

FISIOLOGIA MEDICINA

**FISIOLOGÍA
DEL
APARATO DIGESTIVO**

2010

Ximena Páez

IMPORTANTE:

Estos materiales audiovisuales
NO sustituyen el uso de los
libros para el estudio de la
fisiología

FUENTES

- *Ganong's Review of Medical Physiology*. 23^{er}. Ed. K.E. Barrett, S.M. Barman, S. Boitano, H.L. Brooks Eds. Lange, **2010**.
- Silbernagl S. Despopoulos. *Fisiología. Texto y Atlas* 7^{ima} Ed. Editorial Médica Panamericana, **2009**.
- Fox S.I. *Human Physiology*. 10th edition. McGraw-Hill, New York, **2008**.
- Costanzo L.S. *Physiology*. 3^{er} 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

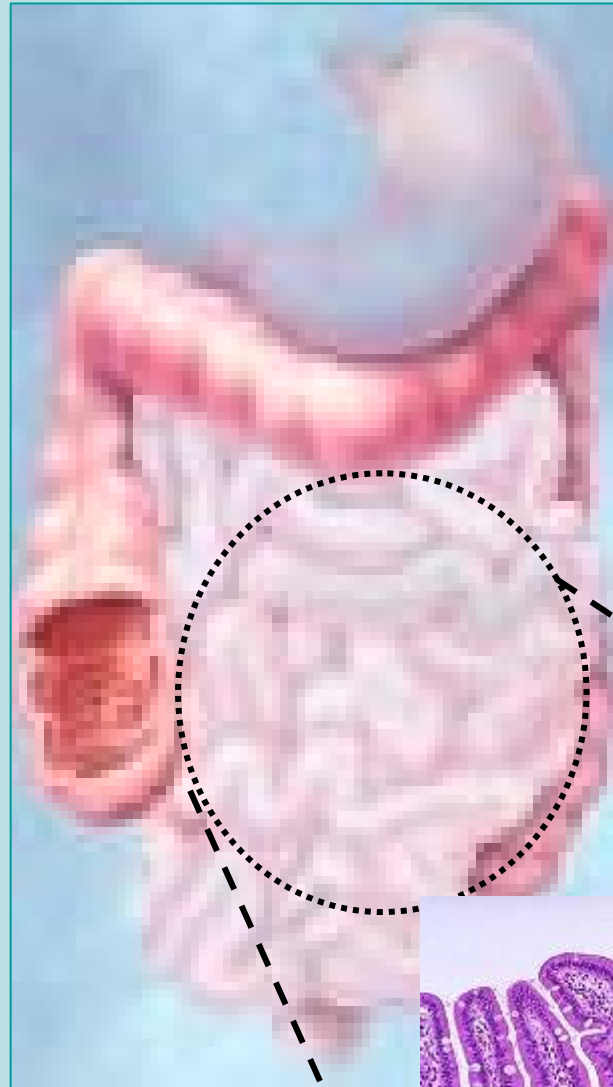
TEMA 11

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

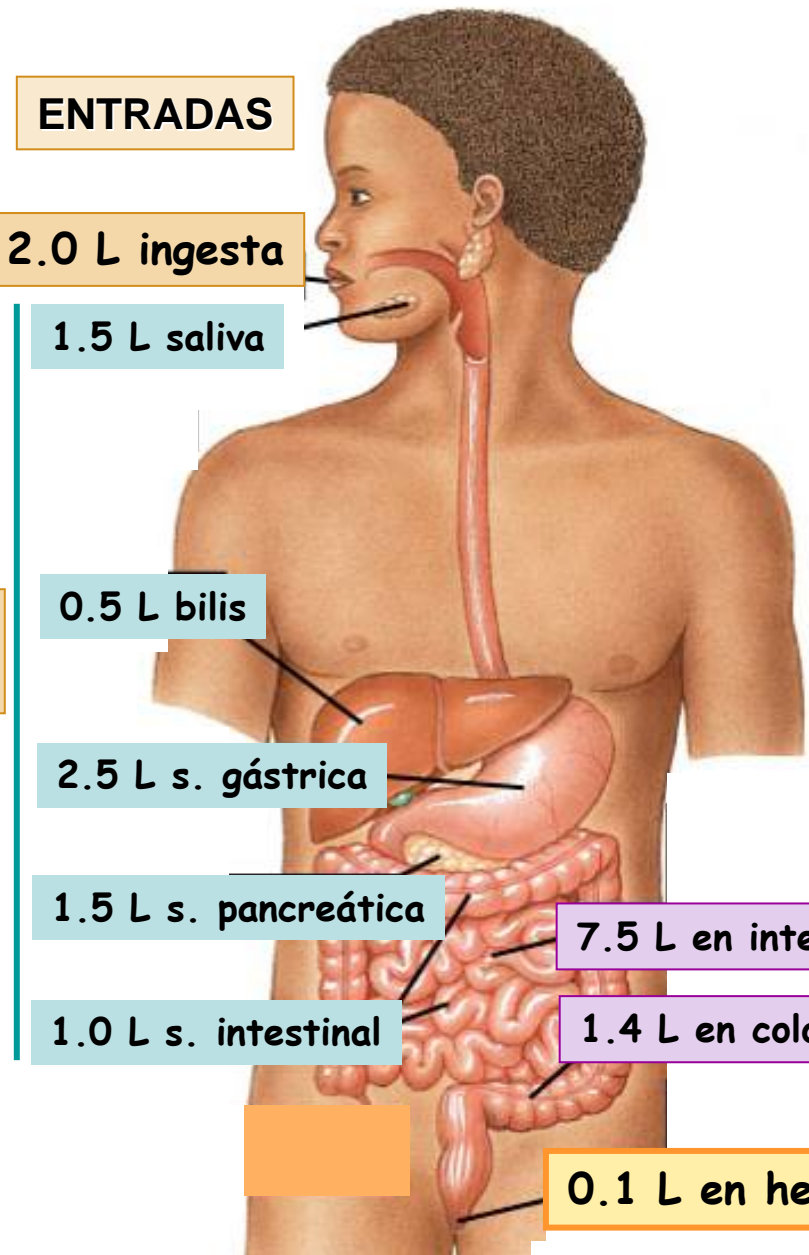
8.9 L
ABSORBIDO
POR INTESTINO

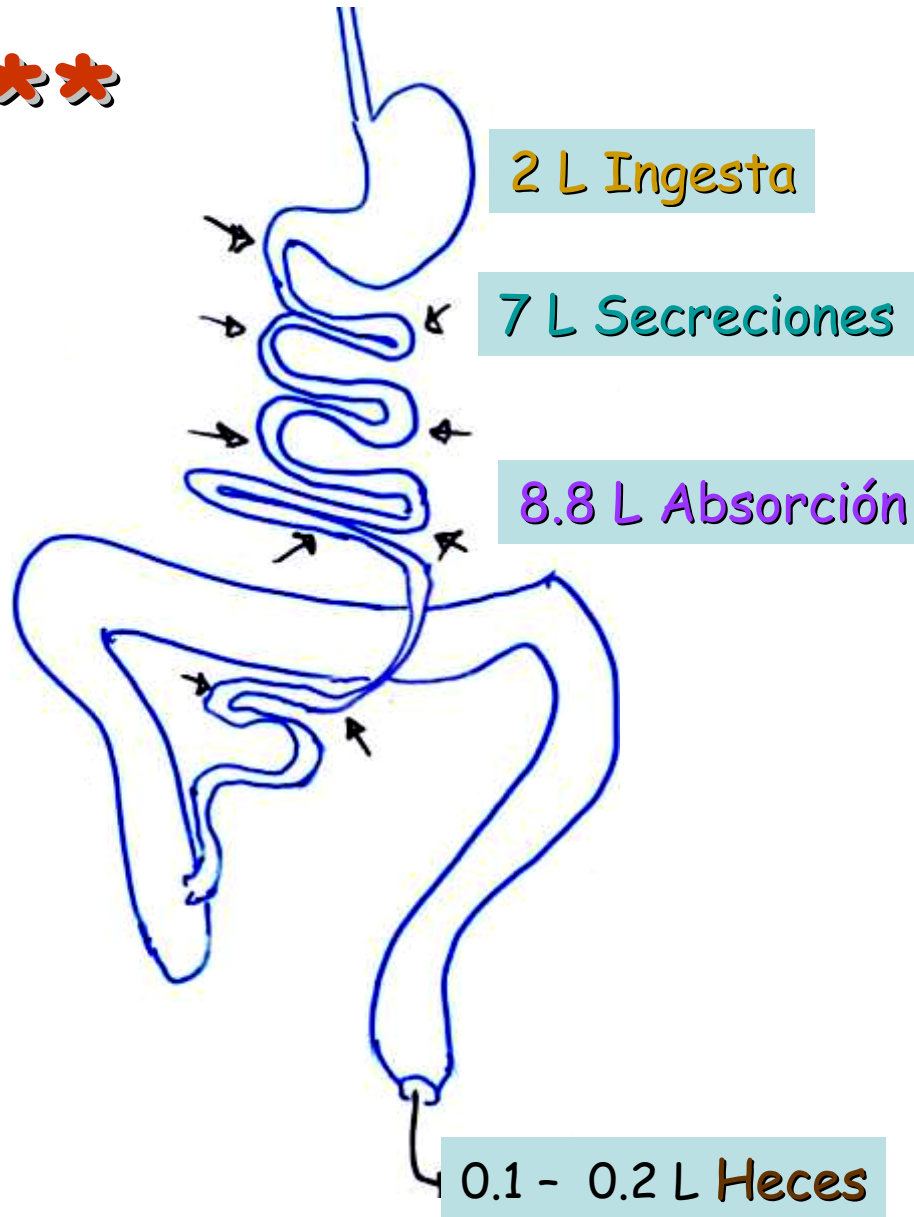
0.1 L en heces

9.0 L RETIRADOS
DE LA LUZ

**I. ABSORCIÓN AGUA
Y ELECTROLITOS**

BALANCE DE AGUA





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

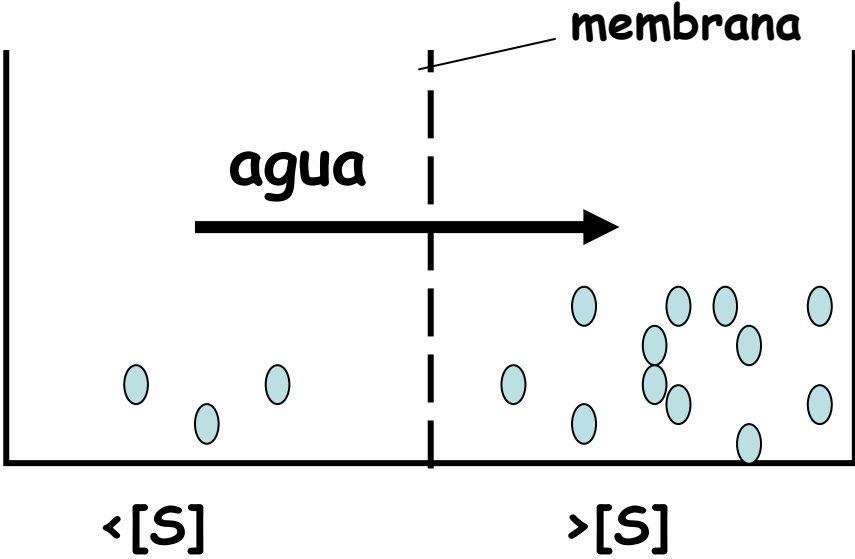
ÓSMOSIS

Difusión de moléculas de un SOLVENTE (agua) hacia donde hay mayor concentración de SOLUTO al cual 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:

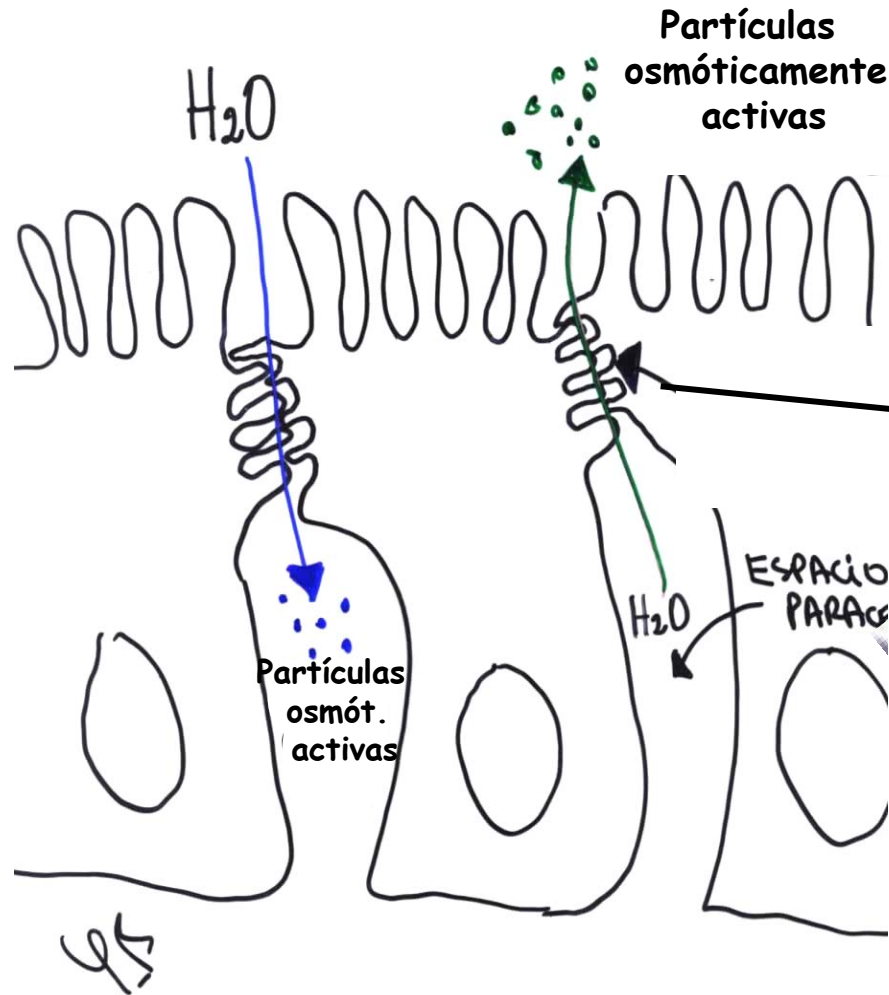
- * Diferencias de MOLARIDAD y no de masa
- * N° de PARTÍCULAS de soluto y no su tamaño

No confundir!!!



