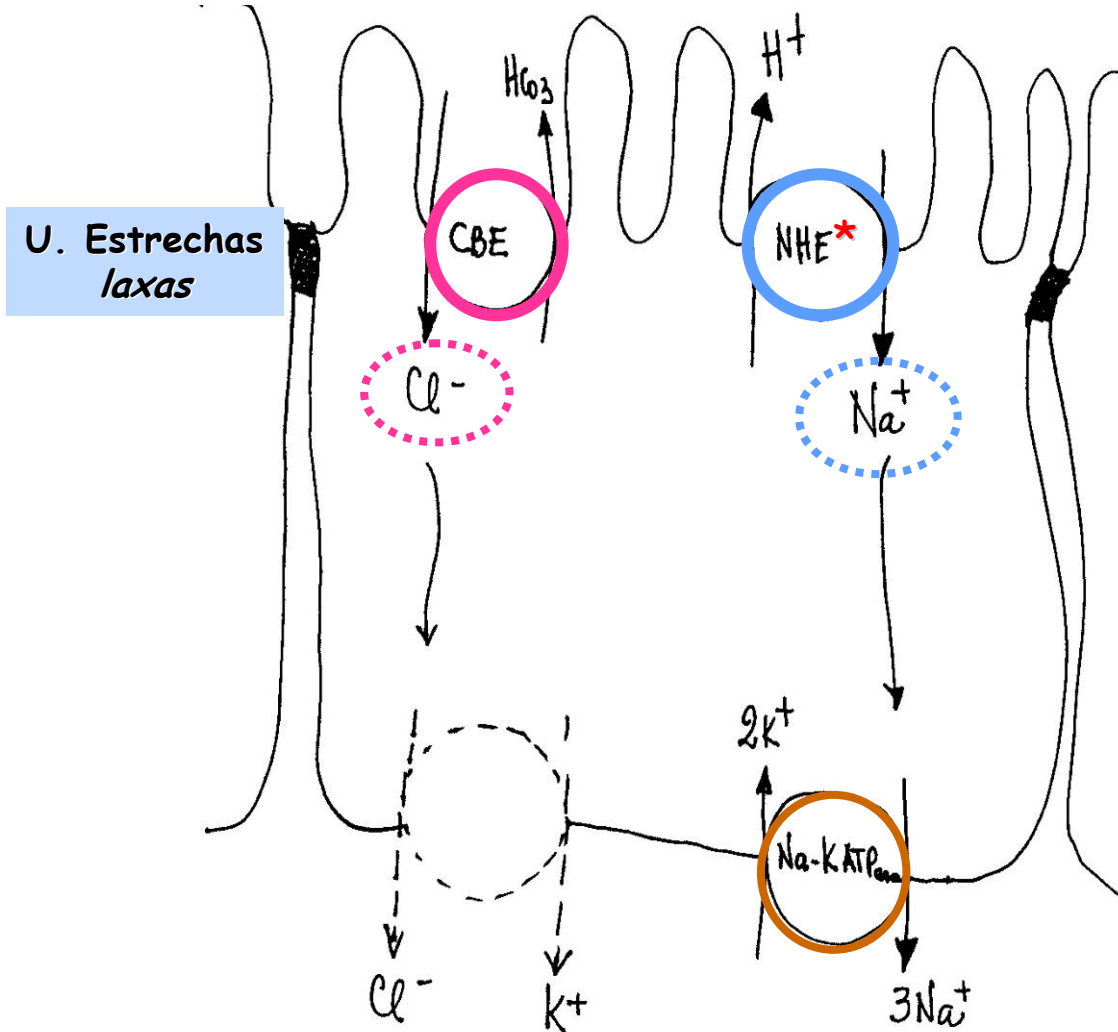
\*\*\*

Intestino delgado

Entre ingestas

## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electroneutra NaCl



U. Estrechas  
laxas

NHE: intercambiador  
Na<sup>+</sup> H<sup>+</sup>

CBE: intercambiador  
Cl<sup>-</sup> HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

\* El aumento de AMPc  
inhibe el intercambio  
Na<sup>+</sup>-H<sup>+</sup> y afecta  
la abs. electroneutra

