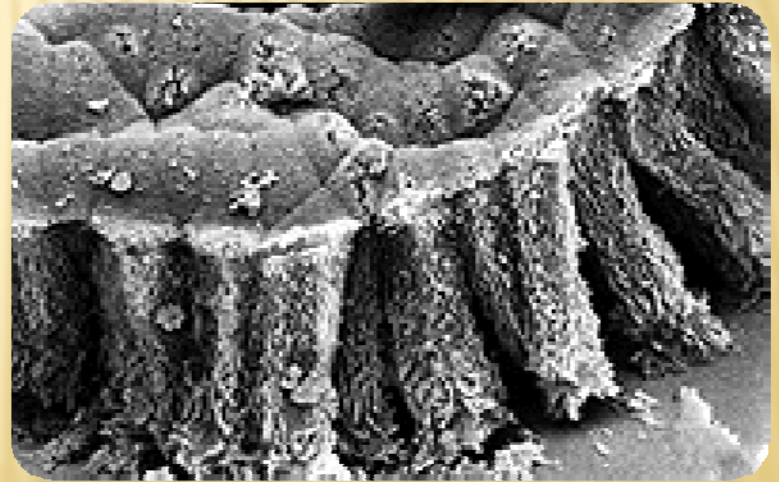
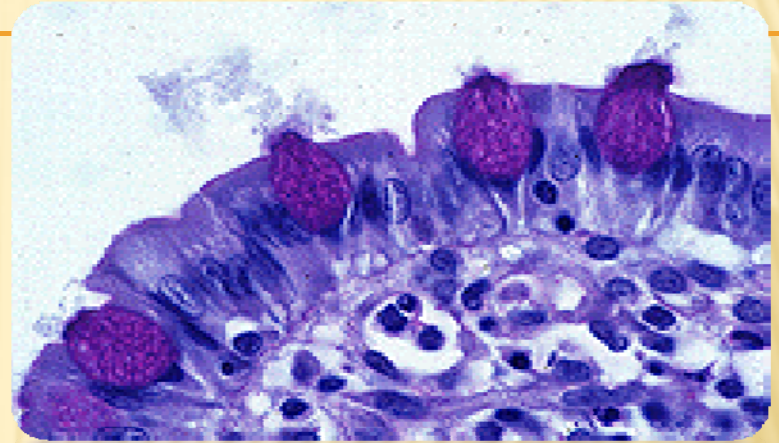


**Biofísica de  
TRANSPORTE a  
través de  
EPITELIOS**

*Cielo 2013*

*Brom. Ivana S. Grigor*



# REPASO

## **BARRERAS ENTRE COMPARTIMENTOS**

### 1) BARRERAS CELULARES

### 2) BARRERAS EPITELIALES

- Piel
- Circulatorio
- Digestivo:
  - **Glandular**
  - **Gástrico**
  - **Intestinal**
- Respiratorio
- Renal

# ¿Qué es un epitelio?

Es un tipo de tejido constituido por una o por varias capas de células, unidas entre sí, por una zona llamada “unión estrecha” o “zónula ocludens”. Éstas células reposan generalmente sobre una capa de tejido conjuntivo y músculo.

## Características comunes de los epitelios

- ❖ Formados por células adheridas entre sí
- ❖ Sin sustancia intercelular
- ❖ Carecen de vasos sanguíneos
- ❖ Pueden secretar diferentes compuestos
- ❖ Poseen inervación
- ❖ Poseen polaridad



# FUNCIONES

---

- **Separan** unos ambientes de otros, crea delimitaciones entre diferentes aéreas de nuestro cuerpo
- Son **barreras protectoras** contra el medio ambiente.
- **Regulan** el intercambio de materia y energía con el medio interno y el externo, mediante absorción y excreción de sustancias.
- Contribuyen a **mantener** el volumen y la composición de los compartimentos del organismo.

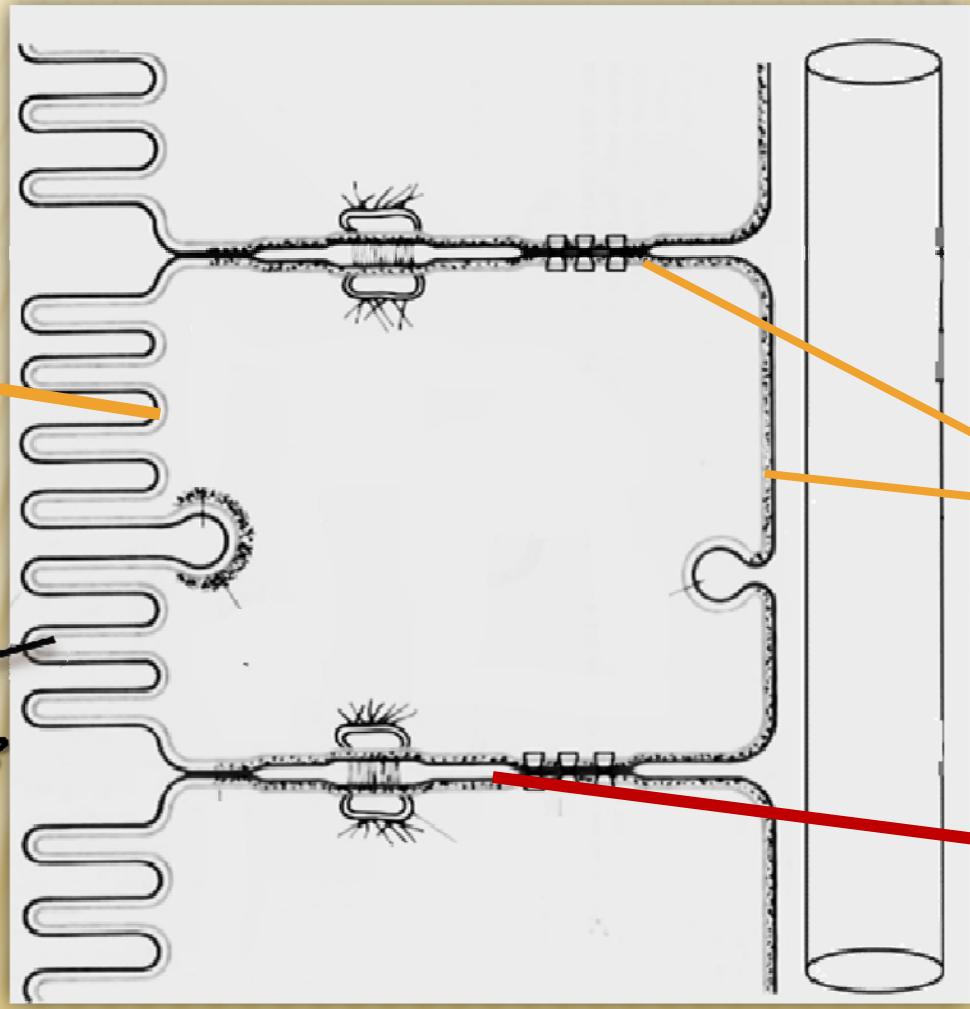
# ELEMENTOS COMPONENTES DE UN EPITELIO PARA SU DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA (EPITELIO SIMPLE)