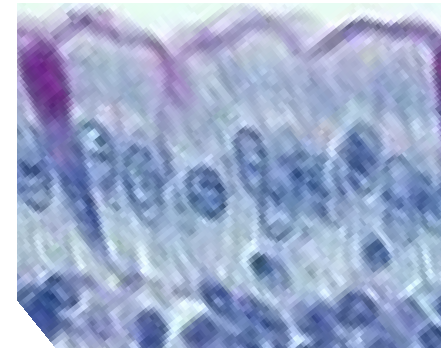
1. ABSORCIÓN AGUA

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

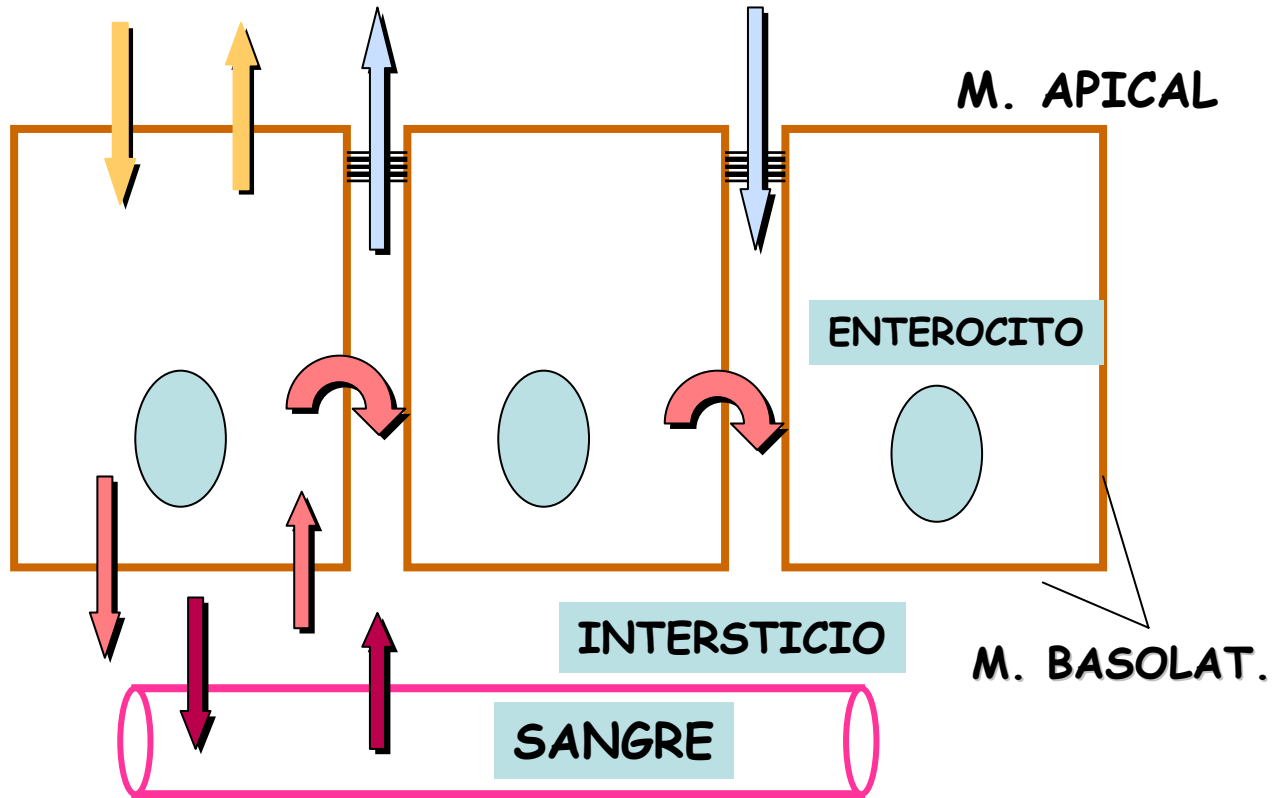
CAPILAR

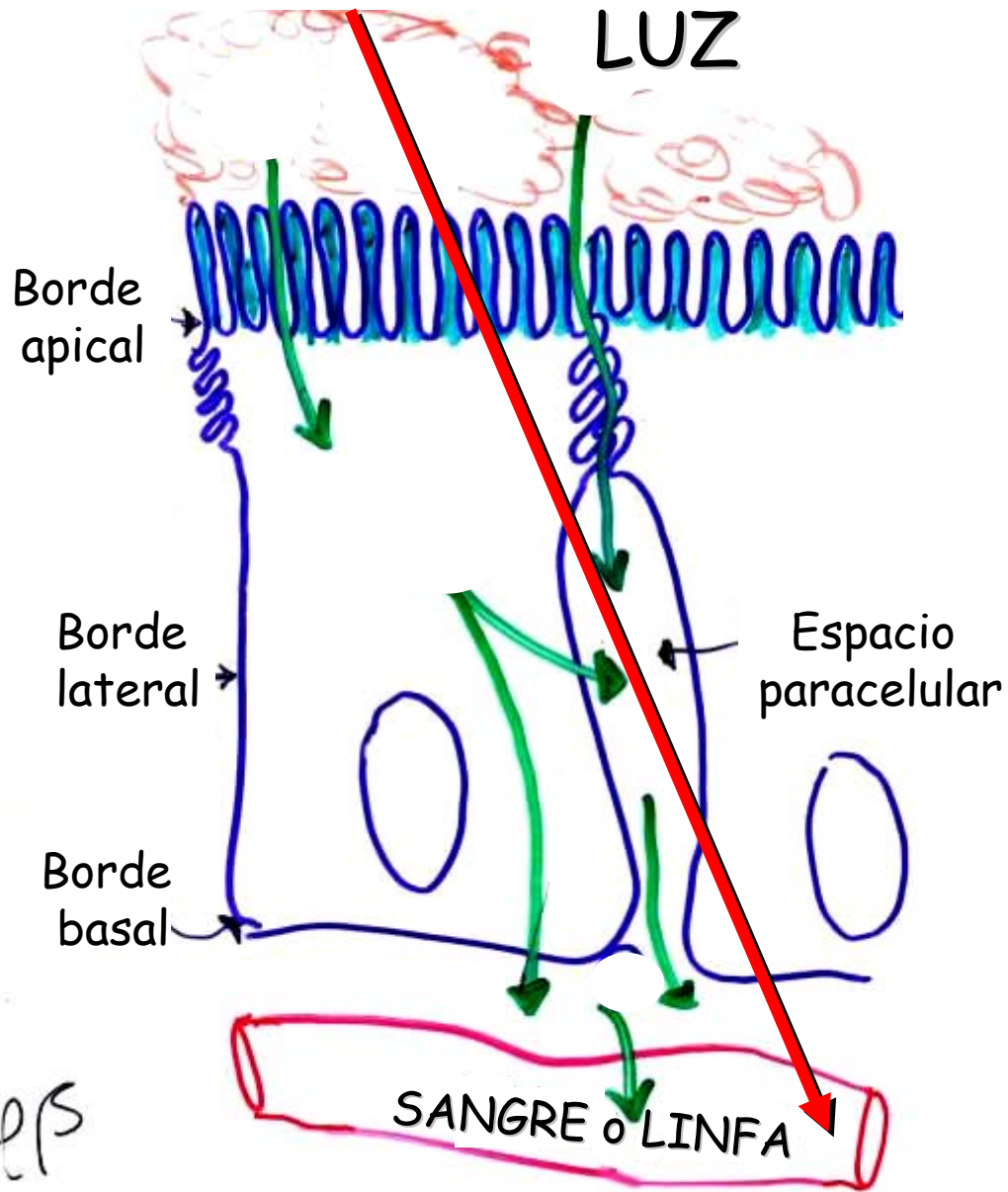


ÓSMOSIS en TGI

Mov. entre compartimientos

LUZ

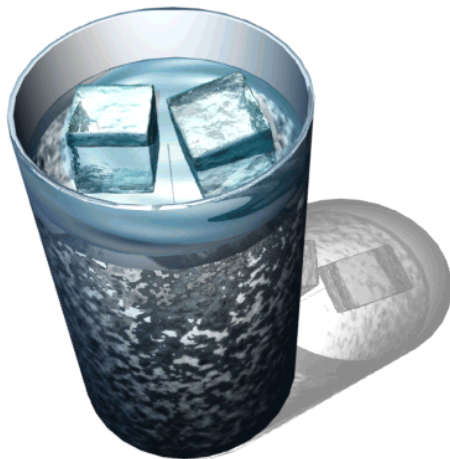




ÓSMOSIS en TGI

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:

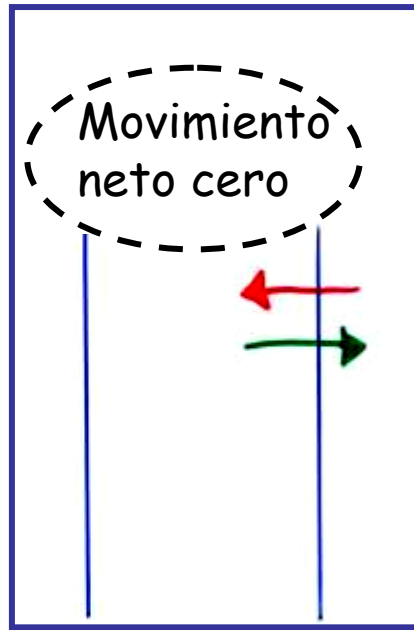
ABSORCIÓN

* Paso del ENTEROCITO a la LUZ:

SECRECIÓN

**ABSORCIÓN
AGUA**

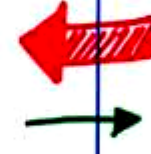
**Variaciones
Regionales
Flujo Neto**



1.

Secreción

eps



**BOCA
ESTÓMAGO**

2.

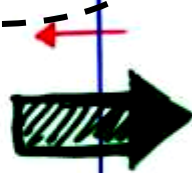
Secreción=
absorción



DUODENO

3.

Absorción



**YEYUNO
ILEON**

4.

