

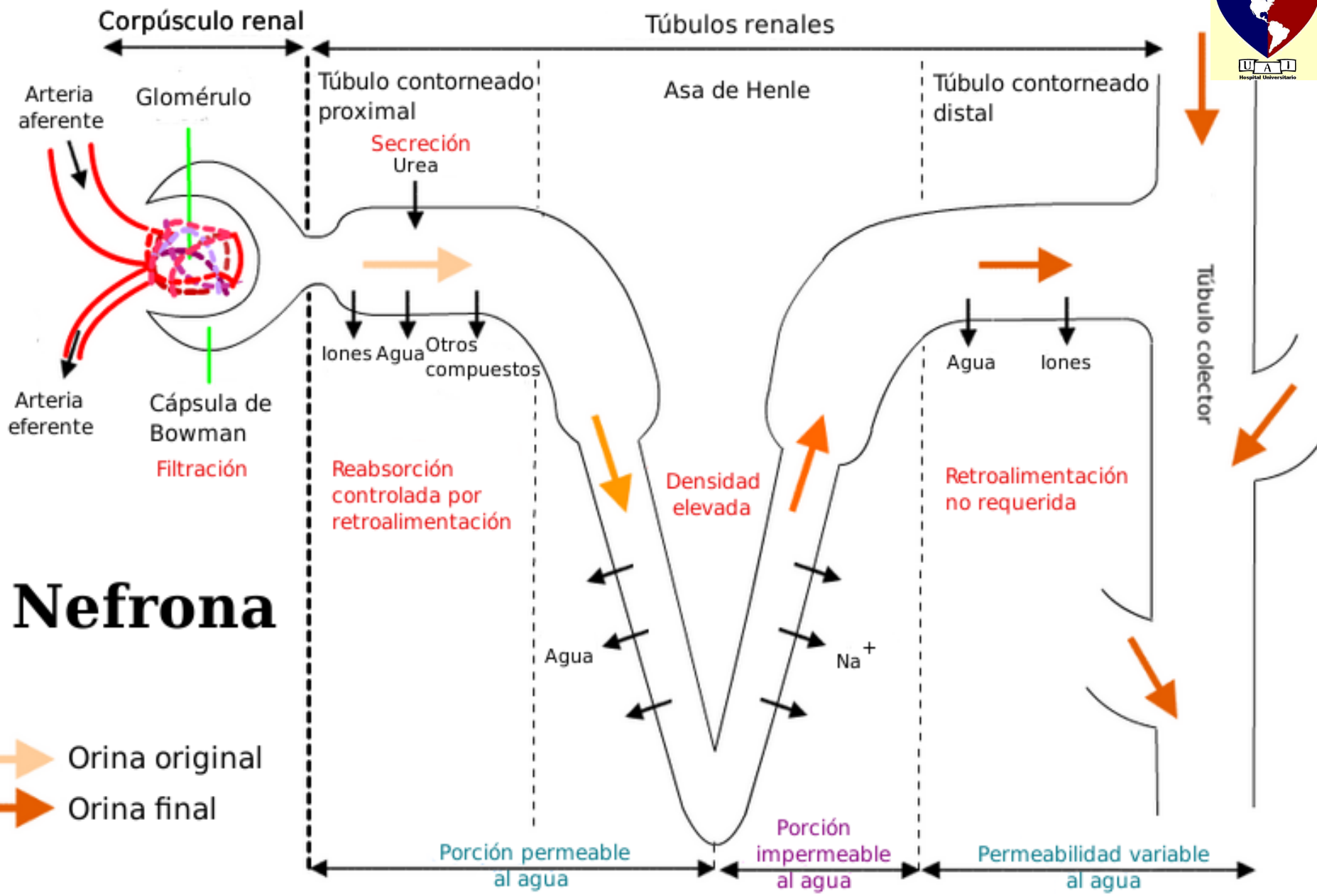
Fisiología renal

Rafael Porcile

rafael.porcile@vaneduc.edu.ar

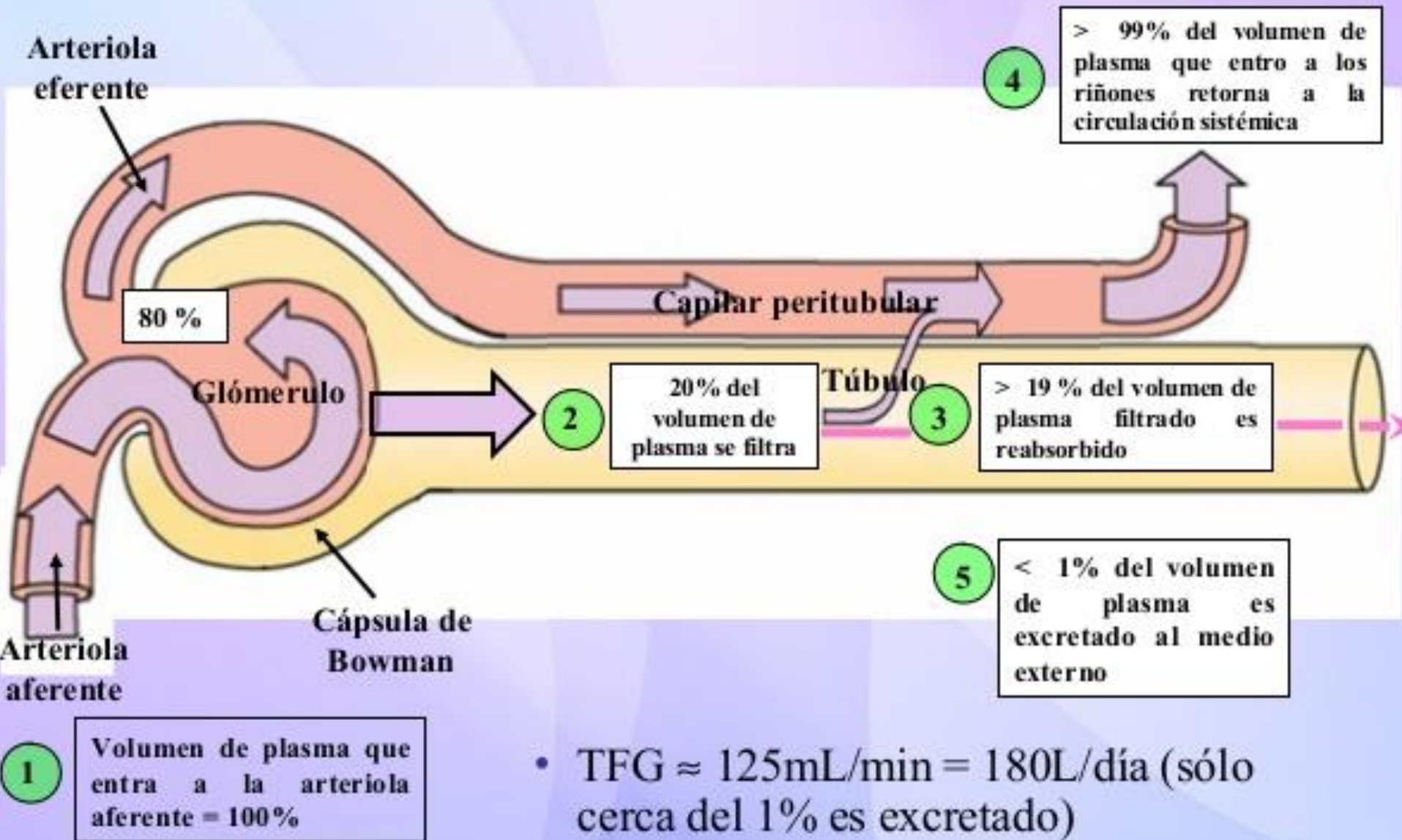
**DEPARTAMENTO DE CARDIOLOGIA
CATEDRA DE FISILOGÍA**

Universidad Abierta Interamericana



Nefrona

TASA DE FILTRACIÓN GLOMERULAR



A grayscale electron micrograph of a nephron. It shows a cross-section of a tubule with a brush border on its apical surface. The tubule is surrounded by a network of capillaries and interstitial space. The overall structure is complex and detailed, showing cellular membranes and organelles.

Los mecanismos de transporte que tienen lugar entre los túbulos de la nefrona y los capilares peritubulares son:

Reabsorción. Por la que el epitelio tubular recupera solutos y agua, incorporándolos al espacio intersticial, siendo finalmente absorbidos por los capilares peritubulares.

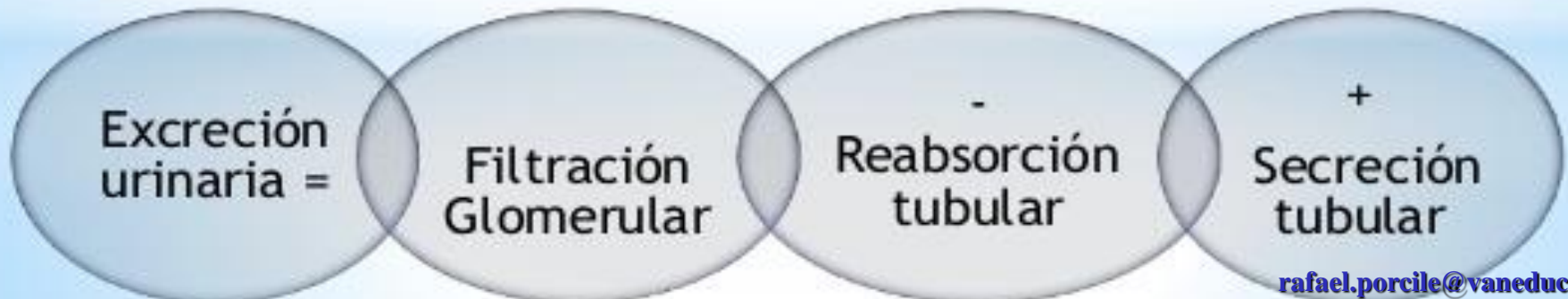
Secrección. Por la que las sustancias son aportadas desde el espacio intersticial a la luz del túbulo. La diferencia entre la cantidad reabsorbida y la secretada de una sustancia constituye la cantidad neta de dicha sustancia transferida por los túbulos

Reabsorción y secreción tubular renal

Una vez que el FILTRADO GLOMERULAR fluye sucesivamente; *Túbulo proximal *Asas de Henle *Túbulo distal *Túbulo colector *Conducto colector, antes de ser EXCRETADO en forma de ORINA.

Durante el trayecto se reabsorben algunas sustancias desde los túbulos hacia la sangre, mientras otras van de la sangre a la luz tubular.

La orina y todas las sustancias que contiene es el resultado de los tres procesos básicos



El organismo necesita eliminar diariamente 700 mOsm por día. La excreción de solutos requiere un volumen de agua tal que la concentración sea equivalente a la máxima que pueda lograrse en la médula renal.

Esa mínima cantidad de agua, que se había calculado en poco más de medio litro, constituye la diuresis diaria obligada.

REGULACIÓN DE LA OSMOLARIDAD

ORINA DILUIDA

El riñón reabsorbe solutos mientras que deja de absorber agua por inhibición de ADH.

ORINA CONCENTRADA

El riñón secreta Solutos, Reabsorbe Agua por acción de ADH y reduce el volumen de orina formada.

Importante en casos de DESHIDRATACIÓN

500 mosm/día el riñón tiene la Obligación de eliminar

*Pero puede lograr una Concentración máxima de hasta **1300 mosm/l***

CARGA TUBULAR

- Se denomina **carga tubular** de una sustancia a la cantidad de la misma que por unidad de tiempo pasa desde la sangre al túbulo de la nefrona; y su valor depende de la concentración plasmática de la sustancia y de la tasa de filtración glomerular

Unos 125 mL/min isotónica de 300 mOsm/Kg (280).

Al finalizar el trayecto tubular, la orina aportada por las nefronas corresponde a un flujo de 1 ml/min, cantidad que depende siempre de las necesidades hídricas del organismo, y llega a alcanzar una concentración muy diferente a la inicial (de 50 mOsm/kg hasta 1200 mOsm/kg).

FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DEL EQUILIBRIO HÍDRICO

CONCEPTOS BÁSICOS

Osmolalidad (Osm): nº de partículas de soluto por volumen de solvente:

$$\text{Osm} = \text{Na} \times 2 + \text{glucosa}/18 + \text{urea}/5,6$$

Tonicidad: fracción de la osmolalidad producida por solutos efectivos.

No atraviesan la membrana plasmática de forma pasiva
(p. ej., sodio, glucosa, manitol)

$$\text{Tonicidad} = \text{Na} \times 2 + \text{glucosa}/18$$



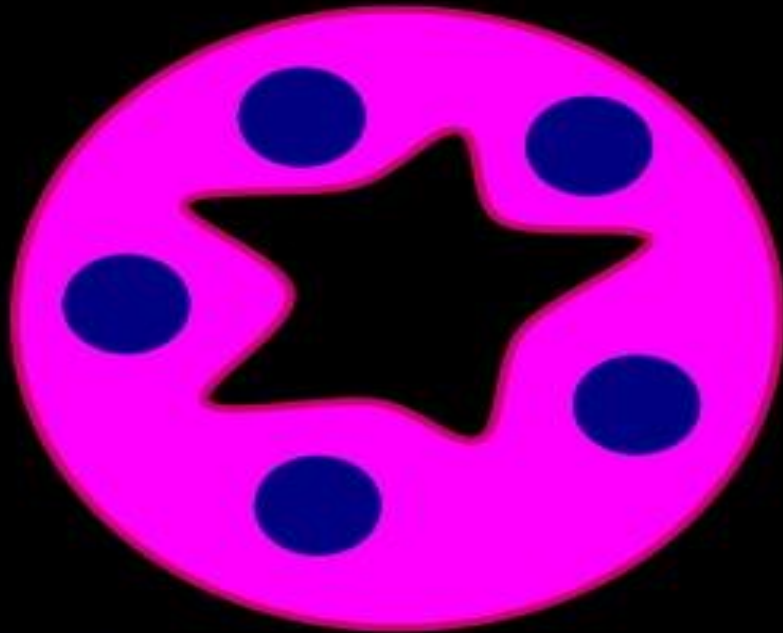
TUBULO CONTORNEADO PROXIMAL





TUBO CONTORNEADO PROXIMAL

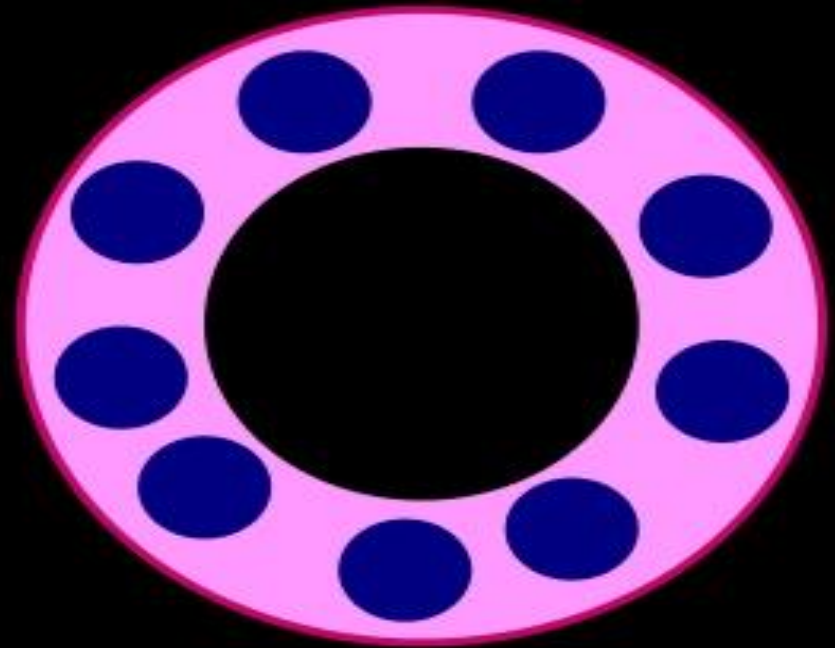
Túbulo Proximal



CARACTERISTICAS

- Ribete en cepillo
- Mas Acidófilo
- Menor diámetro luminal
- Luz con forma de estrella
- Menor cantidad de núcleos

