

FISIOLOGIA MEDICINA

**FISIOLOGÍA
DEL
APARATO DIGESTIVO**

2006

Ximena Páez

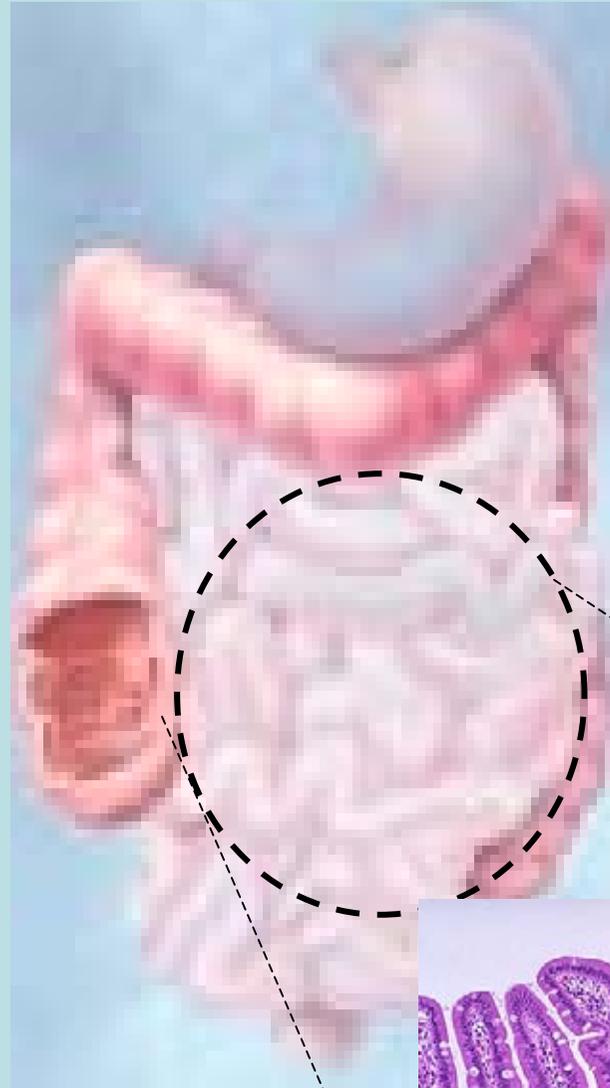
TEMA 11

I. ABSORCIÓN AGUA
Y ELECTROLITOS

II. SECRECIÓN
ELECTROLITOS

III. ABSORCIÓN
MINERALES, VIT
HIDROSOLUBLES

IV. MALABSORCIÓN



I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

1. AGUA

2. SODIO

3. CLORO

4. BICARBONATO

5. REGULACIÓN

I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

ABSORCIÓN DE AGUA

1. Movimiento de agua a lo largo del TGI
2. Ósmosis, Osmolaridad, Tonicidad
3. Secuencia movimiento osmótico del agua
4. Absorción agua contra gradiente osmótico
5. Absorción de agua en intestino delgado y grueso
6. Distribución funcional de proteínas de la membrana



I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

BALANCE DE AGUA

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

ABSORCIÓN

7.5 l en intestino delgado

1.4 l en colon

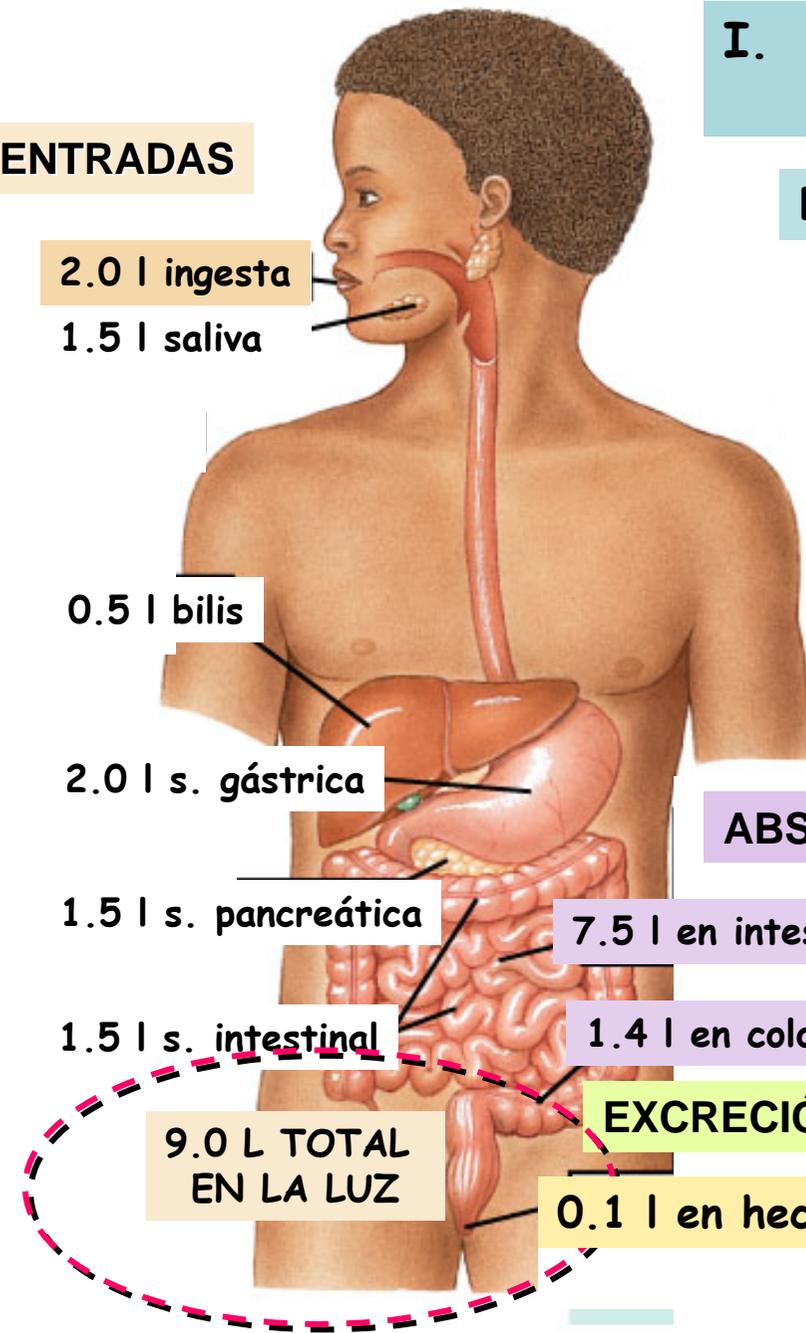
8.9 L
ABSORBIDO
POR INTESTINO

EXCRECIÓN

9.0 L TOTAL
EN LA LUZ

0.1 l en heces

9.0 L RETIRADOS
DE LA LUZ

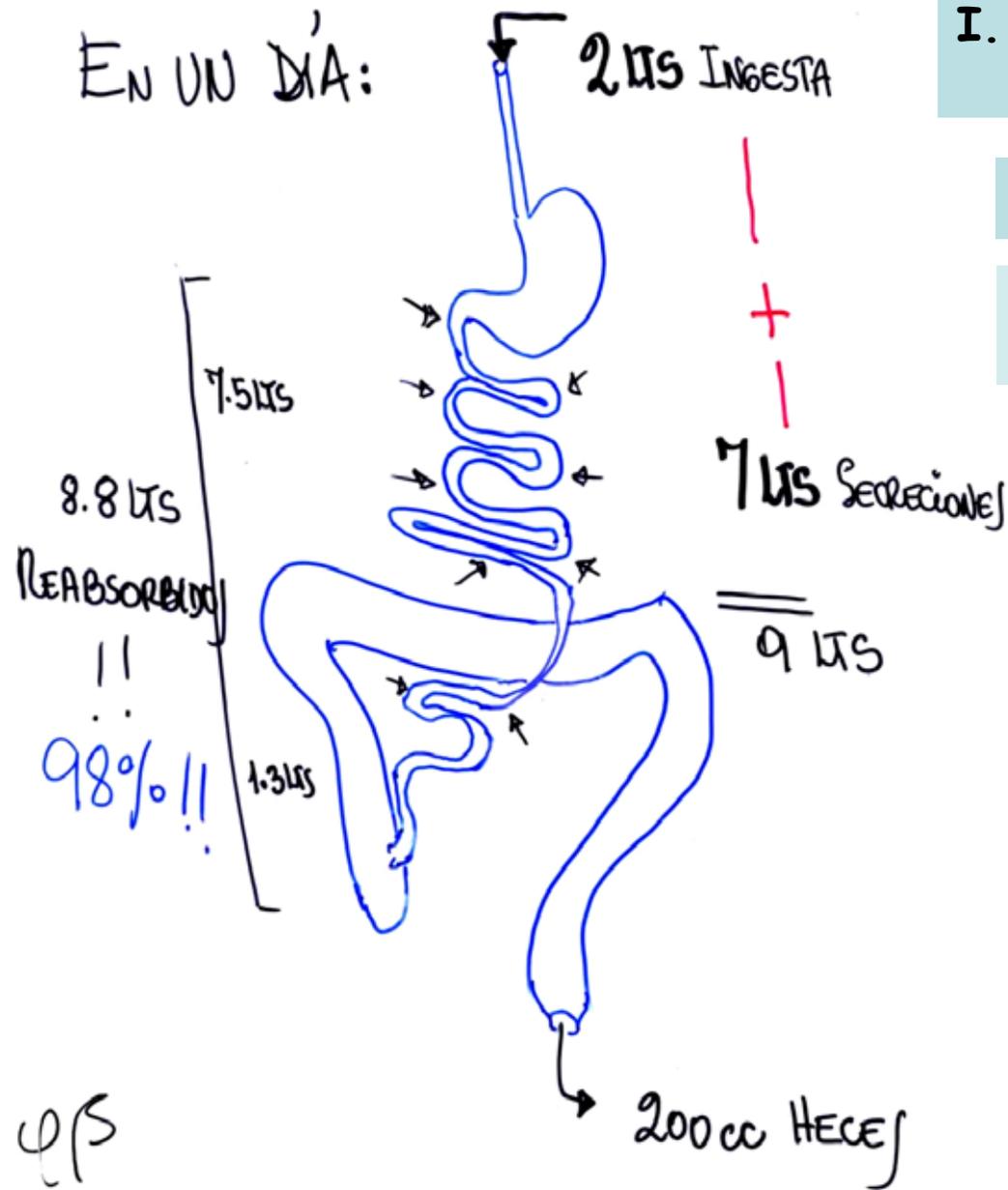




I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS

Absorción AGUA

Movimiento de agua en TGI



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

I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

Absorción de agua

Movimiento de agua
en TGI

eps

EI INTESTINO
recibe unos 9 lts de líquido

tiene la capacidad de
ABSORBER
prácticamente todo

Se elimina sólo 100-200 ml!

MUY IMPORTANTE

Entender
LA ABSORCIÓN DEL AGUA

ABSORCIÓN AGUA

CAPACIDAD ABSORTIVA DEL INTESTINO

REAL		CAPACIDAD
500g	CARBOHIDRATOS	10kg
100g	GRASA	500g
50-100g amino acids	PROTEÍNAS	700g
7-8L	AGUA	20+ L

ABSORCIÓN AGUA

Movimiento de agua a lo largo del TGI

1. Mov. por difusión simple
2. Generación de gradientes osmóticos
3. Propósito: Mantener isoosmolaridad
4. Acoplamiento absorción agua con solutos