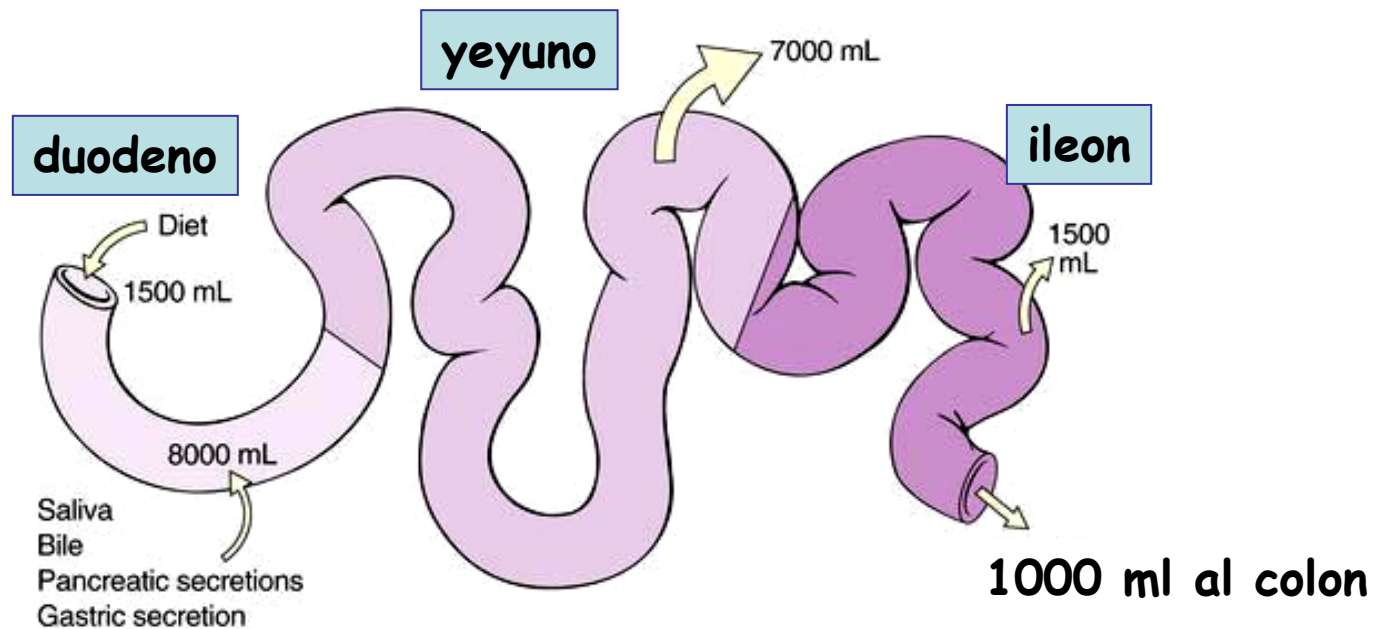
Absorción



COLON

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 | +++ |



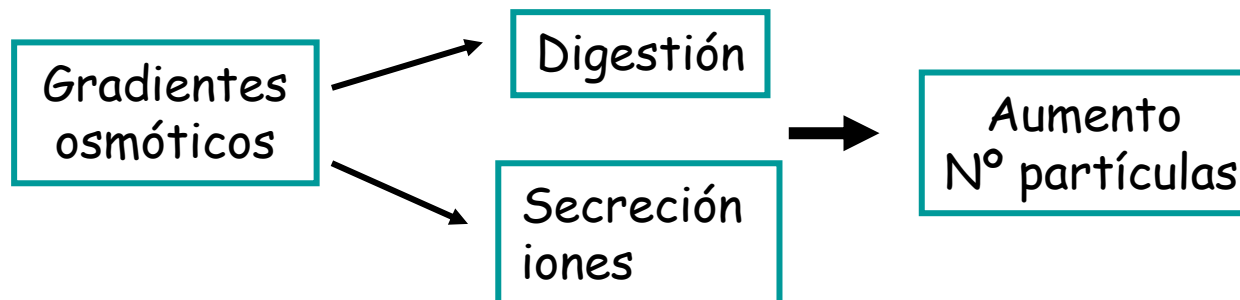
1. ABSORCIÓN AGUA

Movimiento en TGI

2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS

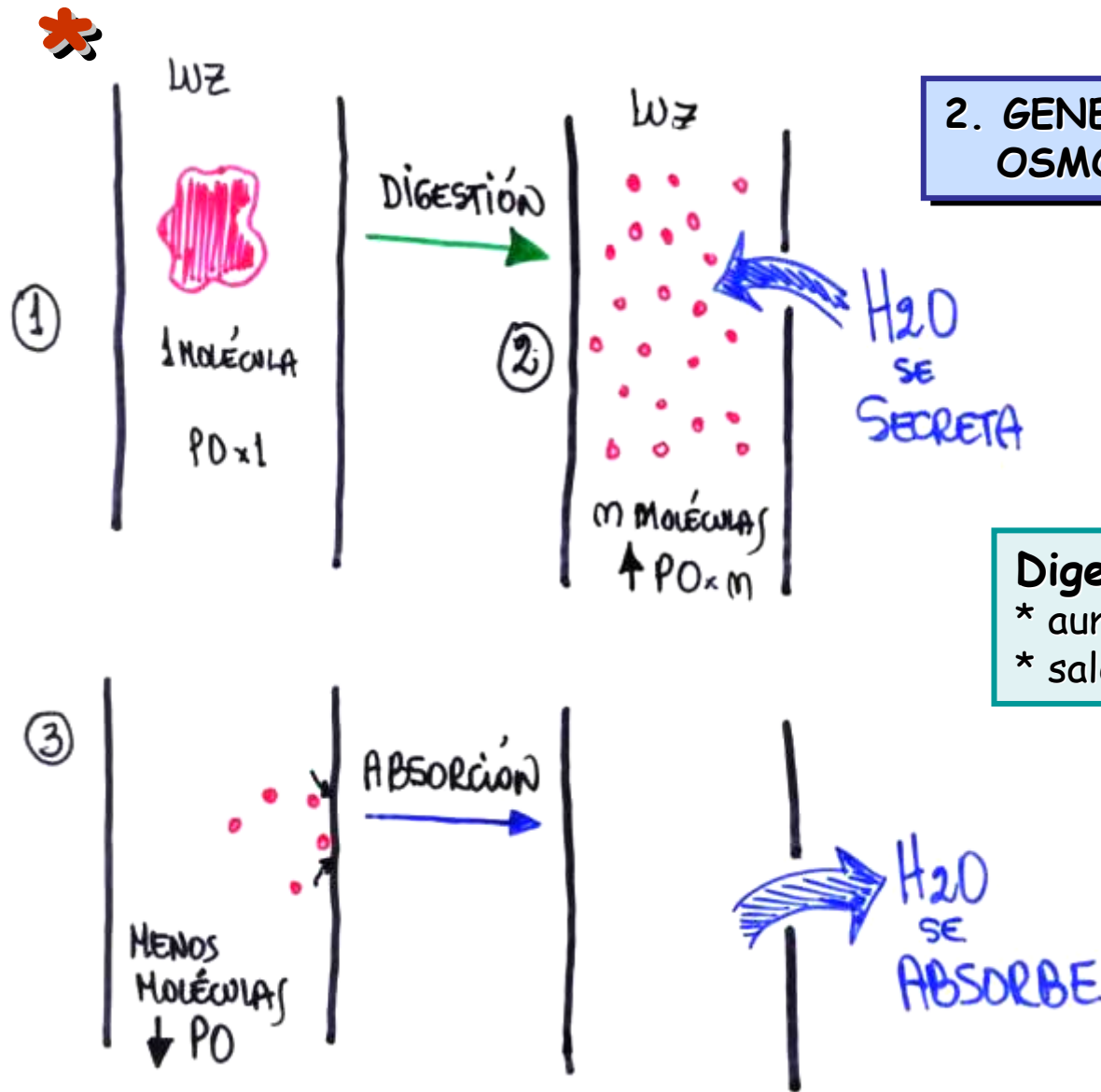


eps



Movimiento en TGI

2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS



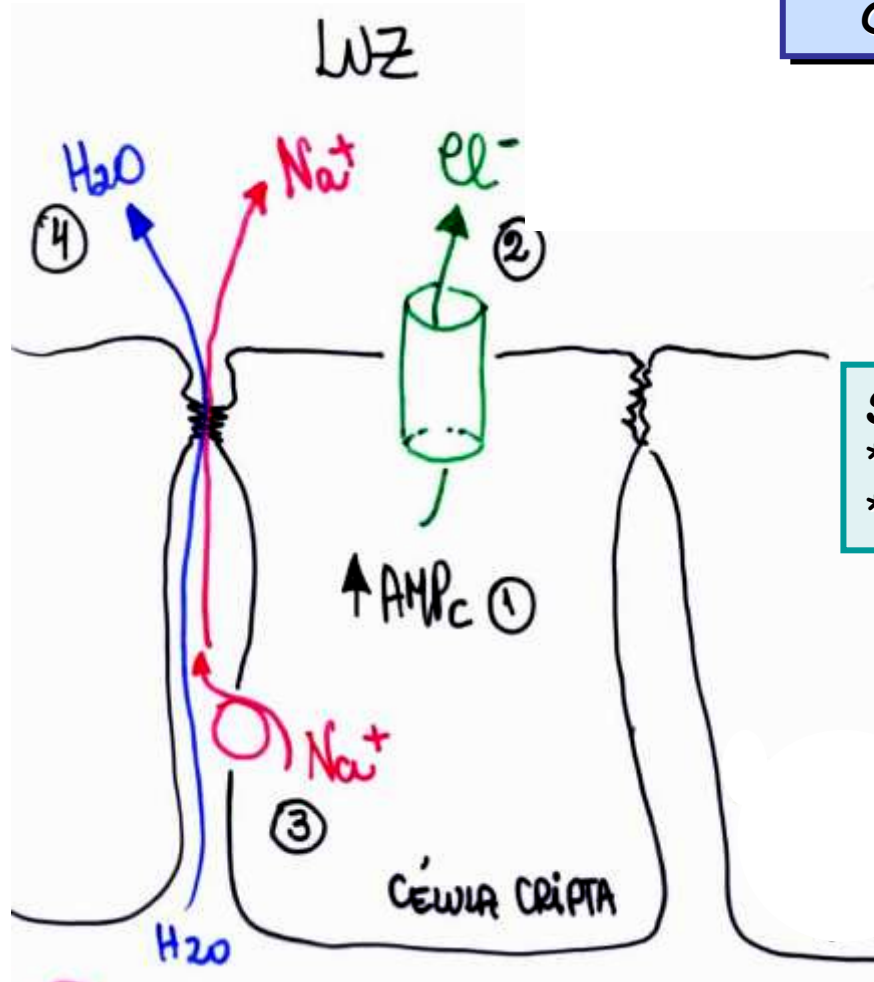
Digestión de nutrientes

- * aumenta la osmolaridad
- * sale agua a la luz



Movimiento en TGI

2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS



Secreción electrolitos

- * aumenta la osmolaridad
- * sale agua a la luz



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

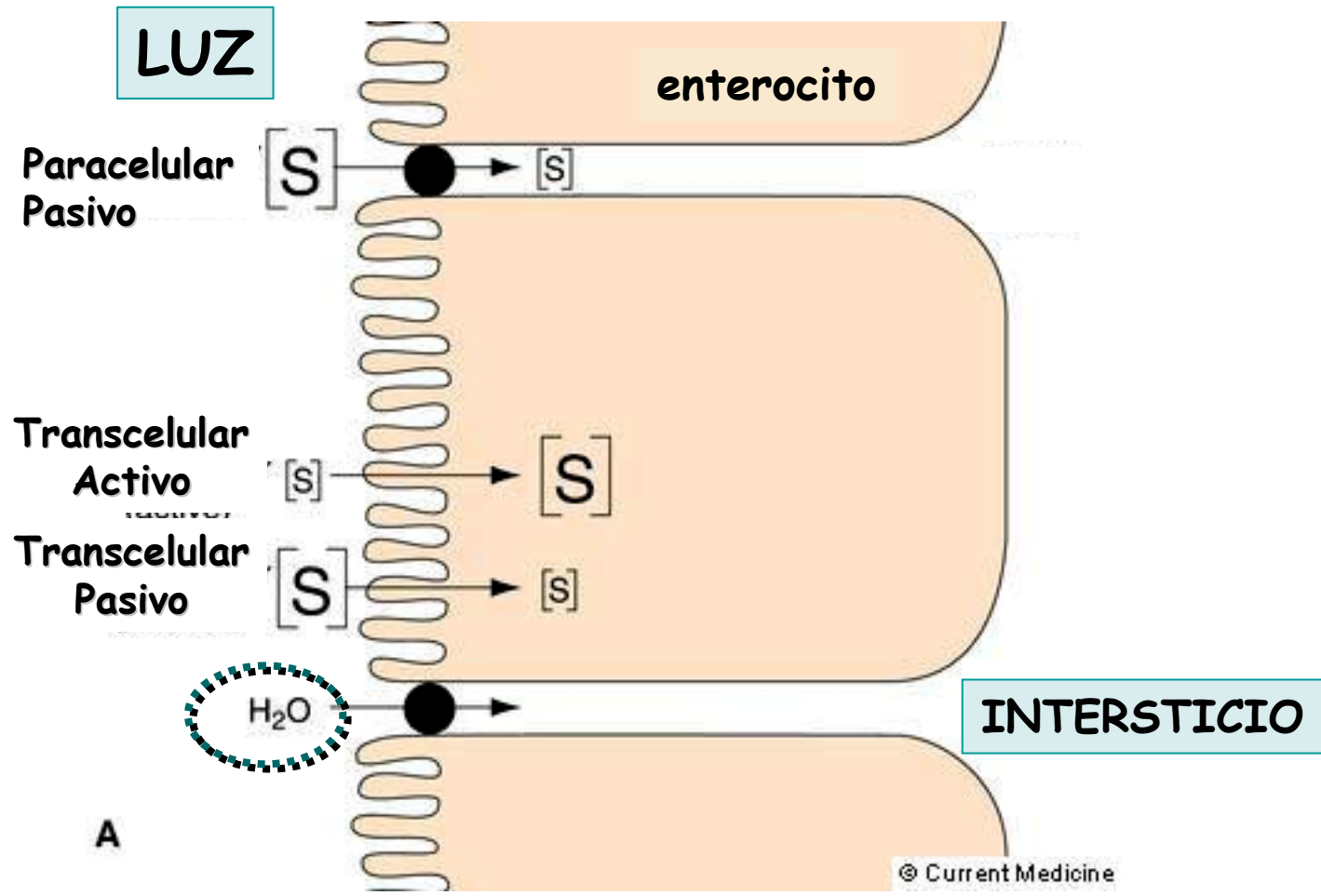
I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