**LUZ**

(Lado mucoso)

Membrana  
APICAL

Microvellosidades



**VASOS SANGUINEOS**

(Lado seroso)

Membrana  
BASOLATERAL

ZONA  
OCLUSIVA

# CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS CELULAS EPITELIALES

Estas células epiteliales, presentan características similares a las otras células del cuerpo:

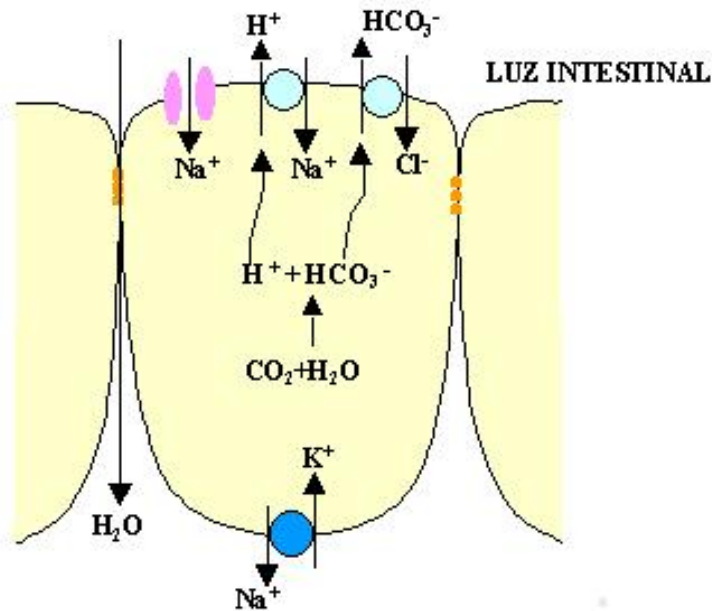
- Baja [Na<sup>+</sup>] aprox. 10 mEq/l
- Alta [K<sup>+</sup>] aprox. 140 mEq/l
- El interior celular presenta un potencial eléctrico negativo con respecto al exterior
- Bombas de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPasa
- SIN EMBARGO, se caracterizan por tener DISTINTA POLARIDAD entre la membrana basolateral y apical. Lo que significa que la permeabilidad y propiedades de transporte de ambas membranas son diferentes!

En la membrana BASOLATERAL se encuentran localizadas principalmente el tipo de TRANSPORTE ACTIVO.

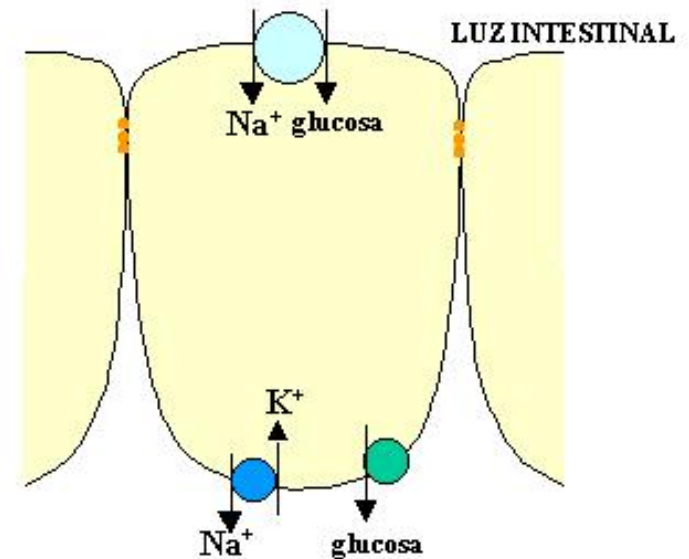


# ALGUNOS EJEMPLOS DE POLARIDAD EN LOS EPITELIOS

TRANSPORTE DE CLORURO SÓDICO Y AGUA EN EL EPITELIO DEL INTESTINO GRUESO



TRANSPORTE DE GLUCOSA EN EL EPITELIO DEL INTESTINO DELGADO



**EPITELIOS ALTAMENTE POLARIZADOS**

# PROPIEDADES BIOFÍSICAS DE LOS EPITELIOS

- **POR SER UNA BARRERA FÍSICA**
- **POR SER UNA BARRERA CON PERMEABILIDAD “ESPECÍFICA”**
- **POR SER UNA BARRERA CON PERMEABILIDAD “DIFERENCIADA”:**
- **POR SER “AVASCULARIZADOS”:**
- **POR POSEER UNA ZONA OCLUSIVA:**
- Separan compartimentos: “mucoso” y “seroso”
  - Impide el paso de proteínas.
  - Permite el paso de sustancias.
  - Genera gradientes entre la “luz” y el “intersticio”
- Manifiesta “polaridad” entre el lado “mucoso” ( luz ) y el lado “seroso”.
- El movimiento de nutrientes y desechos se produce por difusión y por “bombas” desde la “luz” al “intersticio” y viceversa.
- De la cual depende la permeabilidad a los iones y al agua y moléculas de mayor tamaño.