ABSORCIÓN AGUA

MOVIMIENTO DEL AGUA

1. DIFUSIÓN SIMPLE

Movimiento pasivo siguiendo gradientes osmóticos

El agua entra y sale de las células con flujo neto cero



ABSORCIÓN AGUA

MOVIMIENTO DEL AGUA

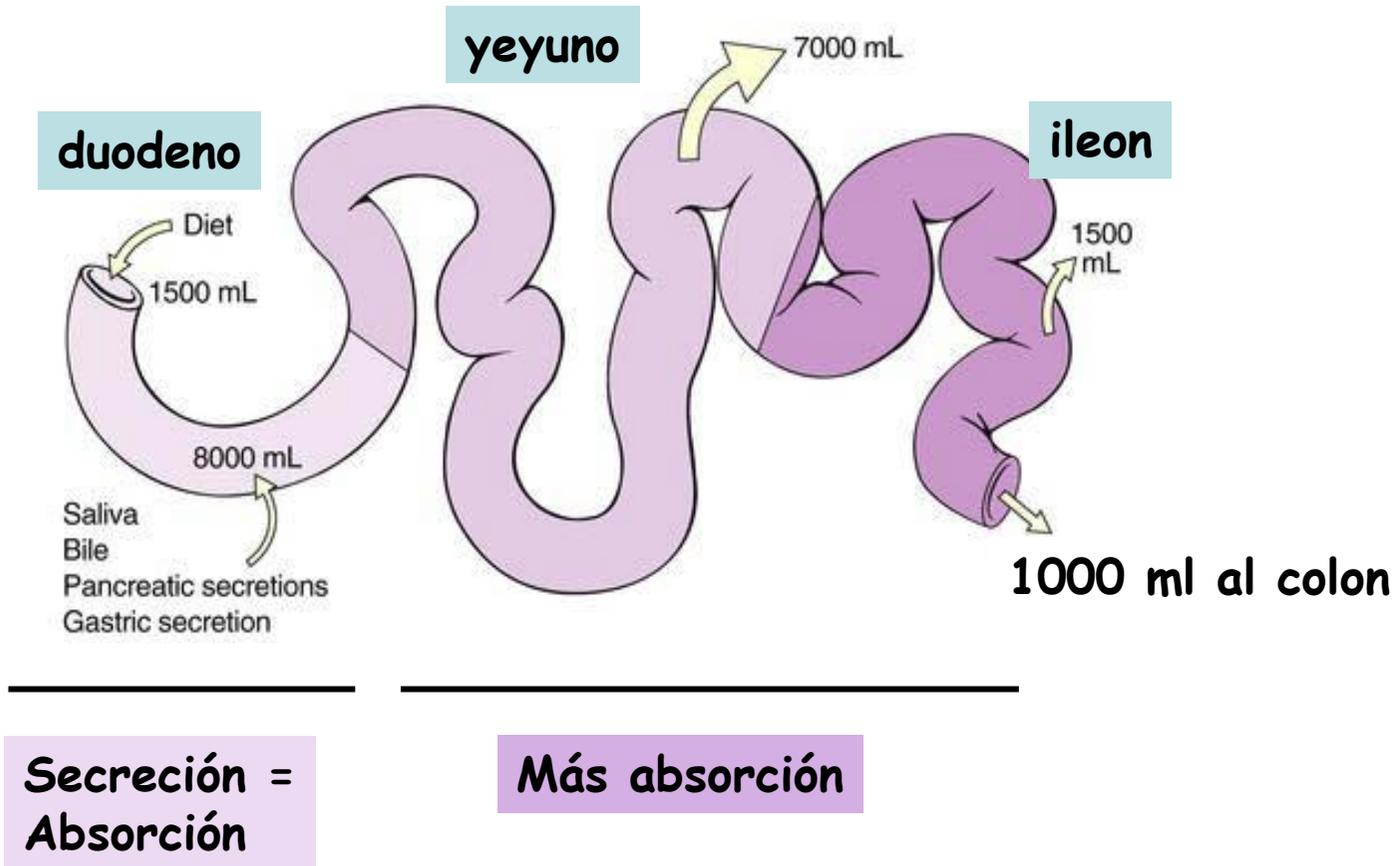
VARIACIONES REGIONALES DE FLUJO NETO

Paso de la LUZ a la SANGRE: **ABSORCIÓN**

Paso del ENTEROCITO a la LUZ: **SECRECIÓN**

ABSORCIÓN AGUA

MOVIMIENTO DE AGUA



1. ABSORCIÓN AGUA

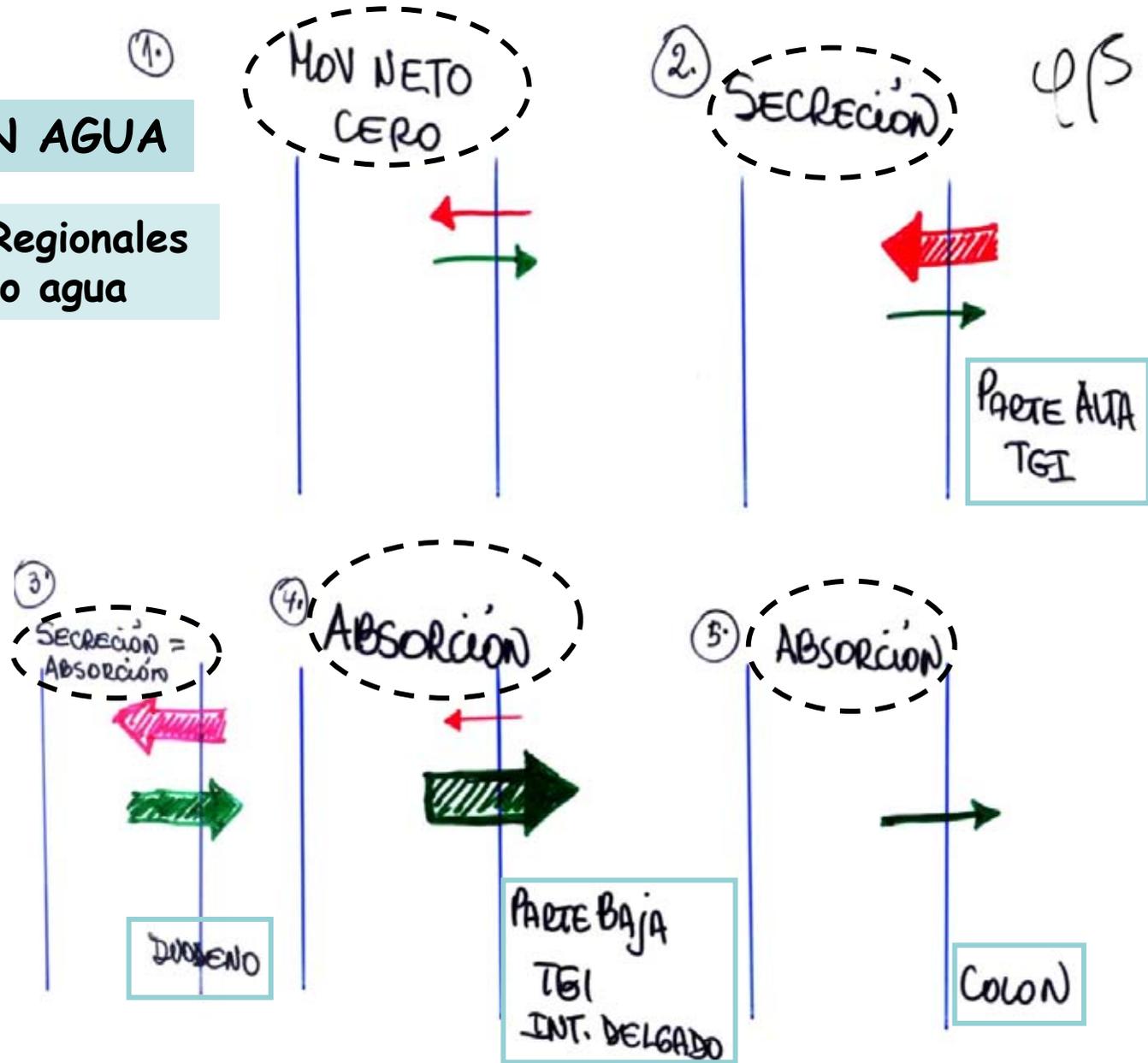
MOVIMIENTO DE AGUA

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



ABSORCIÓN AGUA

Variaciones Regionales movimiento agua



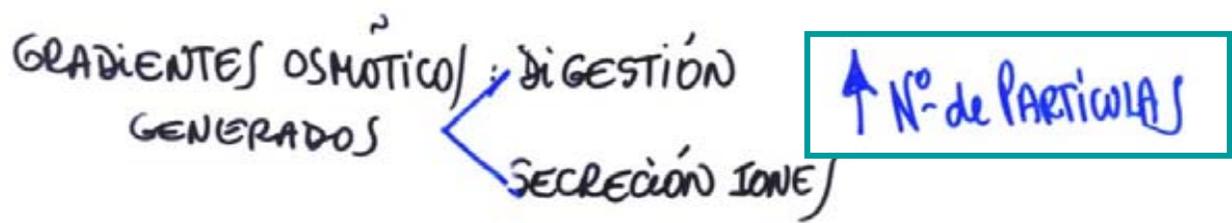
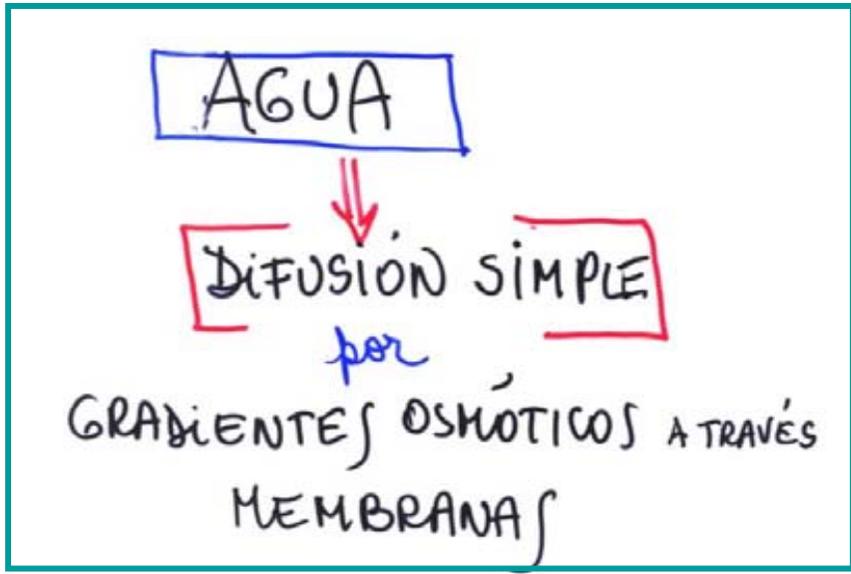


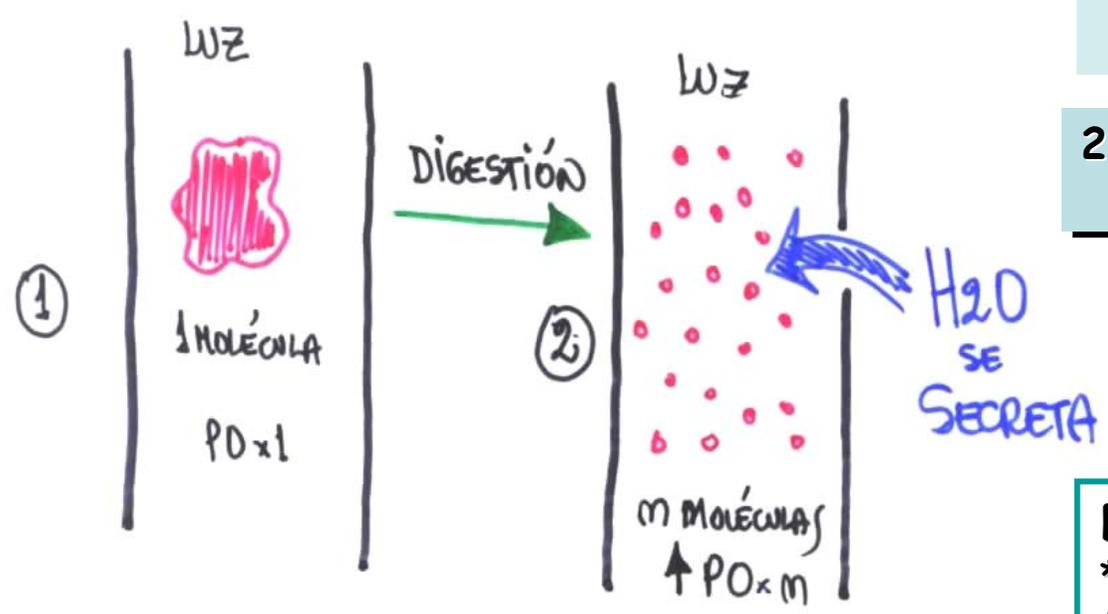
ABSORCIÓN AGUA

MOVIMIENTO DE AGUA

ψs

2. GENERACIÓN GRADIENTES OSMÓTICOS

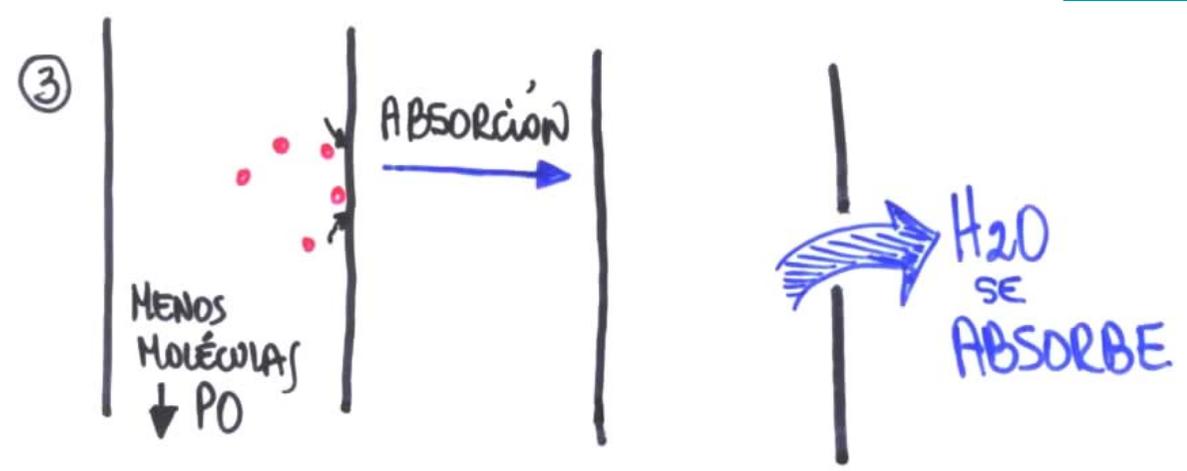




MOVIMIENTO DE AGUA

2. GENERACIÓN DE GRADIENTES OSMÓTICOS

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





MOVIMIENTO DE AGUA

2. GENERACIÓN DE GRADIENTES OSMÓTICOS

DIGESTIÓN

SECRECIÓN IONES



AUMENTO NÚMERO
PARTÍCULAS EN LA LUZ

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



ABSORCIÓN AGUA

MOVIMIENTO DE AGUA

3. PROPÓSITO DEL MOV. DE AGUA

**Mantener isoosmolaridad del
contenido intestinal
con el plasma**



4. ACOPLAMIENTO MOV. AGUA CON SOLUTOS

Concepto fundamental
para entender la
ABSORCIÓN INTESTINAL

Movimiento de agua depende de
absorción de solutos
especialmente
SODIO

MOVIMIENTO DE AGUA



4. ACOPLAMIENTO MOV. AGUA CON SOLUTOS

**“el agua
sigue a
las partículas
osmóticamente activas”**



ABSORCIÓN DE AGUA

Conceptos
ósmosis, osmolaridad,
tonicidad

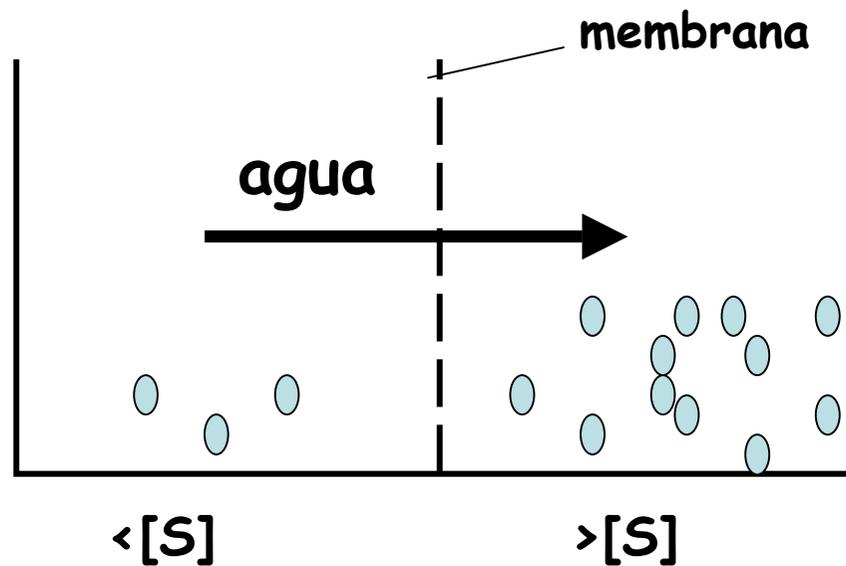
ÓSMOSIS

Difusión de moléculas de un **SOLVENTE** (agua) hacia la región en la cual hay **mayor concentración de SOLUTO**, al que la membrana es impermeable