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

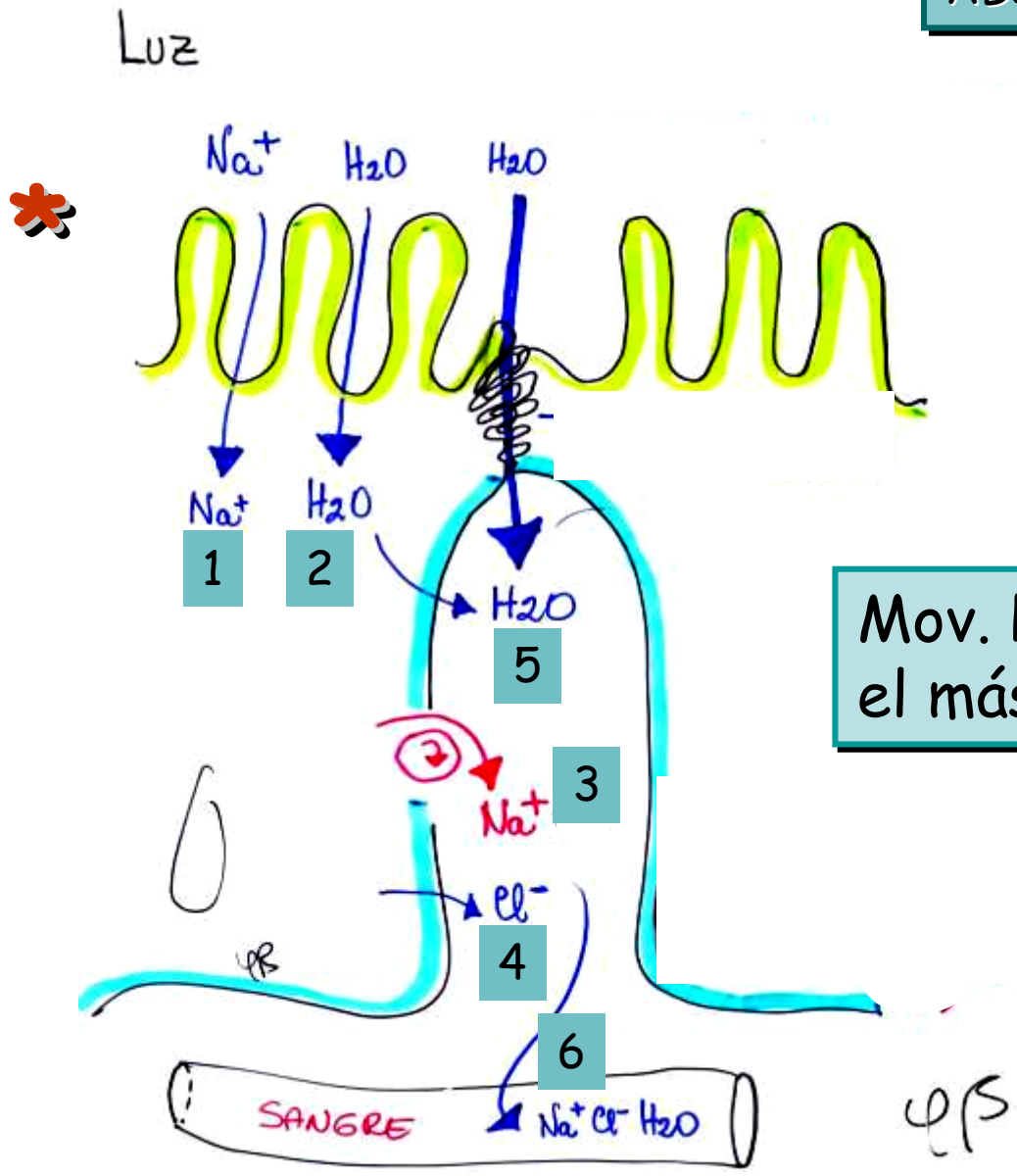
ABSORCIÓN DE AGUA

**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



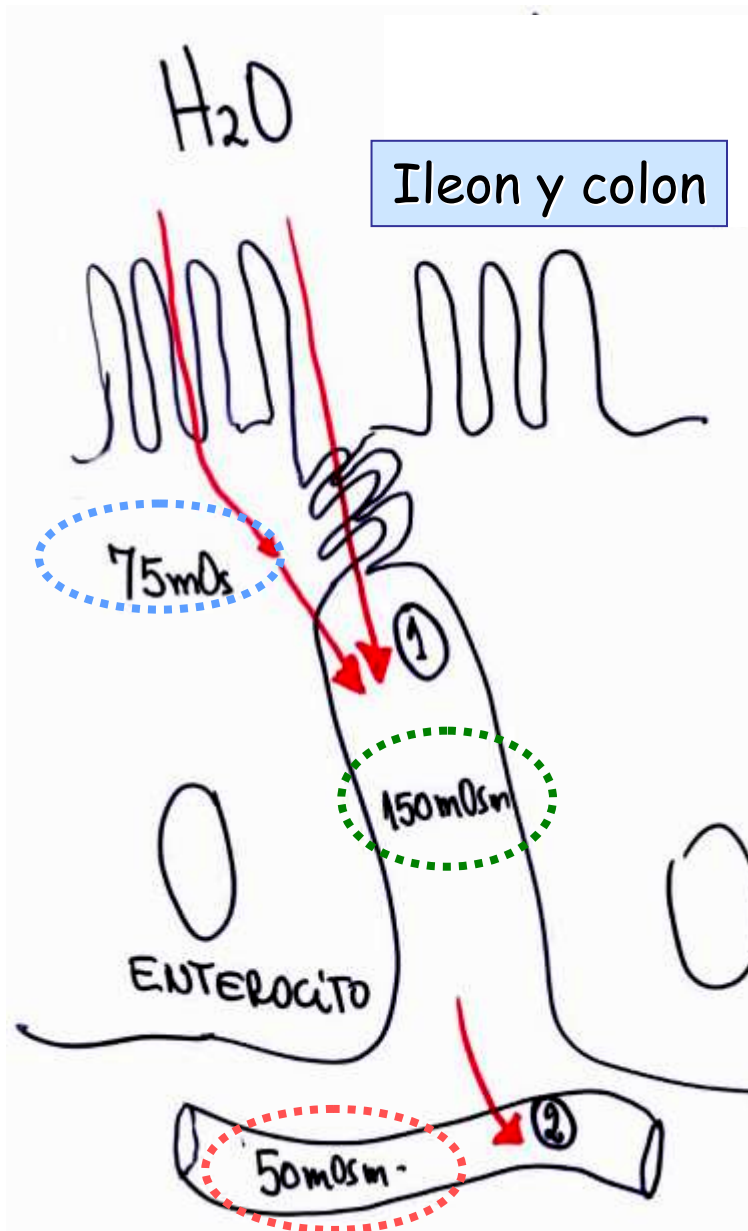
1. ABSORCIÓN AGUA

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

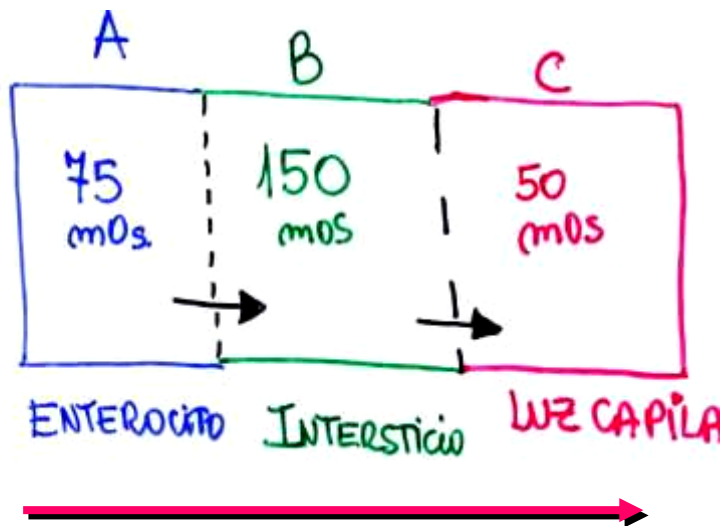
75 mOs a 150 mOs a 50 mOs

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 Na^+ y otras moléculas*
2. Absorción electroneutra de NaCl

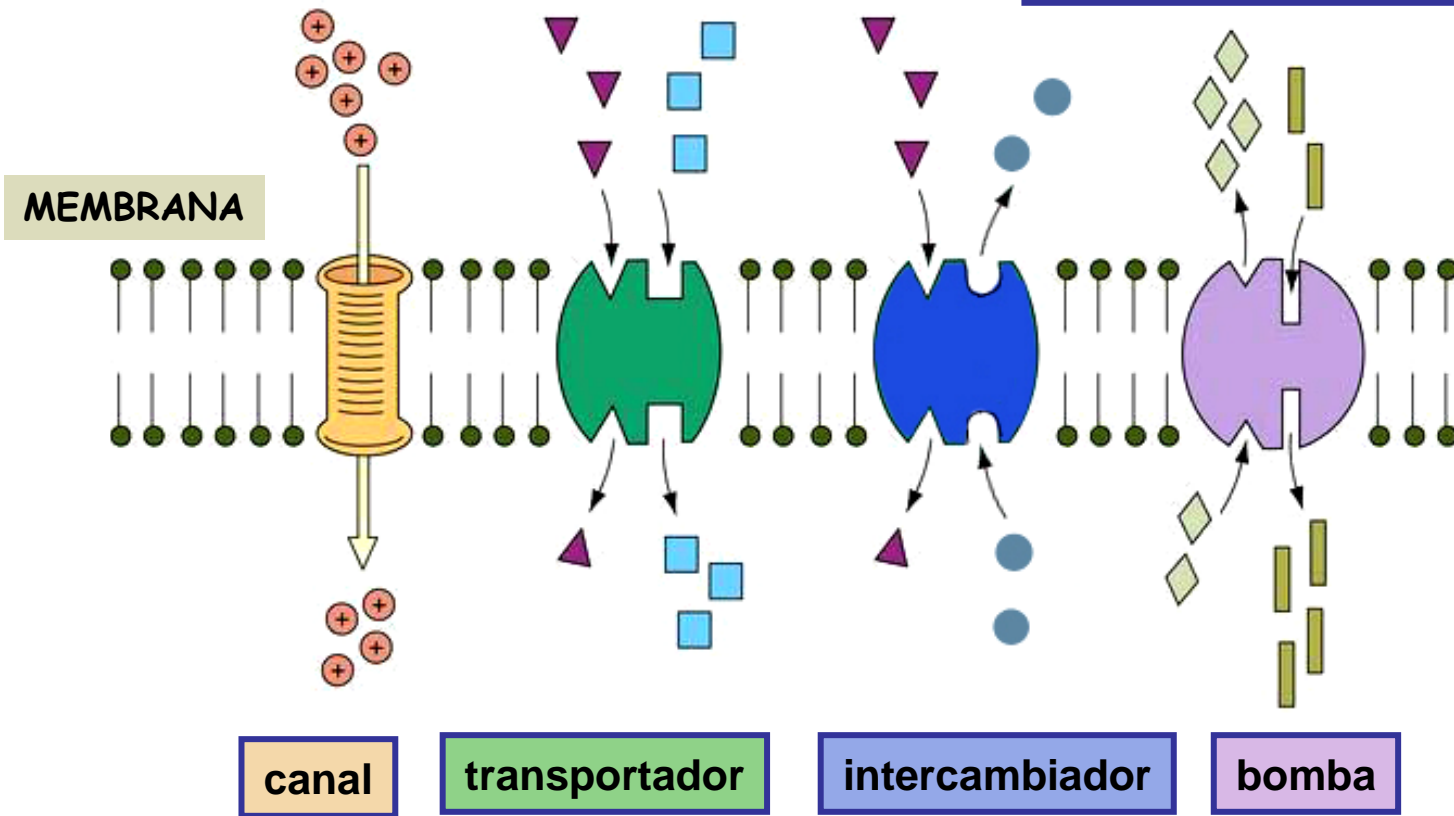
* Postprandial

Colon

1. Absorción electrogénica de Na^+ por canales Na^+ *
2. Absorción electroneutra de NaCl

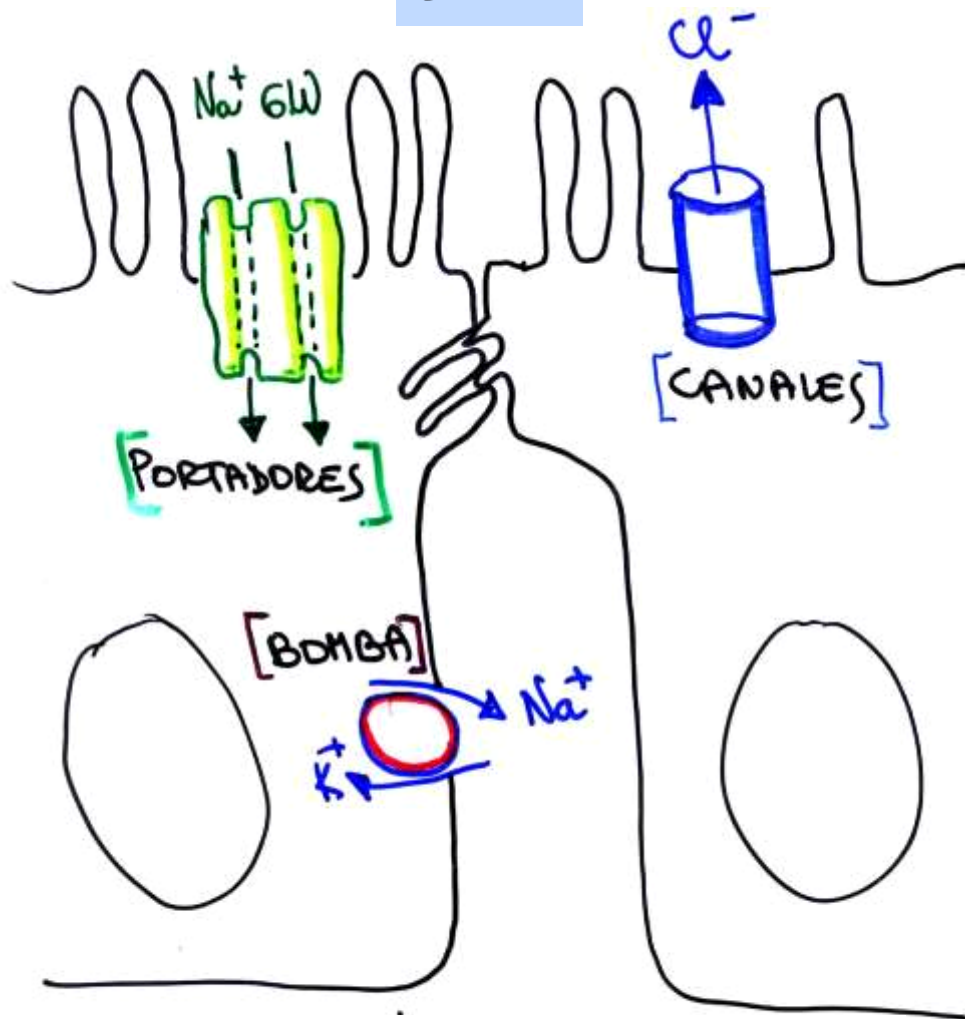
I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

Proteínas Membrana
Función diferencial



© Current Medicine

LUZ



INTERSTICIO

eps

I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

Distribución
Proteínas
Transportadoras



Células polarizadas

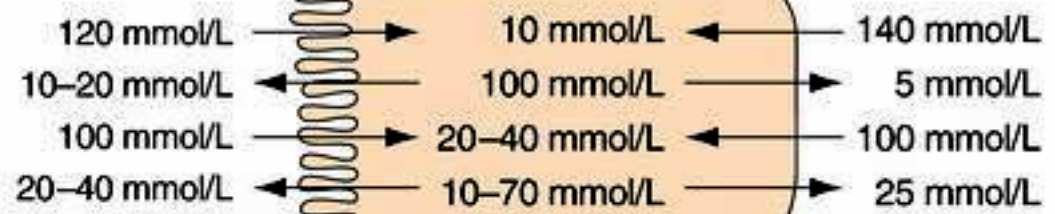


LUZ

INTERSTICIO

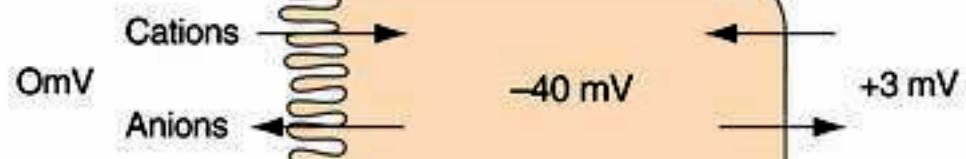
Químico

- [Na]
- [K]
- [Cl]
- [HCO₃]



Eléctrico

Dif. Potencial



Movimientos Iones según gradientes

Gradiente electroquímico →

- Entrar [Na]
- Salir [K]
- Entrar [Cl]
- Salir [HCO₃]