Túbulo Distal



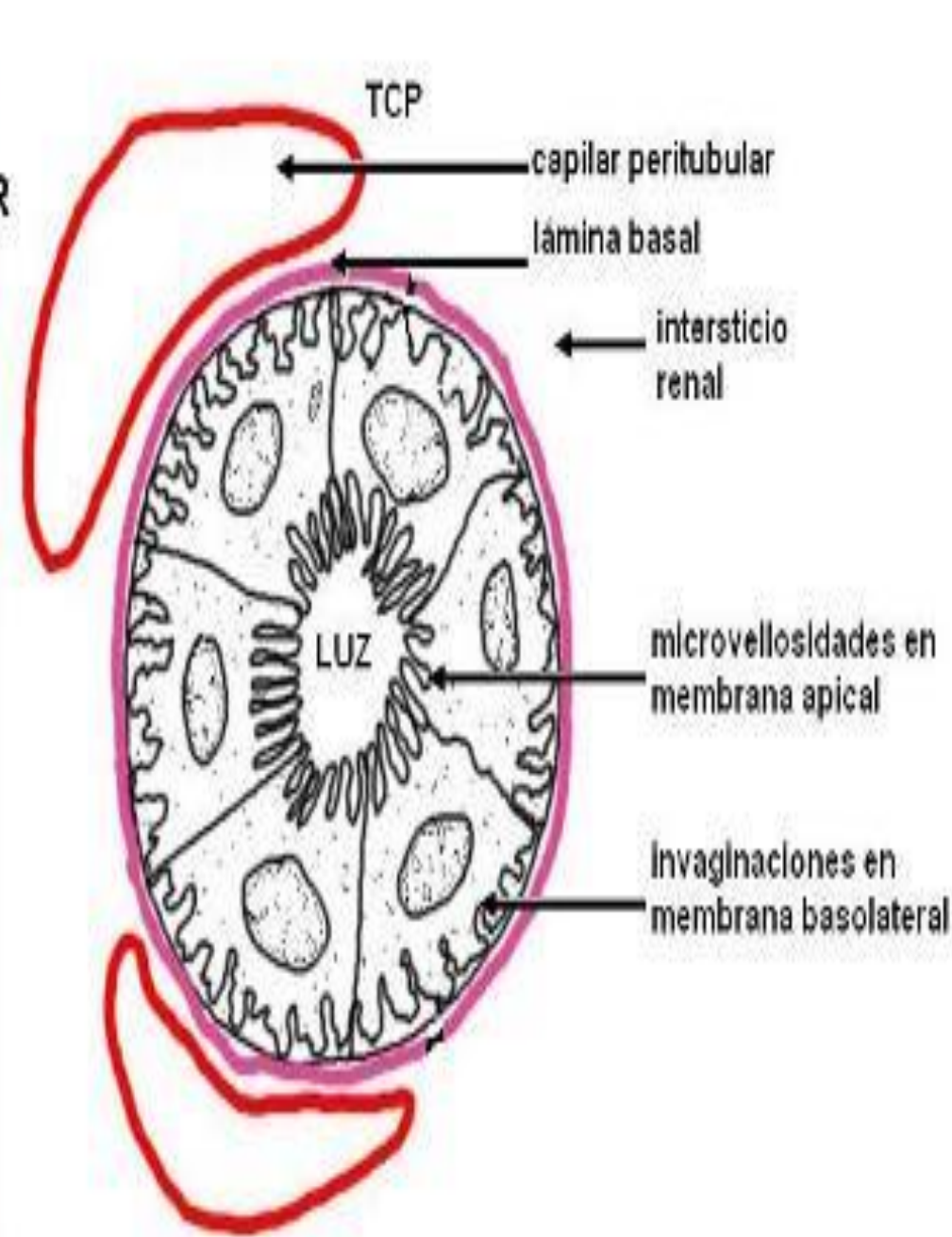
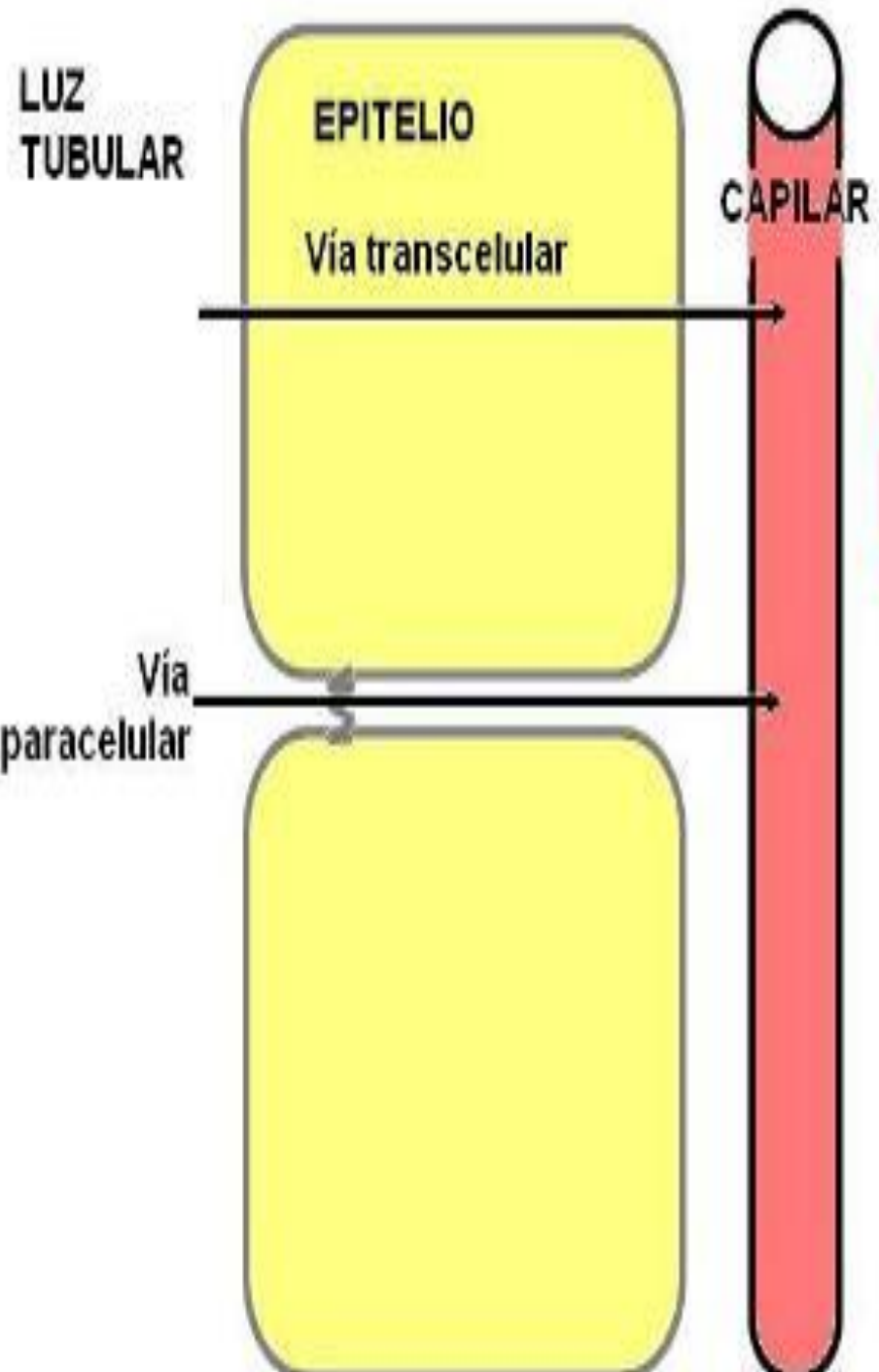
CARACTERISTICAS

- Sin Ribete en cepillo
- Menos Acidófilo
- Mayor diámetro luminal
- Luz Circular
- Mayor cantidad de núcleos

Los productos reabsorbidos, como los que deban ser secretados, tienen dos caminos posibles:

La vía transcelular.

La vía paracelular



Túbulo Contorneado Proximal

Es el sitio de equilibrio glomerular
Se da la reabsorción de sal y agua (65-67%)

La Reabsorción en el Túbulo Contorneado Proximal se da por :

Transporte activo de Na^+ hacia el plasma de los capilares peritubulares, creando una diferencia de potencial negativa en la luz del túbulo contorneado. Sacando a el Cl^- hacia los capilares peritubulares por transporte activo pasivo .

La gran concentración de NaCl en el plasma de los capilares peritubulares, obligando al agua a salir de los túbulos contorneados por osmosis.

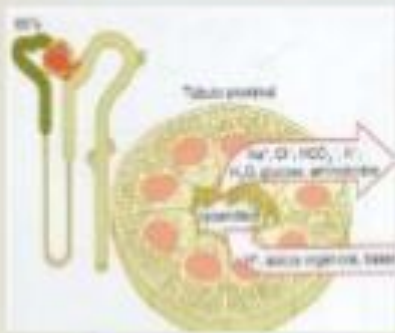


Fresh water

Salt water

Reabsorción en el túbulo proximal

65% de la carga filtrada de sodio, agua y algo de cloro filtrado se reabsorbe en el túbulo proximal.



Los túbulos proximales tienen una elevada capacidad de reabsorción activa y pasiva.

Debido a:

Células epiteliales tubulares tienen un metabolismo alto

Gran número de mitocondrias

Borde en cepillo extenso en el lado luminal

Laberinto de canales intercelulares y basales

Cargada de proteínas transportadoras que transportan por cotransporte.

Transporte de sodio y cloro a través del lado luminal de la membrana tubular proximal

PORCIÓN INICIAL

Reabsorción de Na mediante cotransporte

Concentración cloro = 105 mEq/l

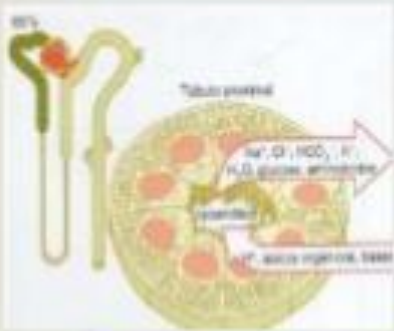
PORCIÓN TERMINAL

Reabsorción de Na con iones cloro.

Concentración cloro = 140 mEq/l

Reabsorción en el túbulo proximal

65% de la carga filtrada de sodio, agua y algo de cloro filtrado se reabsorbe en el túbulo proximal.



Los túbulos proximales tienen una elevada capacidad de reabsorción activa y pasiva.

Debido a:

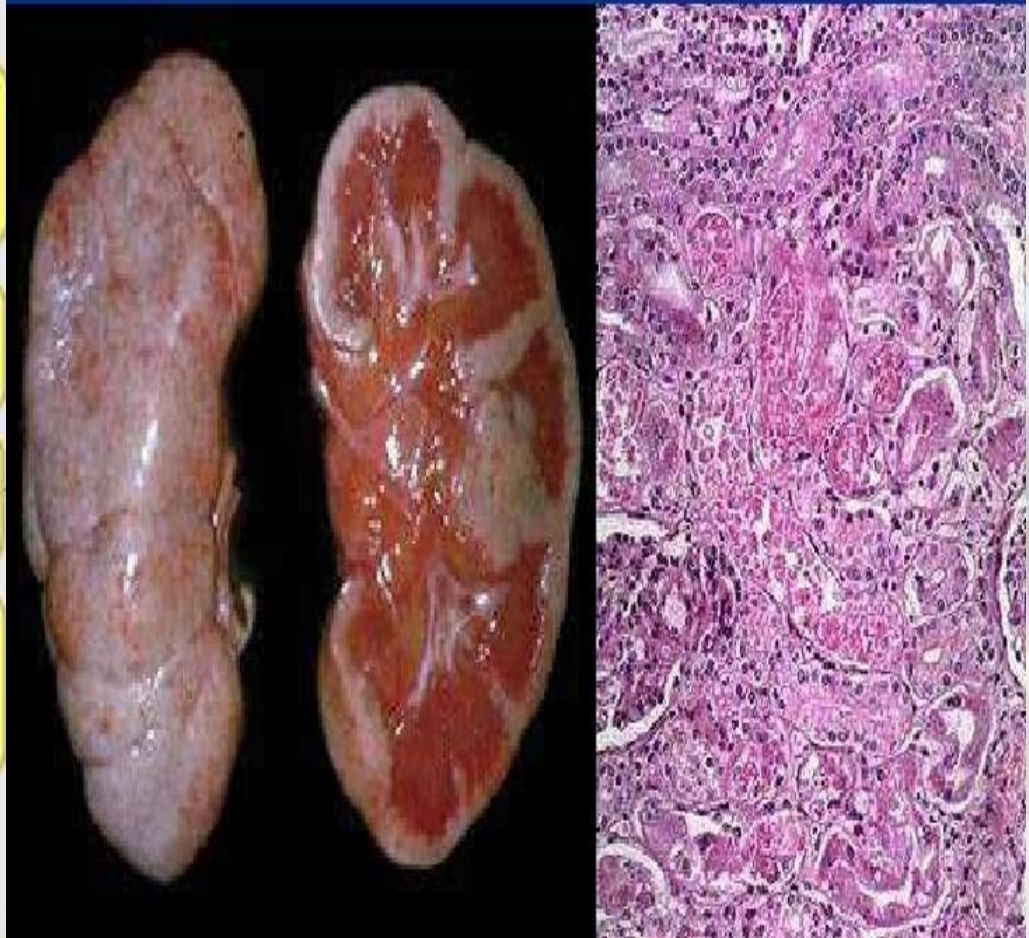
Células epiteliales tubulares tienen un metabolismo alto

Gran número de mitocondrias

Borde en cepillo extenso en el lado luminal

Laberinto de canales intercelulares y basales

Necrosis Tubular Aguda



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

LOOP OF HENLE

Reabsorption (into blood) of:

Water	15% (osmosis in descending limb)
Na ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
K ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
Cl ⁻	35% (symporters in ascending limb)
HCO ₃ ⁻	10–20% (facilitated diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

Urea	variable (recycling from collecting duct)
------	-------------------------------------------

At end of loop of Henle, tubular fluid is hypotonic (100–150 mOsm/liter).

RENAL CORPUSCLE

Glomerular filtration rate:

105–125 mL/min of fluid that is isotonic to blood

Filtered substances: water and all solutes present in blood (except proteins) including ions, glucose, amino acids, creatinine, uric acid

DISTAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of:

Water	10–15% (osmosis)
Na ⁺	5% (symporters)
Cl ⁻	5% (symporters)
Ca ²⁺	variable (stimulated by parathyroid hormone)

PRINCIPAL CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

Water	5–9% (insertion of water channels stimulated by ADH)
Na ⁺	1–4% (sodium-potassium pumps)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

K ⁺	variable amount to adjust for dietary intake (leakage channels)
----------------	-----------------------------------------------------------------

Tubular fluid leaving the collecting duct is dilute when ADH level is low and concentrated when ADH level is high.

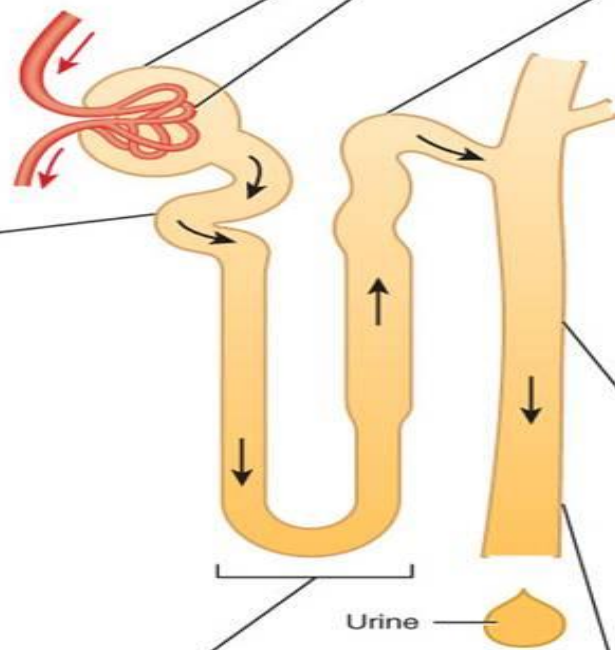
INTERCALATED CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

HCO ₃ ⁻ (new)	variable amount, depends on H ⁺ secretion (antiporters)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable amounts to maintain acid-base homeostasis (H ⁺ pumps)
----------------	---------------------------------------------------------------------------



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

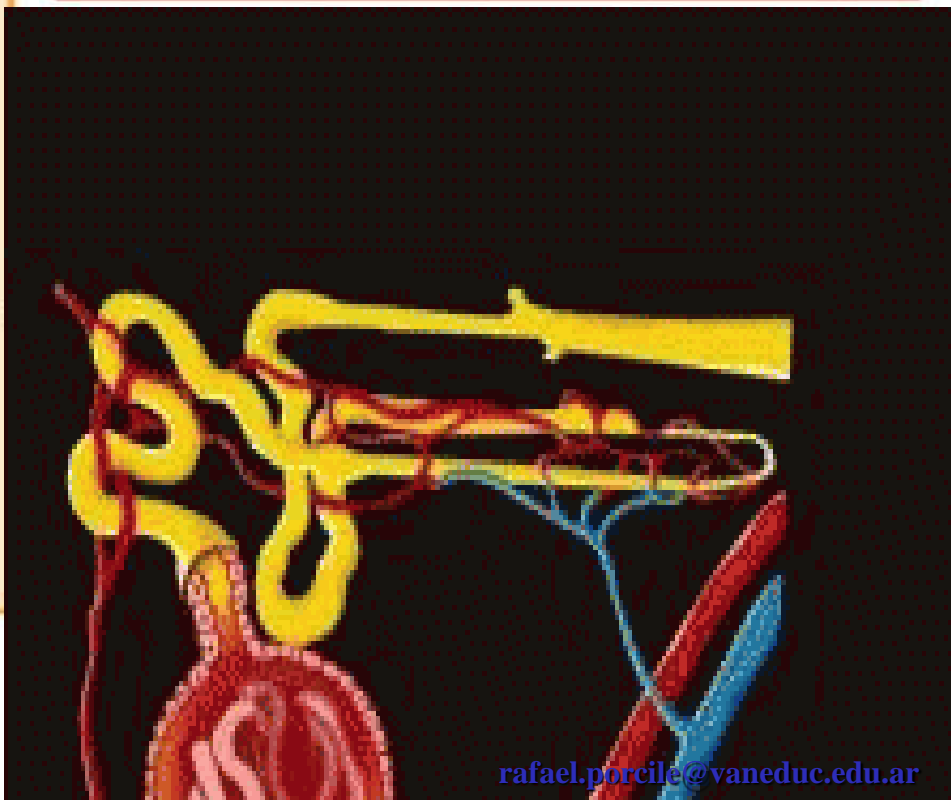
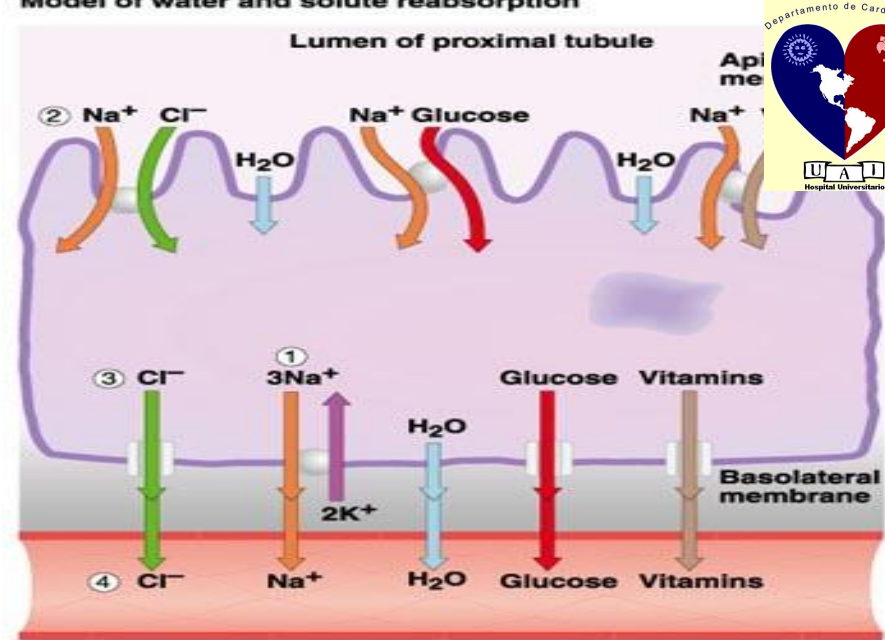
Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