**IMPORTANTE:**  
Diarrea secretora  
Rehidratación oral



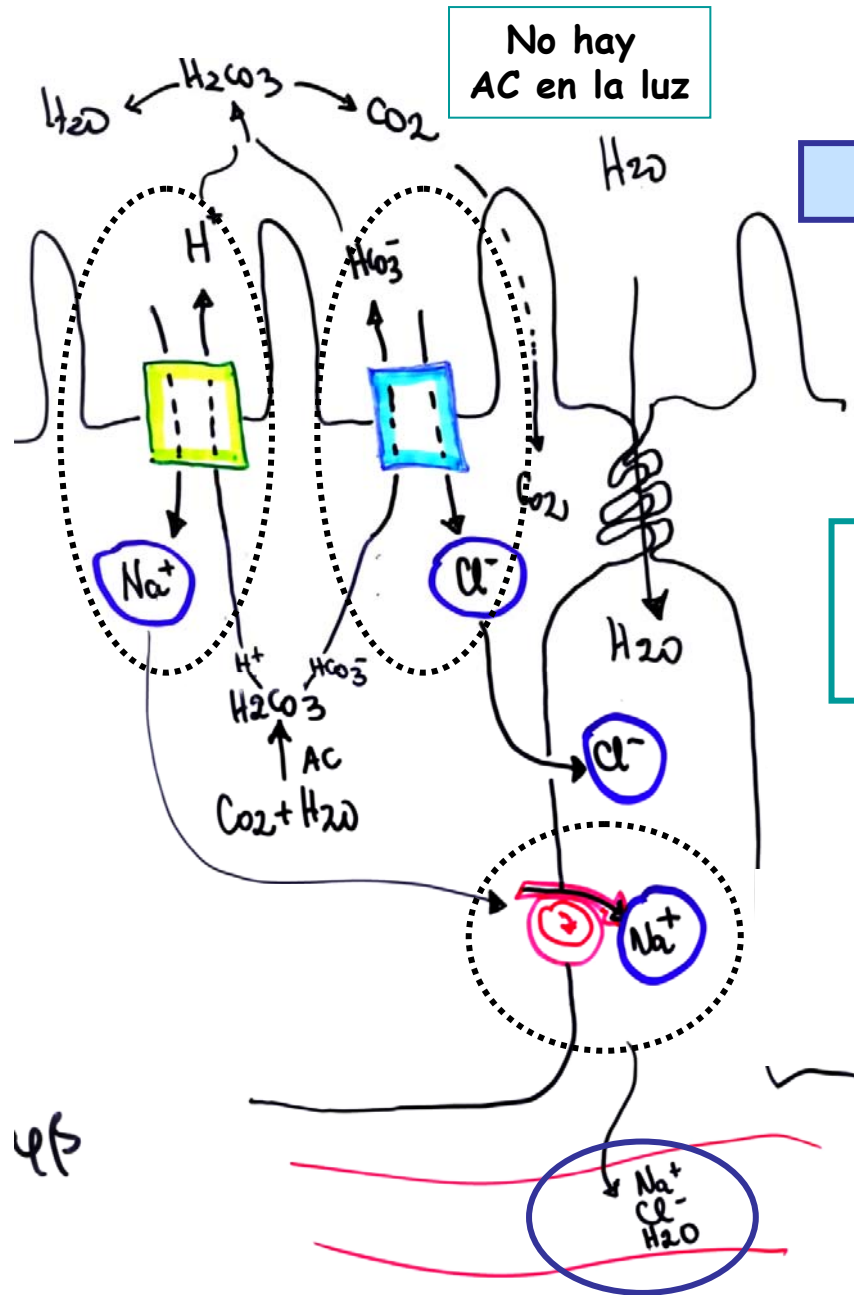
Intestino Delgado y Colon

Entre ingestas

No hay AC en la luz

## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electroneutra NaCl