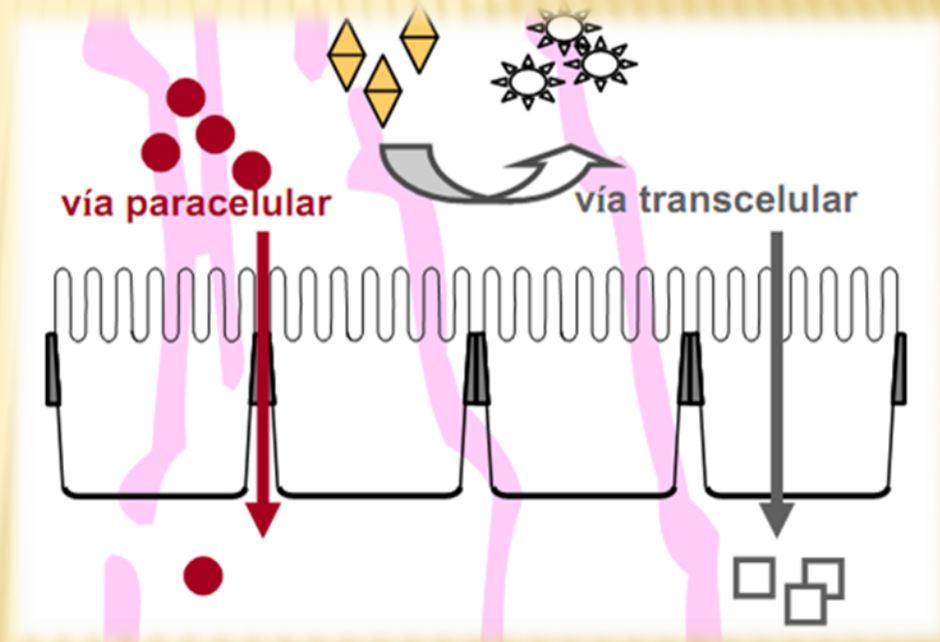
# PASAJE DE SUSTANCIAS DEL LADO SEROSO A MUCOSO:

## ✘ VÍA PARACELULAR:

Pasan iones, agua y otras moléculas, a través de la ZONA OCLUSIVA

## ✘ VÍA TRANSEPITELIAL

Pasan iones, agua y otras moléculas, a través de las CELULAS EPITELIALES



# CLASIFICACIÓN HISTOLÓGICA DE EPITELIOS

## × EPITELIOS GLANDULARES:

Células que se especializan en sintetizar sustancias, en almacenarlas y excretarlas cuando al organismo le conviene (Glandulas Salivales)

## × EPITELIOS DE REVESTIMIENTO:

En cambio, estos epitelios de revestimiento reúnen todas las características de separar y regular la composición de 2 compartimientos. (Epitelio gastrico e intestinal)

# CLASIFICACIÓN HISTOLÓGICA DE EPITELIOS DE REVESTIMIENTO

Según el número de capas celulares:

- ✘ EPITELIOS SIMPLES O MONOESTRATIFICADOS: láminas epiteliales formadas sólo por una capa de células. Función de absorción y/o excreción. (Figura 1)
- ✘ EPITELIOS ESTRATIFICADOS: formados por dos o más capas celulares. Función de protección (Figura 2)
- ✘ EPITELIOS SEUDOESTRATIFICADOS: son aquellos que parecen estratificados pero todas sus células llegan a la membrana basal mientras que sólo las células más altas forman la superficie luminal (Figura 3)