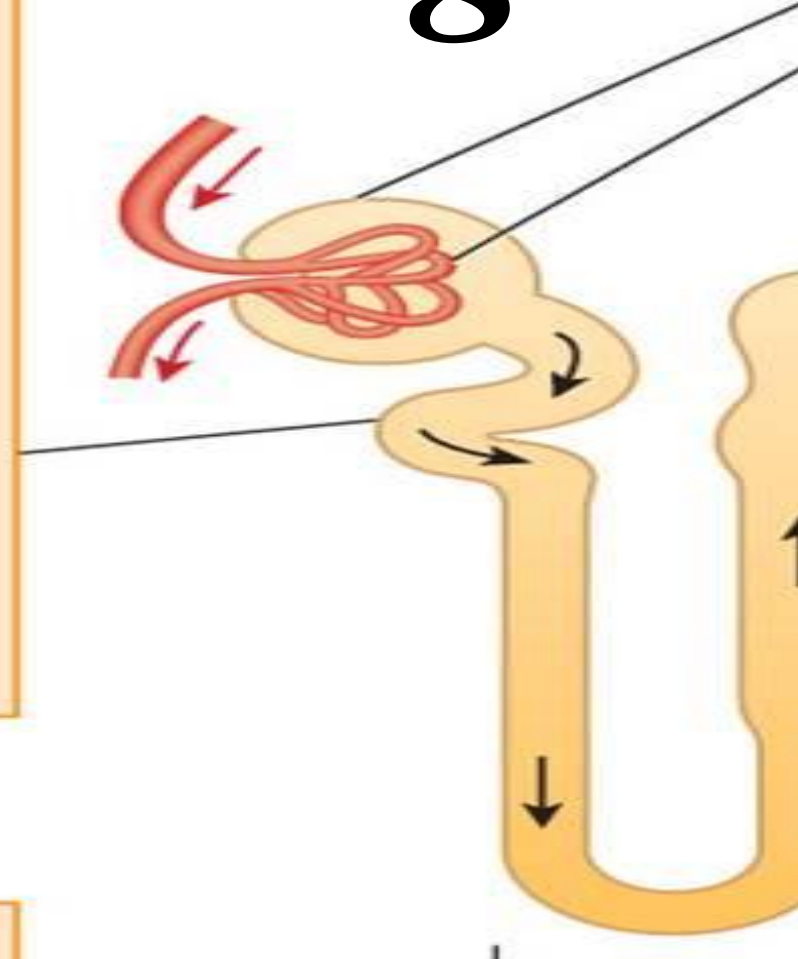


PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered.

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)
Secretion (into urine) of:	
H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount
At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).	

El Agua



LOOP OF HENLE

Reabsorption (into blood) of:

Dos formas de movilizar Agua del lumen urinario a la célula tubular

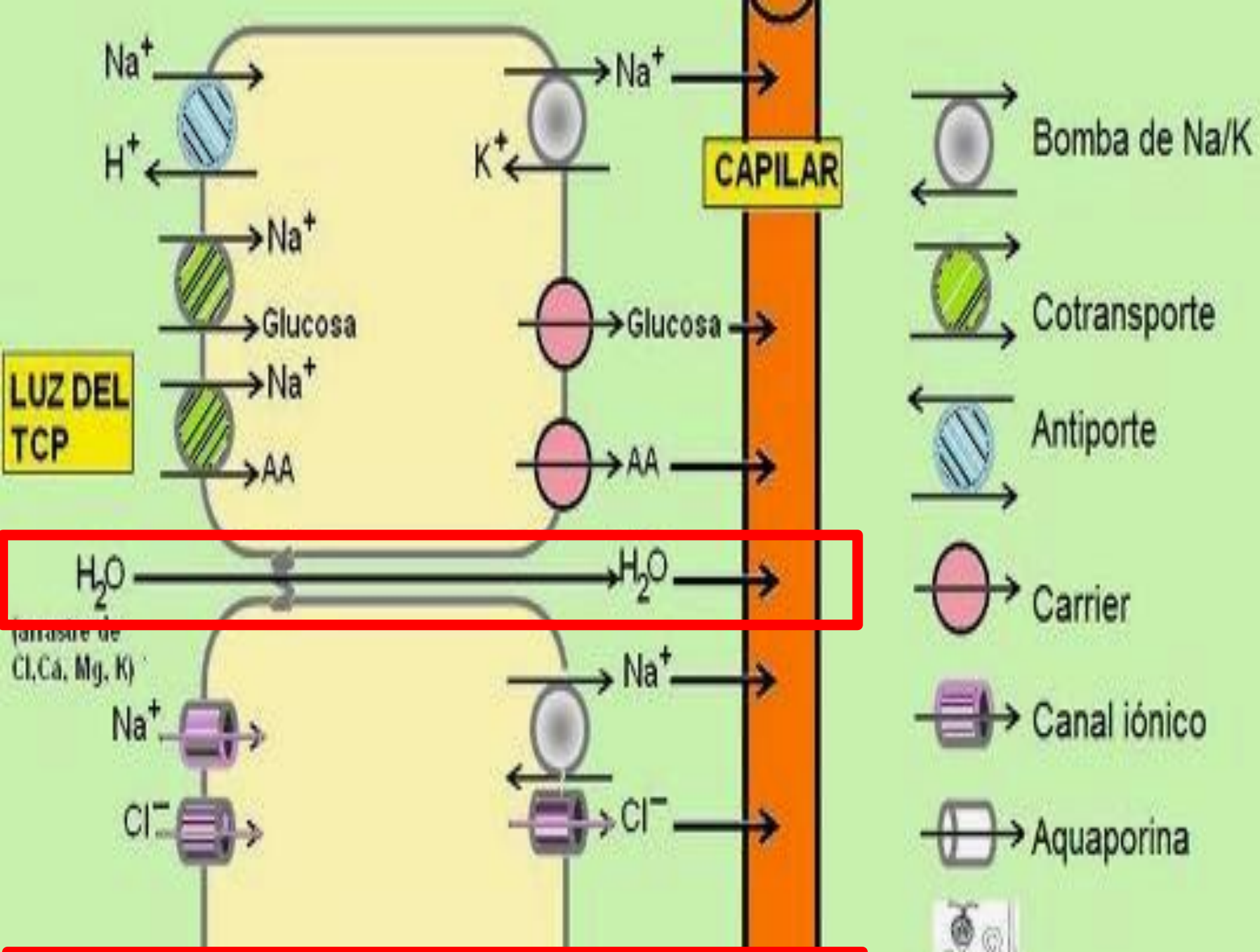
- Difusión Paracelular

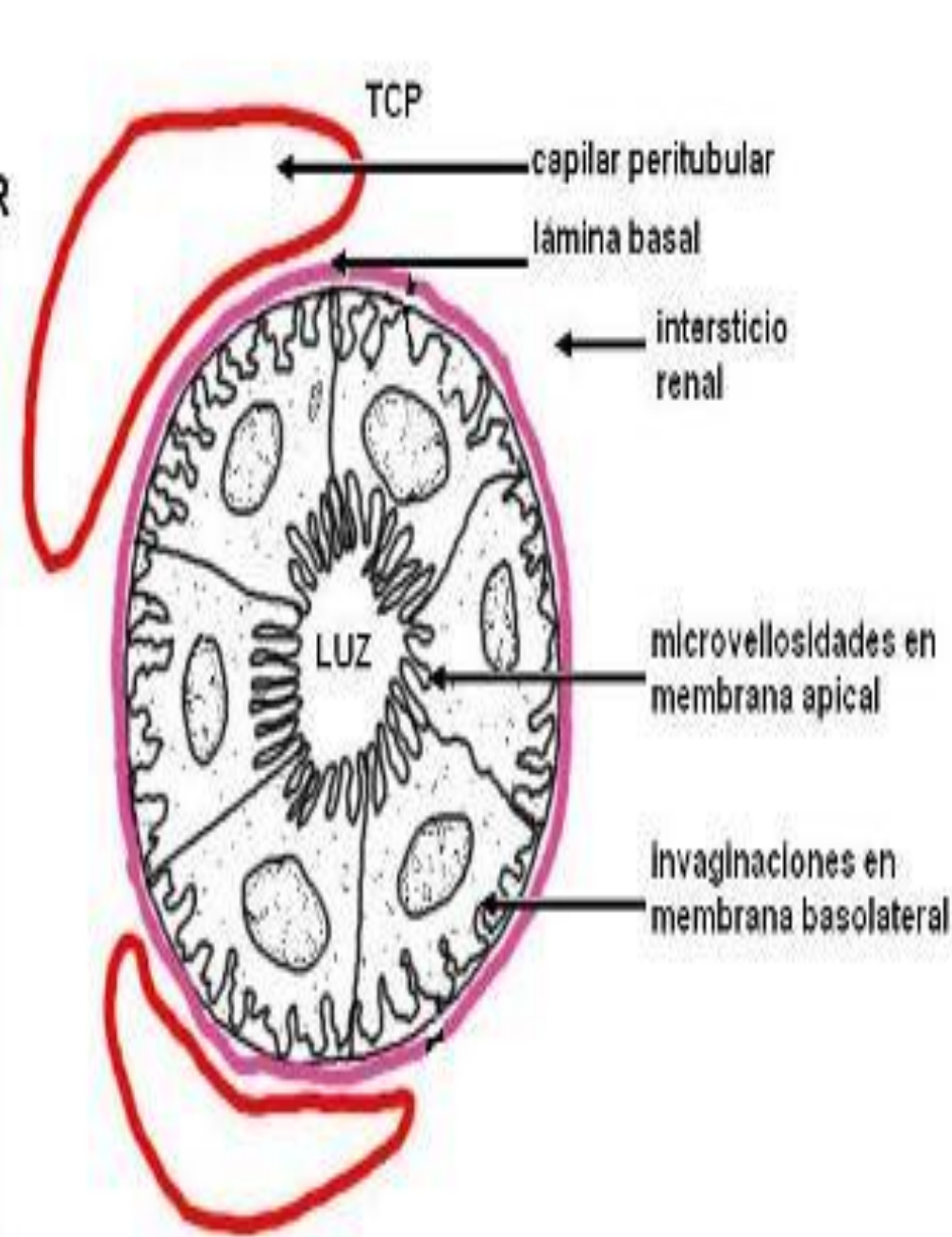
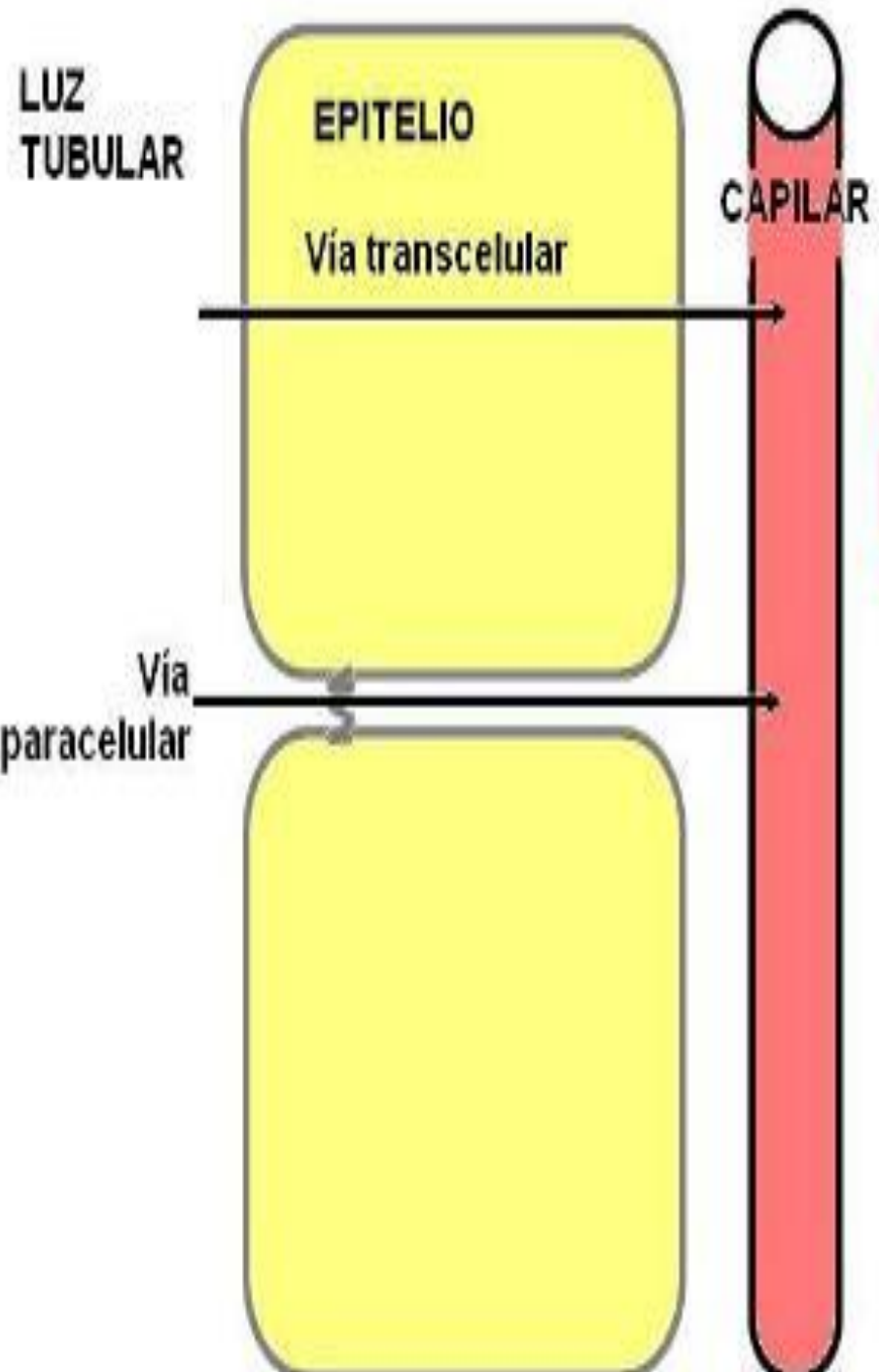
- Acuoporinas