ABSORCIÓN AGUA

Conceptos
ósmosis, osmolaridad,
tonicidad

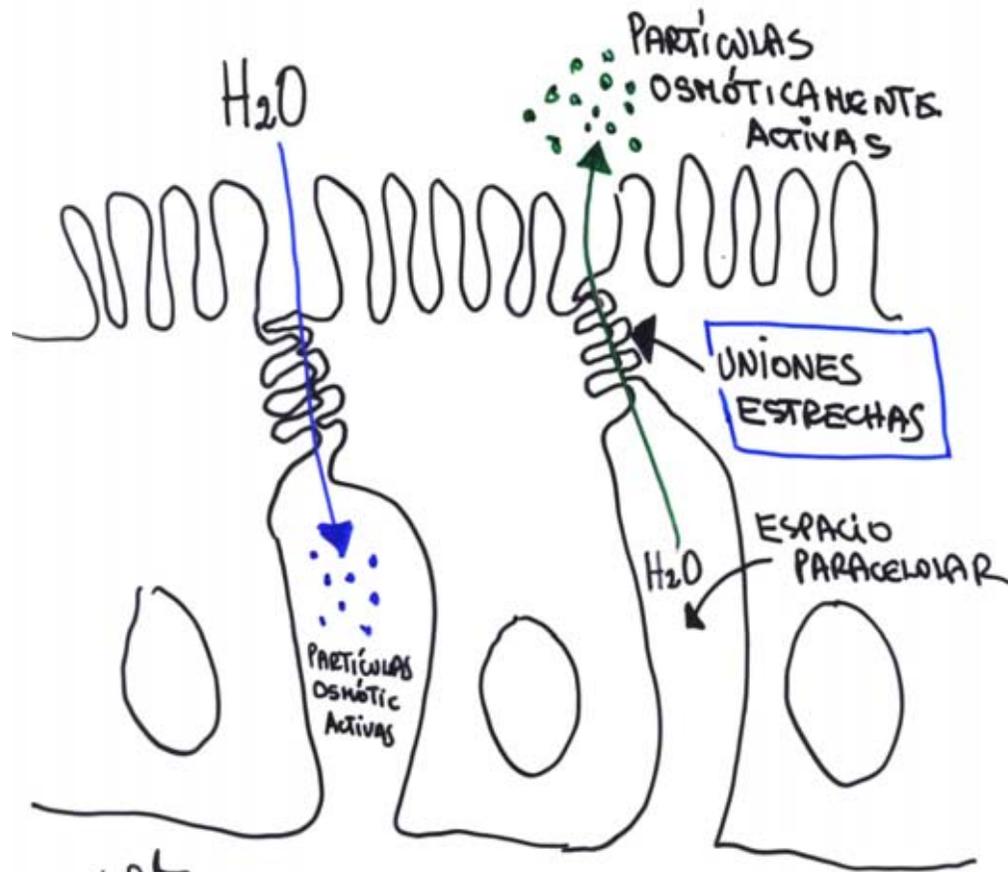
ÓSMOSIS





ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI



UNIONES ESTRECHAS = "Membrana semipermeable"

- Permeable al agua
- Impermeable a grandes solutos

ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI

**Movimiento entre
compartimientos**

MOV. ABSORCIÓN: LUZ A LA SANGRE

COMPARTIMIENTOS

LUZ

ENTEROCITO

INTERSTICIO

SANGRE

MEMBRANAS semipermeables

APICAL

BASOLATERAL

UNIONES ESTRECHAS

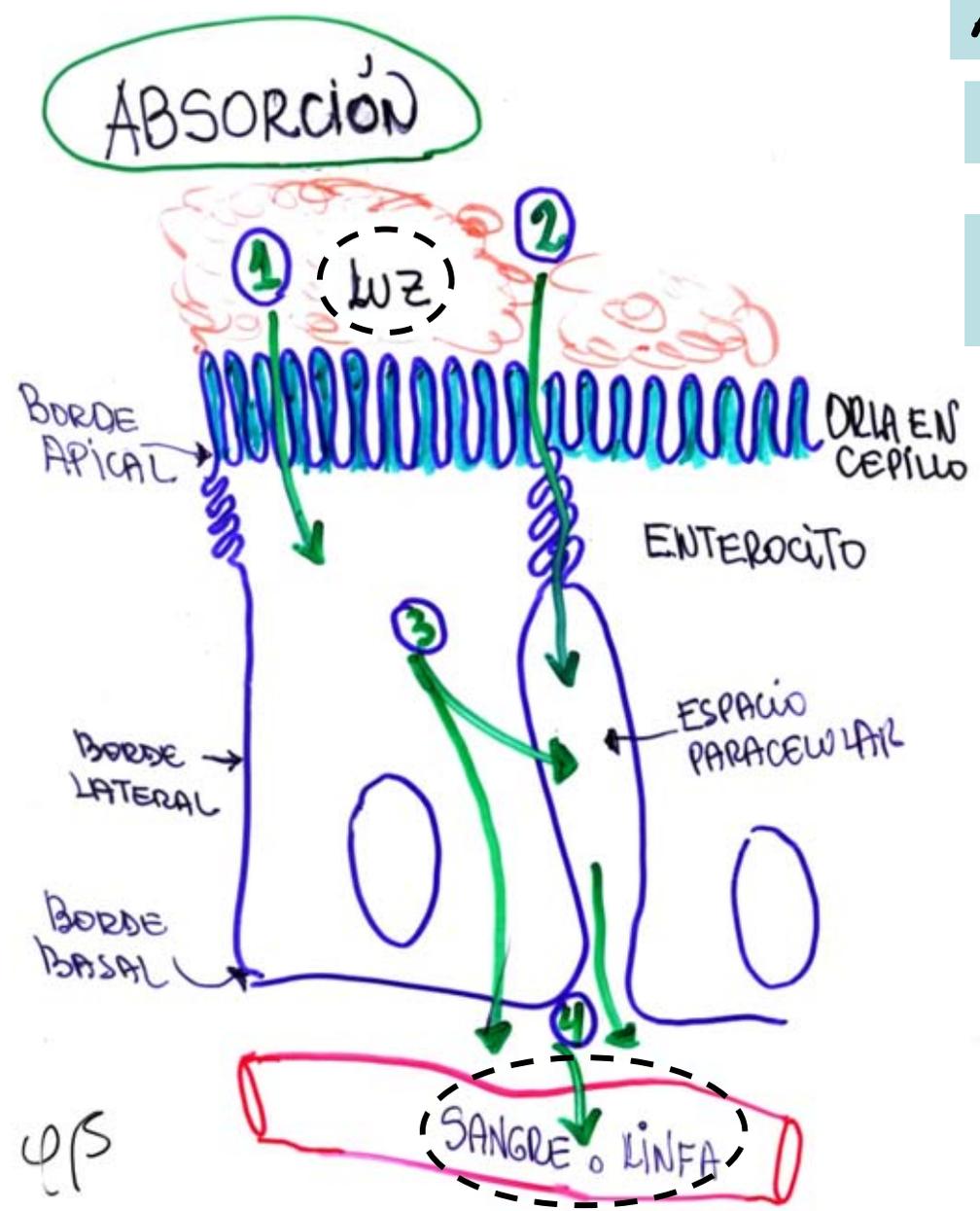
CAPILAR



ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI

Movimiento entre compartimientos



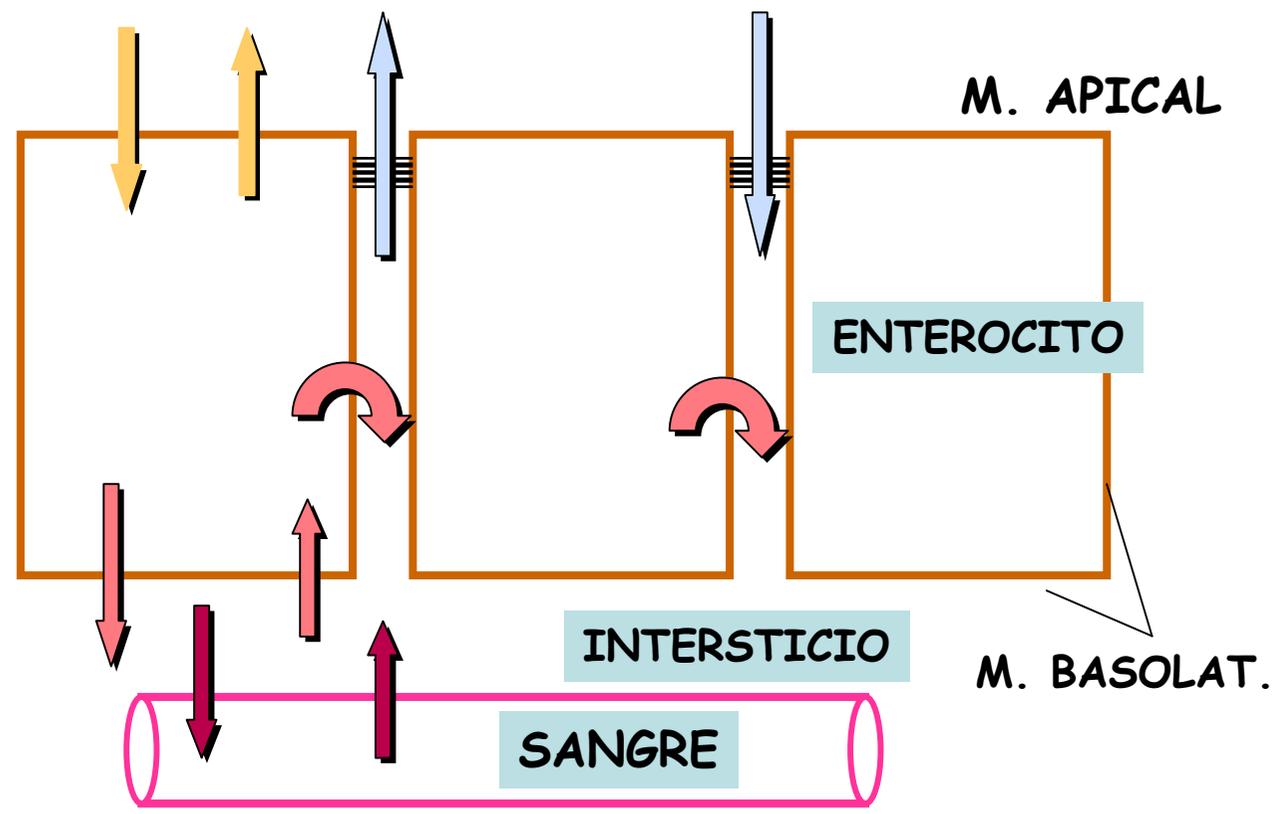


ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI

Mov. entre compartimientos

LUZ



ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI

- * **Molaridad vs. Masa**
Tamaño vs. N° de partículas
- * **Presión osmótica, presión hidrostática**
- * **Osmoles, osmolaridad, osmolalidad**
- * **Molaridad vs. Osmolaridad**
- * **Ejercicios: www.saber.ula.ve**

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?

ABSORCIÓN AGUA



ÓSMOSIS en TGI

Mol = PM en grs

Molaridad = N° moles / litro sol

Molalidad = N° moles/ kg sol

Masa = peso en grs

La **CONCENTRACIÓN** de **SOLUTOS**
se expresa en **MOLARIDAD**

ABSORCIÓN AGUA



ÓSMOSIS en TGI

En el movimiento del AGUA por ósmosis importa:

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

No confundir!!!

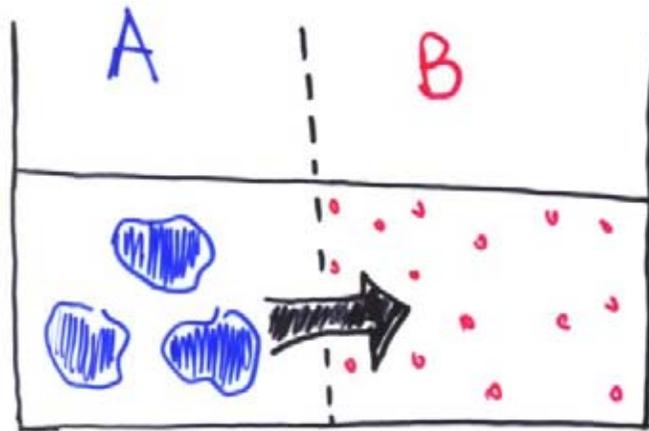
ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI



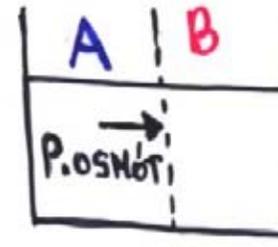
¿A DÓNDE VA EL AGUA?

ÓSMOSIS en TGI *



ALBÚMINA
3 moléculas
PM 66000

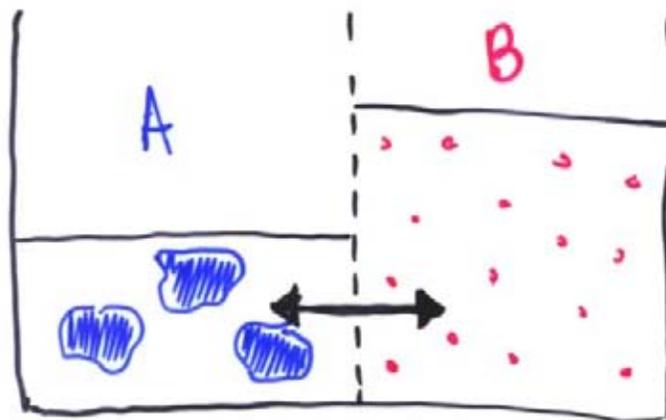
GLUCOSA
15 moléculas
PM 180



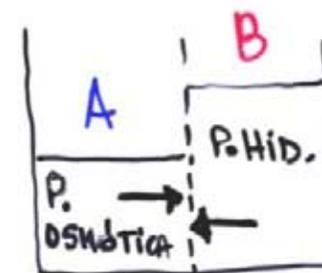
Presión osmótica
Presión hidrostática



$\phi \beta$



equilibrio





PRESIÓN OSMÓTICA

Fuerza que mueve al agua hacia el compartimiento de mayor N° de partículas

Está determinada por diferencias de concentración de solutos a ambos lados de la membrana

Se ejerce sobre la membrana

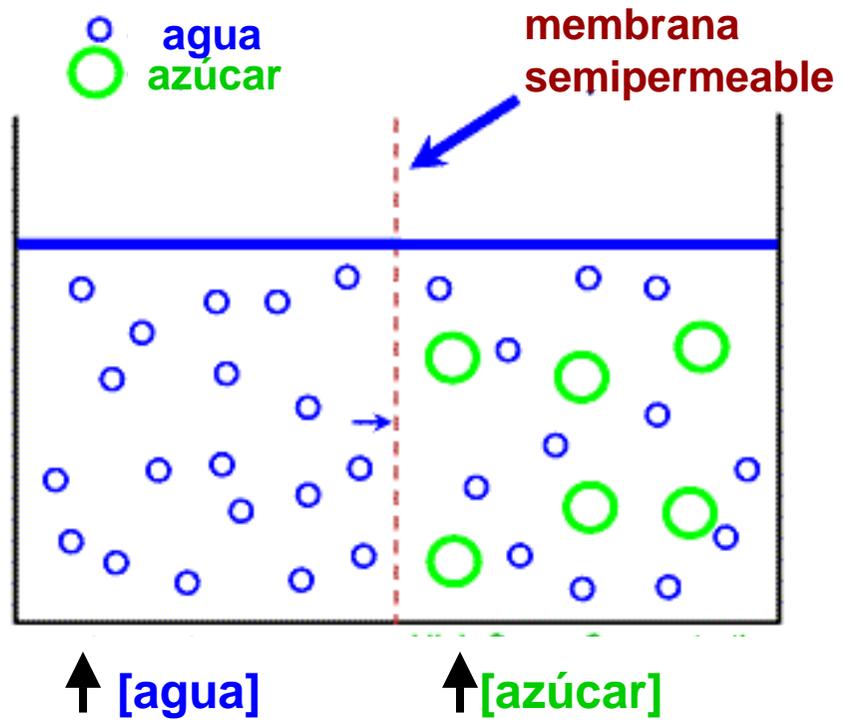
$$PO = RT \times (\Delta c)$$

Δc : Diferencia de Concentración de soluciones

A mayor diferencia de concentraciones mayor PO
Mayor cantidad de agua pasará al sitio más concentrado