I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS

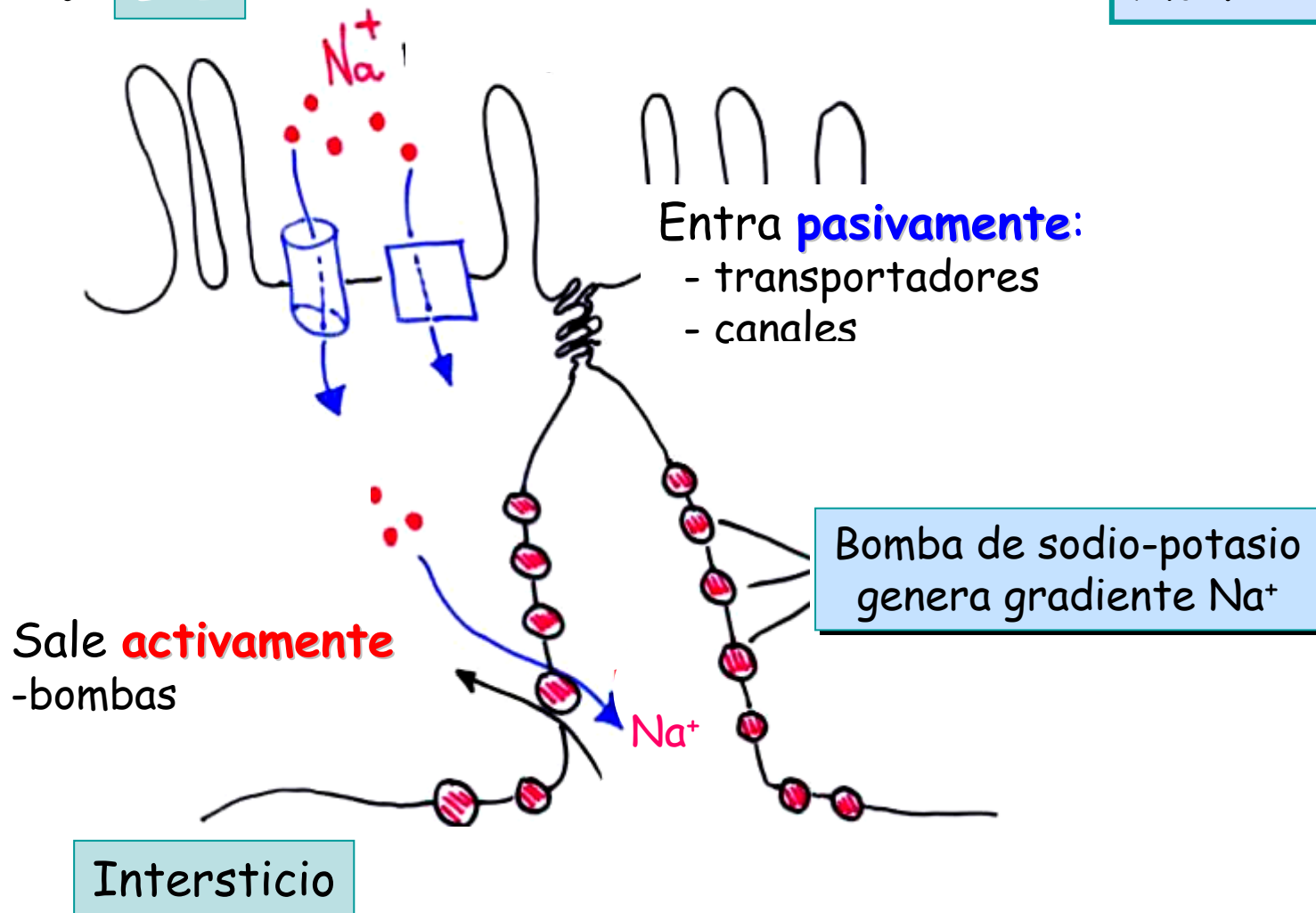
1. Agua
2. **SODIO**
3. Cloro
4. Bicarbonato
5. Regulación

2. Absorción Sodio

Mov. PASIVO



LUZ



2. Absorción Sodio

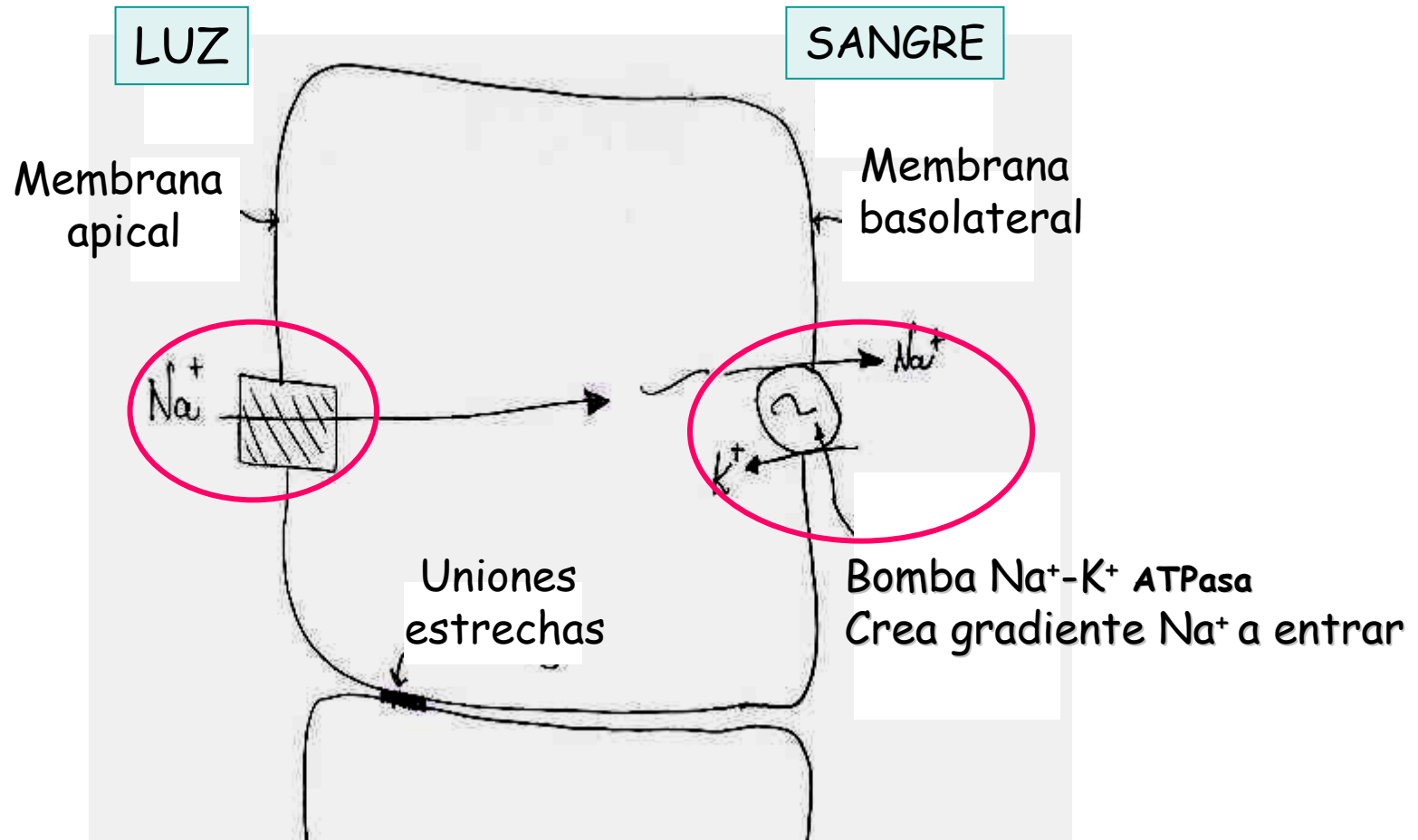


- Abs. Na⁺ - nutrientes
Intestino delgado medio
Ingesta
- Abs. Electroneutra Na⁺ Cl⁻
Intestino delgado, colon
Entre comidas
- Abs. Electrogénica Na⁺
Colon
- Abs. Arrastre

El Na⁺ se
absorbe 99.5%!!!



2. ABSORCIÓN SODIO

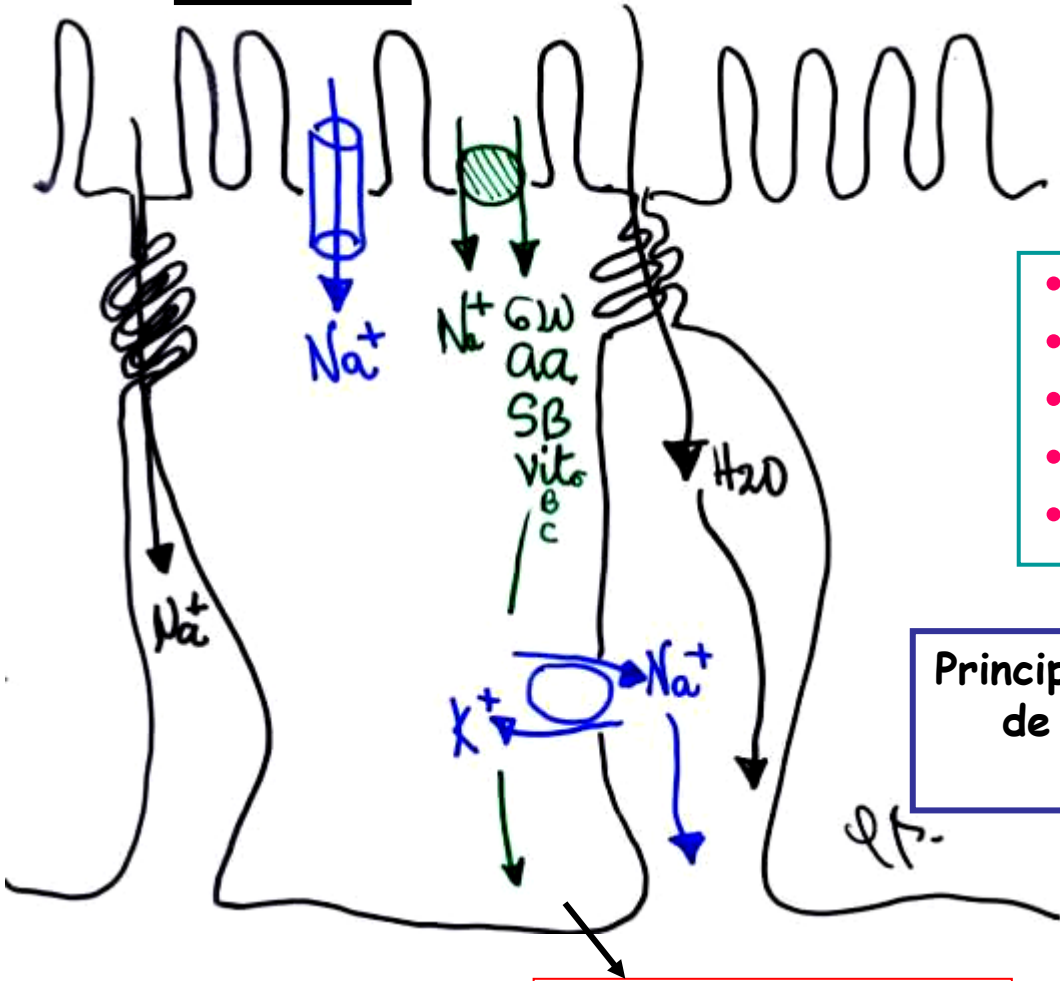




Intestino

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

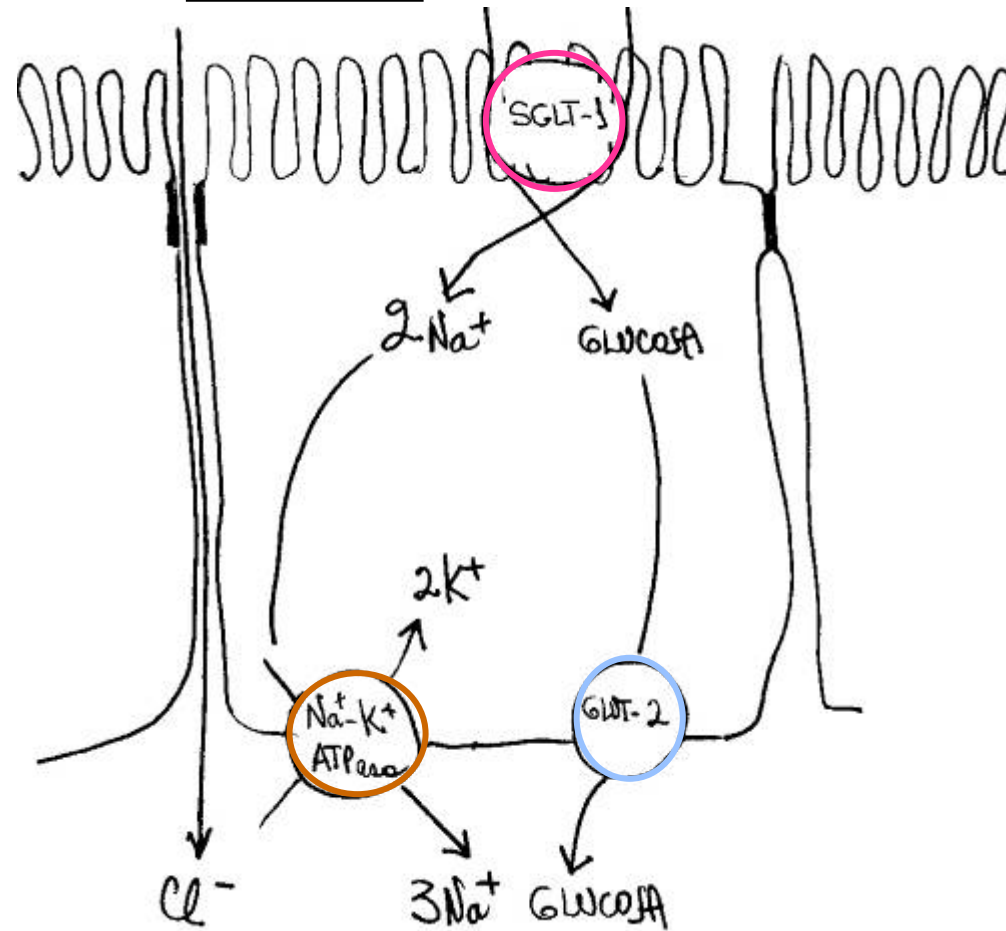
Difusión a la sangre



Intestino

2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. acoplada a moléculas orgánicas