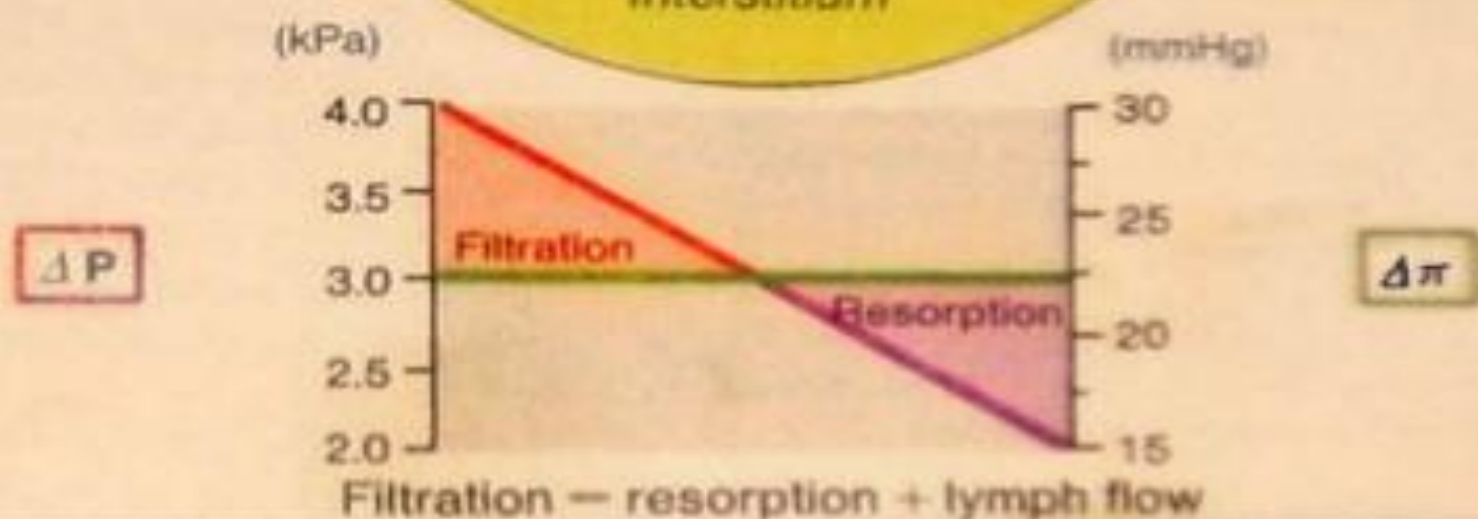
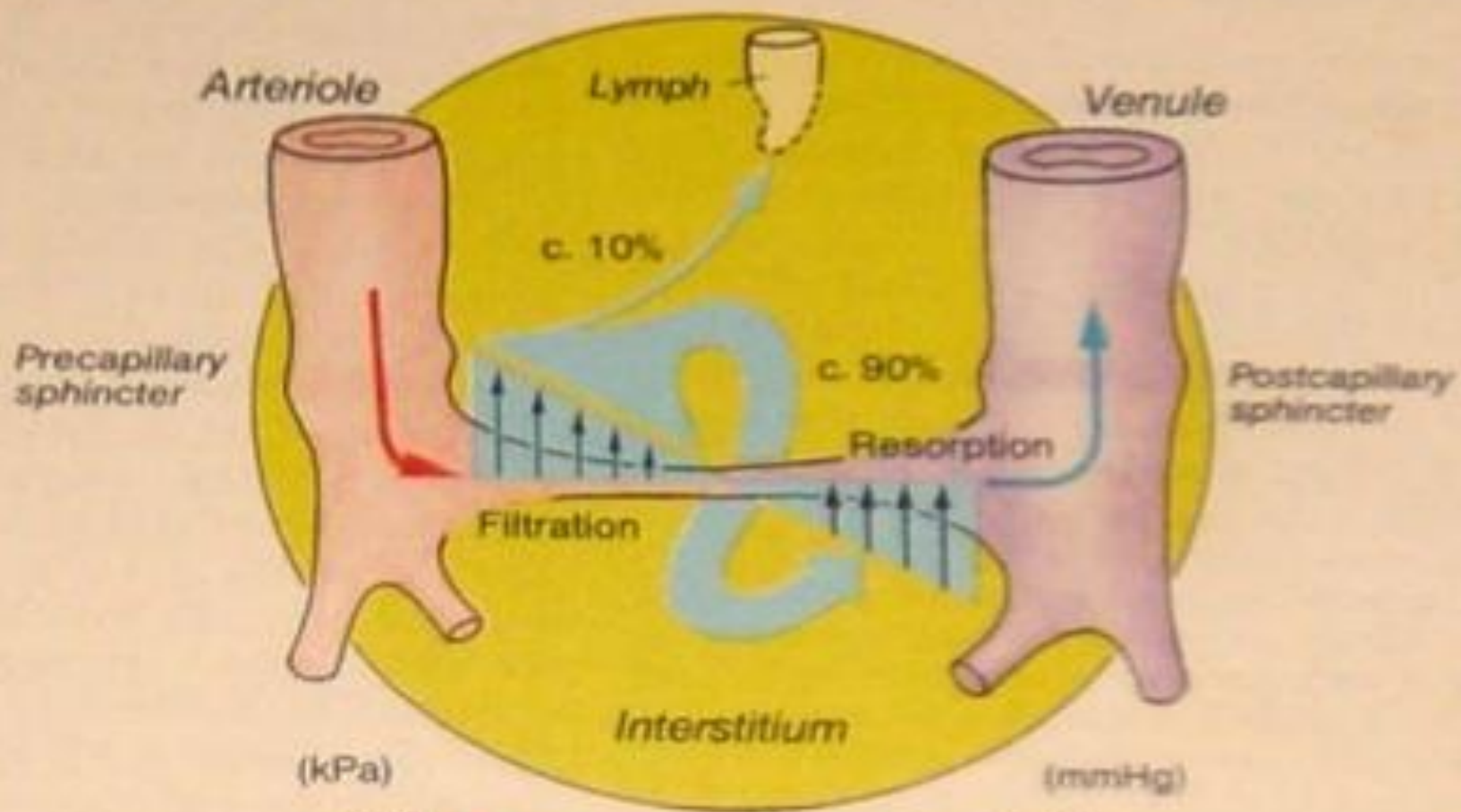


Fresh water

Salt water



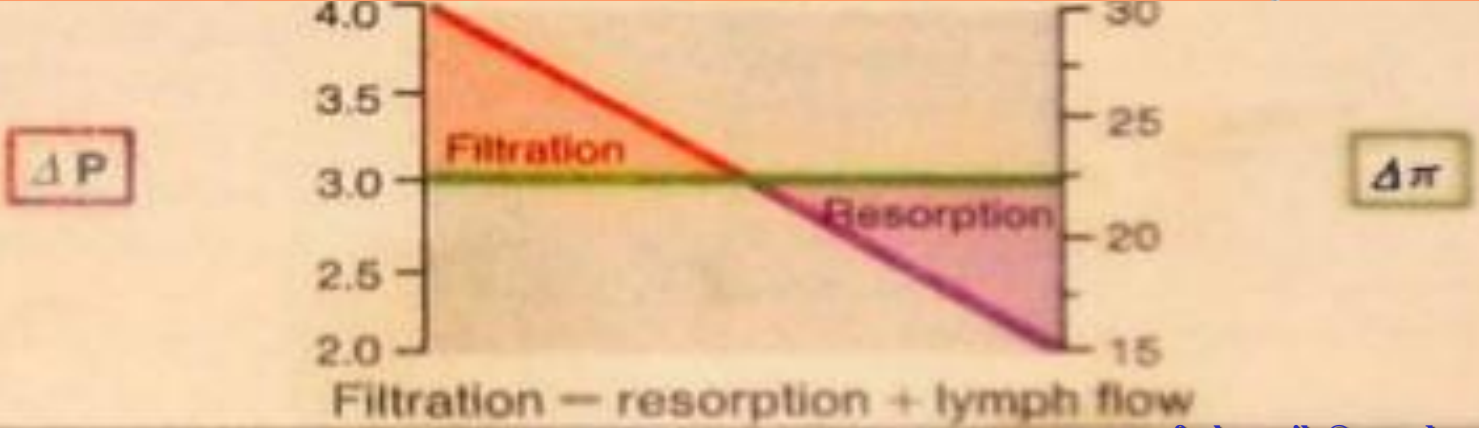
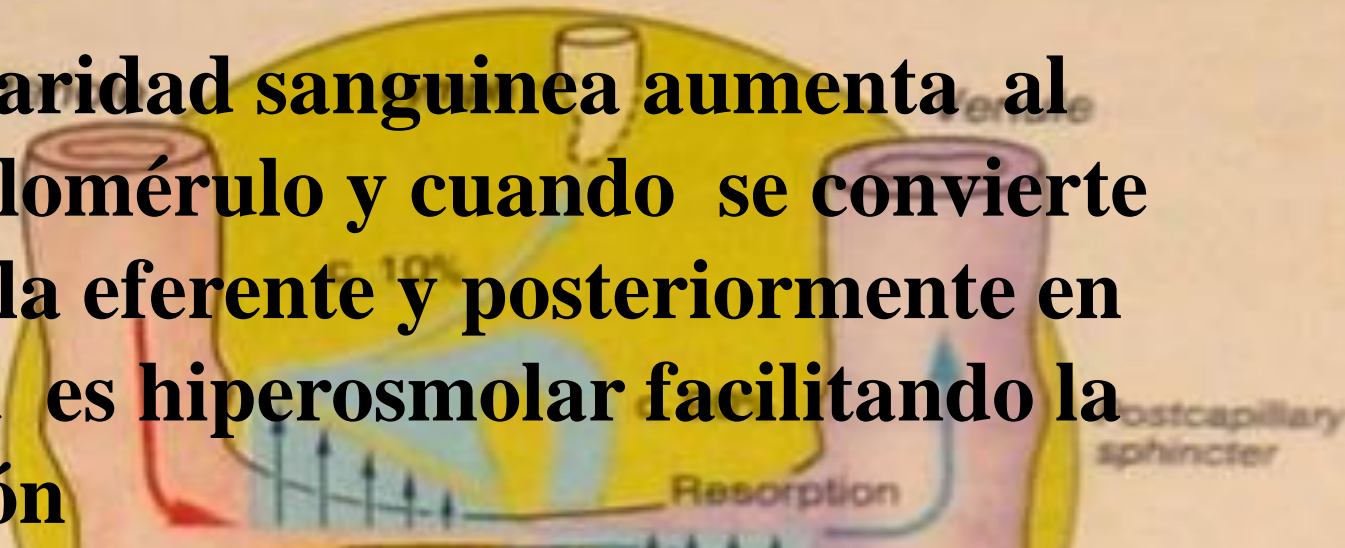




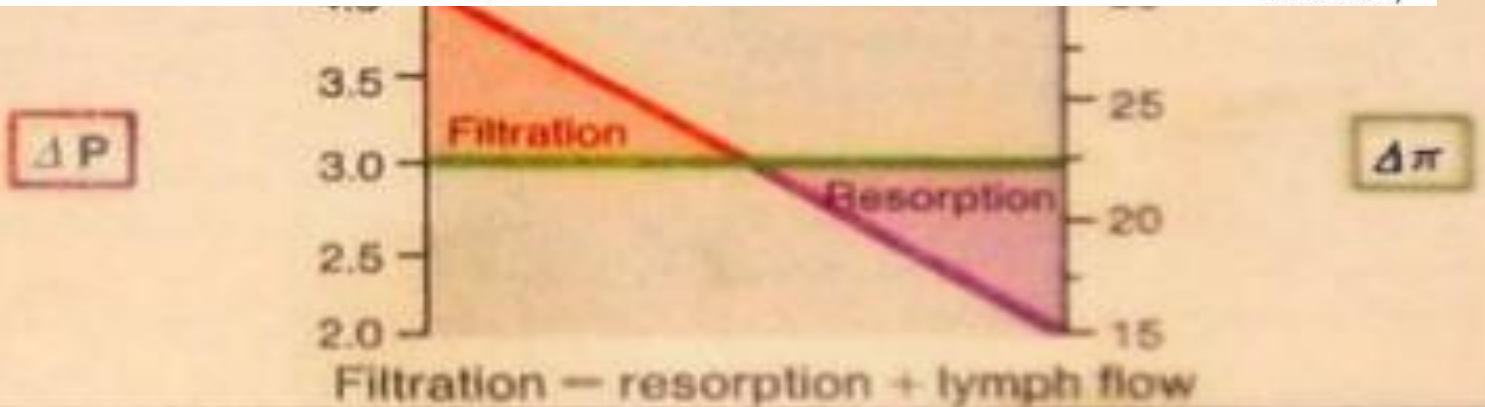
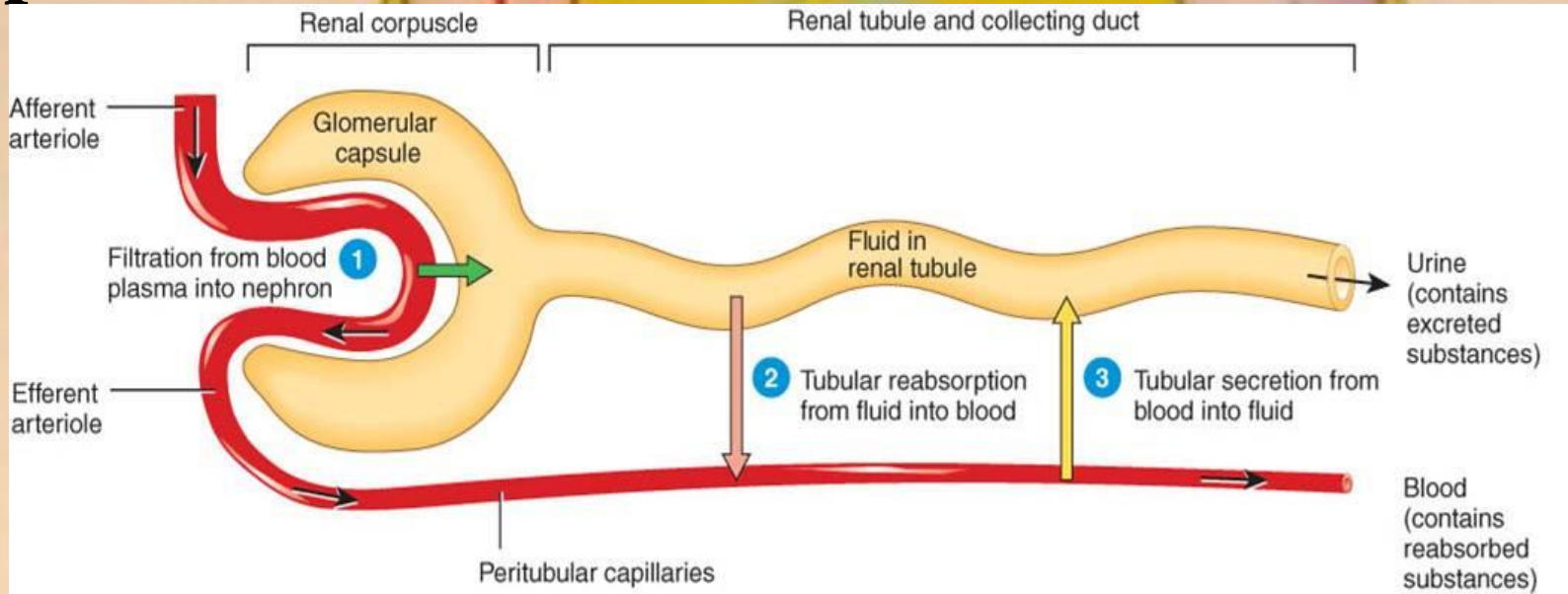
Filtration - resorption + lymph flow

Capillary fluid exchange

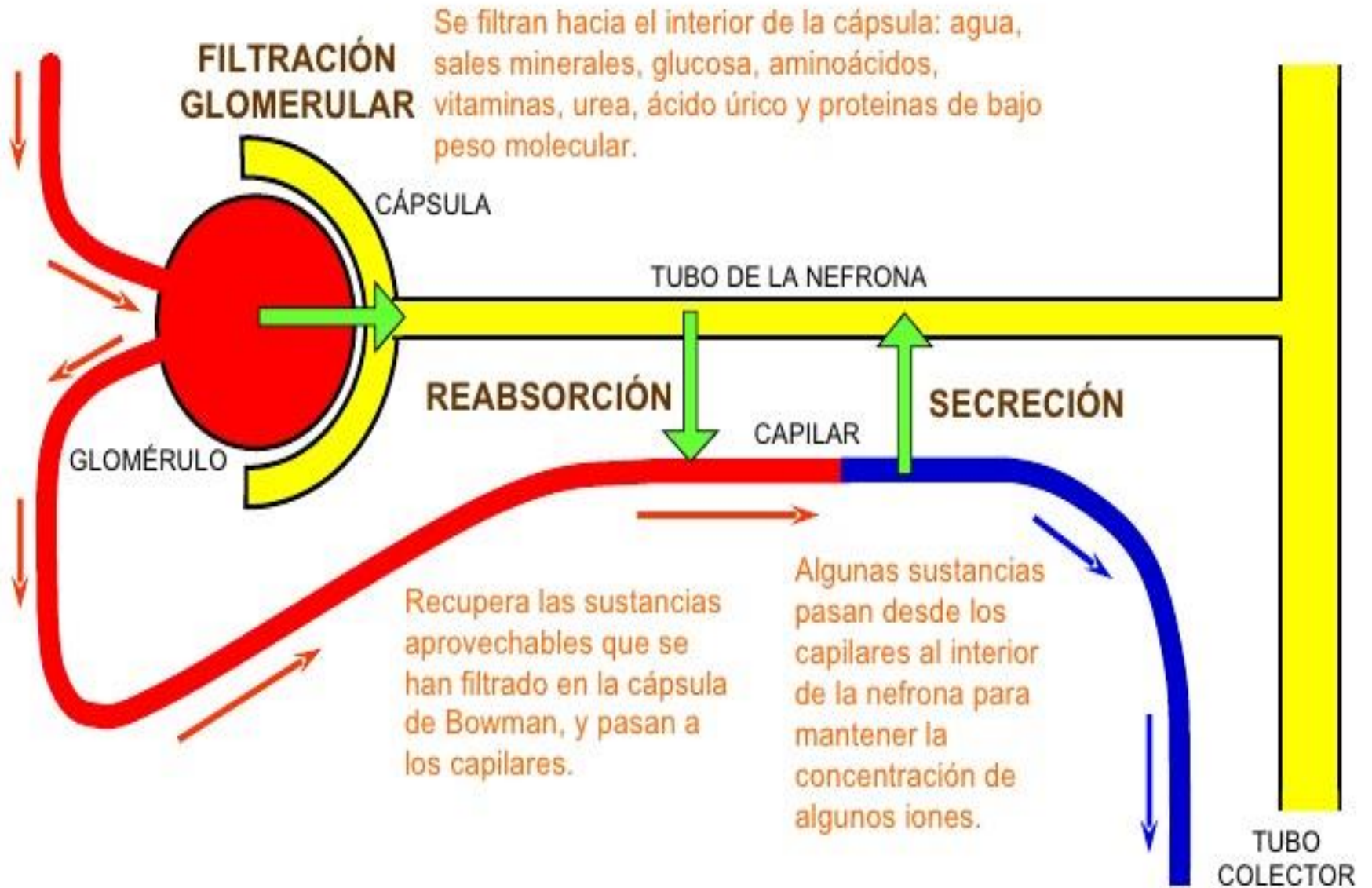
La osmolaridad sanguínea aumenta al final del glomérulo y cuando se convierte en arteriola eferente y posteriormente en vasa recta es hiperosmolar facilitando la reabsorción