Mov. apical pasivo Na<sup>+</sup>  
Mov. basolateral activo Na<sup>+</sup>

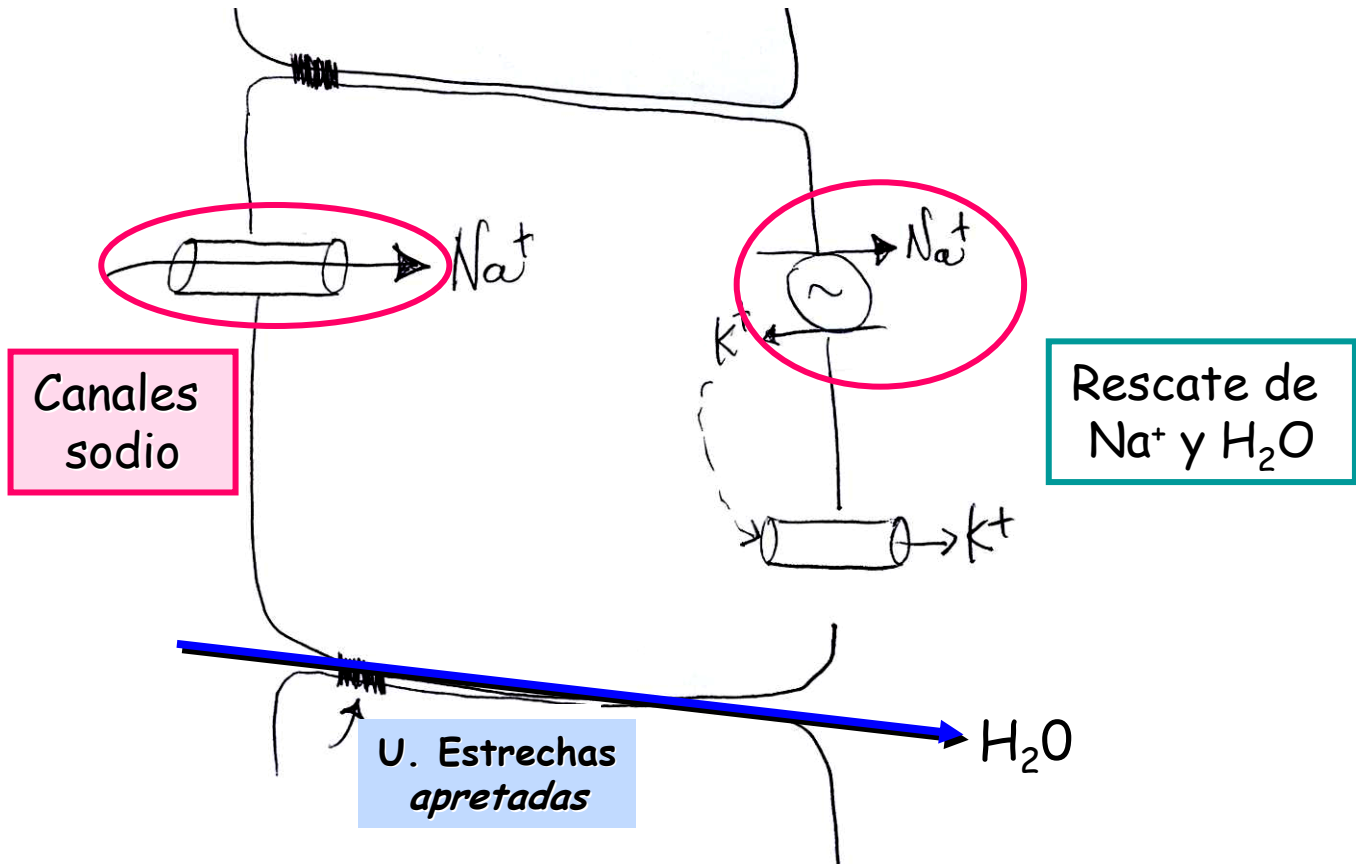
45



## 2. ABSORCIÓN SODIO

Ileon-colon    Ingesta

Abs. Electrogénica  
Canales de sodio







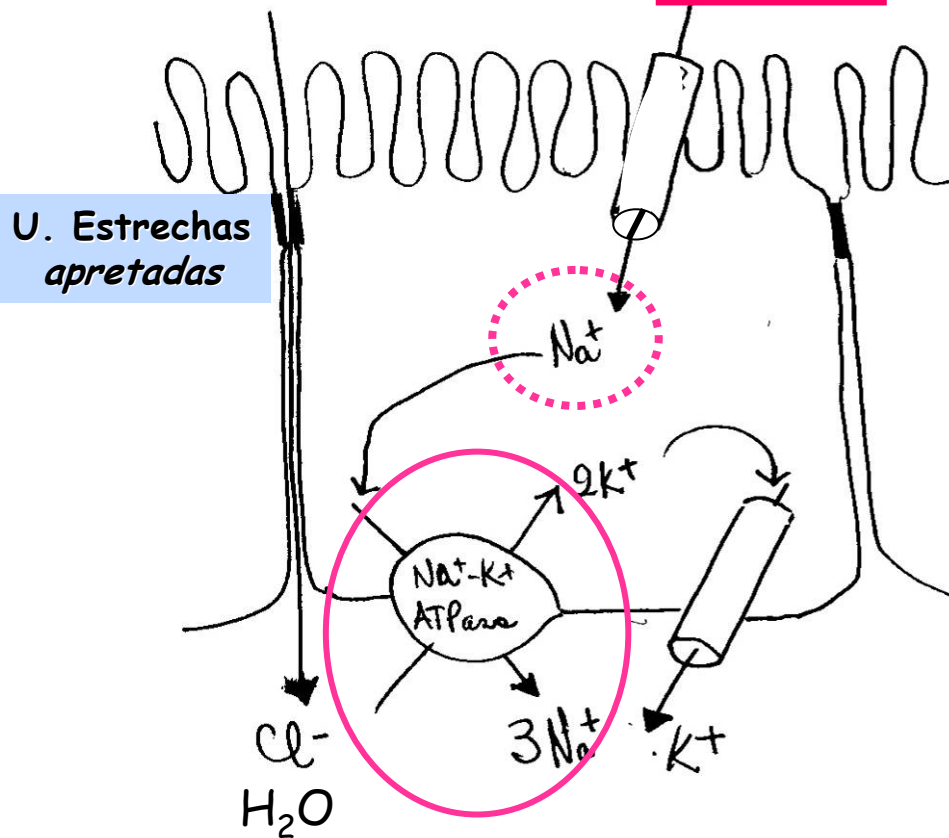