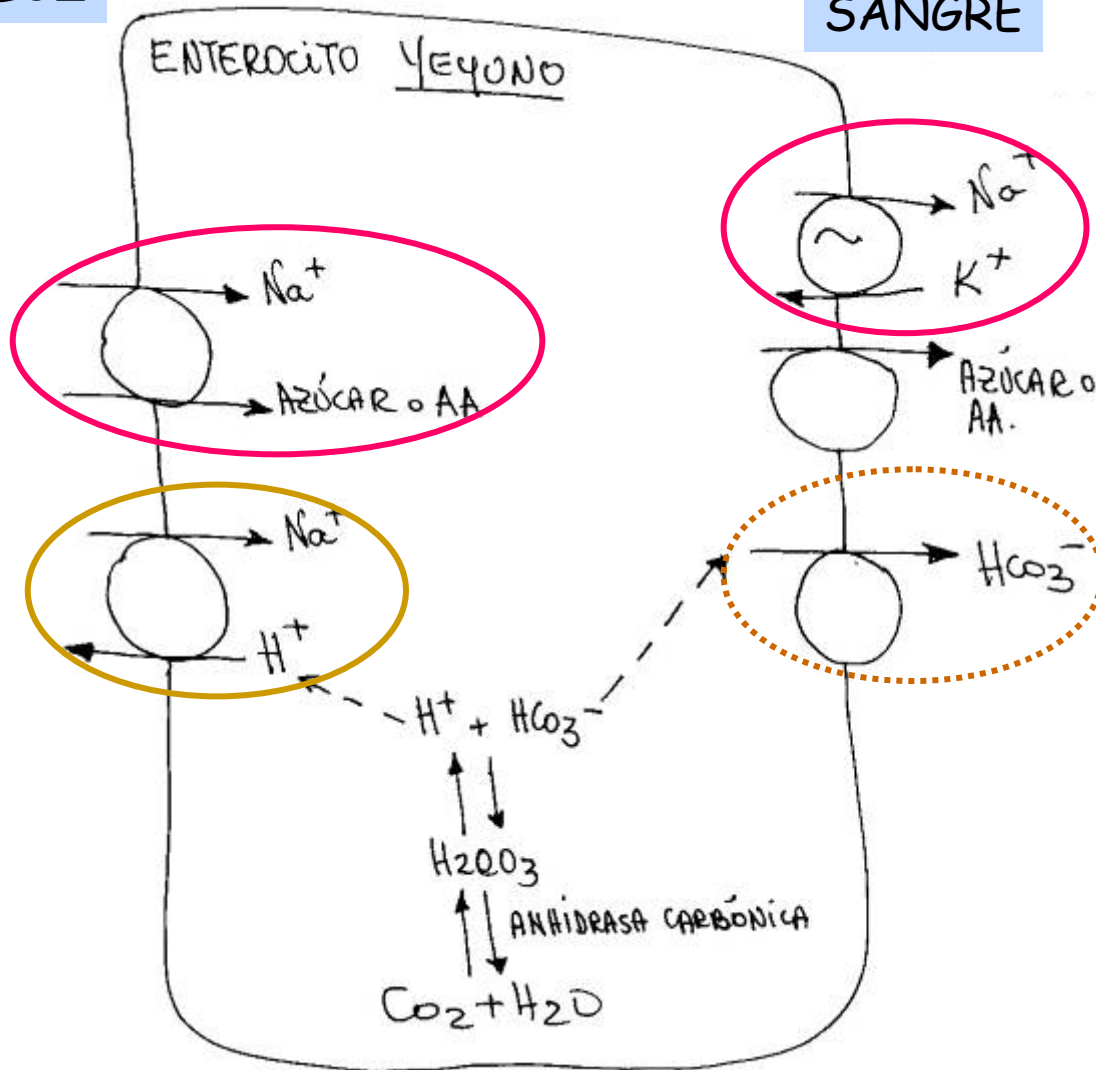


2. ABSORCIÓN SODIO

LUZ

SANGRE

Abs. acoplada a Nutrientes (yeyuno)

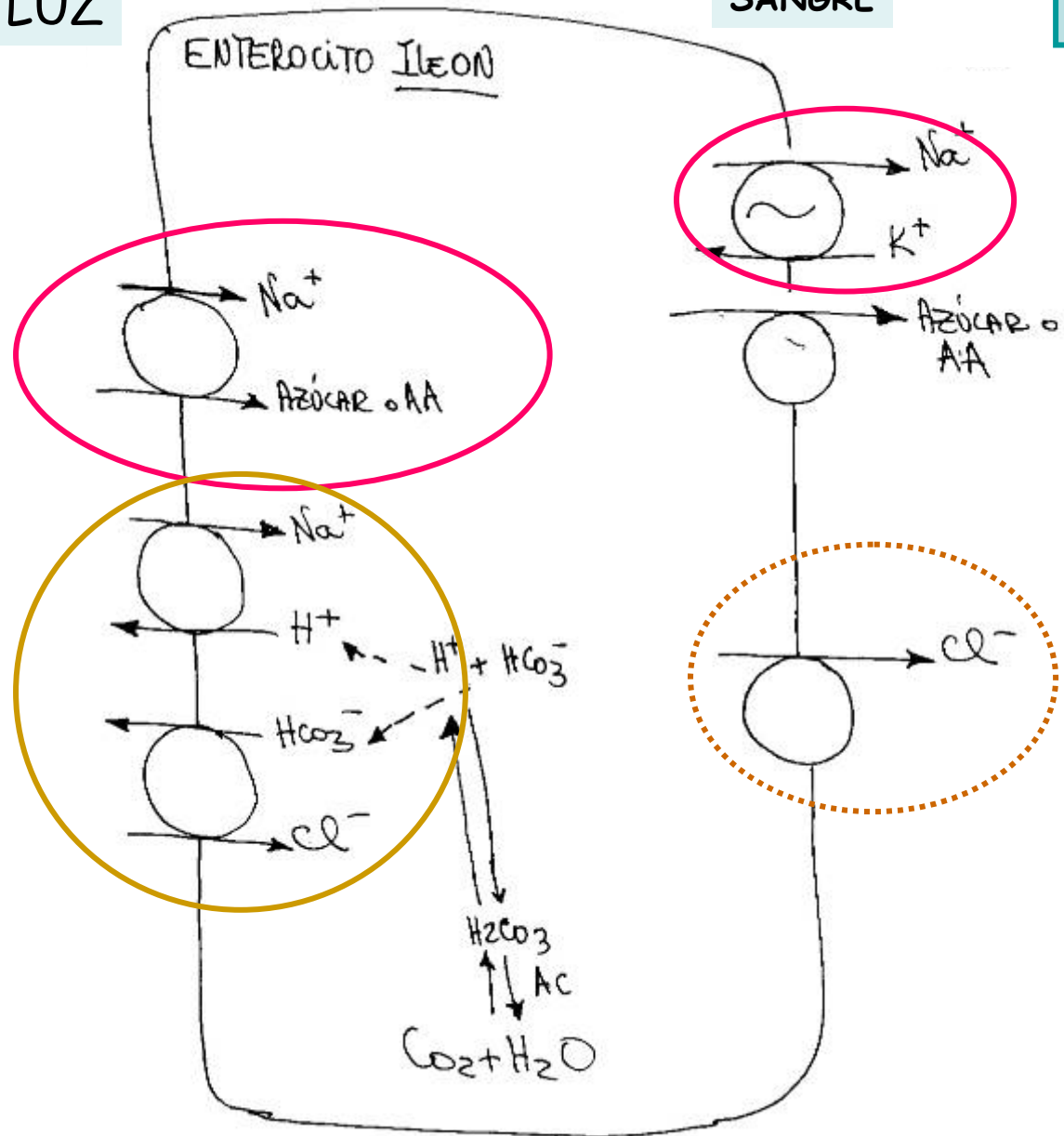


LUZ

SANGRE

2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. acoplada a Nutrientes (ileon)

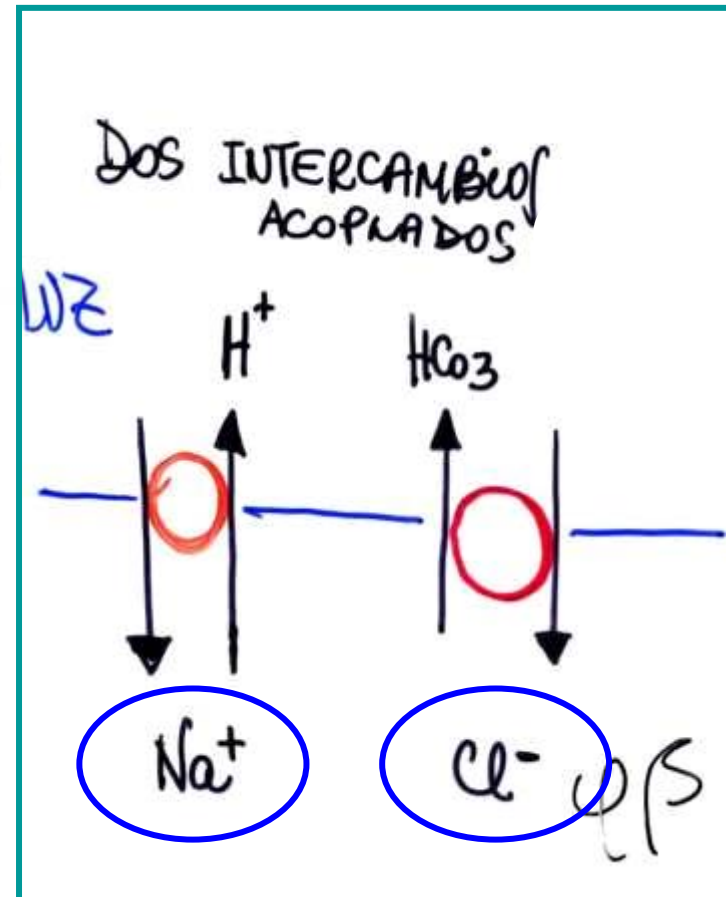
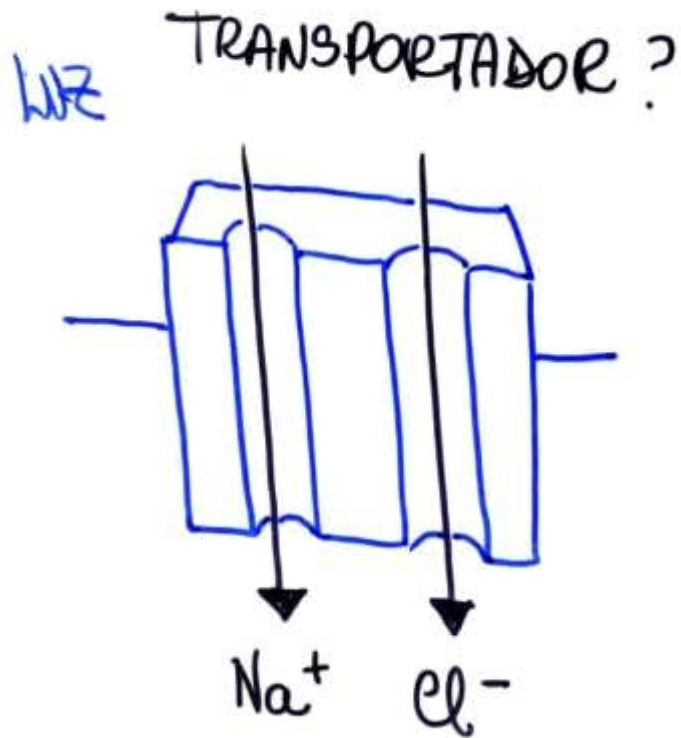