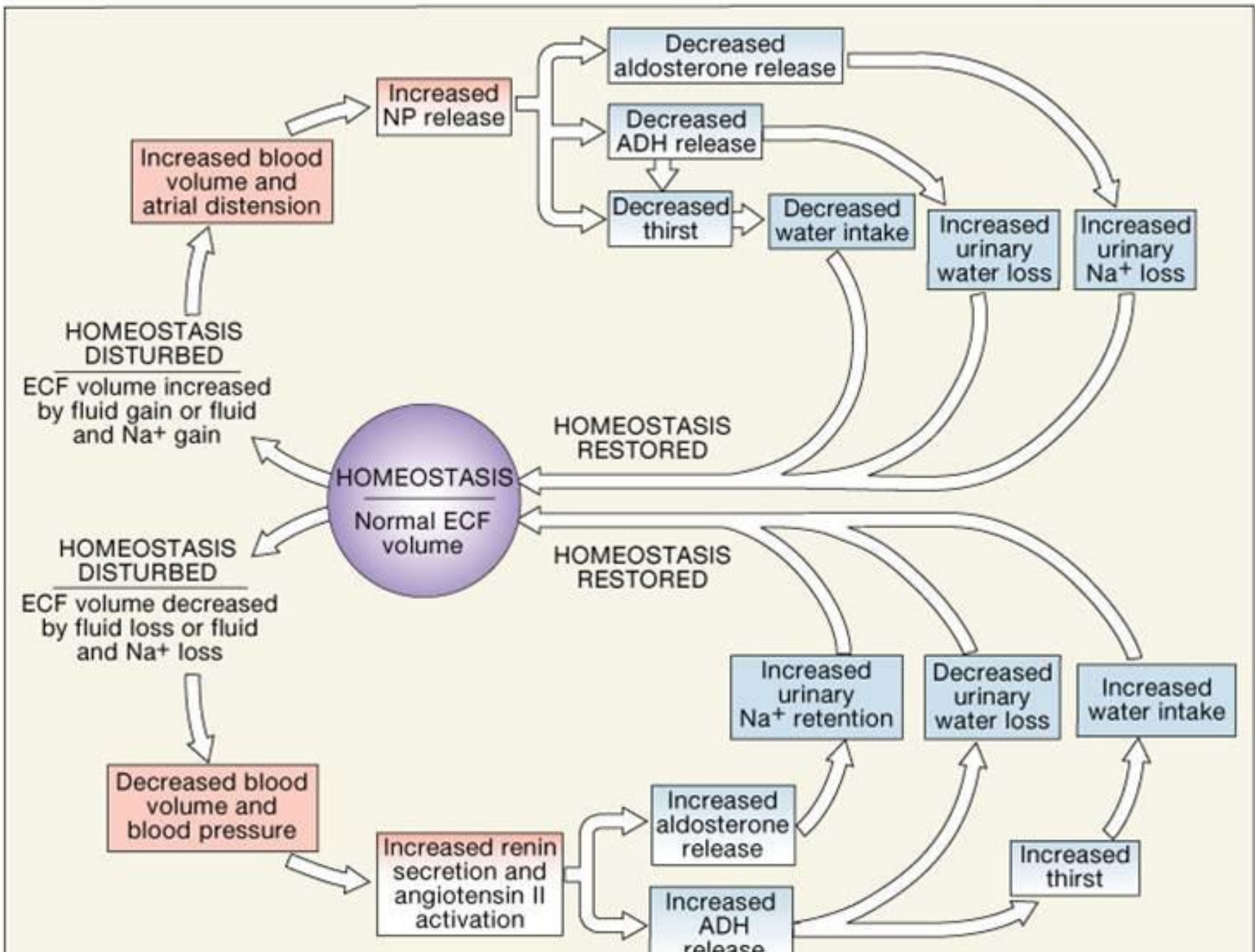


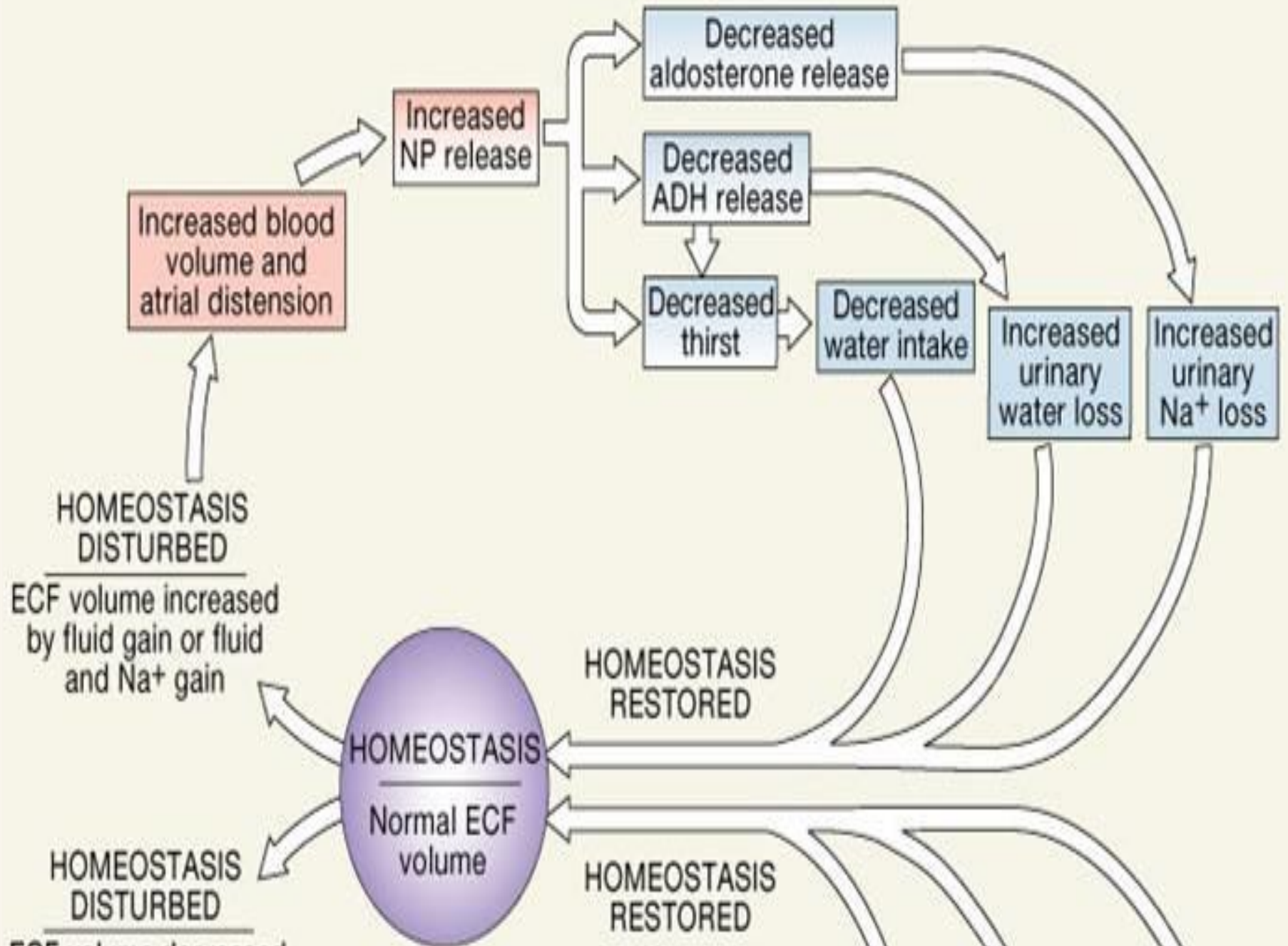
Al ponerse en contacto con el túbulo conterneado proximal es hiperosmoral y se produce reabsorción

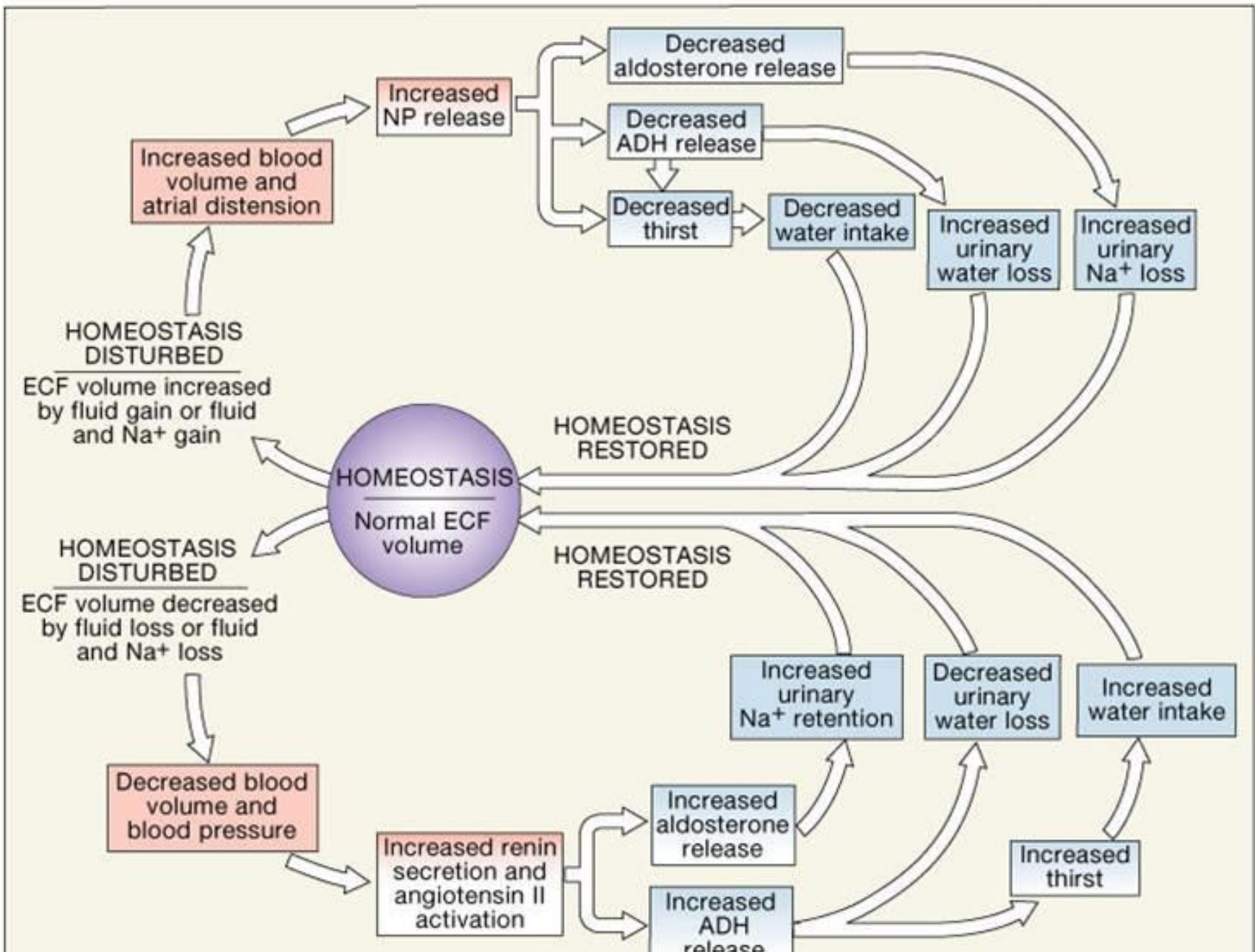


El proceso de formación de la orina se desarrolla en tres etapas:

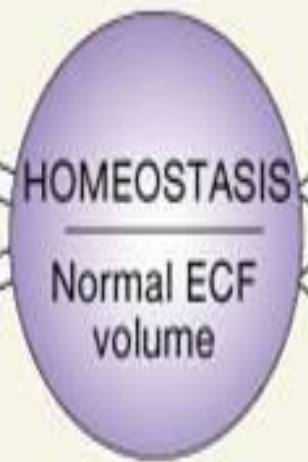








ECF volume increased by fluid gain or fluid and Na⁺ gain



HOMEOSTASIS RESTORED

HOMEOSTASIS DISTURBED

ECF volume decreased by fluid loss or fluid and Na⁺ loss

HOMEOSTASIS RESTORED

Decreased blood volume and blood pressure

Increased renin secretion and angiotensin II activation

Increased aldosterone release

Increased ADH release

Increased urinary Na⁺ retention

Decreased urinary water loss

Increased water intake

Increased thirst

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

LOOP OF HENLE

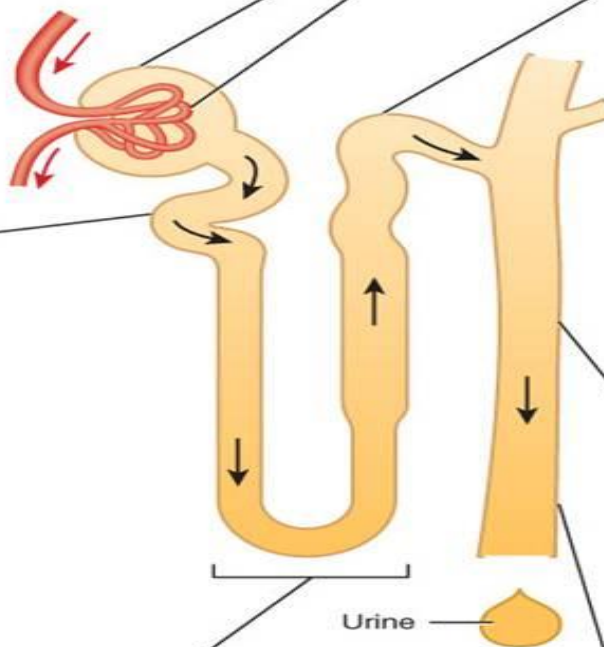
Reabsorption (into blood) of:

Water	15% (osmosis in descending limb)
Na ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
K ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
Cl ⁻	35% (symporters in ascending limb)
HCO ₃ ⁻	10–20% (facilitated diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

Urea	variable (recycling from collecting duct)
------	-------------------------------------------

At end of loop of Henle, tubular fluid is hypotonic (100–150 mOsm/liter).



RENAL CORPUSCLE

Glomerular filtration rate:

105–125 mL/min of fluid that is isotonic to blood

Filtered substances: water and all solutes present in blood (except proteins) including ions, glucose, amino acids, creatinine, uric acid

DISTAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of:

Water	10–15% (osmosis)
Na ⁺	5% (symporters)
Cl ⁻	5% (symporters)
Ca ²⁺	variable (stimulated by parathyroid hormone)

PRINCIPAL CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

Water	5–9% (insertion of water channels stimulated by ADH)
Na ⁺	1–4% (sodium-potassium pumps)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

K ⁺	variable amount to adjust for dietary intake (leakage channels)
----------------	-----------------------------------------------------------------

Tubular fluid leaving the collecting duct is dilute when ADH level is low and concentrated when ADH level is high.