ÓSMOSIS

Presión osmótica
Presión hidrostática





Presión osmótica
Presión hidrostática

PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Se genera en el segundo compartimiento a medida que va llegando el agua

El movimiento de agua se **detiene** cuando la presión hidrostática **iguala** a la presión osmótica

El flujo neto es **CERO**

La Presión Osmótica
generada por las soluciones
se expresa en Osmoles

ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI

OSMOL = N° de partículas osmóticamente activas
en 1 MOL de SOLUTO en SOLUCIÓN

OSMOLARIDAD = N° de OSMOLES en un LITRO
de solvente

OSMOLALIDAD = N° de osmoles en un KILO
de solvente



ABSORCIÓN AGUA

ÓSMOSIS en TGI

LA MOLARIDAD ES IGUAL A OSMOLARIDAD cuando:

1. Los solutos en solución NO se disocian
2. Los solutos NO son digeridos o metabolizados

Ej. 1M de glucosa = 1 OSM de glucosa



LA MOLARIDAD NO ES IGUAL A OSMOLARIDAD cuando:

1. Los solutos en solución SE disocian
2. Los solutos SON digeridos

Ej. 1M NaCl en agua se disocia en:

1M Na⁺ y
1M Cl⁻

1M NaCl = 2OSM NaCl

MOLARIDAD NO ES igual a OSMOLARIDAD cuando el N° de partículas es diferente luego de disociarse o digerirse



ABSORCIÓN AGUA

Conceptos
ósmosis, osmolaridad, tonicidad

En resumen:

En el movimiento osmótico de agua interesa :

el N° de partículas osmóticamente activas
en solución, es decir la **OSMOLARIDAD** en los
compartimientos

ABSORCIÓN AGUA

Conceptos
ósmosis, osmolaridad, tonicidad

El movimiento del agua en TGI
busca mantener
ISOOSMOLARIDAD
del contenido intestinal con el plasma

¿ Qué significa eso???

Conceptos ósmosis, osmolaridad, tonicidad

OSMOLARIDAD DEL PLASMA

- **Cálculo**
- **Importancia clínica**
- **Solución salina “fisiológica”**
- **Tonicidad de las soluciones**

ABSORCIÓN AGUA

Osmolaridad Plasma

¿CUÁNTO ES?

El SODIO es el principal contribuyente



Aumentos o disminuciones del Sodio afectarán el movimiento del agua

$$* 2 (\text{Na}^+) \text{ mEq/L} + 0.55 (\text{GLUCOSA}) \text{ mg/l.} + 0.36 (\text{BUN}) \text{ mg/l.}$$

$$* (\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) + 0.55 (\text{GLUCOSA}) \text{ mg/l.} + 0.36 (\text{BUN}) \text{ mg/l.}$$

$$= 270 - 300 \text{ mOsm/L}$$

Ej.:

139 mEq	Na^+
95 mEq	Cl^-
24 mEq	HCO_3^-
38.5 mg/l.	GLUCOSA
3.6 mg/l.	BUN
<hr/>	
300.1	mOsm/L
<hr/>	

φβ



ABSORCIÓN AGUA

Osmolaridad Plasma
Importancia Clínica

HIPEROSMOLARIDAD
Diabetes: aumenta glucosa
COMA HIPEROSMOLAR



Tratamiento
Hacer que los solutos se consuman, dar aporte de agua
(disminuir N° de partículas)

HIPOOSMOLARIDAD
Diarrea: se pierde NaCl
**DESHIDRATACIÓN
HIPOTÓNICA**



Tratamiento
Aportar agua y sales
(aumentar N° de partículas)

Solución 0.9% NaCl

9 gr/L (MOLARIDAD?)

PM NaCl = 58

NaCl 1M = 58 gr/L

X

9 gr/L

X = 0.155 M ✓

Solución NaCl 0.155 M (OSMOLARIDAD?)

NaCl en solución — Na⁺
 |
 Cl⁻

NaCl 0.155M — Na⁺ 0.155 M

 |
 Cl⁻ 0.155 M

—————
310 mOsm ✓

NaCl 0.155M. → solución 310 mOsm

? Sol "fisiológica" > 300 mOsm plasma

ABSORCIÓN AGUA

Osmolaridad Plasma
Sol. salina "fisiológica"

ABSORCIÓN AGUA

Osmolaridad Plasma Tonicidad

1M
GLUCOSA
180g/L

A

1M
LACTOSA
342gr/L

B

0.1M
LACTOSA
34g/L

C

Tonicidad
Se refiere al comportamiento de la célula en cuanto a resistir cambios de volumen

Osmolaridad
Se refiere al N° de partículas disueltas

SOL A ISOTÓNICA CON B

SOLS A y B HIPERTÓNICAS RESPECTO A C

SOL C HIPOTÓNICA RESPECTO A A y B

eps

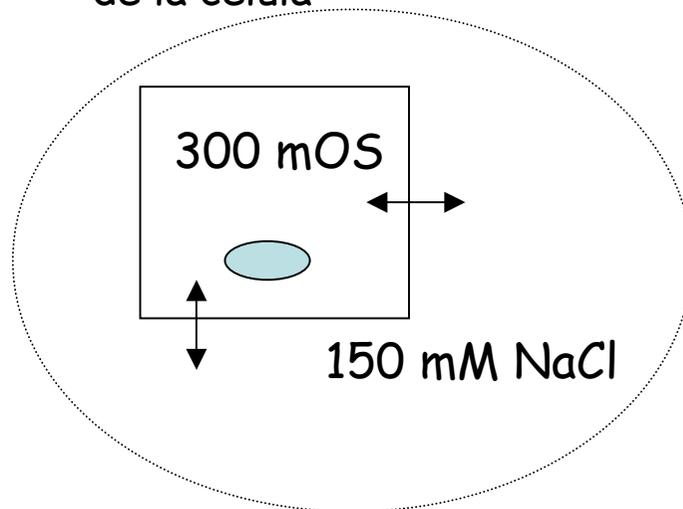
ABSORCIÓN AGUA

Osmolaridad Plasma Tonicidad

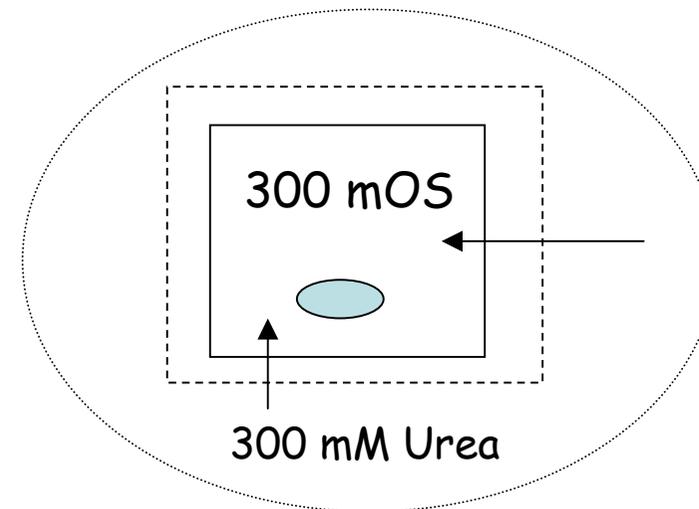
Isoosmolares: igual n° partículas
Isotónicas: mov. neto de agua cero

Una solución puede ser isoosmótica e isotónica con interior de la célula, por Ej. 150 mM de NaCl

No cambia el volumen de la célula



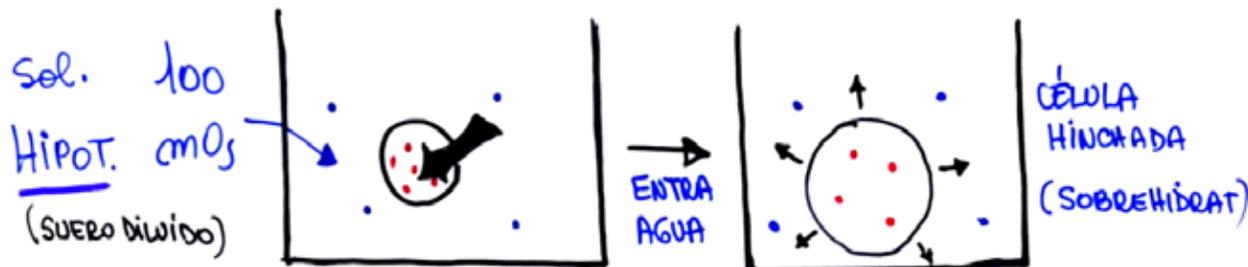
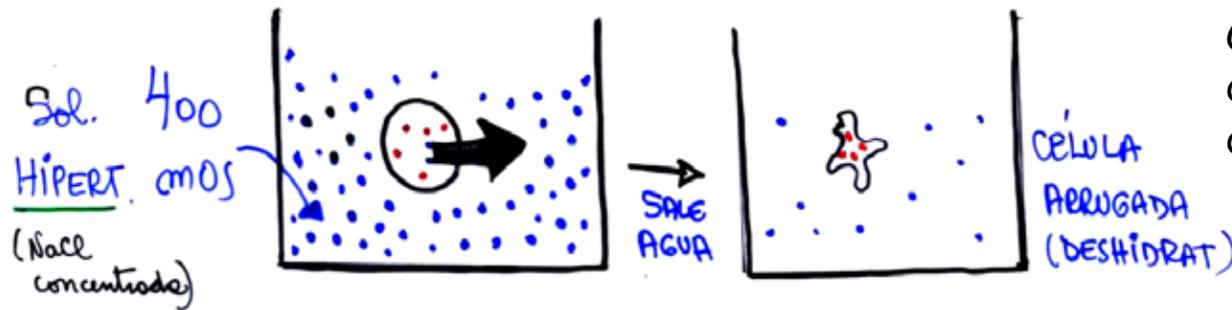
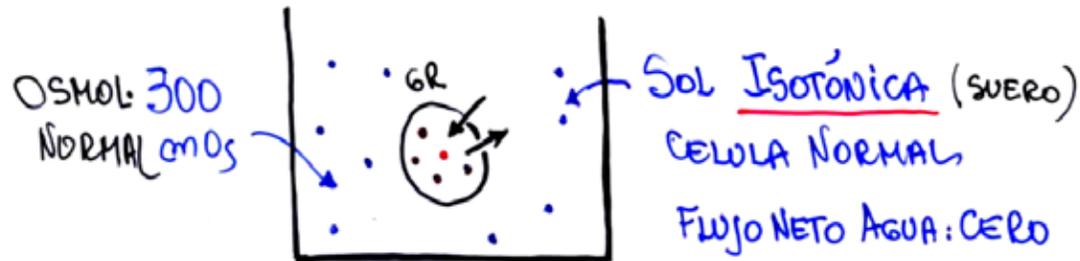
Solución isoosmolar pero no isotónica, Ej. 300 mM Urea por lo que urea y agua entran a la célula y la hidratan



ABSORCIÓN AGUA

Osmolaridad Plasma
Tonicidad

Exp. GR en sol. de diferente tonicidad

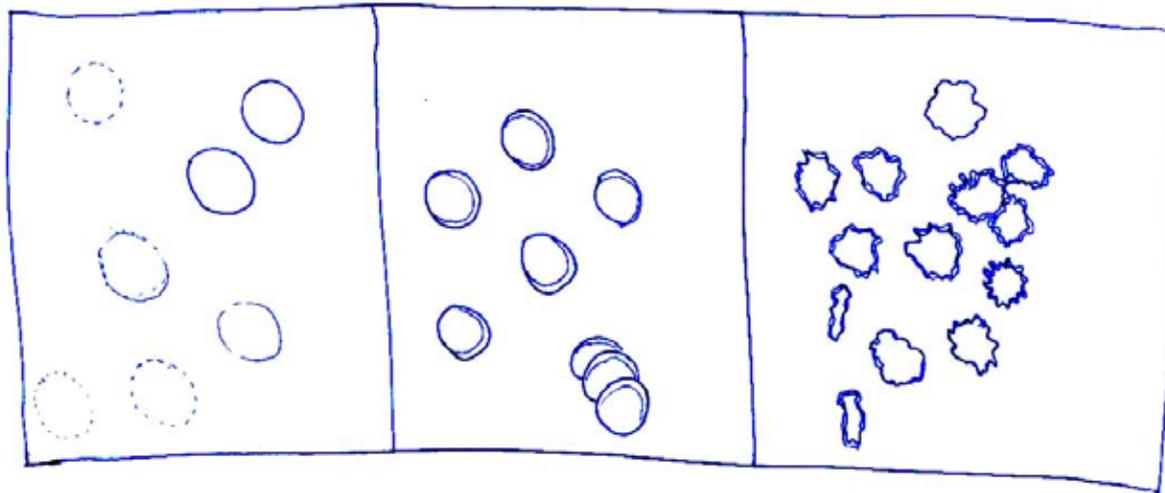


4/3

Comportamiento de la célula en soluciones de diferente tonicidad

ABSORCIÓN AGUA

Tonicidad



100mOs

GR en
Sol. HIPOTÓNICA

ϕ β EDEMA y
RUPTURA

300mOs.

GR en SUELO
SANGUÍNEO
ISOTÓNICO
FORMA BICONCAVA
NORMAL.

500mOs.

GR en Solución
HIPERTÓNICA

COLAPSO y
FORMA ESPICULADA.