Ileon-colon

Ingesta

Canales sodio

## 2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electrogénica  
Canales de sodio



U. Estrechas apretadas

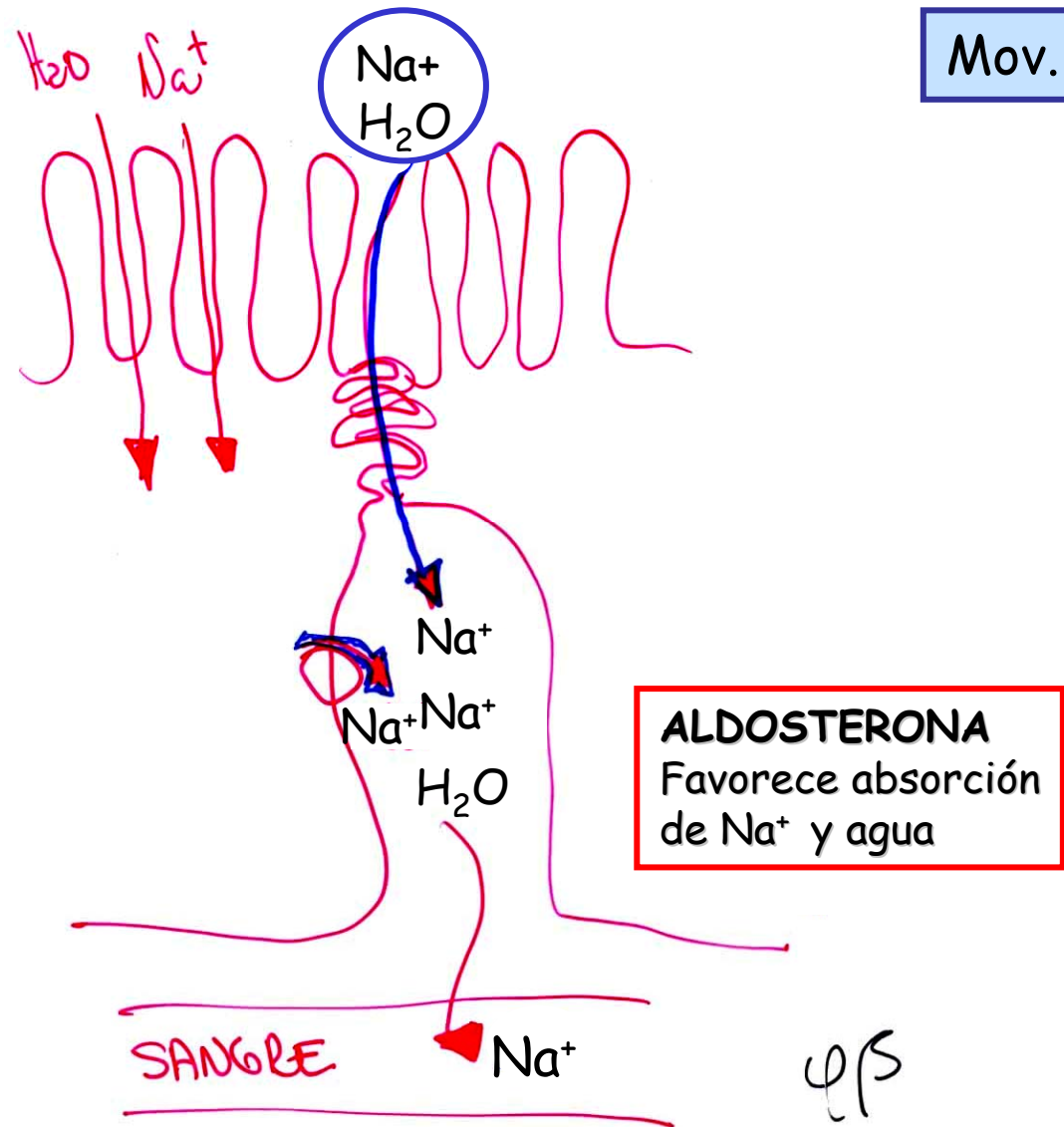
**ALDOSTERONA**  
Favorece absorción de Na<sup>+</sup> y agua