INTERCALATED CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

HCO ₃ ⁻ (new)	variable amount, depends on H ⁺ secretion (antiporters)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable amounts to maintain acid-base homeostasis (H ⁺ pumps)
----------------	---------------------------------------------------------------------------

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

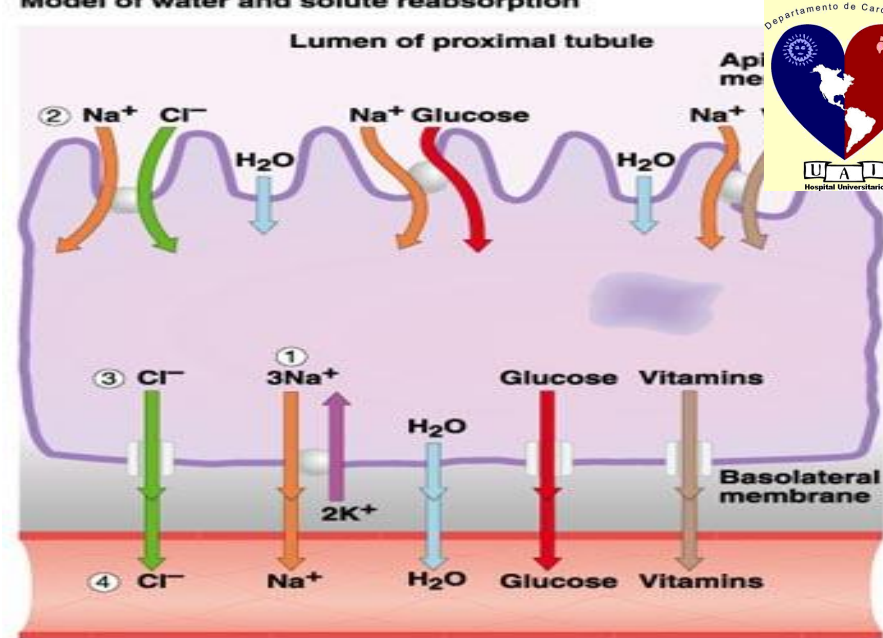
Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

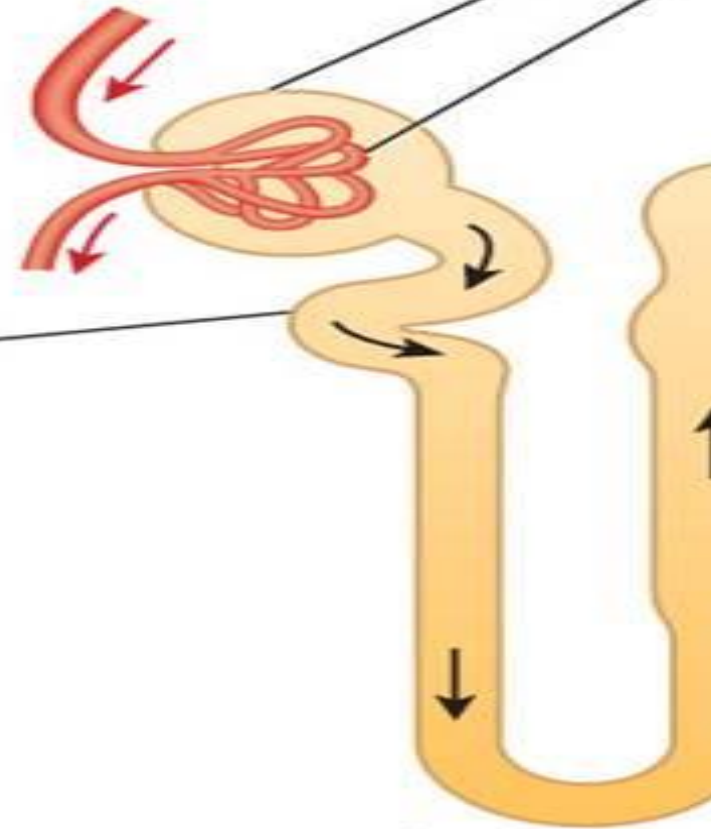
Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

El Sodio



LOOP OF HENLE

Reabsorption (into blood) of:

COMPARACION DE LOS MECANISMOS REGULADORES DEL SODIO Y DEL AGUA

	SODIO	AGUA
¿Qué regula?	Regula el volumen extracelular.	Regula la tonicidad del agua corporal total.
¿Qué detecta?	Volumen circulante eficaz	Osmolalidad Plasmática
Detectores	Detectan cambios en el volumen circulante eficaz: <ul style="list-style-type: none">• Seno carotideo• Seno auricular• Arteriola aferente	Detectan cambios en la osmolalidad: <ul style="list-style-type: none">• Osmorreceptores hipotalámicos
Efectores	Modifican la excreción renal de sodio: <ul style="list-style-type: none">• filtrado glomerular• SN Simpático• Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona• Prostaglandinas• Péptidos natriuréticos• ADH	Modifican: <ul style="list-style-type: none">• Ingesta de agua por la sed.• Excreción de agua por la ADH

Existen tres situaciones en las que se puede producir hipernatremia

Tabla 1. Fisiopatología de la Hipernatremia .

Lugar de medición	Fiebre
Insuficiente acción de ADH	Déficit en la producción central
	Falta de respuesta renal
Pérdidas excesivas de agua	Renal
	Extrarrenal
Balance positivo de sal	Iatrogenia
	Hiperaldosteronismo primario

MANIFESTACIONES CLÍNICAS

SG/SN: DISFUNCIÓN DE SNC

↑↑Na_p o ↑ rápido Na (horas): gran disfunción

> *PACIENTES AMBULATORIOS* con hipernatremia: edades extremas de la vida.

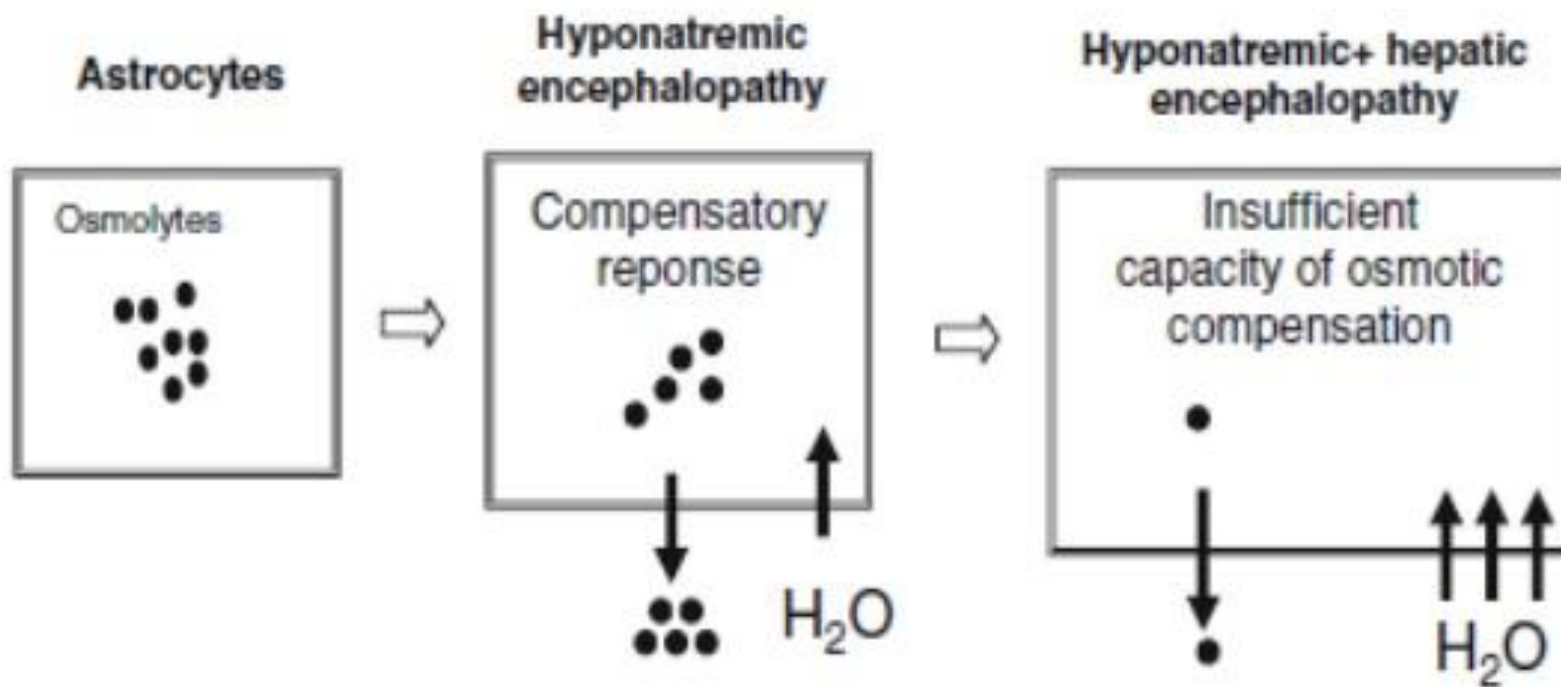
Los síntomas son fundamentalmente neurológicos y se relacionan con la deshidratación celular.

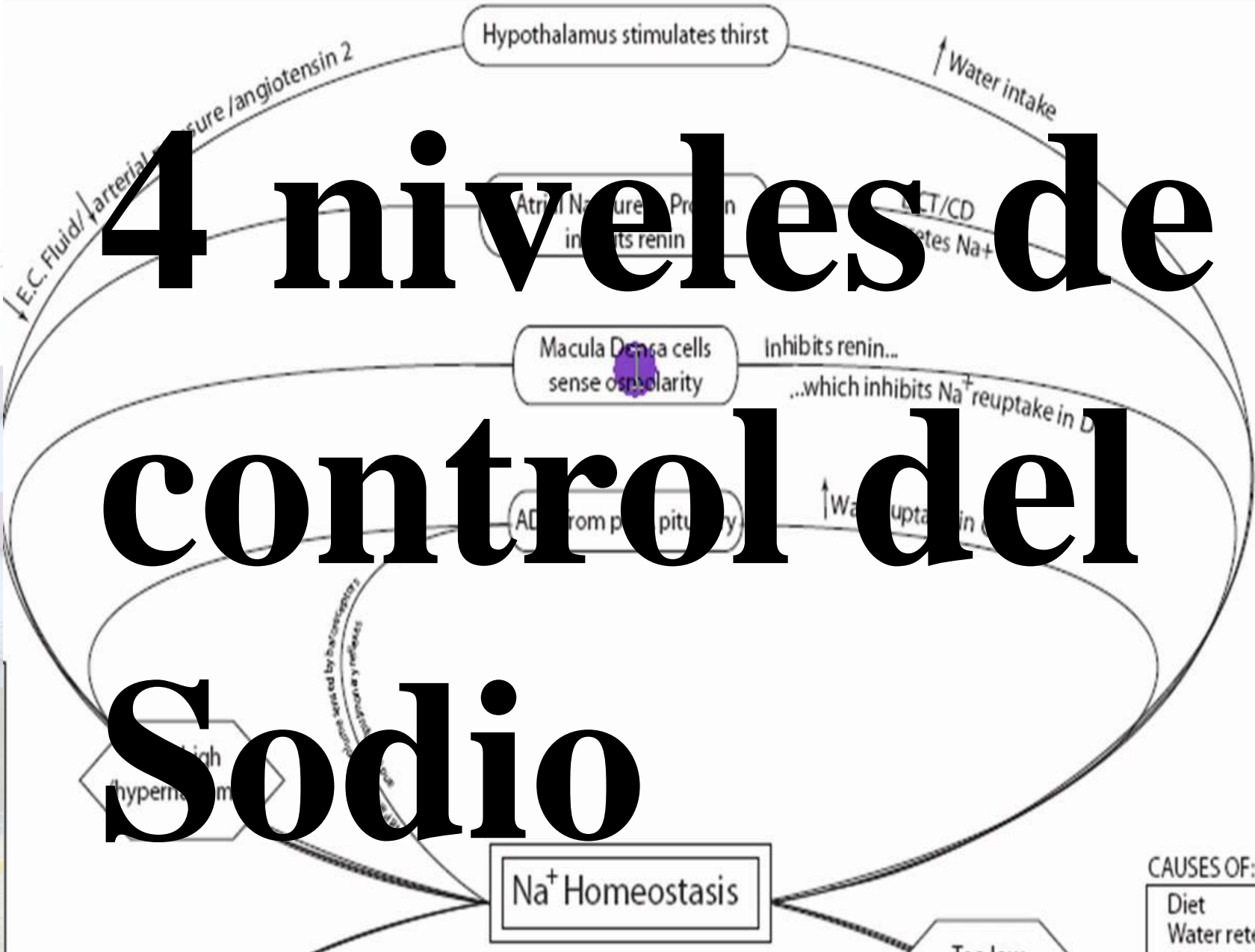
Los primeros en aparecer son la letargia, la debilidad y la irritabilidad, y pueden progresar a convulsiones, coma y muerte en casos graves.

Pacientes con diabetes insípida, poliuria, nicturia y polidipsia.

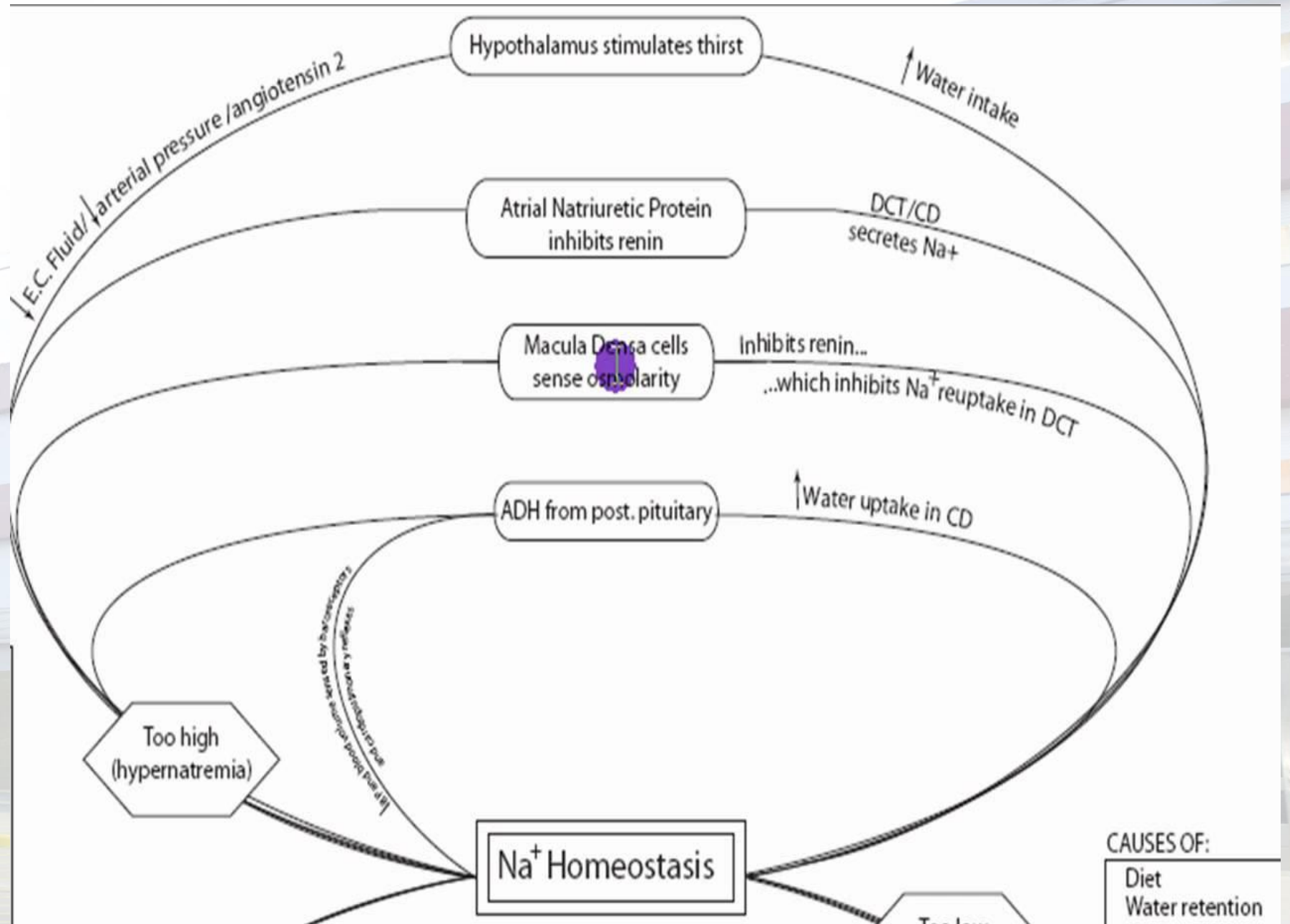
SINTOMATOLOGÍA DE HIPONATREMIA

- Los síntomas por hiponatremia suelen ser sutiles y difíciles de tratar.
- Las manifestaciones dependen del grado y velocidad de instauración.
- La hiponatremia aguda y grave ($\text{Na} < 125$) produce edema cerebral.