I. ABSORCIÓN AGUA Y ELECTROLITOS

ABSORCIÓN DE AGUA

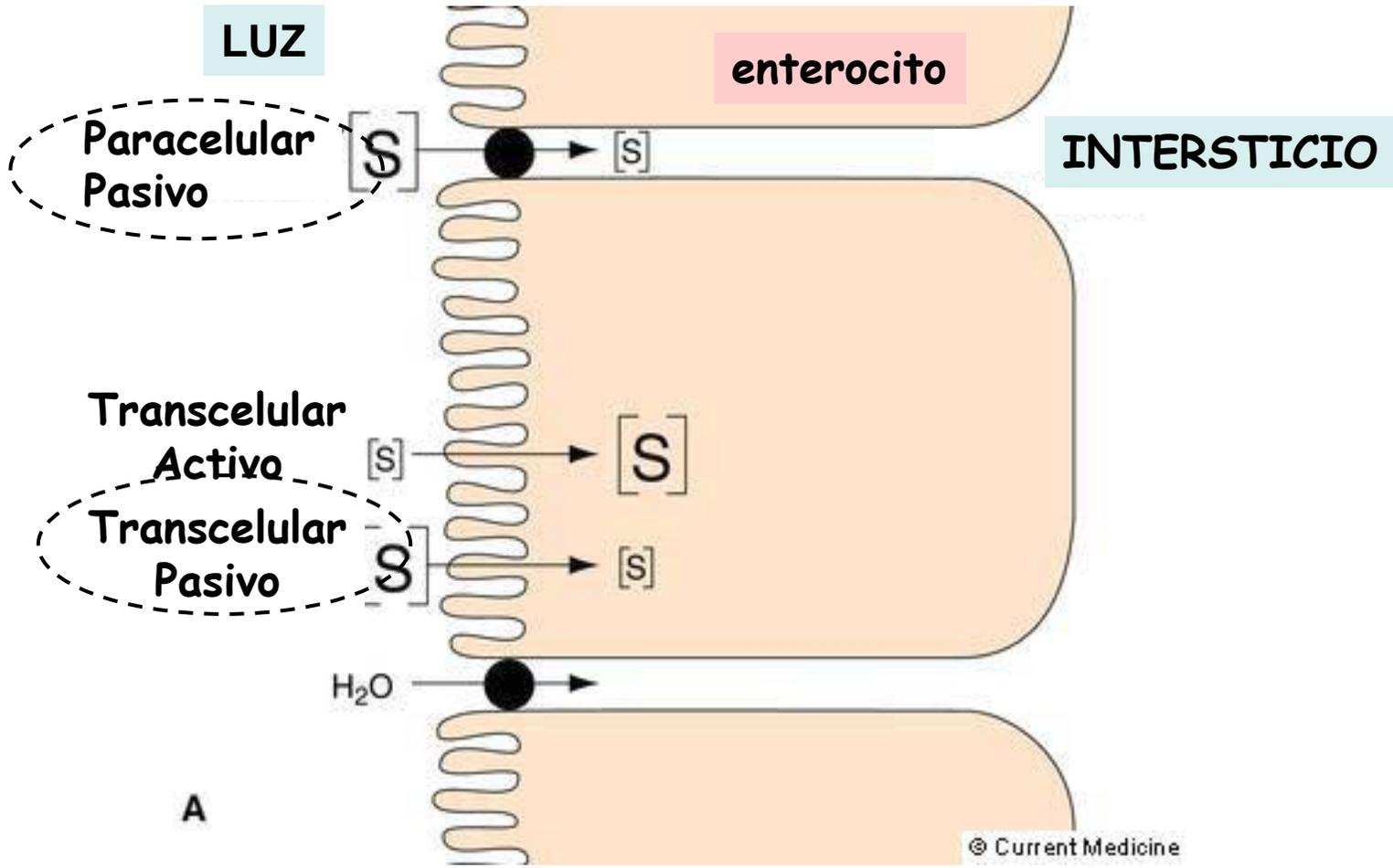
1. Movimiento de agua a lo largo del TGI
2. Ósmosis, Osmolaridad, Tonicidad
3. **Secuencia movimiento osmótico del agua**
4. **Absorción agua contra gradiente osmótico**
5. **Absorción de agua en intestino delgado y grueso**
6. **Distribución funcional de proteínas de la membrana**

ABSORCIÓN AGUA

Ahora, podemos revisar el movimiento *OSMÓTICO* del agua en TGI...

1. Secuencia del movimiento osmótico de agua
2. Movimiento contragradiante osmótico en ileon-colon
3. Absorción agua acoplada al SODIO en I. delgado y colon
4. Distribución funcional de proteínas de la membrana

ABSORCIÓN AGUA

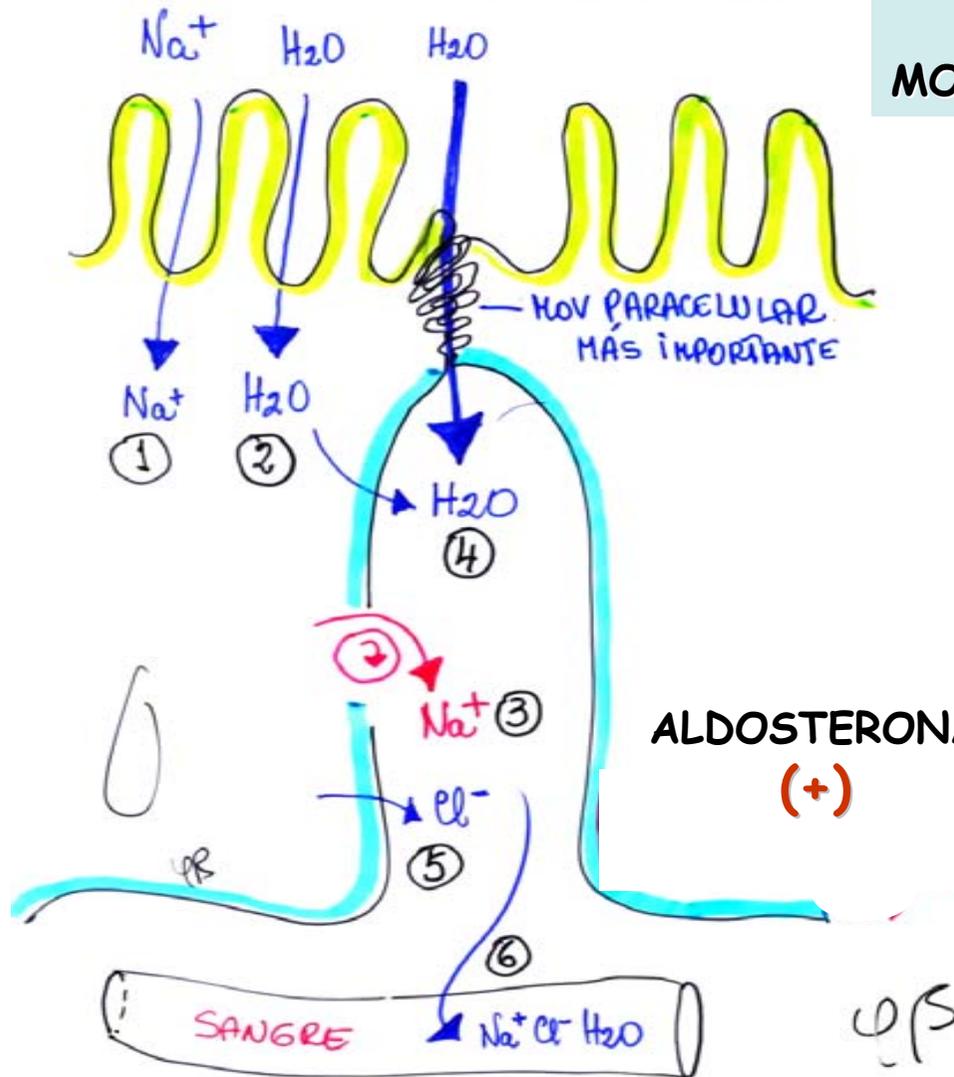




Luz

ABSORCIÓN AGUA

SECUENCIA
MOV. OSMÓTICO AGUA

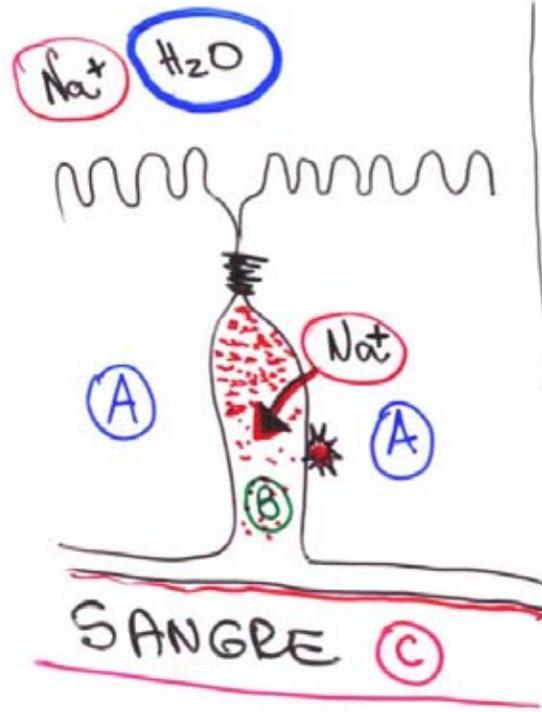


ALDOSTERONA (+) activa e inserta más bombas

ABSORCIÓN AGUA

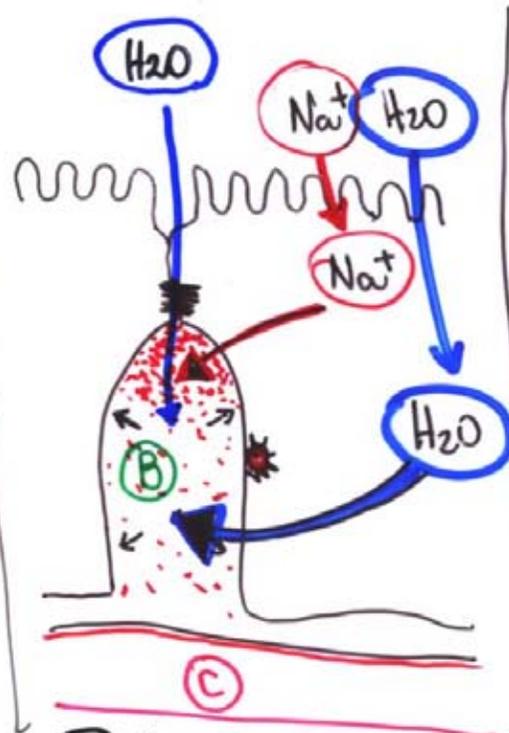
SECUENCIA MOV. OSMÓTICO AGUA

LUZ INTESTINAL

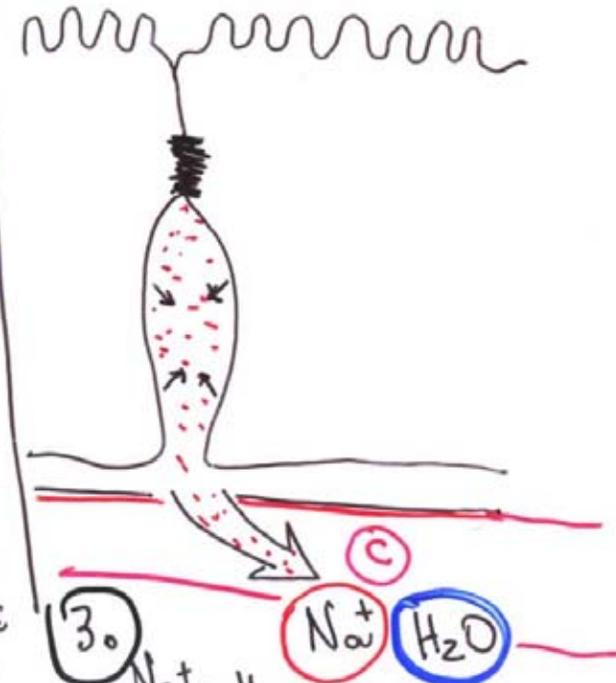


1. Na^+ ES CONCENTRADO ENTRE CÉLULAS

eps



2. H_2O SIGUE GRADIENTE OSMÓTICO. PRESIÓN SUBE



3. Na^+ y H_2O SE MUEVEN A LA BASE DE LA CÉLULA Y A LA SANGRE



ABSORCIÓN AGUA

MOV. AGUA CONTRA
GRADIENTE OSMÓTICO

En ILEON y COLON
el contenido es
Hiperosmolar

Sin embargo,

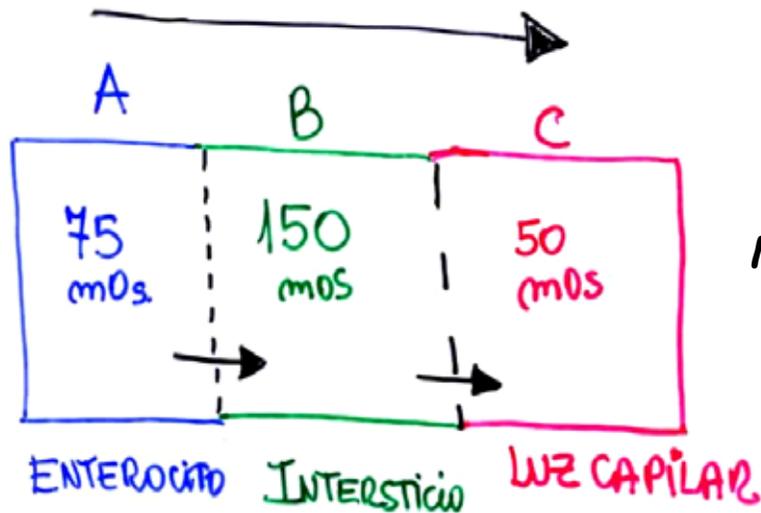
Se absorbe prácticamente
TODA el agua!

¿Cómo se explica esto??