2. ABSORCIÓN SODIO

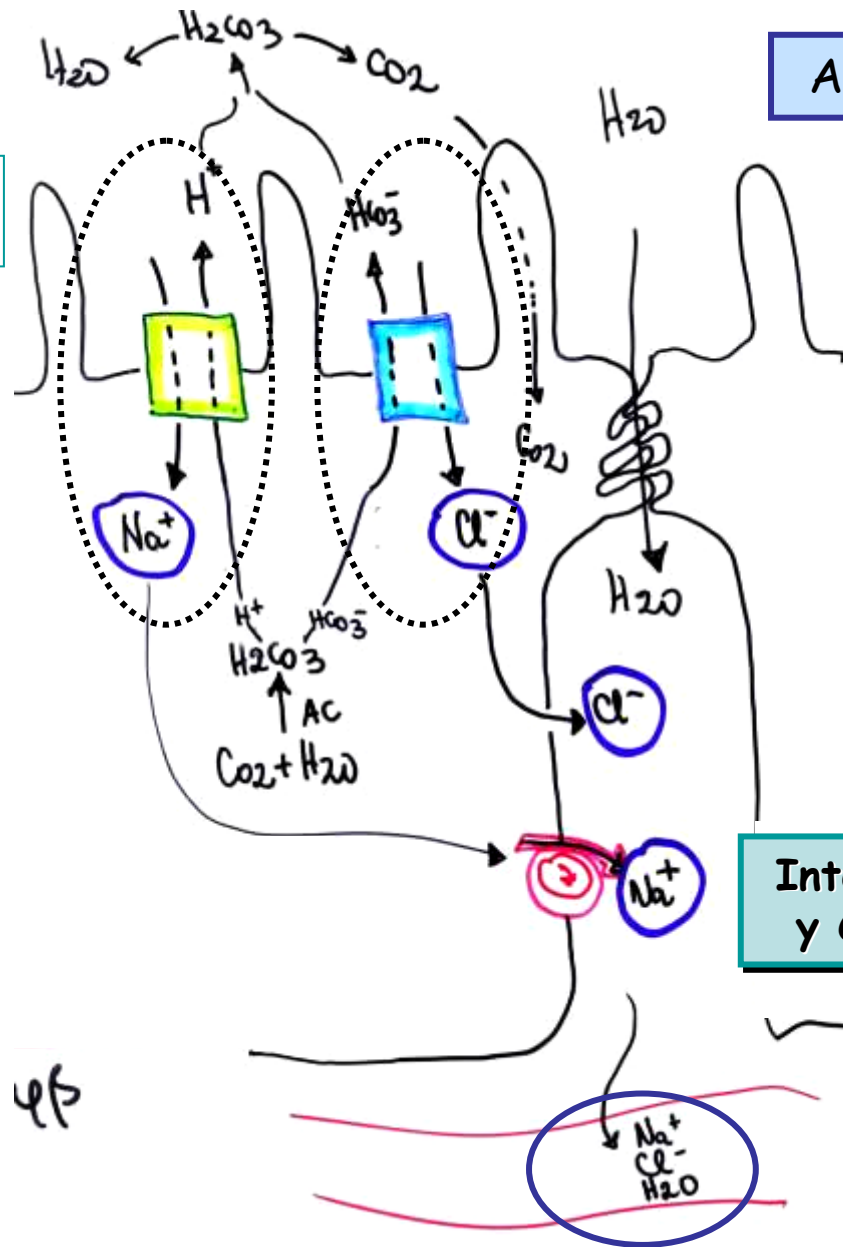
Abs. Electroneutra NaCl

Entre ingestas





No hay AC en la luz



Abs. Electroneutra NaCl

Entre ingestas

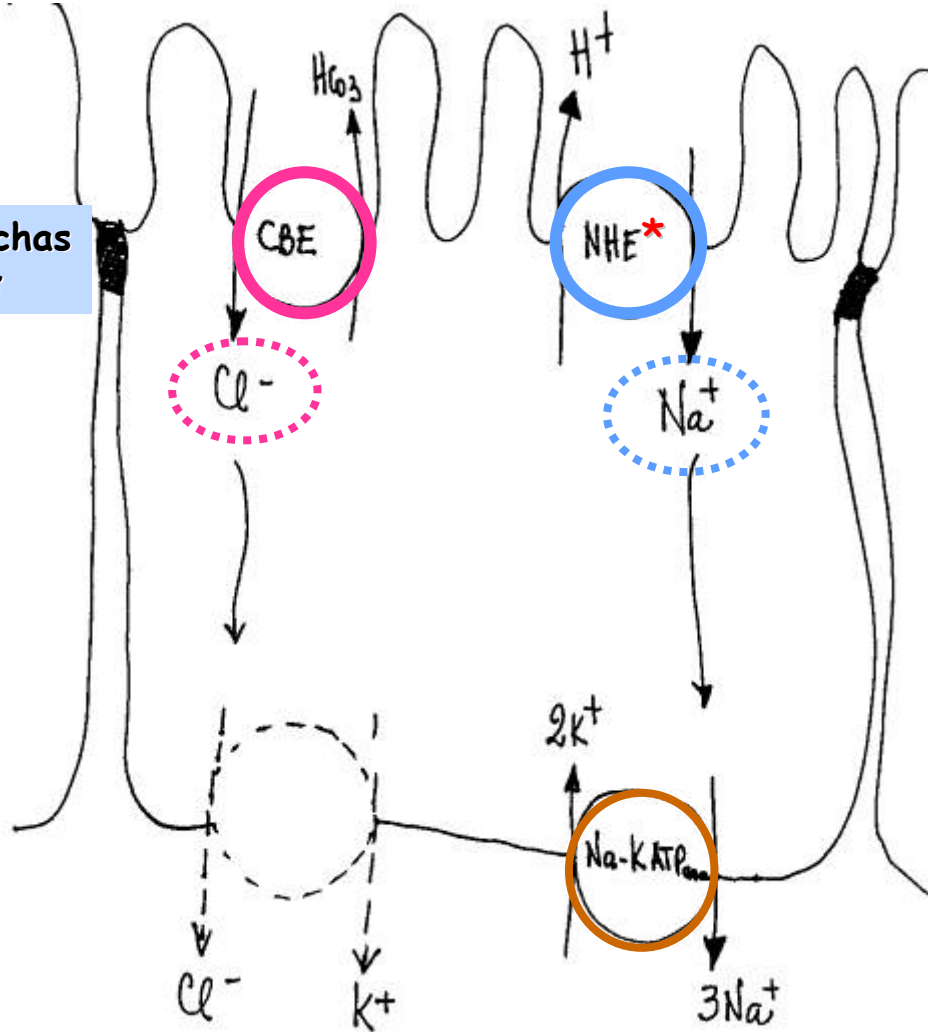
Mov. apical pasivo Na⁺
Mov. basolateral activo Na⁺

Intestino y Colon

45

Intestino

U. Estrechadas
laxas



2.ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electroneutra NaCl

NHE: intercambiador
 $\text{Na}^+ \text{H}^+$
CBE: intercambiador
 $\text{Cl}^- \text{HCO}_3^-$

* El aumento de AMPc
inhibe el intercambio
 $\text{Na}^+ \text{H}^+$ y afecta
la abs. electroneutra

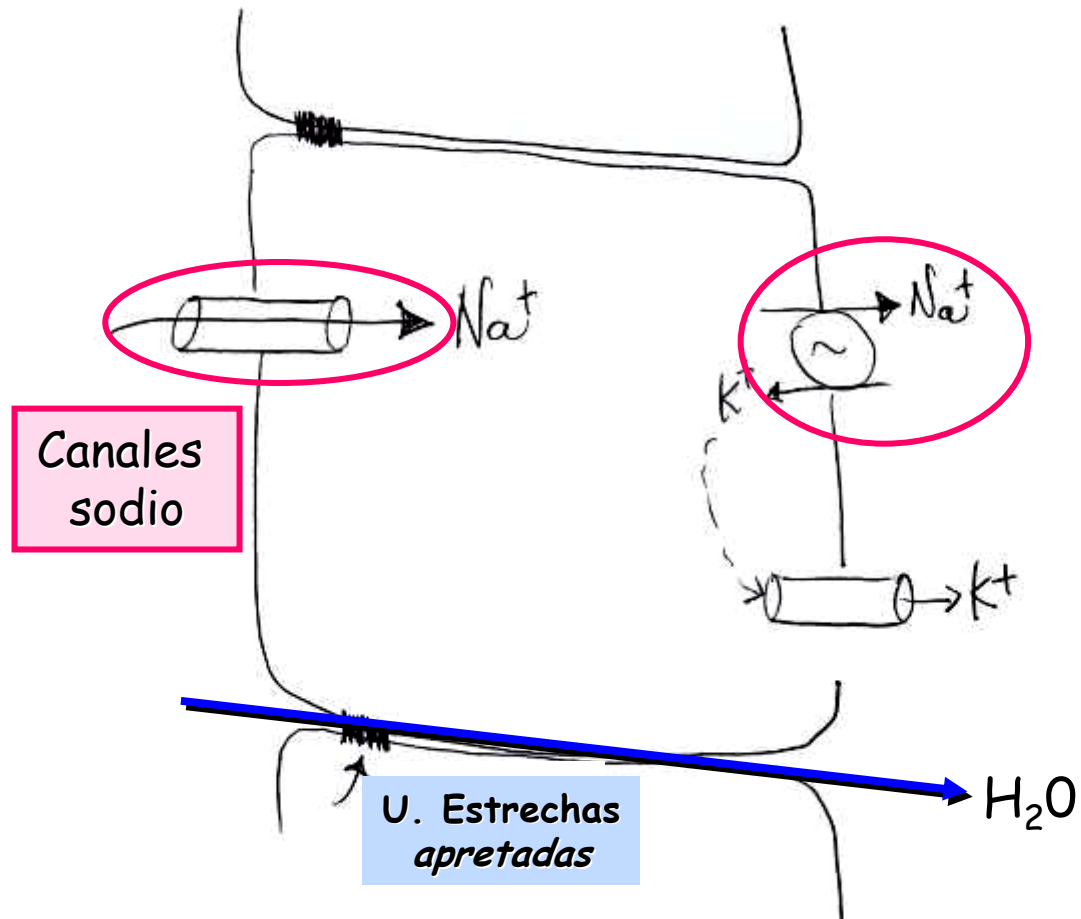
IMPORTANTE:
Diarrea secretora
Rehidratación oral



2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electrogénica
Canales de sodio

Ileon-colon





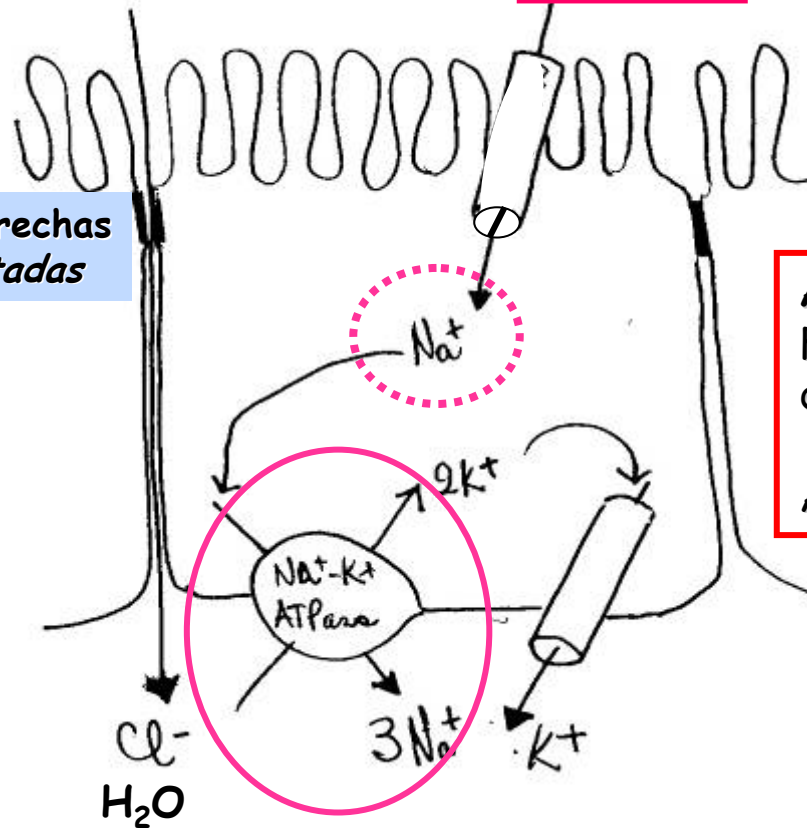
Ileon-colon

Canales sodio

2. ABSORCIÓN SODIO

Abs. Electrogénica
Canales de sodio

U. Estrechas apretadas



ALDOSTERONA

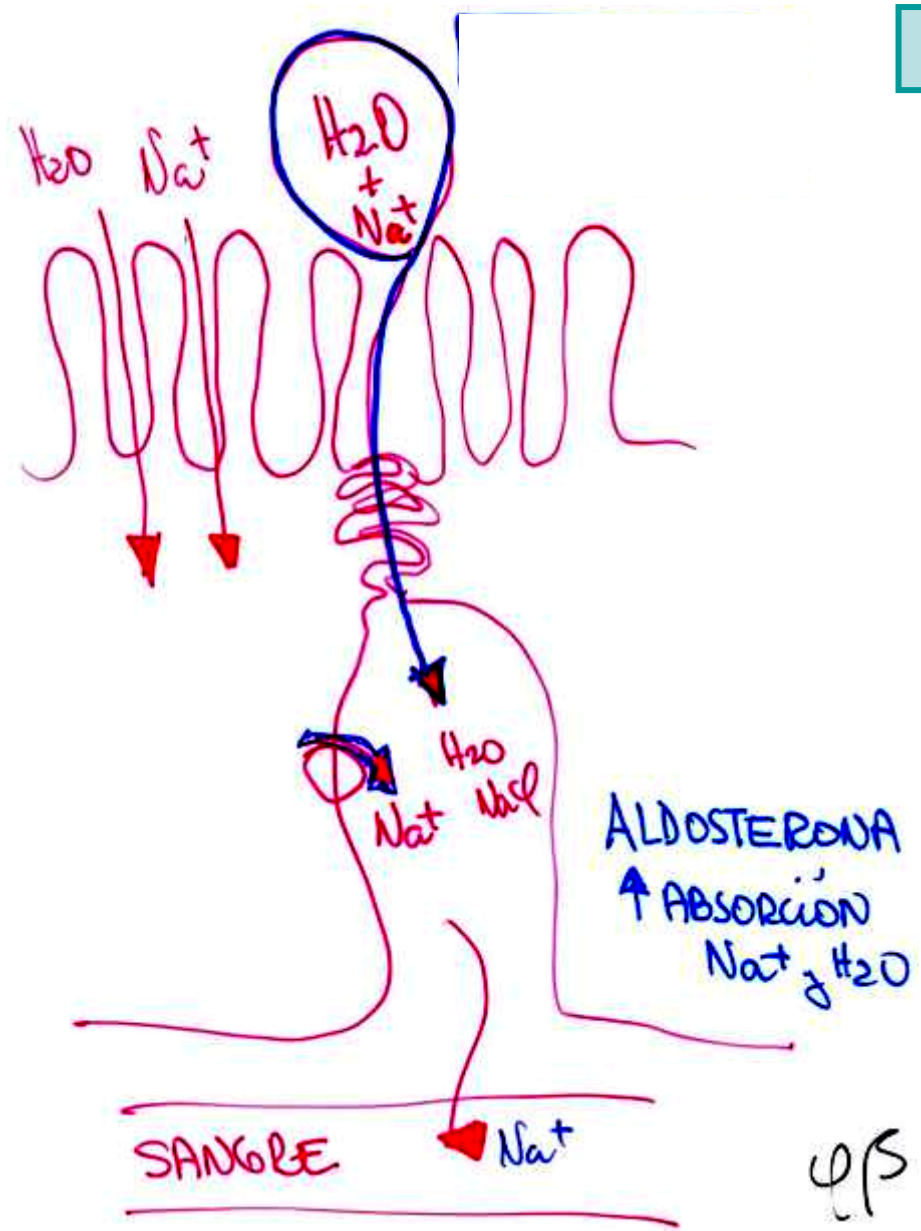
Favorece absorción
de Na^+ y eliminación de K^+