Figura 1



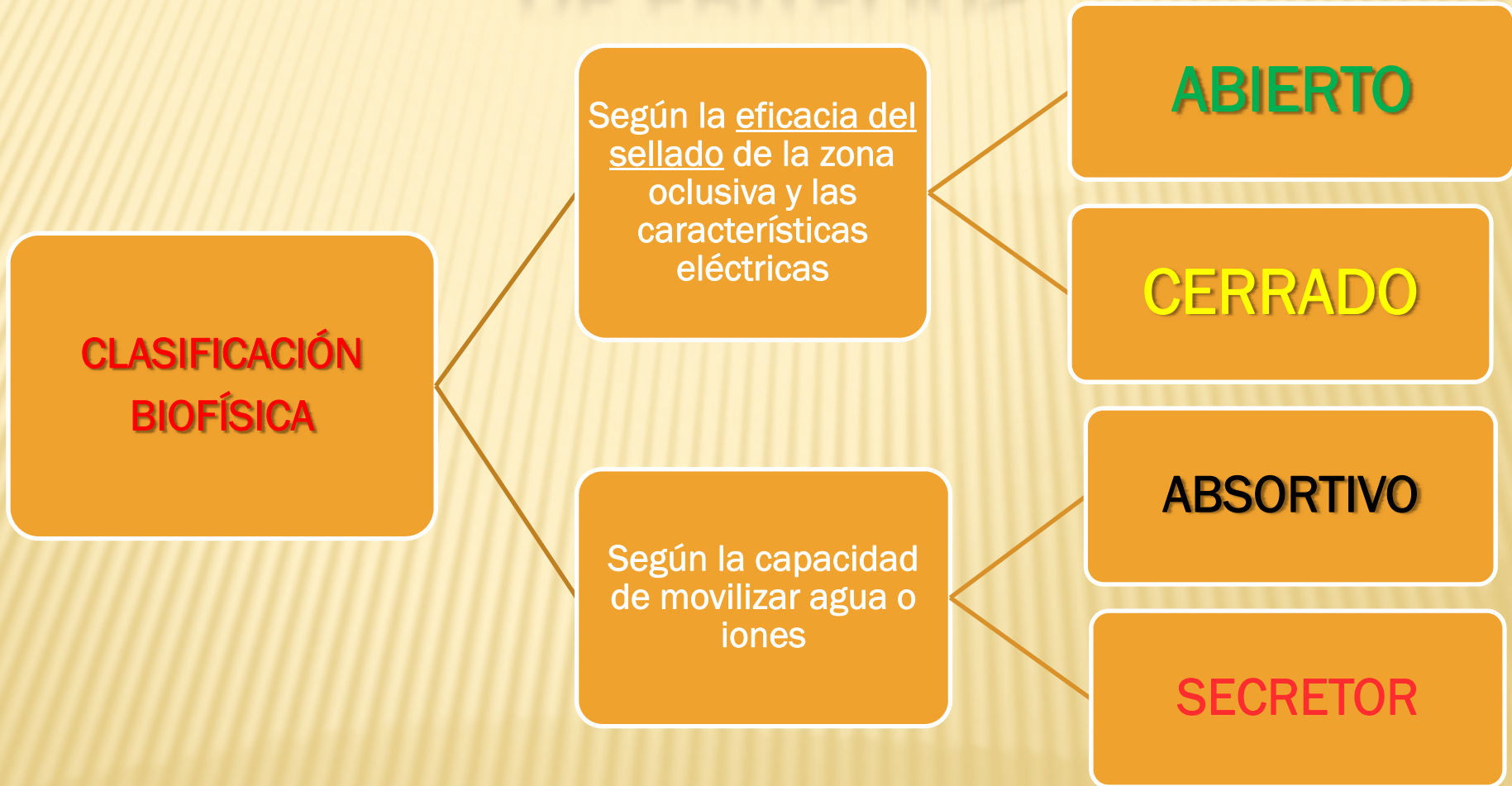
Figura 2



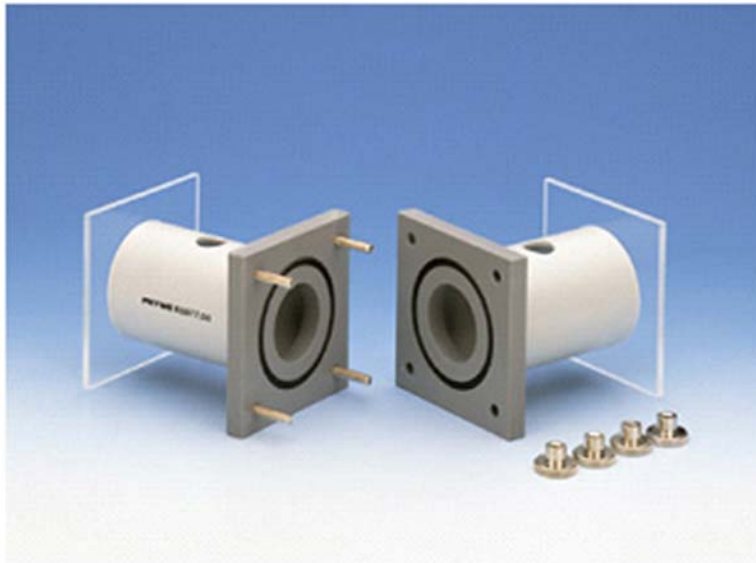
Figura 3



# CLASIFICACIÓN **BIOFÍSICA** DE EPITELIOS



# ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UN EPITELIO USANDO LA CÁMARA DE USSING



- ✘ Dos piezas plásticas separadas por un epitelio para el estudio de la permeabilidad.
- ✘ Dos orificios alimentadores de cada cámara.
- ✘ Permite el uso de soluciones para estudiar los flujos y de electrodos para medir diferencias de voltaje

# CLASIFICACIÓN BIOFÍSICA DE EPITELIOS

## ABIERTOS

- ❑ Zona ocludens permeable ( “leaky junction” )
- ❑ Alta permeabilidad a los iones ⇒
- ❑ Baja resistencia eléctrica transepitelial ⇒
- ❑ Baja diferencia de potencial transepitelial y transmembrana
- ❑ Poco efectivos en el mantenimiento de gradientes ⇒  
ocurren reabsorciones isotónicas transepiteliales.
- ❑ Movilizan agua aún en ausencia de gradiente osmótico y de gradiente de presión hidrostática
- ❑\*Ej: en órganos que transfieren grandes volúmenes de agua: túbulo contorneado proximal (180 l / día ), intestino delgado ( 10 l / día ), tejidos glandulares, vesícula biliar.



# CLASIFICACIÓN BIOFÍSICA DE EPITELIOS

## CERRADOS

- ◉ Zona Ocludens relativamente impermeable (“ tight junction” )
- ◉ Baja permeabilidad a los iones
- ◉ Opone dificultad al transporte pasivo de iones
- ◉ Alta resistencia eléctrica transepitelial
- ◉ Se **mantienen efectivamente los gradientes.**
- ◉ Alta diferencia de potencial transepitelial
- ◉ Ej: epitelio del colon, del túbulo colector de las nefronas.

# CLASIFICACIÓN ABIERTO / CERRADO

Epitelio	Rt ohm.cm <sup>2</sup>	$\Delta V$	Cs/Cl	Os m	ME
túbulo proximal (rata)	10	0	1,3	1	abierto
vesicula biliar (conejo)	30	0	12	1	abiero
intestino (conejo)	100	4	1,6	1	abierto
túbulo distal (rata)	300	45	10	> 1	intermedio
estómago (rana)	500	30	106	> 1	cerrado
túbulo colector (conejo)	860	25	7	> 1	cerrado
vejiga urinaria (sapo)	1500	60	600	> 1	cerrado
piel (rana)	3600	90	104	> 1	cerrado

Rt; resistencia total transepitelial;  $\Delta V$  diferencia de potencial; Cs/Ce = relación máxima de concentraciones compatibles con transporte activo (Cs; lado seroso – Cl: lado luminal) Osm: osmolaridad relativa del líquido transportado. ME: tipo de epitelio al microscopio electrónico

¿CUÁNDO UN EPITELIO "ABIERTO" PASA A SER "CERRADO"?

Basándonos en la **RESISTENCIA TRANSEPITELIAL**:

✓  $Rt < 1000 \text{ ohm.cm}^2 \rightarrow$  ABIERTO

✓  $Rt > 1000 \text{ ohms.cm}^2 \rightarrow$  CERRADO

La diferencia entre la piel de rana y el túbulo proximal es enorme y son los ejemplos clásicos de cerrado y abierto.

# CLASIFICACIÓN BIOFÍSICA DE EPITELIOS

## ABSORTIVO:

El transporte el transporte **neto** de solutos y agua ocurre desde la LUZ de una cavidad transcelular hacia el MEDIO INTERNO

- × *Ej: vesícula biliar, intestino, túbulo renal*

## SECRETOR:

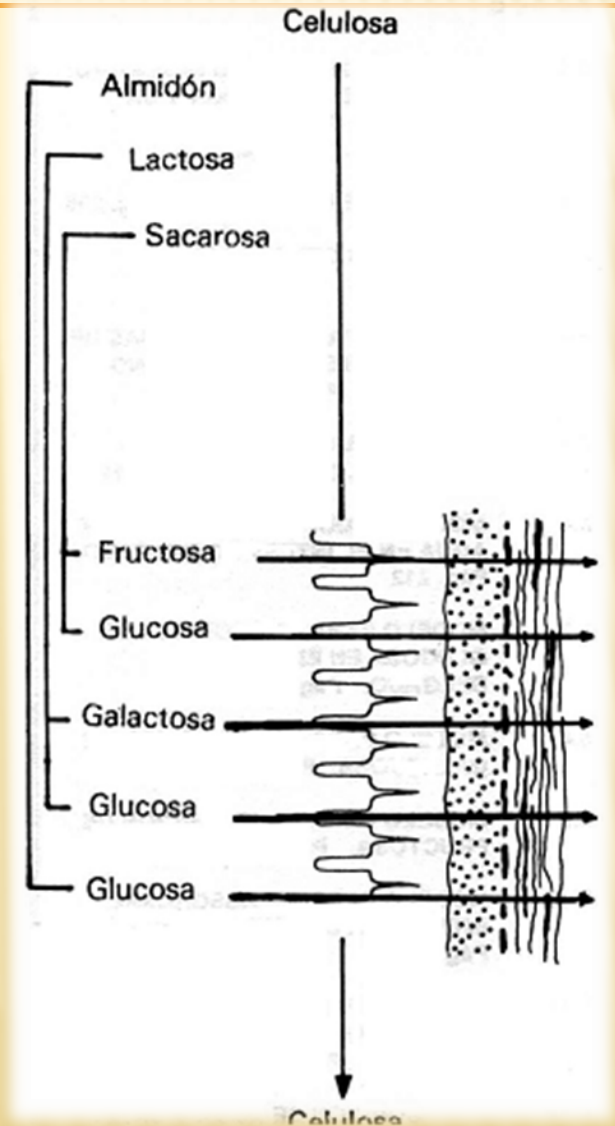
- × El transporte **neto** de enzimas, hormonas, etc. Se realiza desde el MEDIO INTERNO hacia la LUZ
- × *Ej: epitelios de estómago, hígado y páncreas.*