Mov. AGUA DEL ENTEROCITO
A LA SANGRE

ABSORCIÓN AGUA

MOV. AGUA CONTRA
GRADIENTE OSMÓTICO



Modelo Curran-Macintosh
1962

OSMOLARIDAD $B > A$

PERMEABILIDAD $A:B < B:C$

AGUA $A \rightarrow B$ ósmosis
 $B \rightarrow C$ ↑ P. HIDROSTÁTICA en B

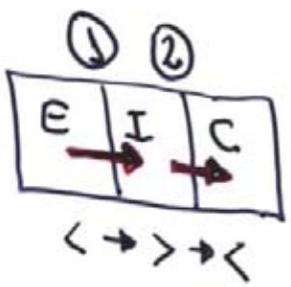
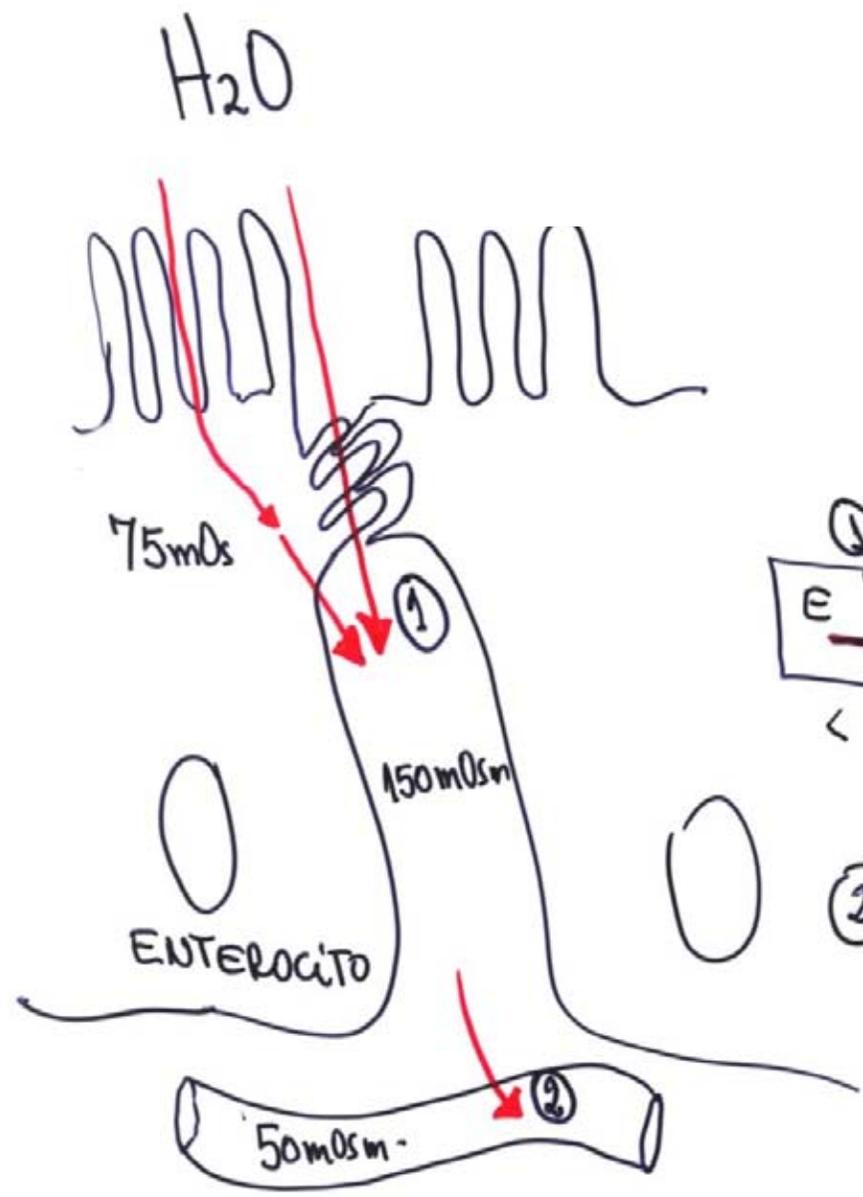
AGUA $A \rightarrow C$
 $75mOs > 50mOs$

ABSORCIÓN "CONTRAGRADIENTE" OSMÓTICO ψ



ABSORCIÓN AGUA

Contra gradiente osmótico
Ileon y colon



② MEMB. MÁS PERMEABLE que ①

eps

Porque la presión hidrostática en el intersticio empuja al agua a través de la membrana capilar MÁS PERMEABLE

ABSORCIÓN AGUA

MOV. AGUA
Contra gradiente osmótico
Ileon y colon

- * Agua desde la LUZ pasa al INTERSTICIO donde la osmolaridad es mayor. Correcto!
- * La presión hidrostática intersticial crece y empuja al agua a pasar al CAPILAR a través del endotelio capilar laxo (membrana más permeable) aunque la molaridad sea menor!!
- * De este modo el AGUA va desde la LUZ al CAPILAR en contra de gradiente osmótico por diferencias en la permeabilidad de las membranas!!

MOV. AGUA INTESTINO
DELGADO Y COLON



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

ABSORCIÓN AGUA

Acoplada a
ABSORCIÓN DE SODIO

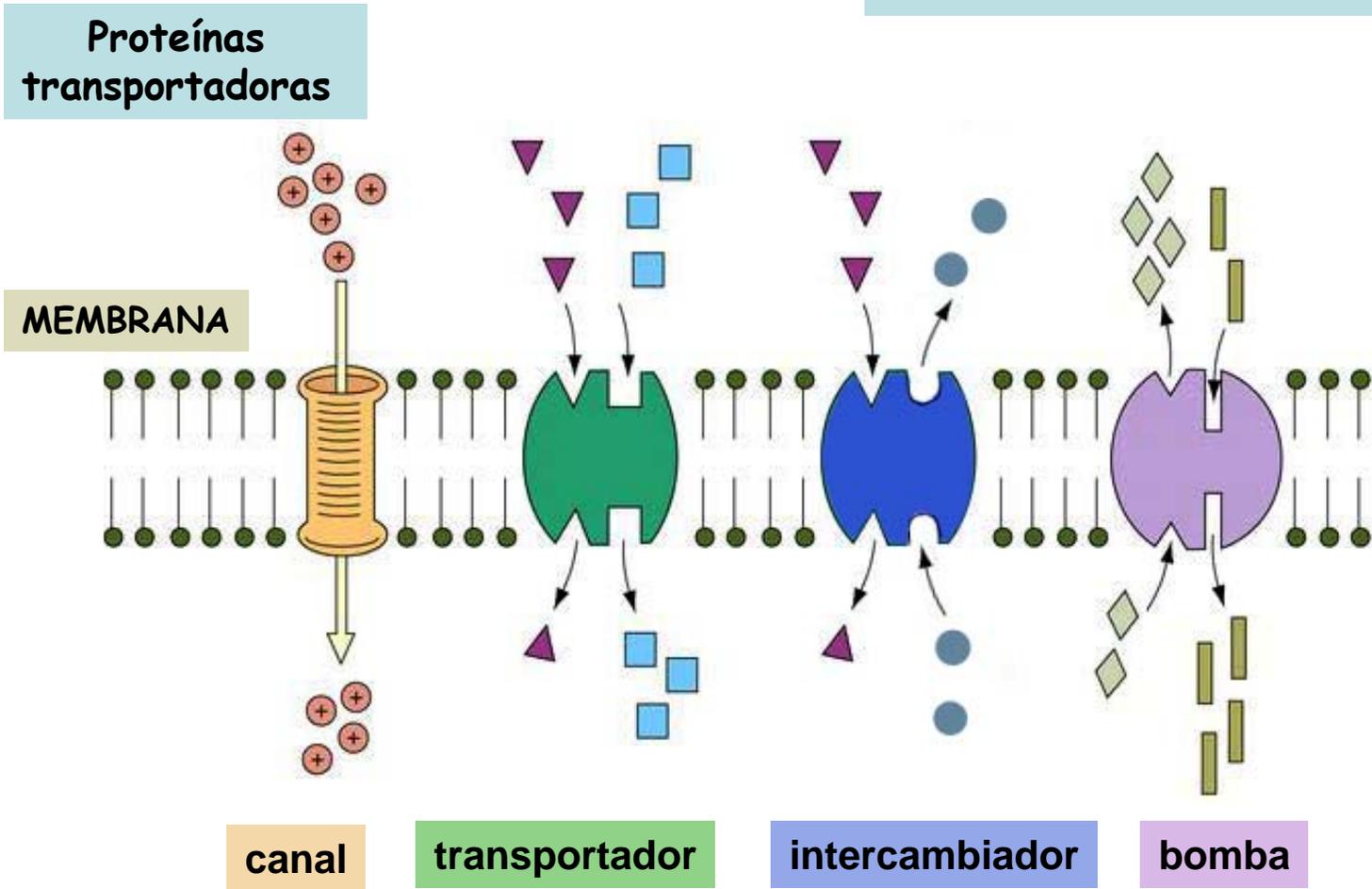
Intestino delgado

1. * COTRANSPORTE de Na^+ y otros moléculas
2. ABSORCIÓN ELECTRONEUTRA de NaCl

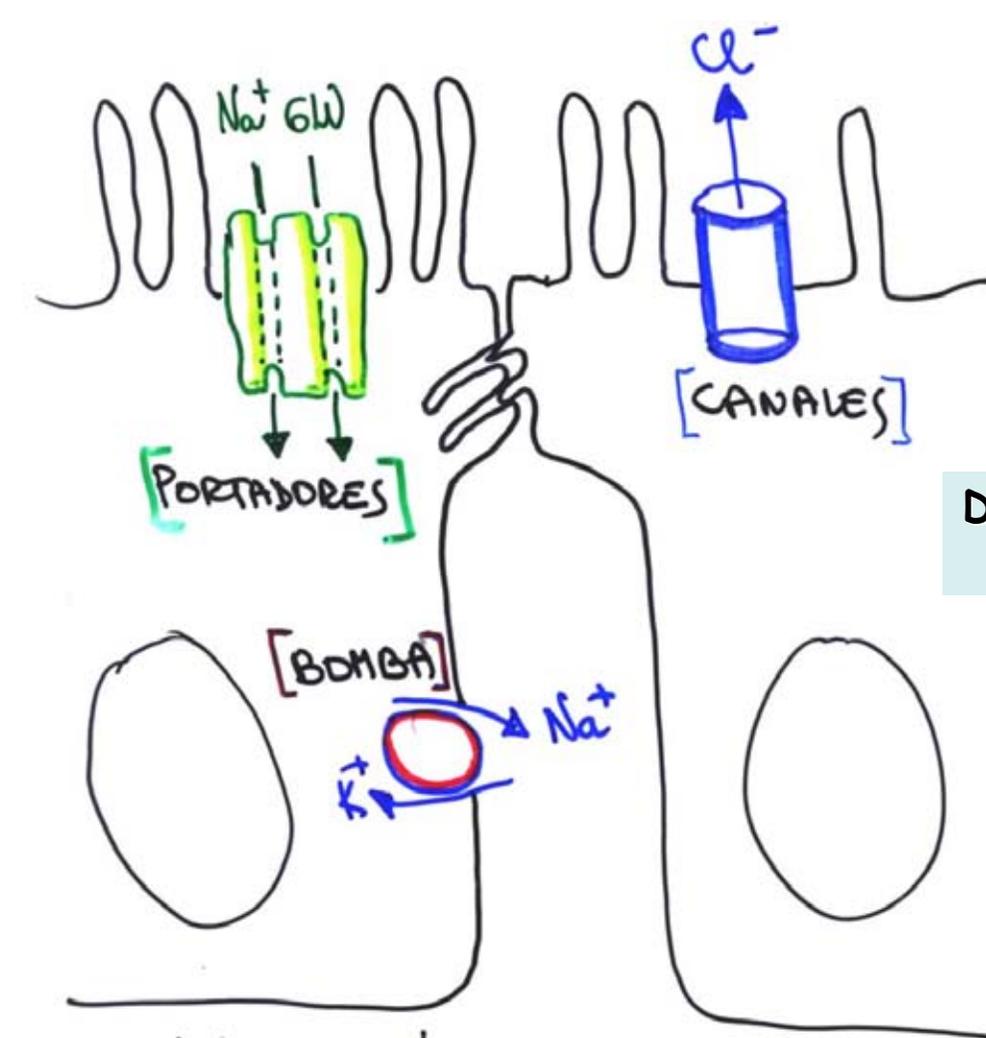
Colon

1. * ABSORCIÓN ELECTROGÉNICA de Na^+ por canales de Na^+ (colm)
 2. ABSORCIÓN ELECTRONEUTRA de NaCl .
- ϕβ

I. ABSORCIÓN AGUA y ELECTROLITOS



© Current Medicine



ABSORCIÓN AGUA

DISTRIBUCIÓN PROTEÍNAS TRANSPORTADORAS

e/s
 DISTRIBUCIÓN
 DIFERENCIAL DE PROTEÍNAS EN LA
 MEMBRANA.



Mov. Iones según gradientes

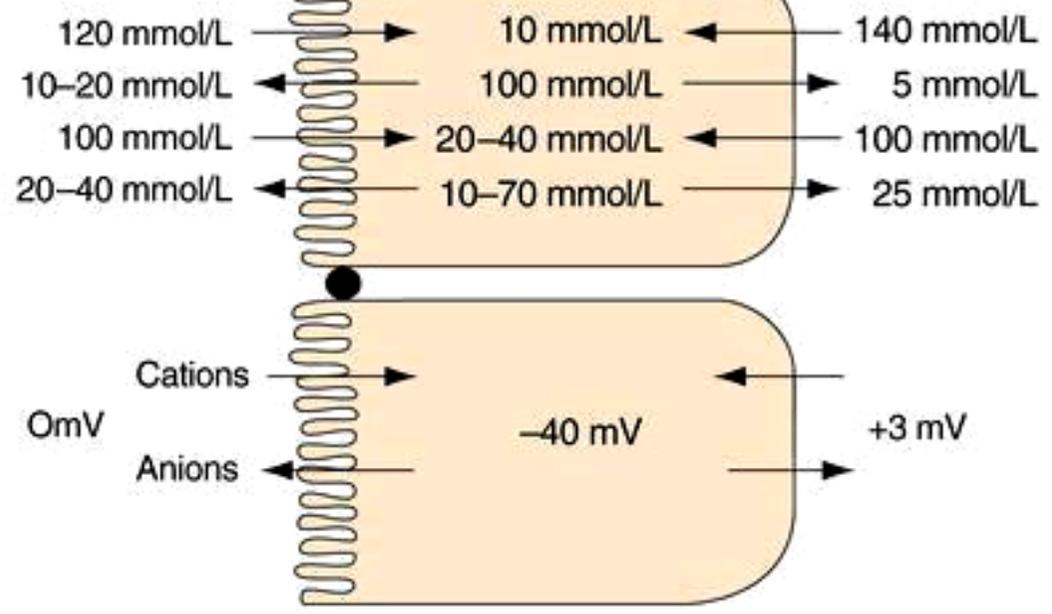
Químico [Na], [K], [Cl], [HCO₃]