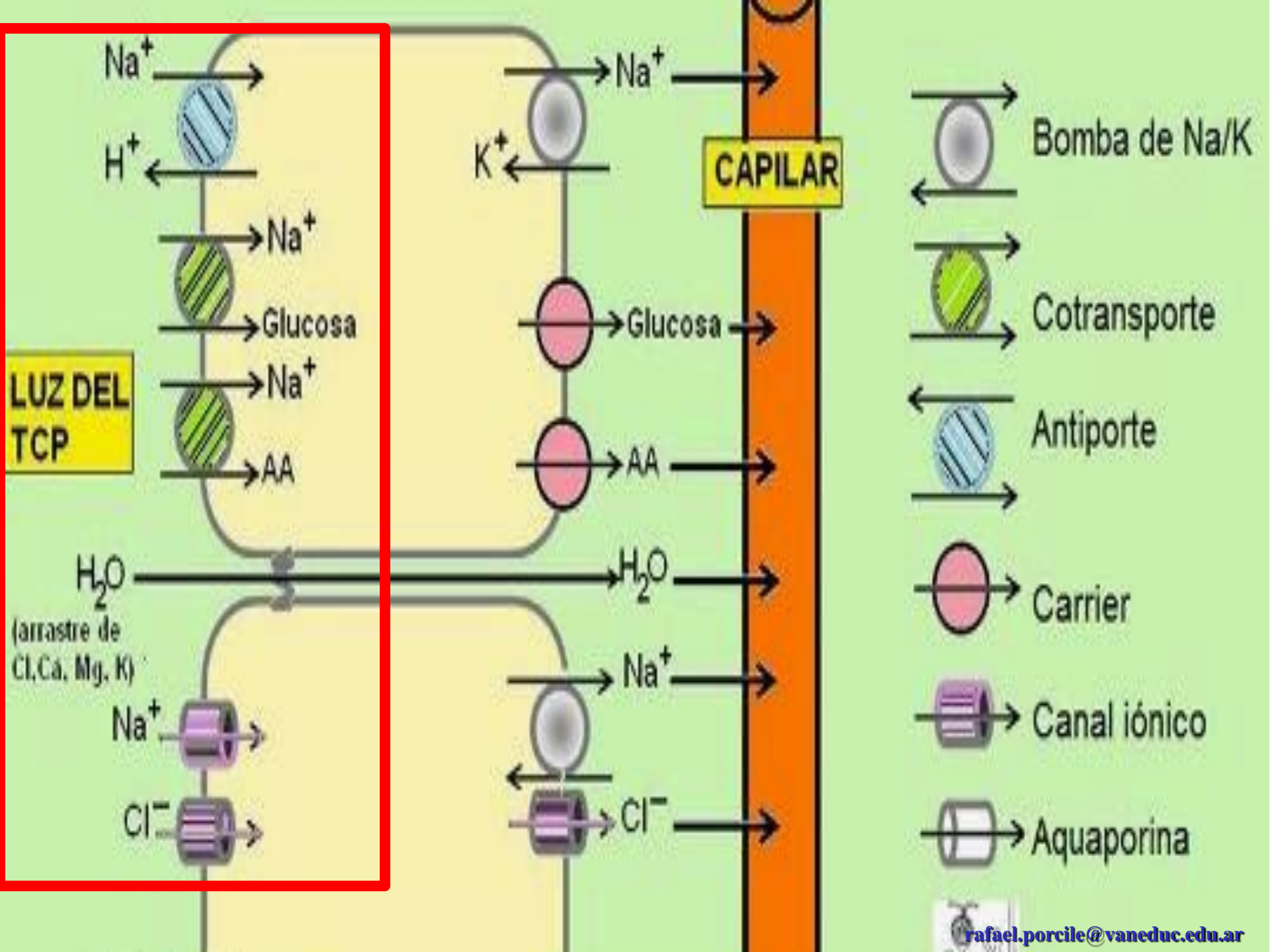


4 niveles de control del Sodio

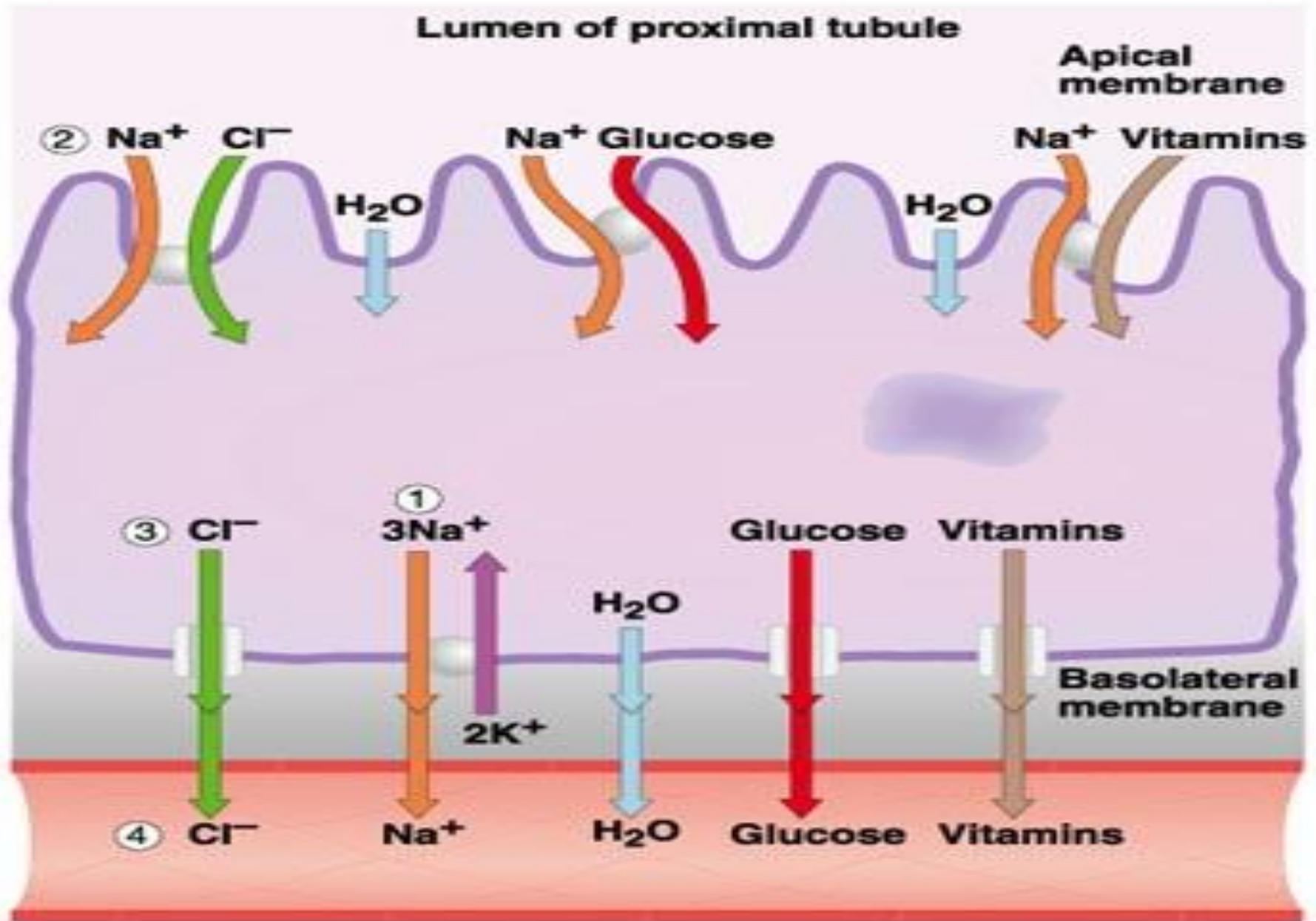


Tres formas de movilizar sodio del lumen urinario a la célula tubular

- Difusión por Antiporte
- Co transporte con Glucosa
- Co transporte por vitaminas



Model of water and solute reabsorption

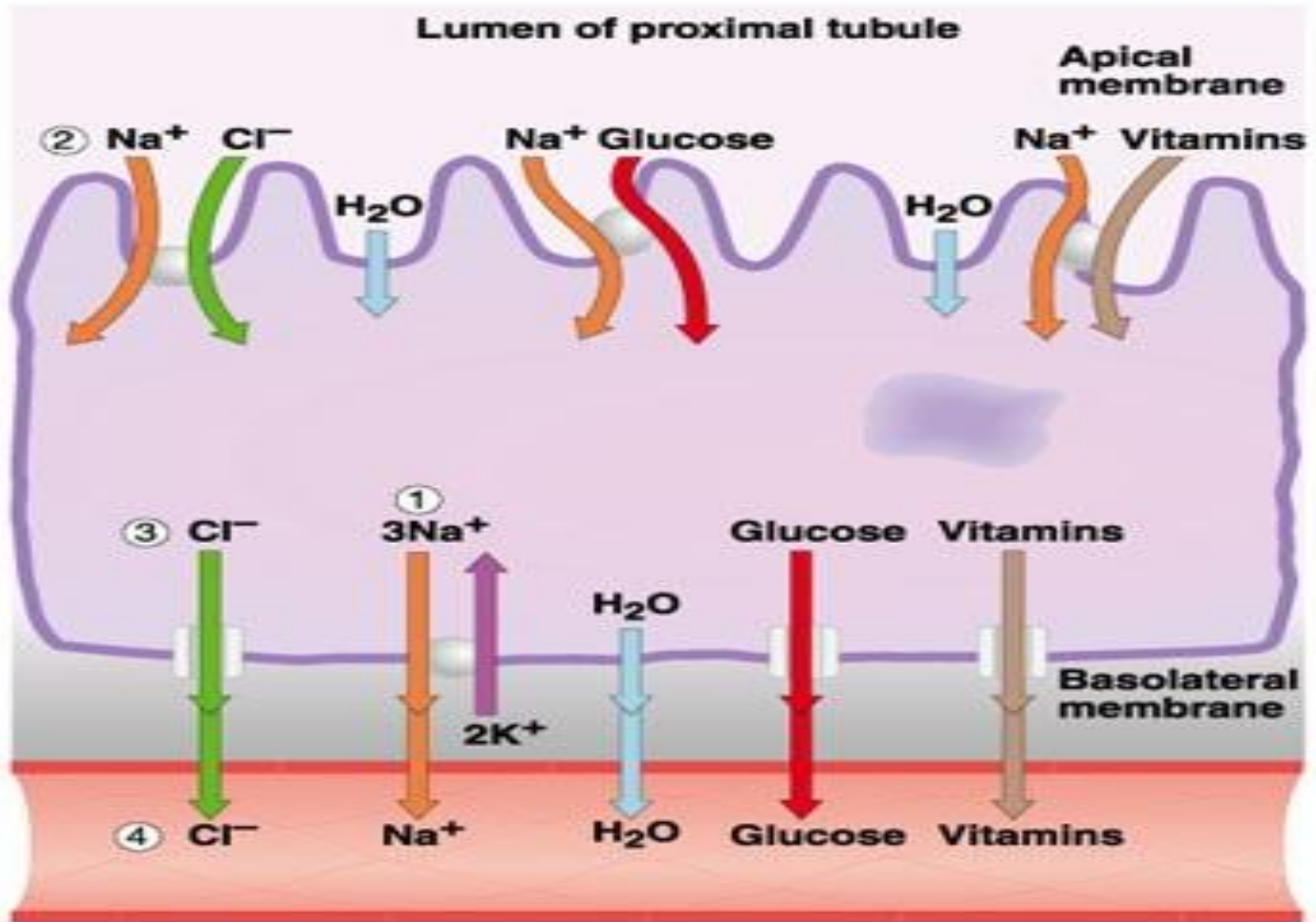


Blood vessel near proximal tubule

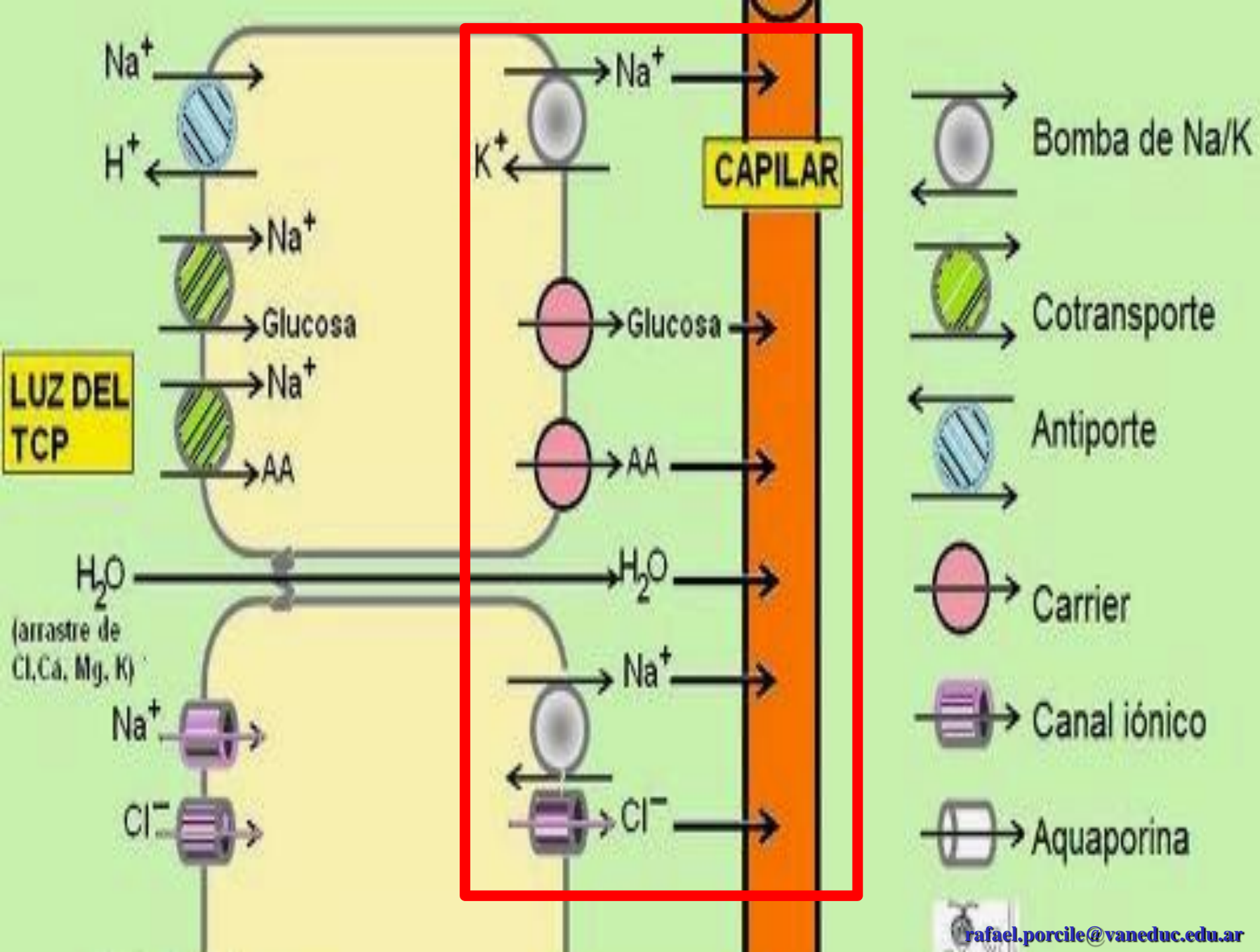
UNA formas de movilizar sodio
de la célula tubular al capilar