# EPITELIO DIGESTIVO

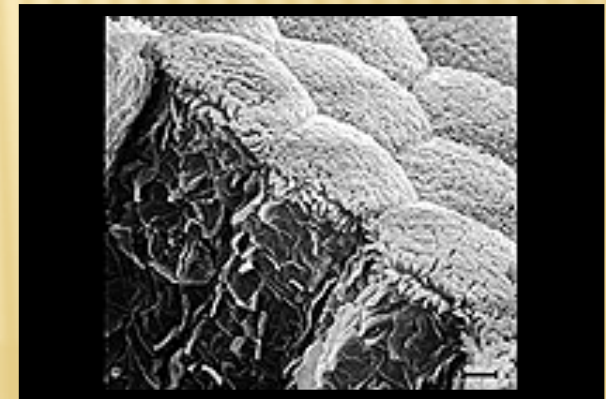
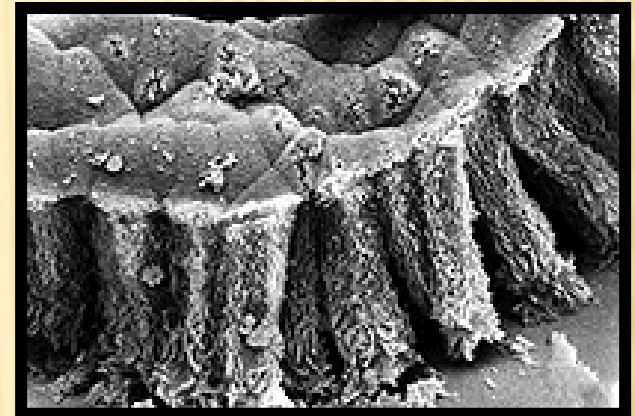
- ✘ Por encima de cualquier otra propiedad, el epitelio digestivo actúa como **BARRERA**, impidiendo que el contenido del tracto digestivo se MEZCLE con el extracelular.

Los mecanismos de absorción determinarán la **aparición de flujos netos**, desde la luz intestinal a la sangre, de ALGUNAS de las sustancias que, a diario, comemos.

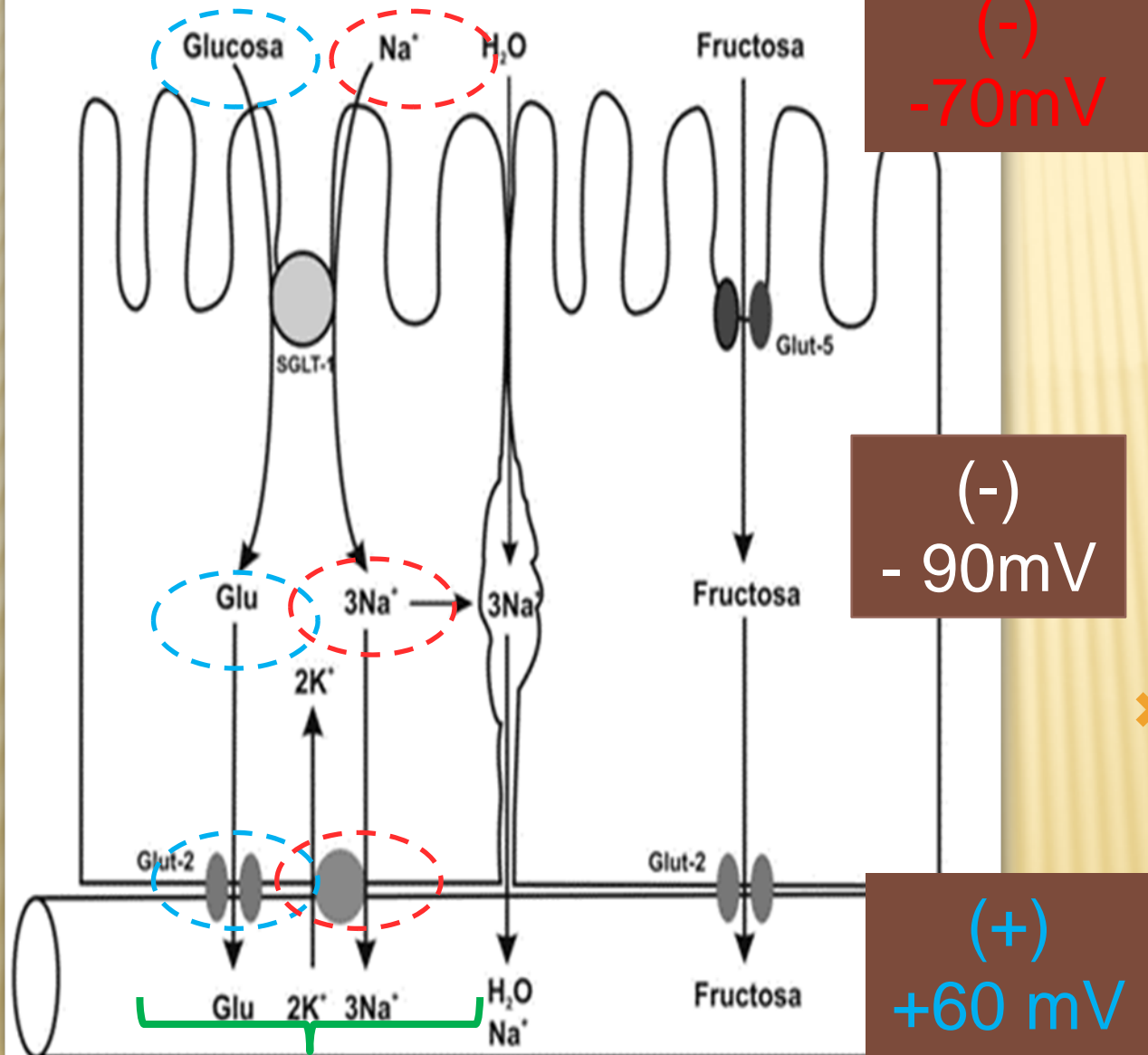


# EPITELIO DEL INTESTINO DELGADO

- Es monoestratificado
- A nivel del Yeyuno, el epitelio presenta pliegues y vellosidades, las cuales aumentan 30 veces la superficie de intercambio del intestino.
- Es un ejemplo de un Epitelio Abortivo y Abierto
- Utiliza como mecanismo de absorción y transporte de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , Glucosa, aminoácidos, ácidos grasos desde la luz hacia la sangre: LA DIFUSION, LA ÓSMOSIS Y EL TRANSPORTE ACTIVO