Eléctrico Dif. Potencial

LUZ

enterocito

INTERSTICIO



Gradiente electroquímico

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

B

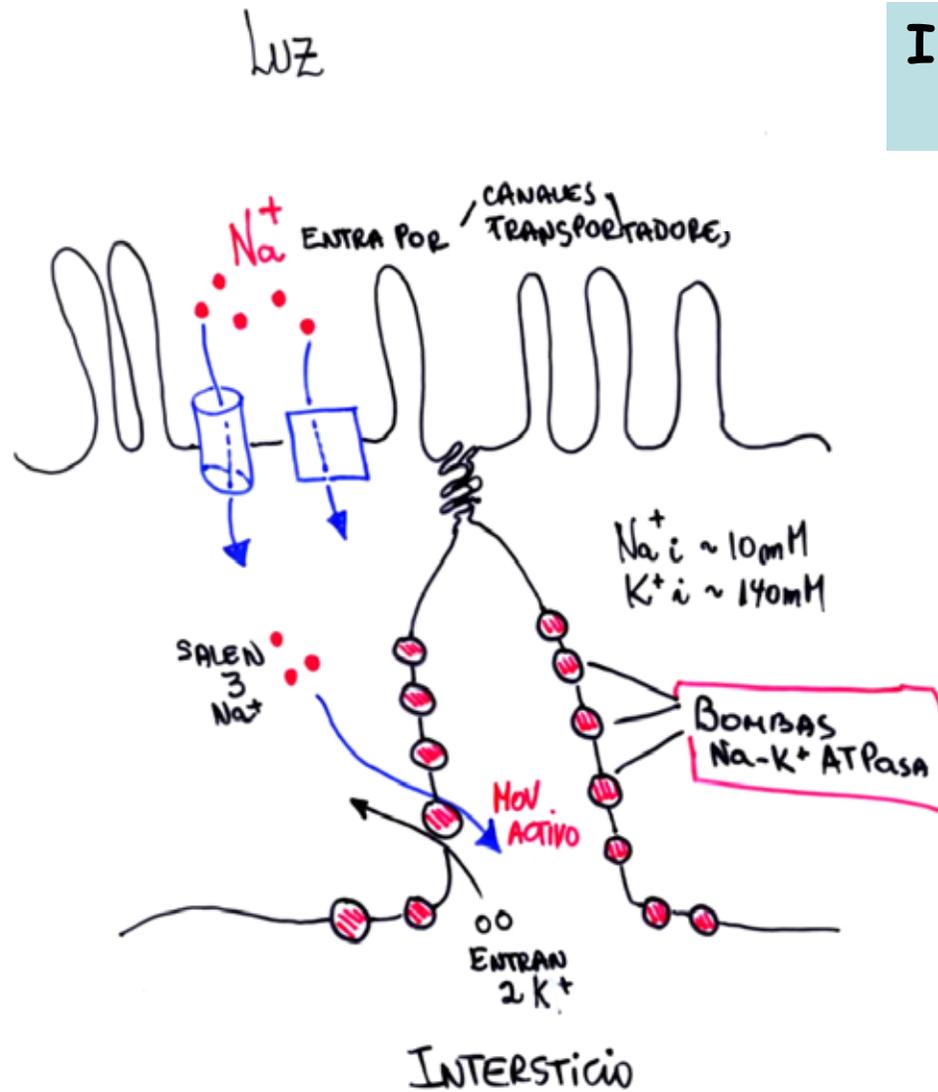


I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

Absorción Sodio

Mov. PASIVO

Bomba de sodio-potasio generadora de gradiente de sodio

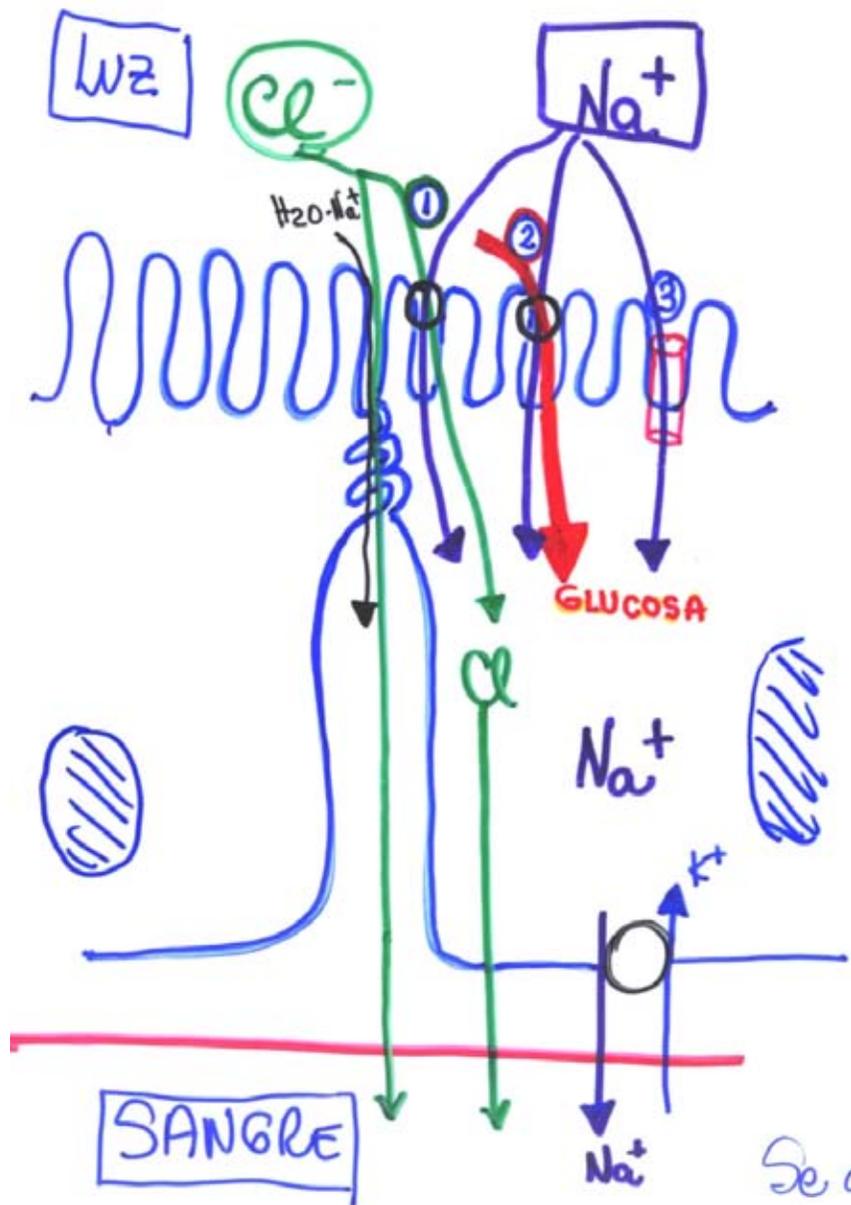


Na^+ SE ABSORBE 99.5% !!

eps



eps



ABSORCIÓN SODIO

- ① TRANSPORTADOR $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$
- ② TRANSPORTADOR GLUCOSA-Na^+
- ③ CANAL Na^+ COLON
- ④ ARRASTRE

① y ② → DETERMINAN LA CASI TOTALIDAD DE ABSORCIÓN H_2O , ELECT. EN INT. DELGADO

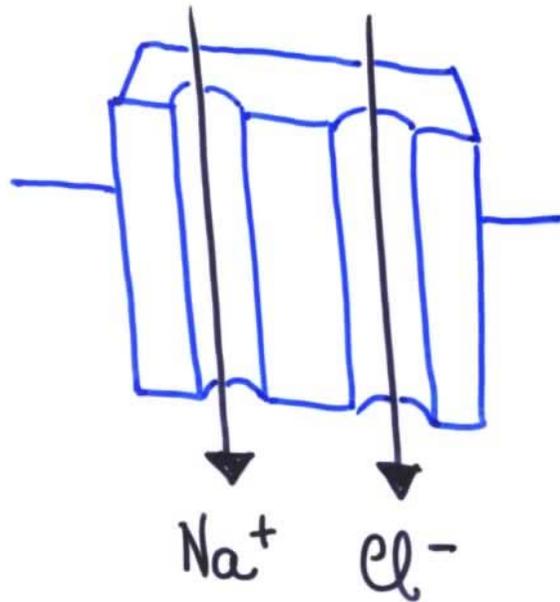
Se absorbe 99.5% !!



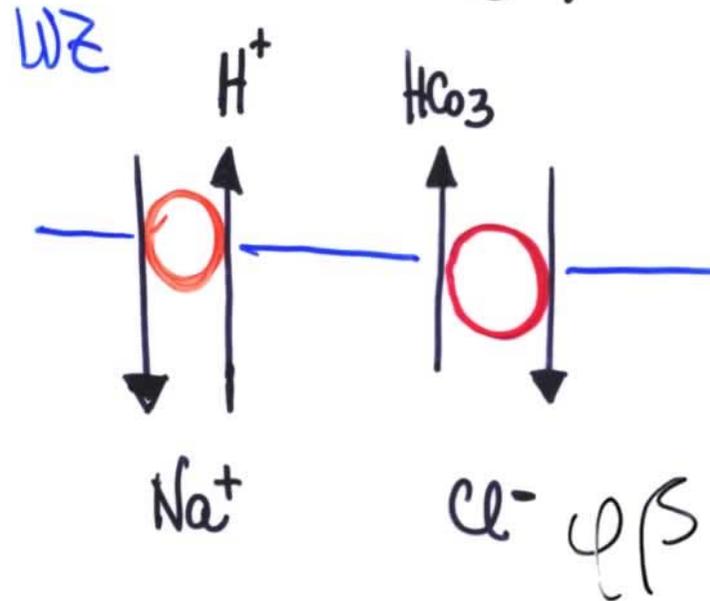
ABSORCIÓN SODIO

1. COTRANSPORTE CON CLORO

WZ TRANSPORTADOR ?

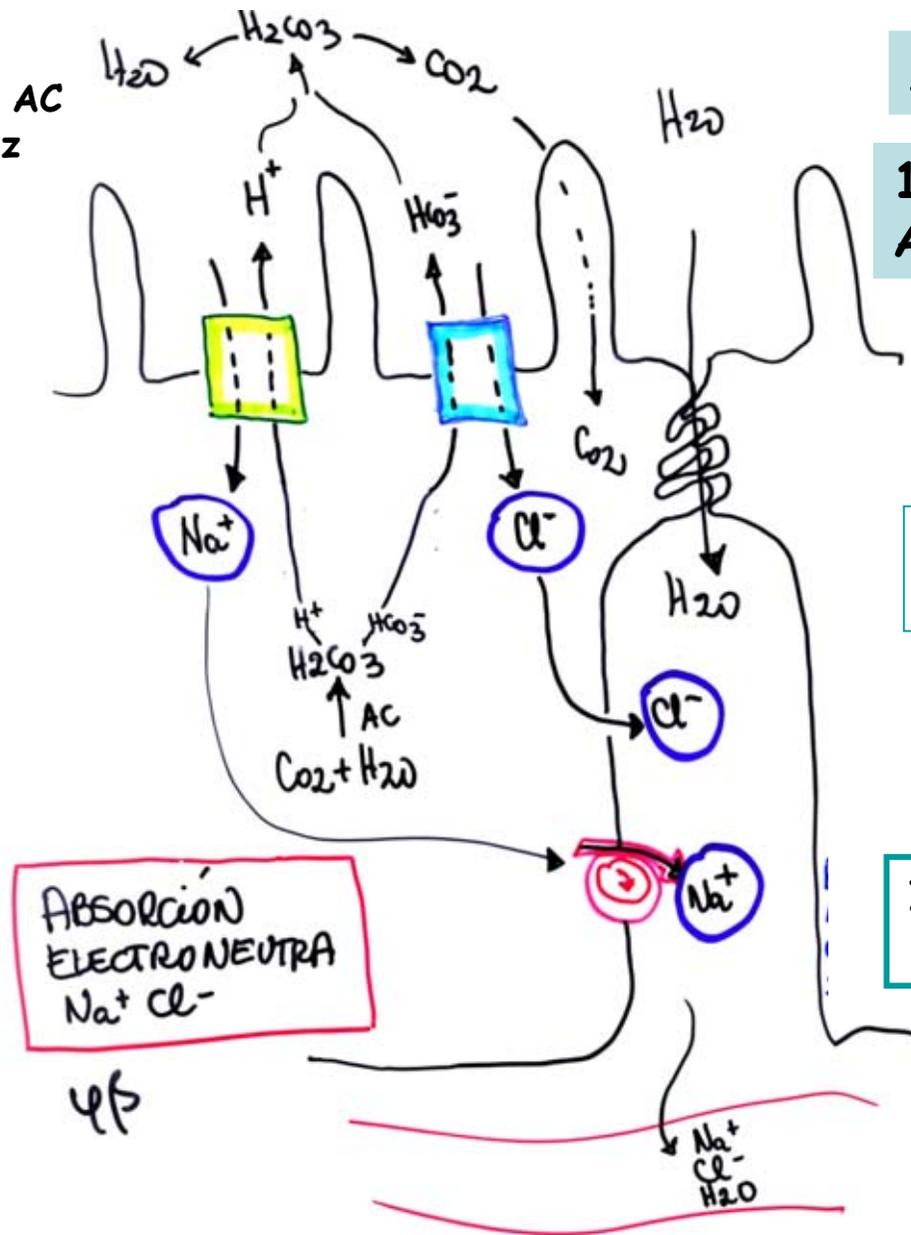


DOS INTERCAMBIOS ACOPLADOS ?