(+) activa e inserta más bombas Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>

¿Dónde más actúa la Aldosterona?

## 2.ABSORCIÓN SODIO

Mov. por Arrastre



## I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS

1. Agua

2. Sodio

3. CLORO

4. BICARBONATO

5. REGULACIÓN

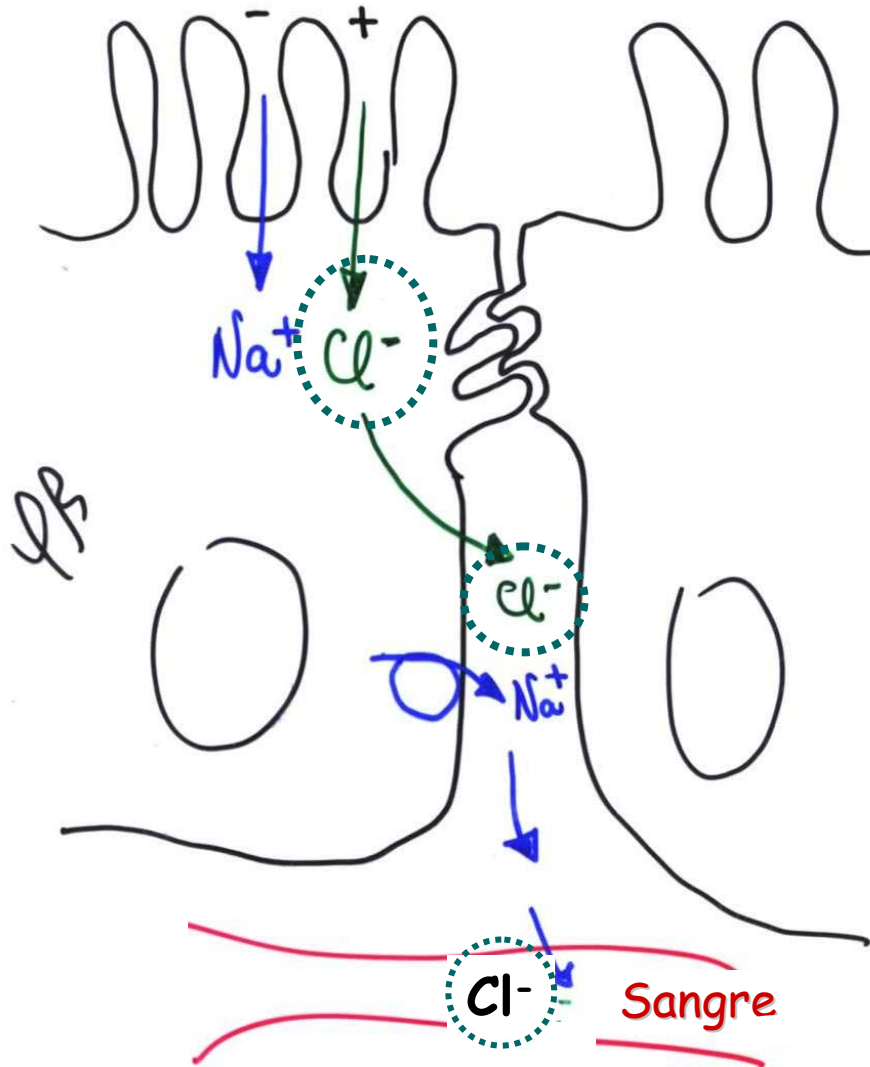




Duodeno yeyuno

### 3.ABSORCIÓN CLORO

PASIVA

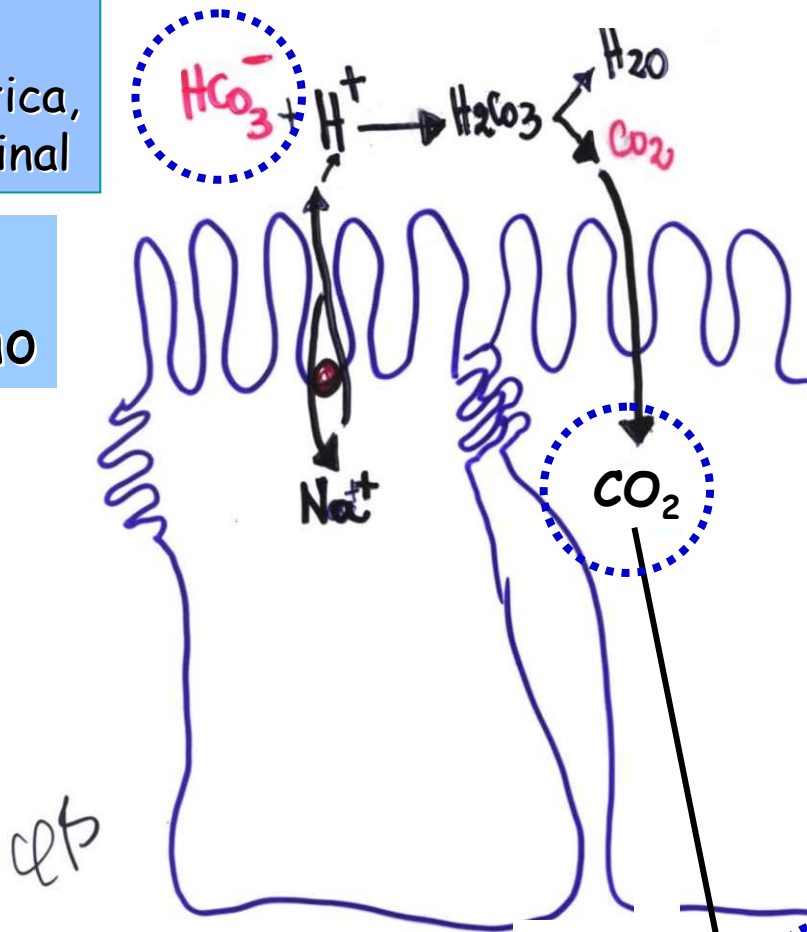


En todo el intestino, pero más en parte SUP.