# LUZ INTESTINAL



Transporte neto de solutos y de agua: hacia el intersticio y de allí a la sangre

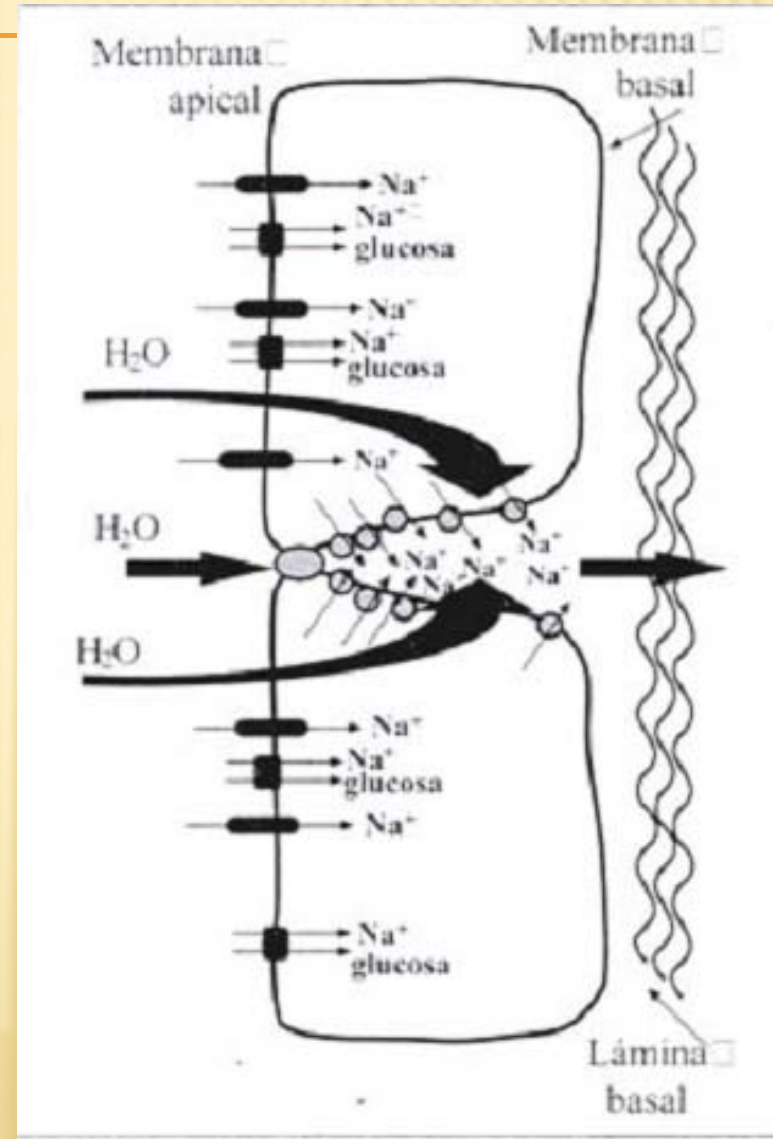
✘ Transporta 10 l de agua por día.

Se crea una zona **HIPEROSMOTICA**



# REABSORCIÓN ISOTÓNICA DEL AGUA

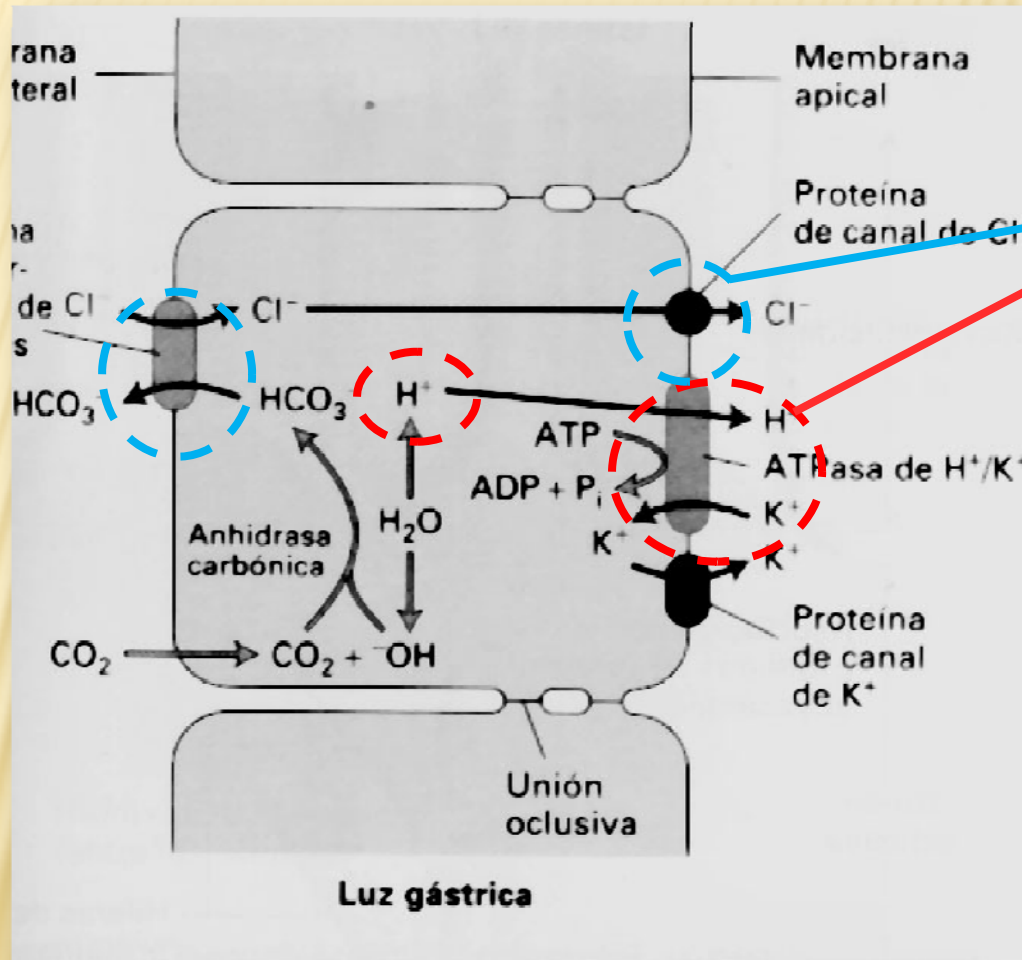
- ✘ Las bombas de  $\text{Na}^+$  llevarían  $\text{NaCl}$  hacia el interespacio, creando una zona hiperosmótica.
- ✘ El flujo de agua ocurriría a través de la membrana apical, la membrana lateral y también a través de las uniones estrechas, hacia la membrana basal y los capilares.