No hay AC
en la luz



ABSORCIÓN SODIO

1. Cotransporte con cloro o
Abs. Electroneutra NaCl

Mov. Apical pasivo
Mov. Basolateral activo

ABSORCIÓN
ELECTRONEUTRA
Na⁺ Cl⁻

45

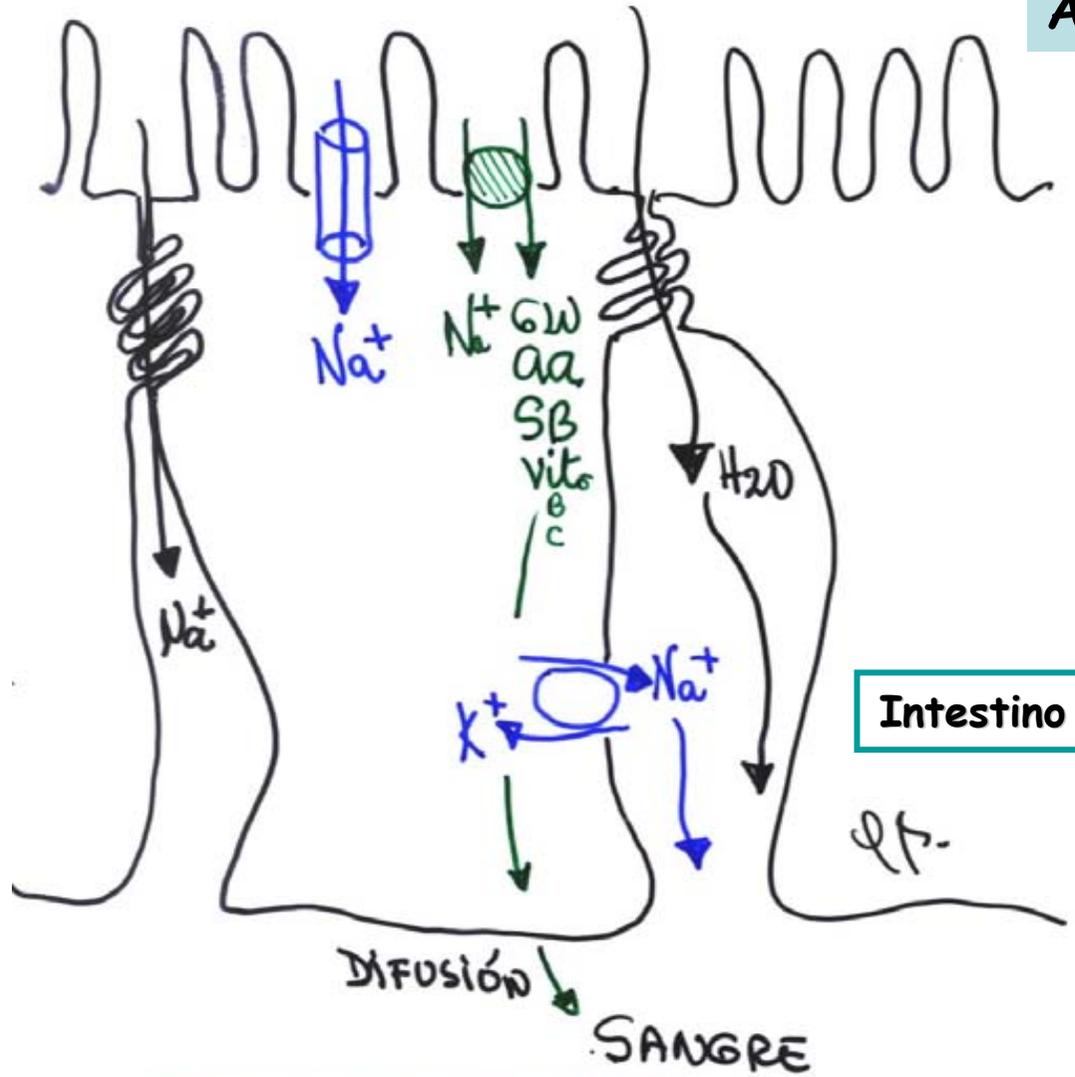
Intestino delgado
y colon



WE INTESTINO DELGADO

ABSORCIÓN SODIO

2. Cotransporte sodio - moléculas orgánicas

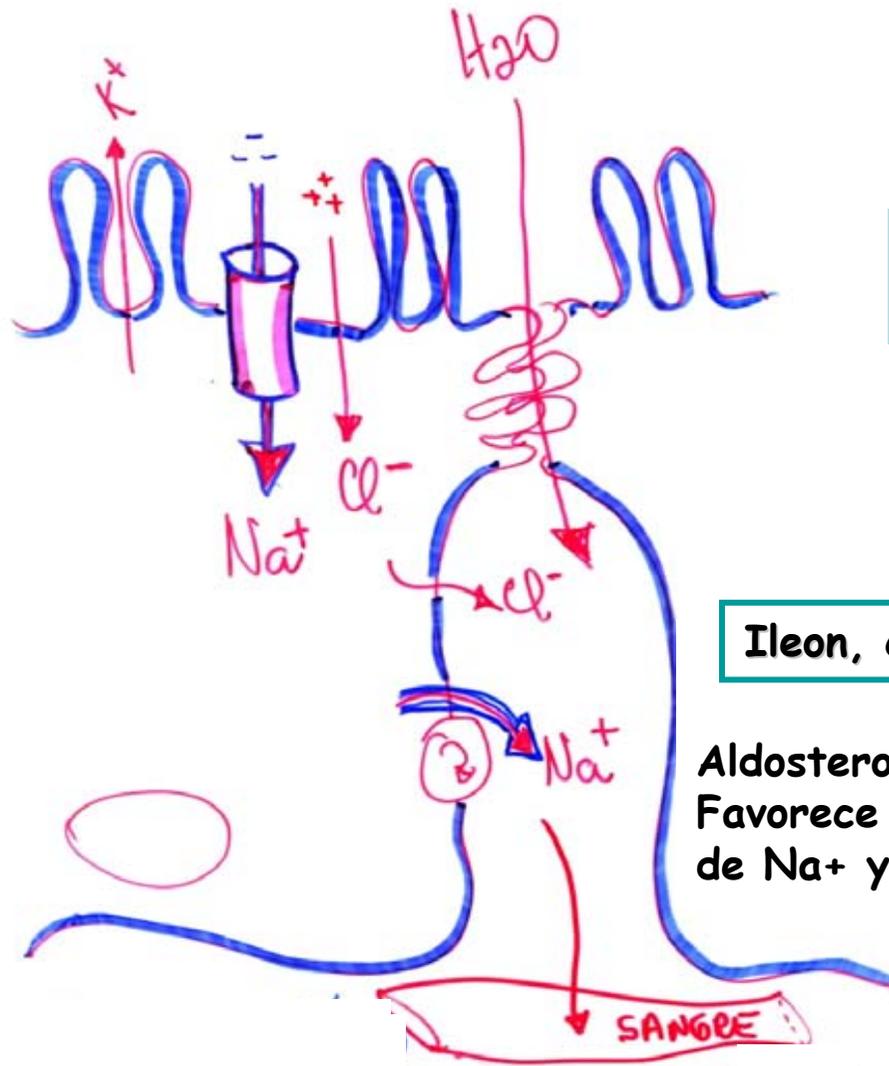


Intestino delgado

COTRANSPORTE
Na⁺ y otros SOST. MÁS IMPORTANTE

WZ

eps

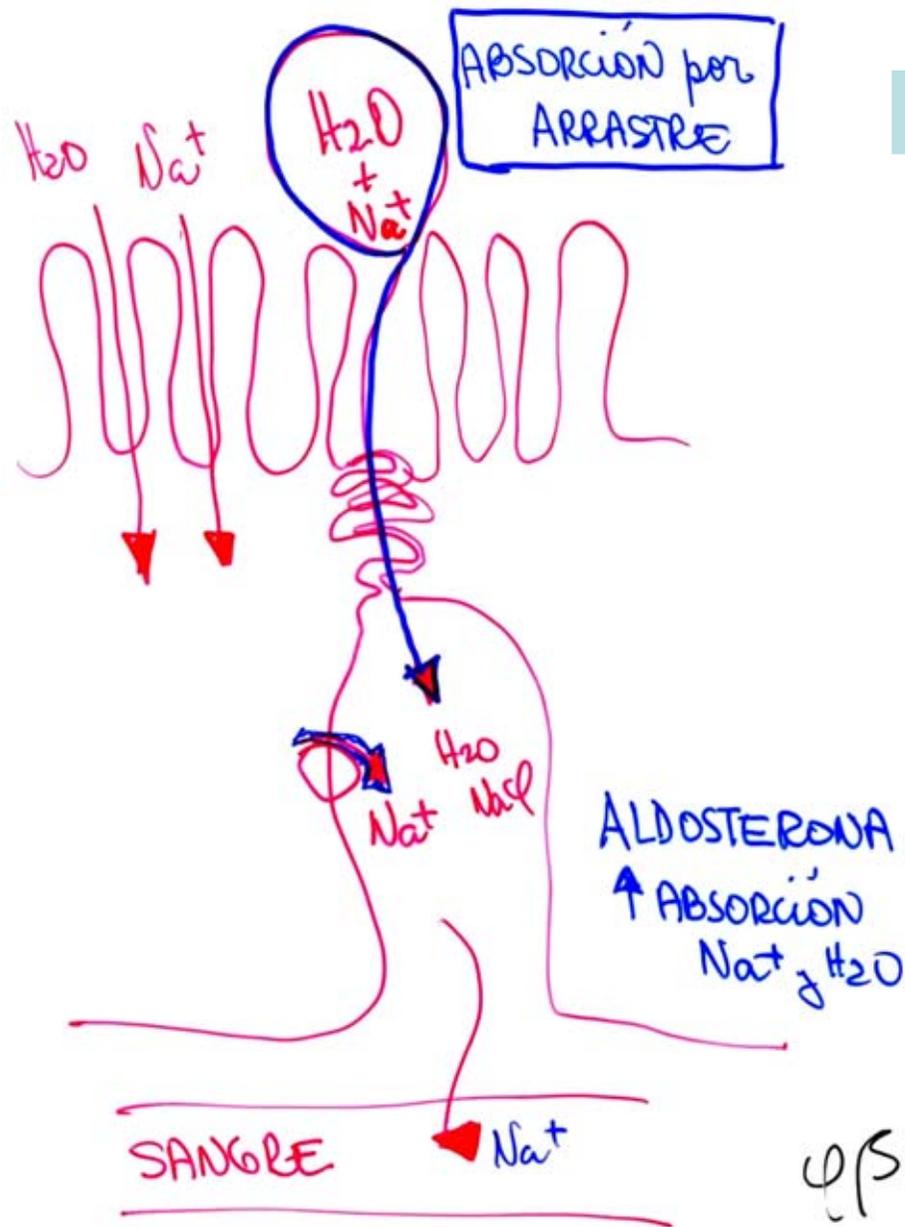


ABSORCIÓN SODIO

3. Absorción electrogénica Canales de sodio

Ileon, colon

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



ABSORCIÓN SODIO

4. Mov. por arrastre

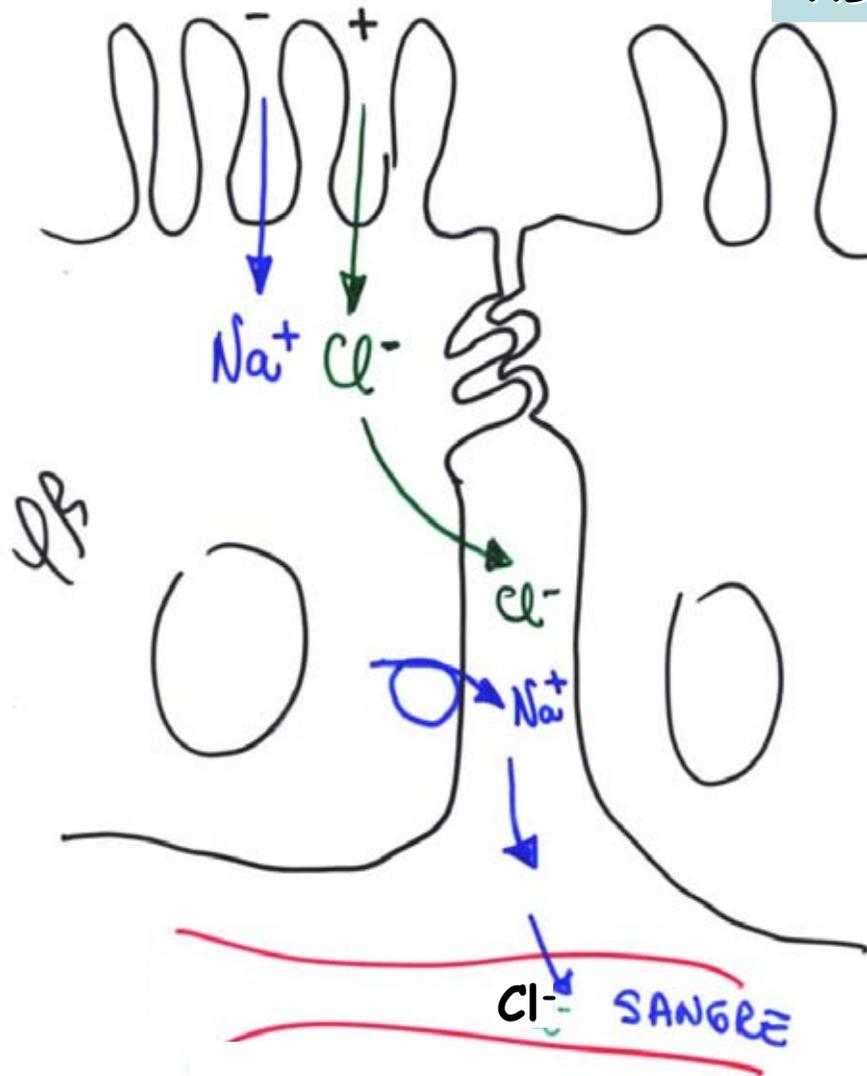


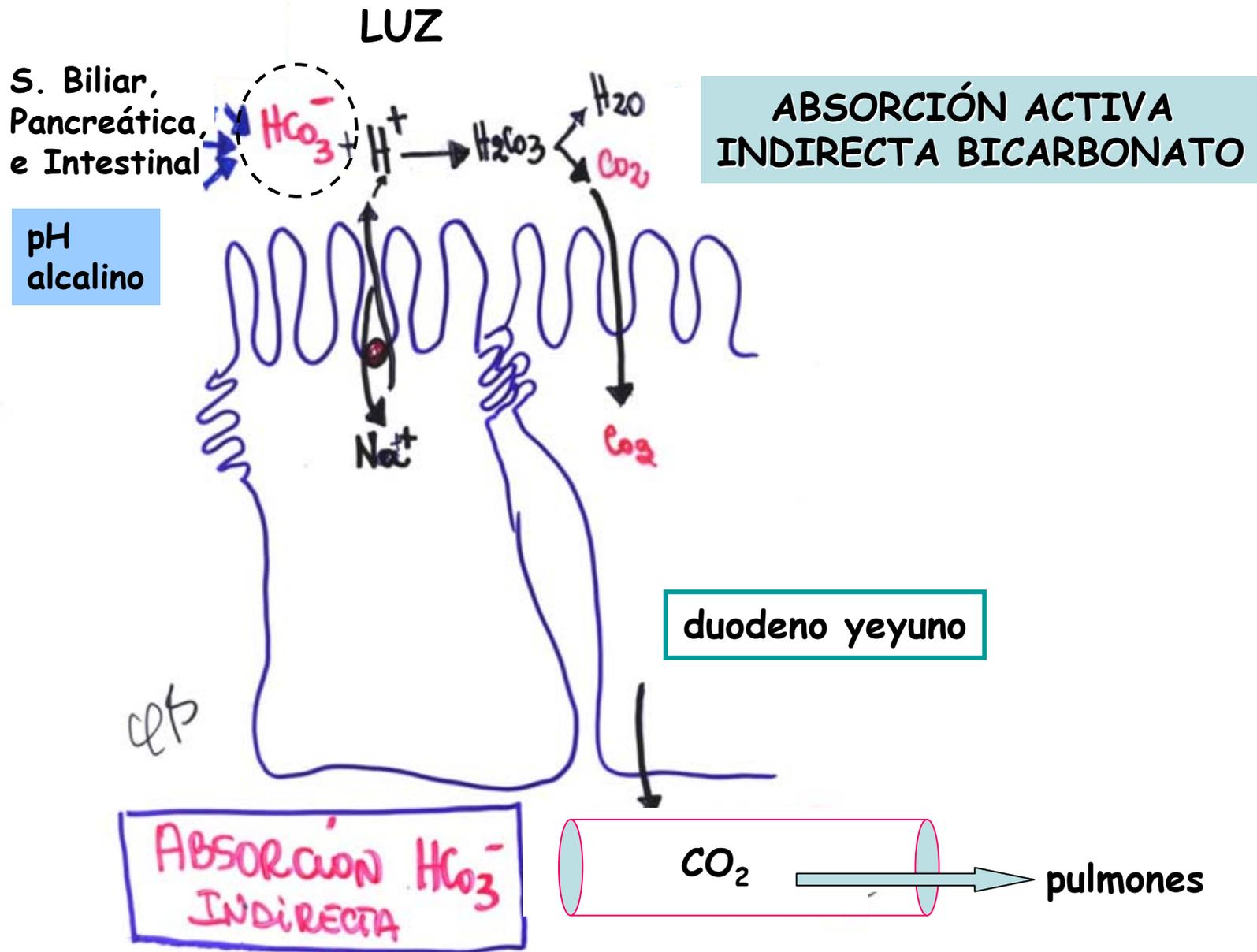
LWZ DUODENO-YEYUNO

ABSORCIÓN PASIVA CLORO

(gradiente eléctrico)

En todo el intestino
pero en especial
Parte SUP.





REGULACIÓN Absorción Agua y Electrolitos

I. ABSORCIÓN AGUA ELECTROLITOS