S. Biliar,  
Pancreática,  
e Intestinal

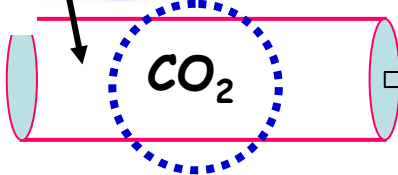
pH  
alcalino



4. ABSORCIÓN  
BICARBONATO

ACTIVA  
INDIRECTA

Duodeno-yeyuno



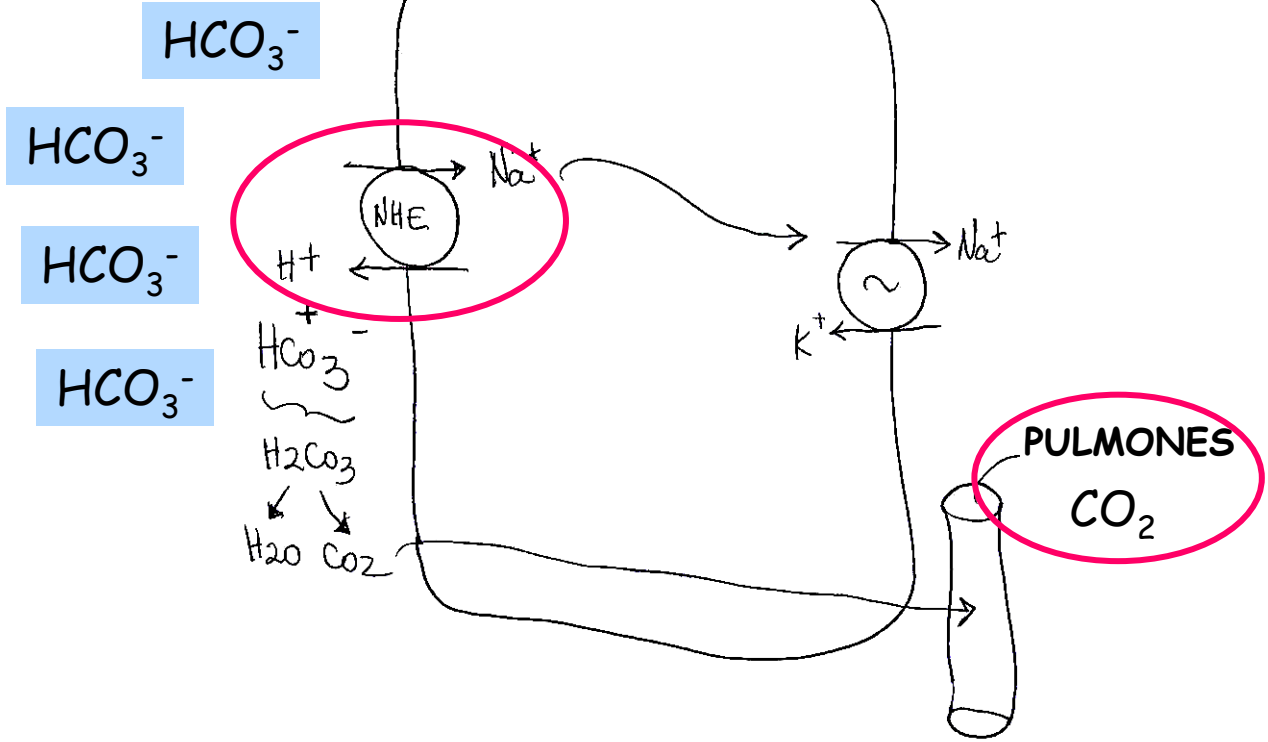
pulmones