# EL EPITELIO GÁSTRICO

## EPITELIO SECRETOR

**VASOS SANGUINEOS**



**LUZ GÁSTRICA**  
**(HCl)**

# EPITELIO GLANDULAR: GLÁNDULAS SALIVALES

## FUNCIONES DE LA SALIVA:

- ✘ Lubricar los alimentos, facilitando su deglución y manteniendo la humedad de la mucosa bucal.
- ✘ En los lactantes, la saliva facilita los movimientos de succión
- ✘ Mantiene la higiene dental y oral.
- ✘ Cumple cierta función bactericida
- ✘ La saliva disuelve algunas moléculas de los alimentos
- ✘ Los componentes buffers mantienen el ph bucal cercano a 7.
- ✘ El incremento de la secreción salival antes del vómito, protege el esmalte dental del ácido gástrico.

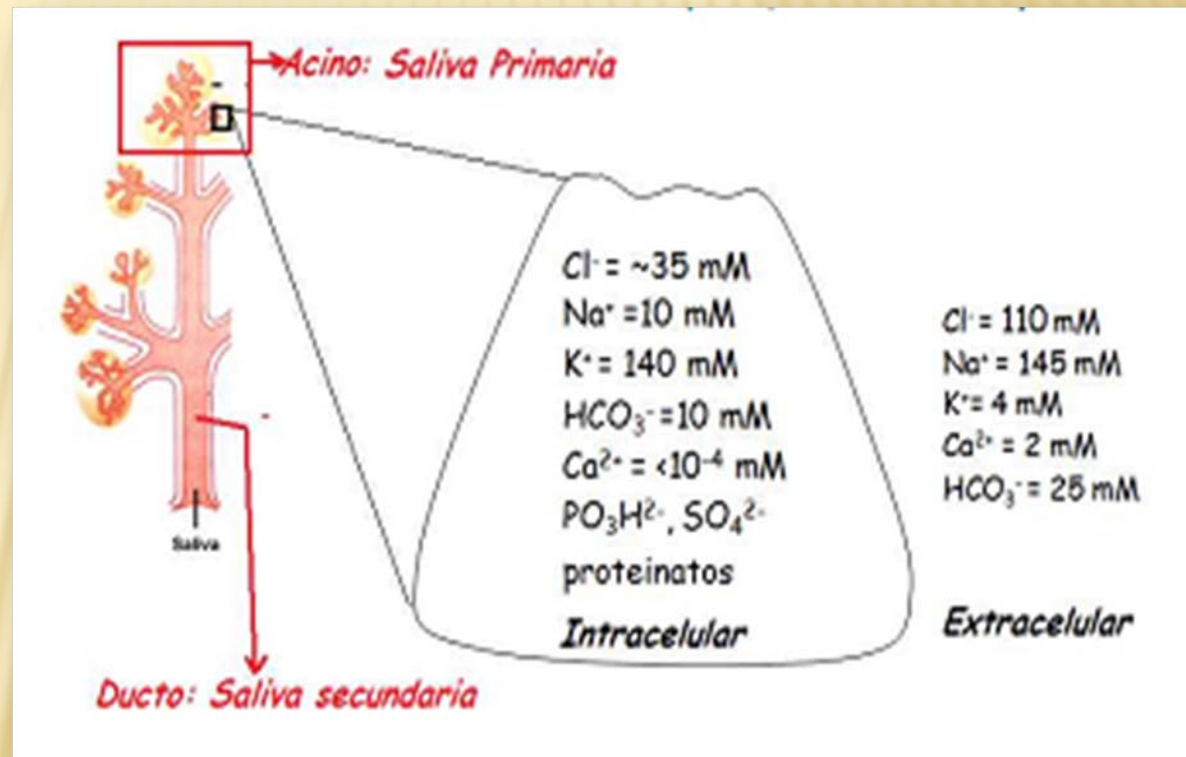


# EPITELIO GLANDULAR: GLÁNDULAS SALIVALES

## SALIVA PRIMARIA:

El  $\text{Cl}^-$  es secretado desde la sangre a las células acinares por cotransporte con  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  y secretado a la luz a través de canales junto con el  $\text{HCO}_3^-$

Obteniéndose una *saliva primaria isotónica*, compuesta por iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  pero rica principalmente de  $\text{Cl}^-$