Acción en Gl. Salivales, TCP

(+) activa e inserta
más bombas Na^+-K^+

2.ABSORCIÓN SODIO

Mov. por Arrastre



I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS

1. Agua
2. Sodio
3. **CLORO**
4. **BICARBONATO**
5. **REGULACIÓN**

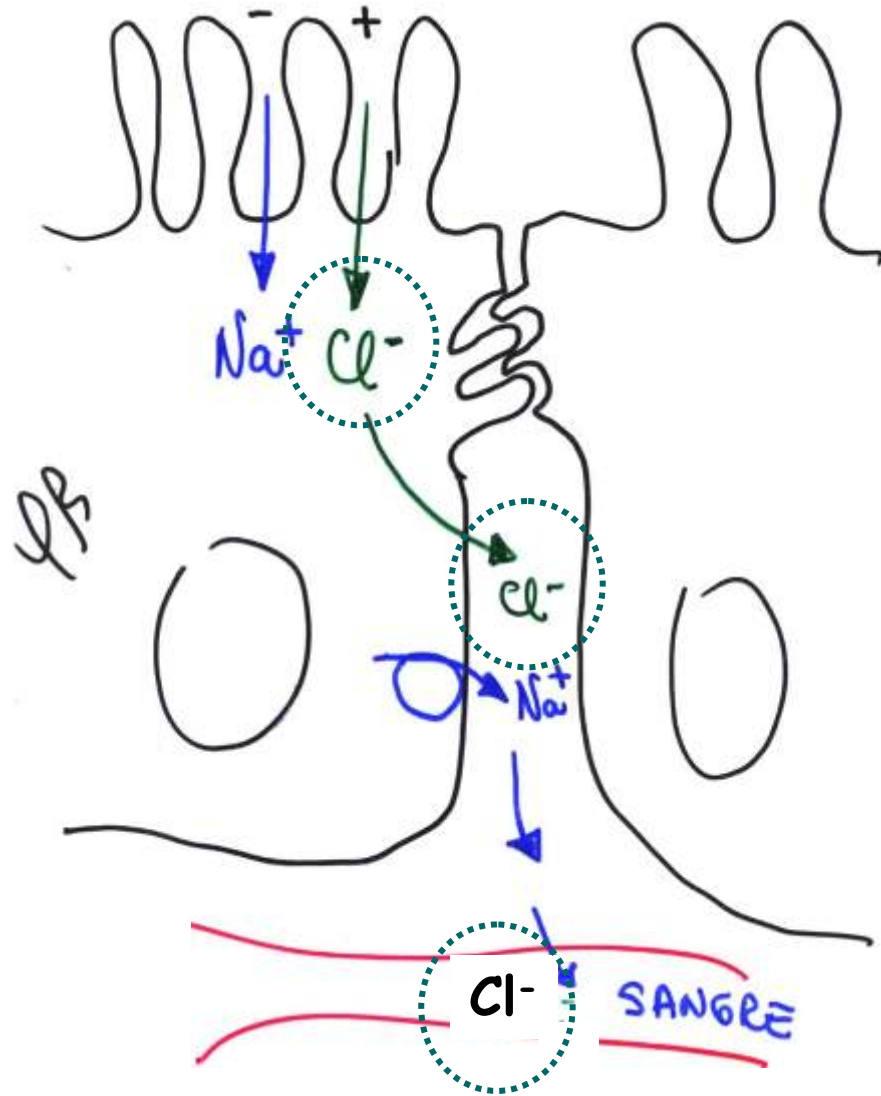


Duodeno yeyuno

3.ABSORCIÓN CLORO

PASIVA

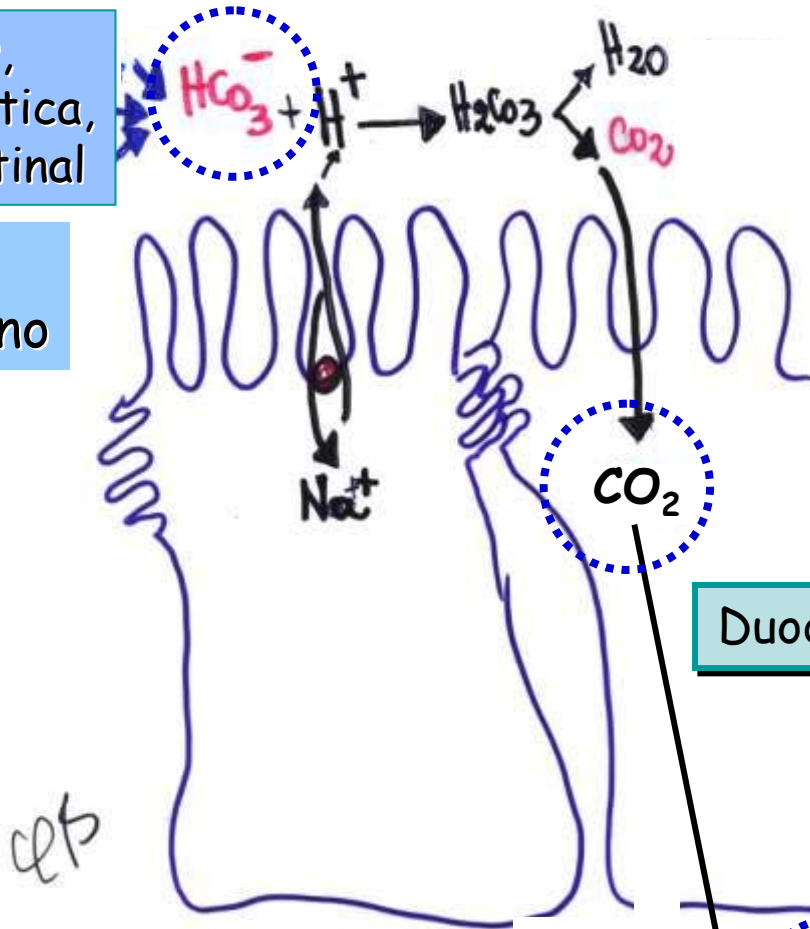
En todo el intestino,
más en parte SUP.





S. Biliar,
Pancreática,
e Intestinal

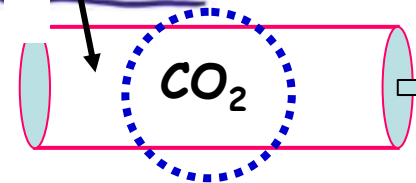
pH
alcalino



4. ABSORCIÓN
BICARBONATO

ACTIVA
INDIRECTA

Duodeno-yeyuno



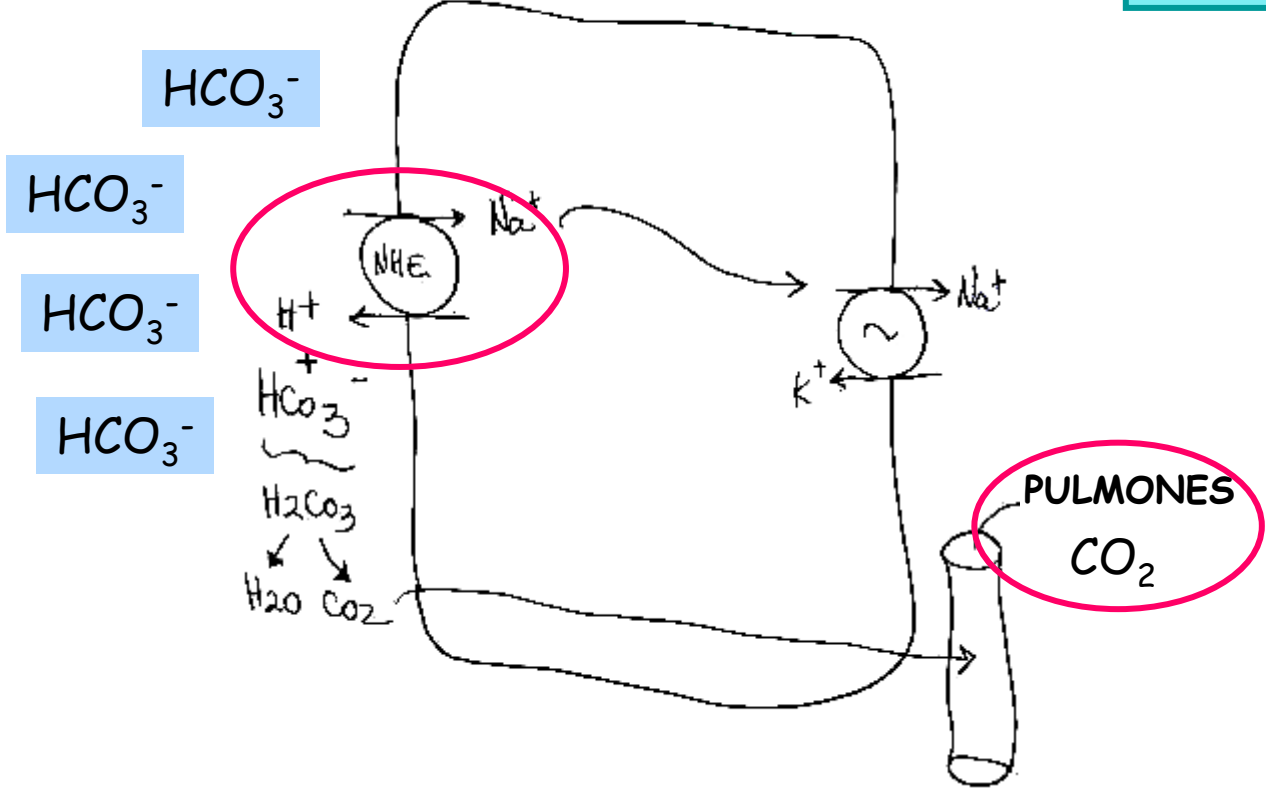
pulmones



4. ABSORCIÓN BICARBONATO

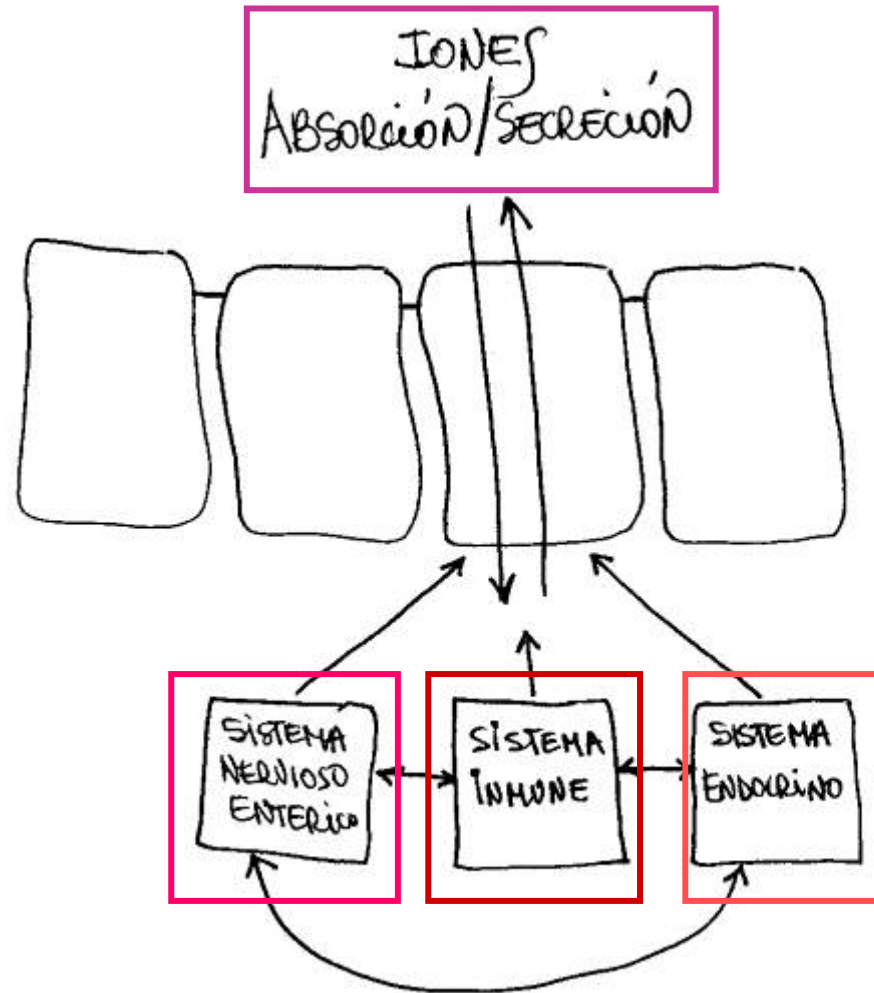
ACTIVA INDIRECTA

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

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

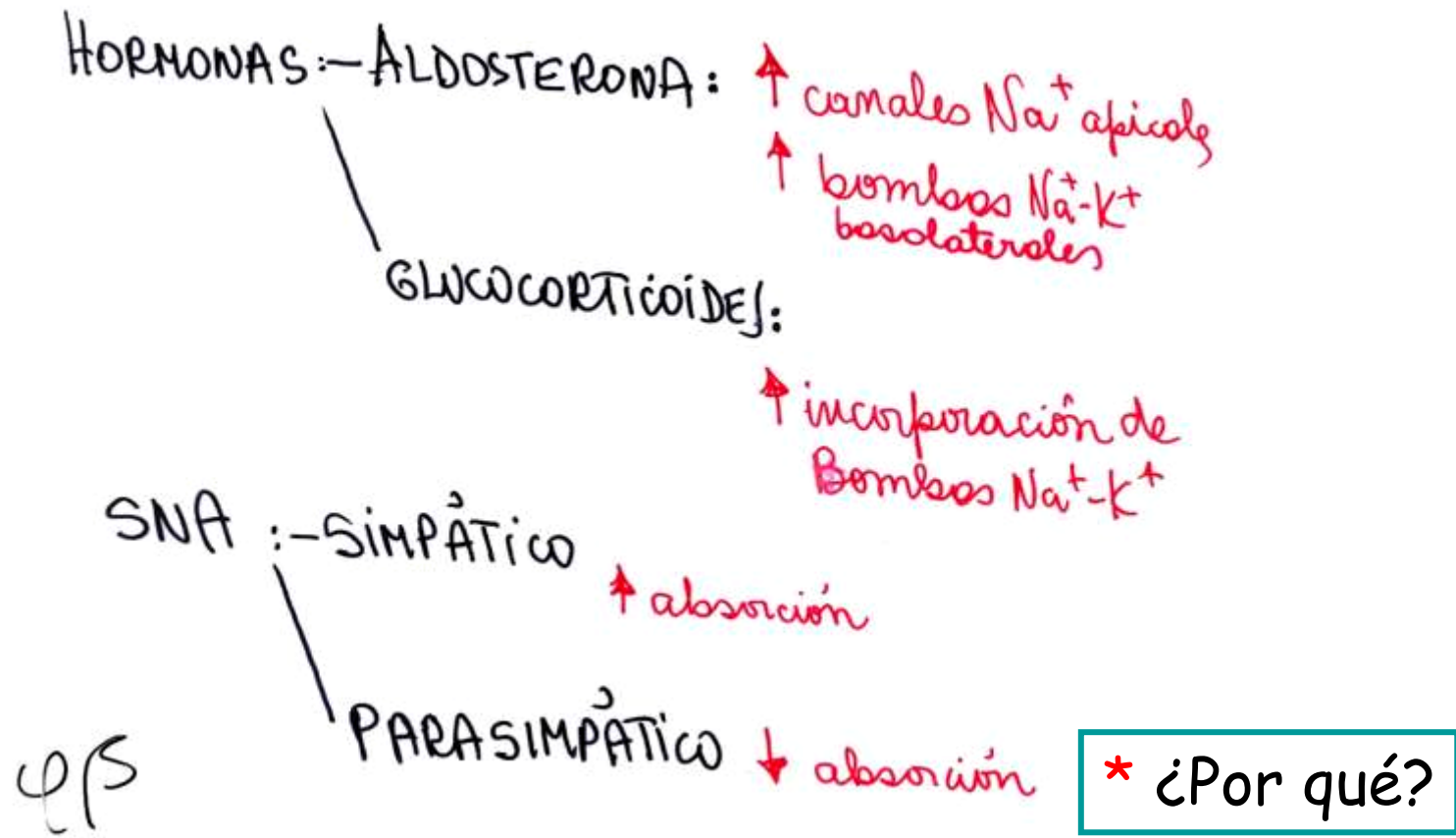
Regulación **CRÓNICA** (días, semanas)

- Dieta baja en sal
ALDOSTERONA

Expresión de transportadores Na^+
Retiene Na^+ y pierde K^+

I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

5. REGULACIÓN MOV. IÓNICO



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