4. ABSORCIÓN BICARBONATO

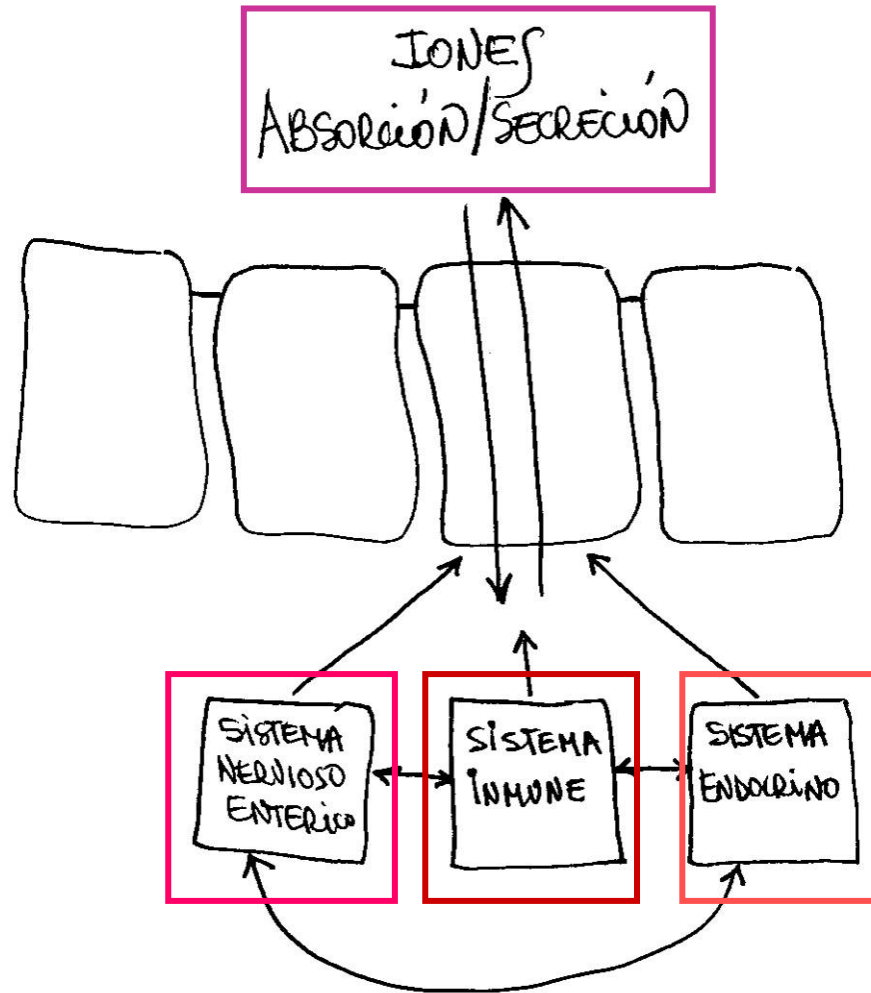
ACTIVA INDIRECTA

Duodeno yeyuno



# 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 MOV. 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 MOV. IÓNICO