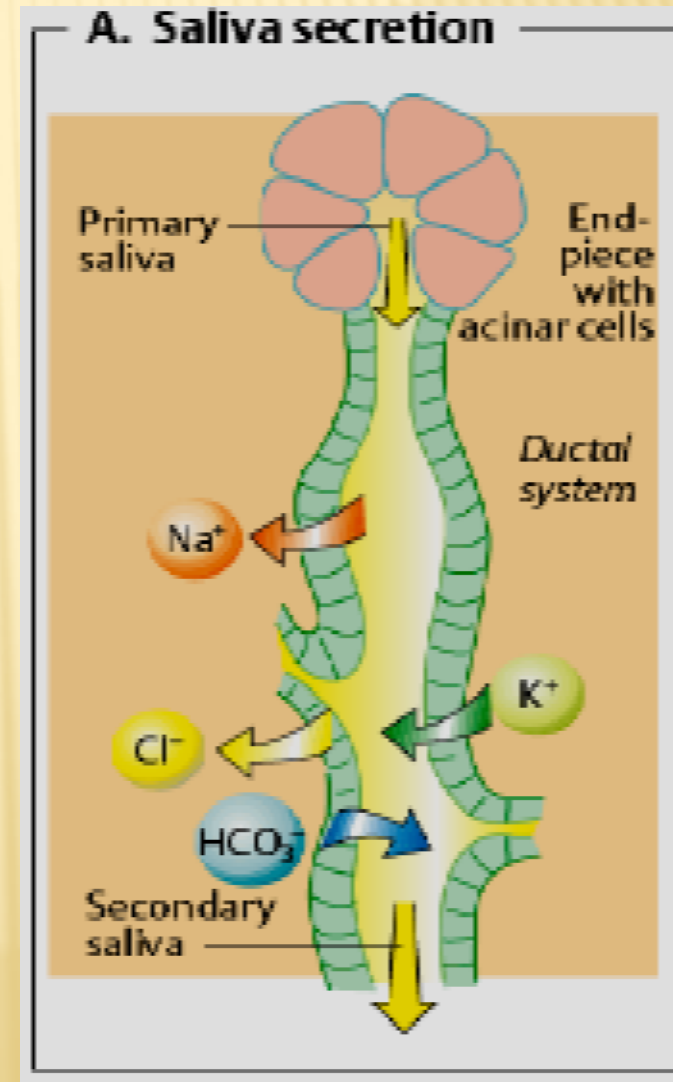
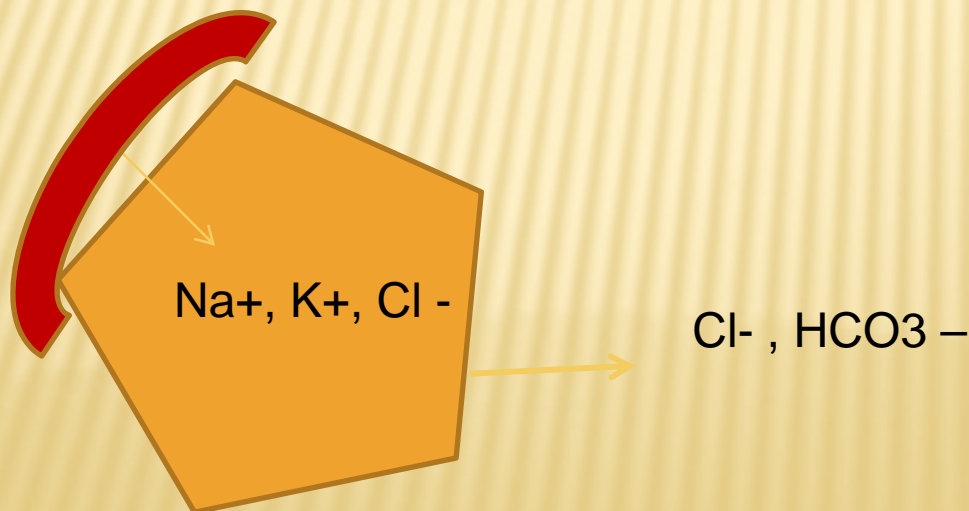


# EPITELIO GLANDULAR: GLÁNDULAS SALIVALES

Saliva primaria: Isotónica. Composición iónica:  
 $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$

**Paso lento por el conducto:** Reabsorción de  
 $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$   $\Rightarrow$  enriquecimiento en  $\text{K}^+$  y  $\text{HCO}_3^-$   
 $\Rightarrow$  **hipotónica** ( **SALIVA SECUNDARIA** )

**Paso rápido por el conducto:** Sin cambios de  
tonicidad.



# Hemos llegado **CASI** al fin....

Te sugerimos  
que anotes estas  
fuentes  
bibliográficas  
que te serán  
muy útiles

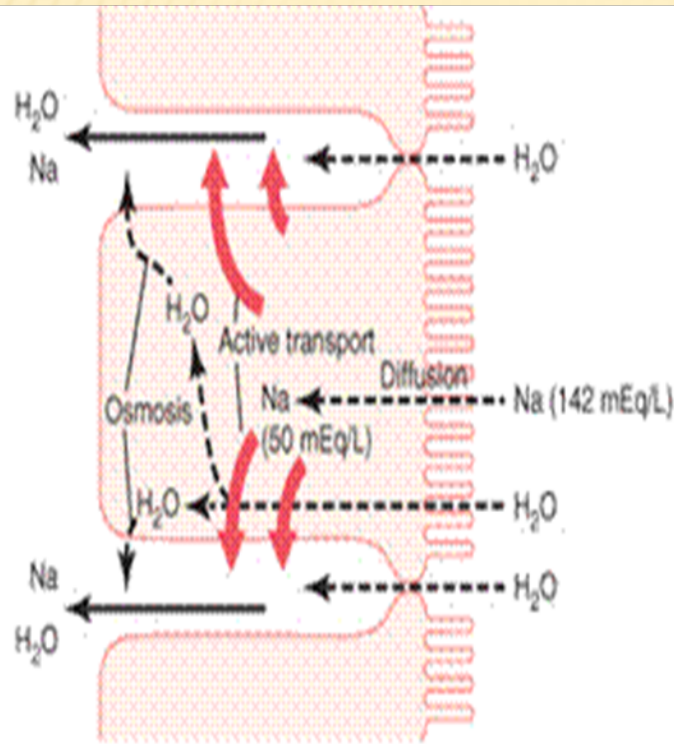
!!

✓ *Capítulo 4 de "Temas de Biofísica"  
" (Parisi)*

✓ *Capítulo 4.1 y 5.1 de "Manual de  
Fisiología y Biofísica para Estudiantes  
de Medicina" (R. Montearan)*

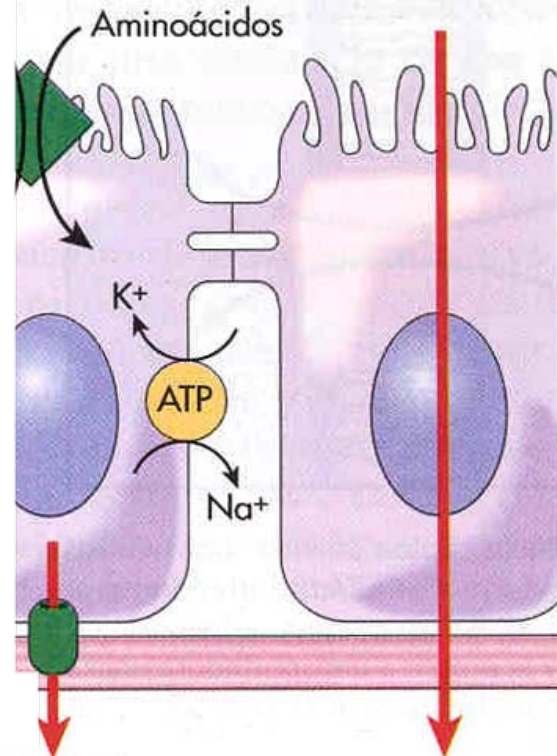






Ruta  
paracelular

Glucosa



Aminoácidos

Ruta  
transcelular