#### Regulación **AGUDA** (en minutos)

- En respuesta a comida
- Por estímulos SNC al estrés

Regulación de 2dos mensajeros  
Redistribución de  
transportadores

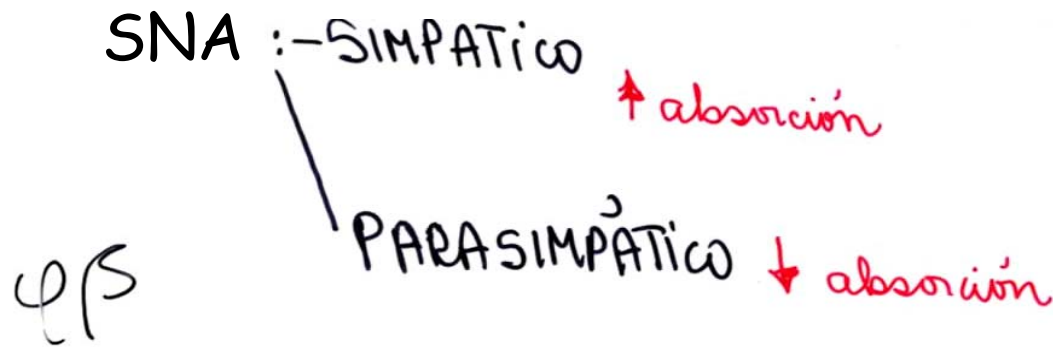
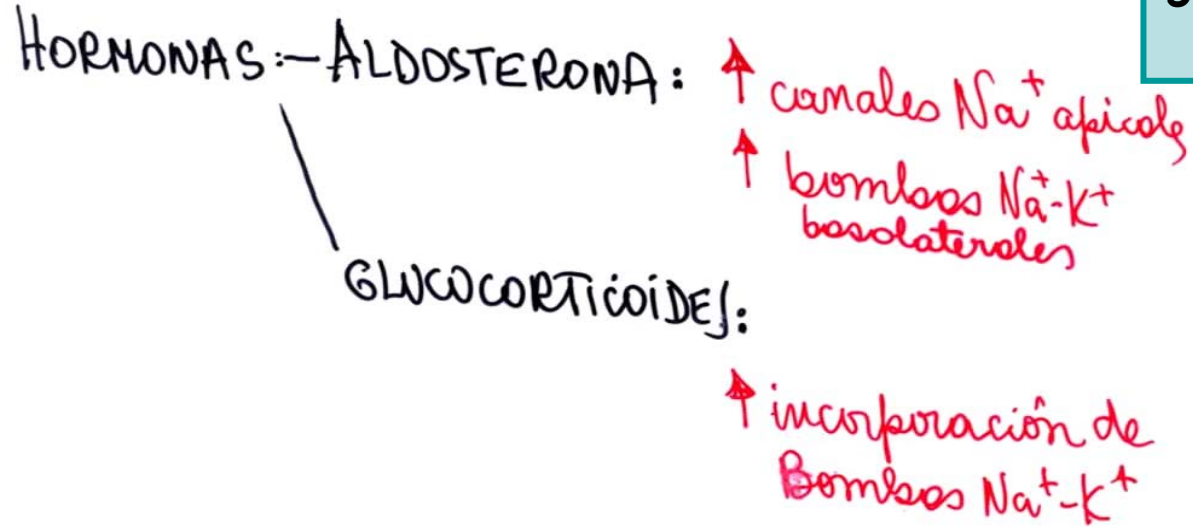
#### Regulación **CRÓNICA** (días, semanas)

- Dieta baja en sal  
ALDOSTERONA

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

# I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

## 5. REGULACIÓN MOV. IÓNICO



\* ¿Por qué?

# Fisiología del Aparato Digestivo

- Generalidades de la función digestiva
- Control neural de la función digestiva
- Boca-esófago, estómago
- Control humoral de la función digestiva
- Hígado, páncreas
- Intestino delgado
- Digestión
- Absorción nutrientes
- **Absorción de agua, electrolitos y vitaminas**
- Colon