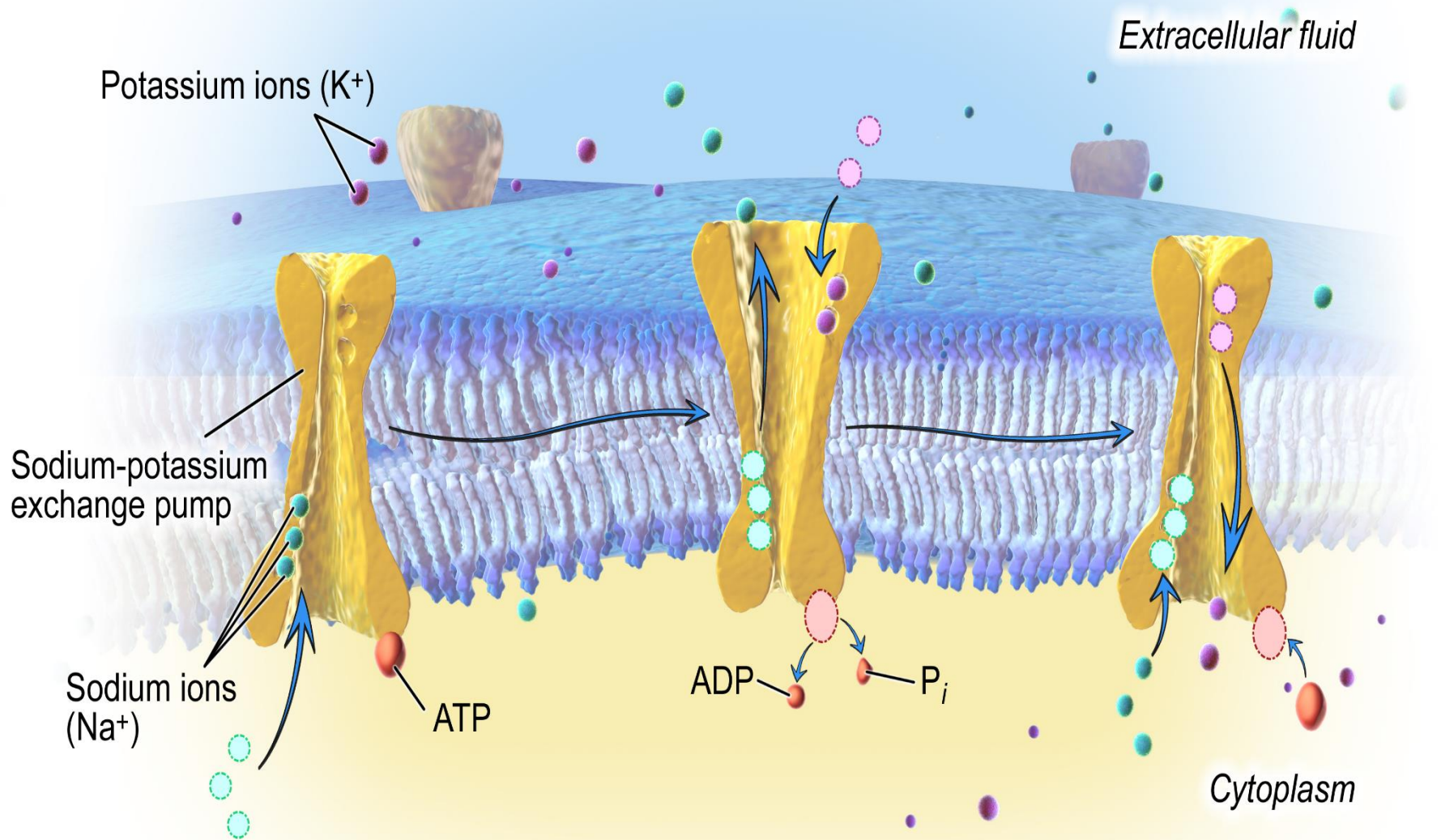
Bomba sodio potasio

Model of water and solute reabsorption



Blood vessel near proximal tubule





The Sodium-Potassium Exchange Pump

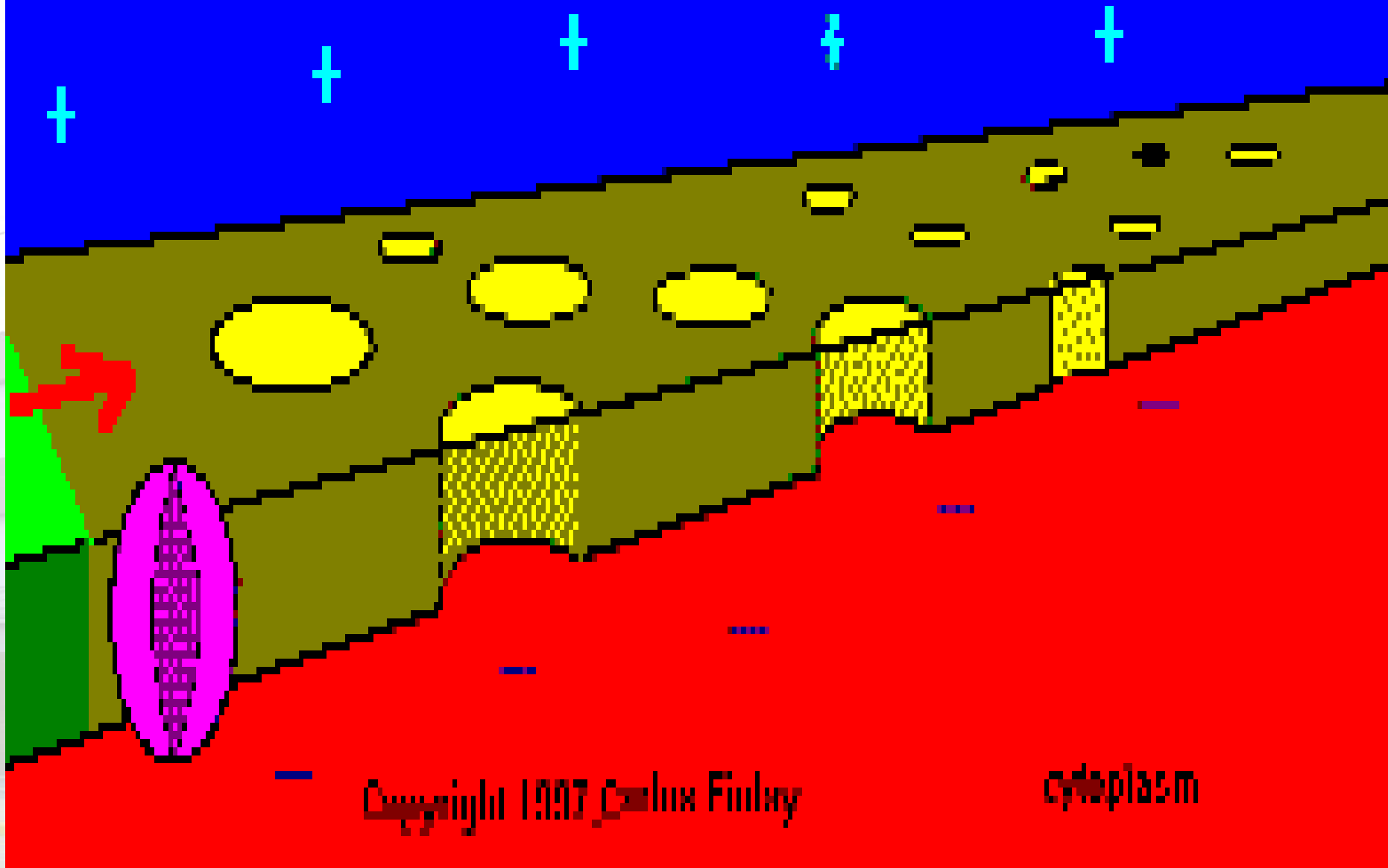
Extracellular

Cytosol



ATP

extracellular fluid



Copyright 1997, Carlos Finlay

cytoplasm

proximal

Transporte de sodio y cloro a través del lado luminal de la membrana tubular proximal

PORCIÓN INICIAL

Reabsorción de Na mediante cotransporte

Concentración cloro = 105 mEq/l

PORCIÓN TERMINAL

Reabsorción de Na con iones cloro.

Concentración cloro = 140 mEq/l

Cargada de proteínas transportadoras que transportan por cotransporte.

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

LOOP OF HENLE

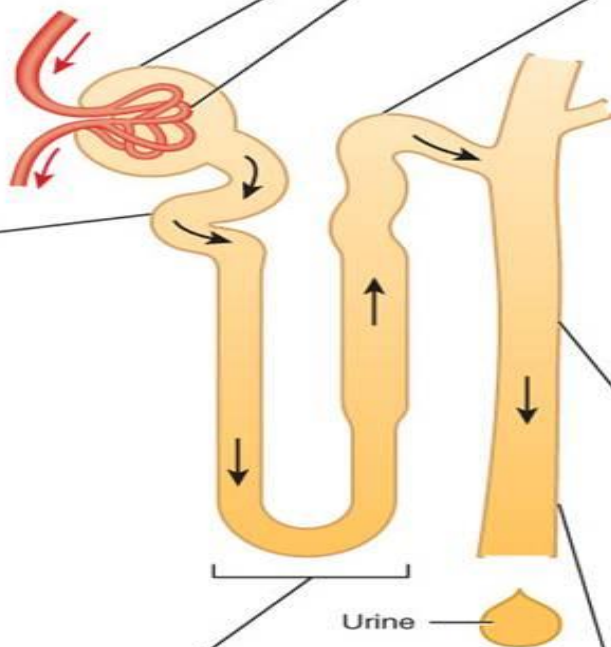
Reabsorption (into blood) of:

Water	15% (osmosis in descending limb)
Na ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
K ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
Cl ⁻	35% (symporters in ascending limb)
HCO ₃ ⁻	10–20% (facilitated diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

Urea	variable (recycling from collecting duct)
------	-------------------------------------------

At end of loop of Henle, tubular fluid is hypotonic (100–150 mOsm/liter).



RENAL CORPUSCLE

Glomerular filtration rate:

105–125 mL/min of fluid that is isotonic to blood

Filtered substances: water and all solutes present in blood (except proteins) including ions, glucose, amino acids, creatinine, uric acid

DISTAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of:

Water	10–15% (osmosis)
Na ⁺	5% (symporters)
Cl ⁻	5% (symporters)
Ca ²⁺	variable (stimulated by parathyroid hormone)

PRINCIPAL CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

Water	5–9% (insertion of water channels stimulated by ADH)
Na ⁺	1–4% (sodium-potassium pumps)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

K ⁺	variable amount to adjust for dietary intake (leakage channels)
----------------	-----------------------------------------------------------------

Tubular fluid leaving the collecting duct is dilute when ADH level is low and concentrated when ADH level is high.

INTERCALATED CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

HCO ₃ ⁻ (new)	variable amount, depends on H ⁺ secretion (antiporters)
-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

Urea	variable (recycling to loop of Henle)
------	---------------------------------------

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable amounts to maintain acid-base homeostasis (H ⁺ pumps)
----------------	---------------------------------------------------------------------------

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

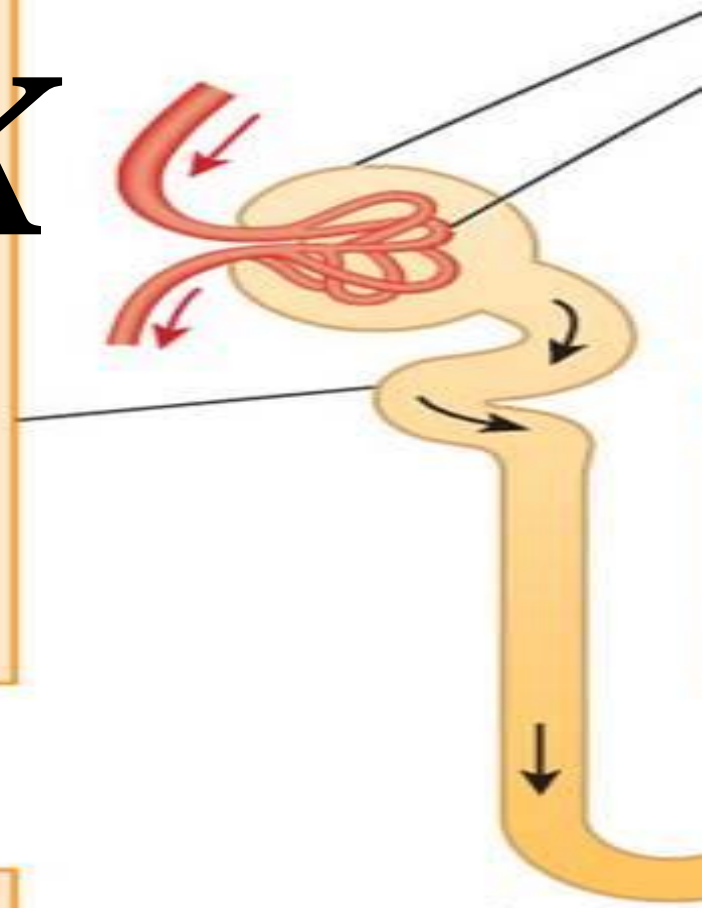
Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

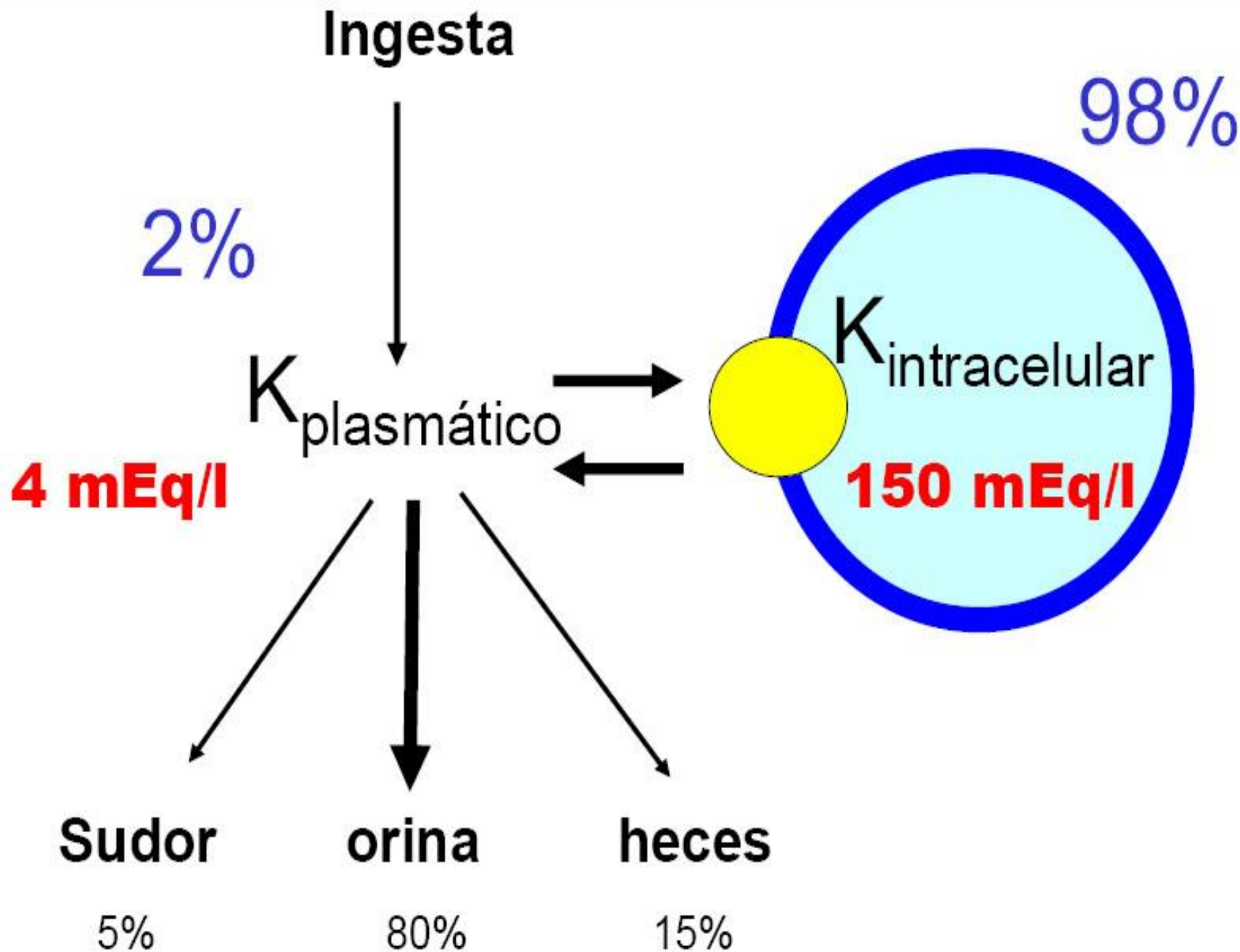
H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

EL
K

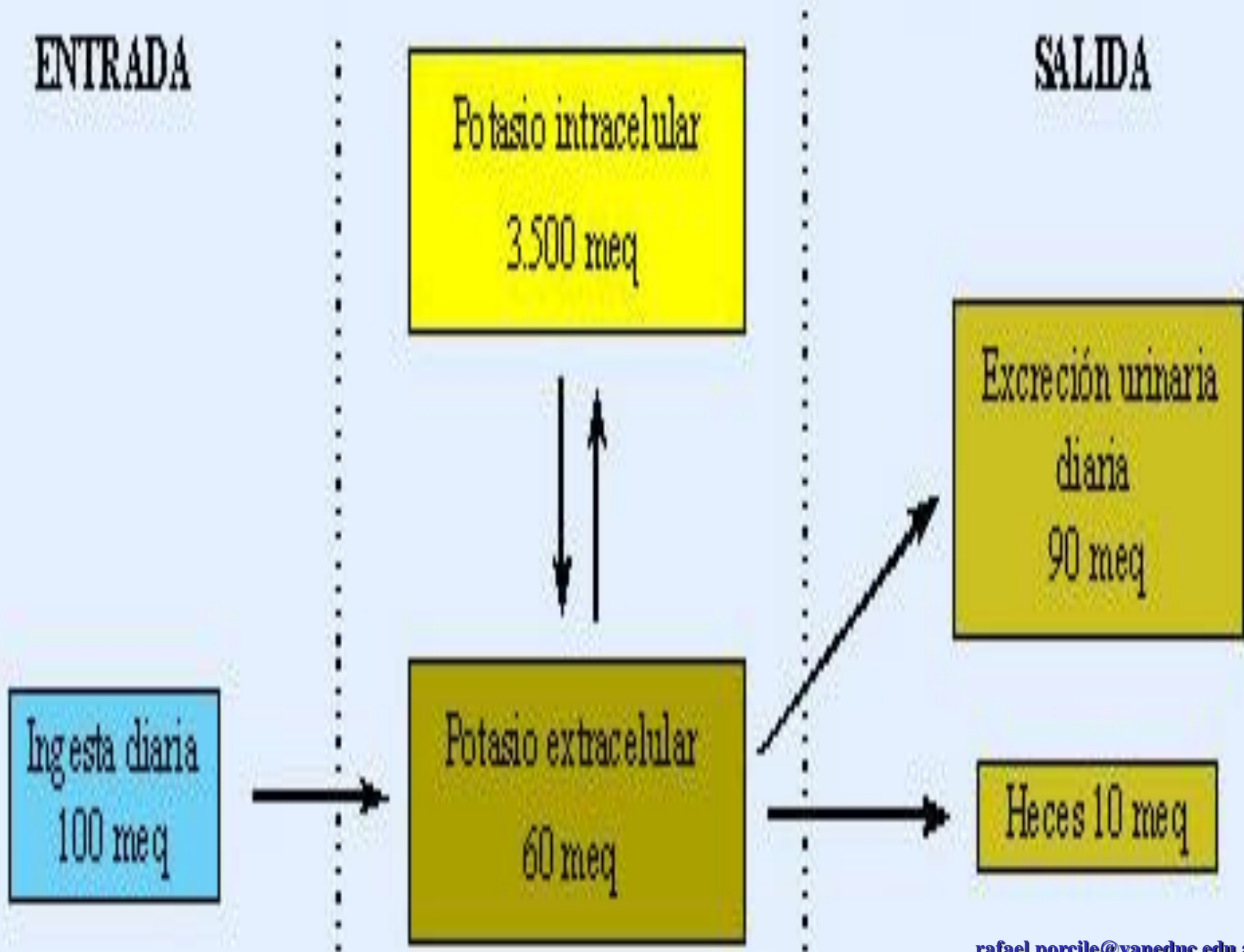


LOOP OF HENLE



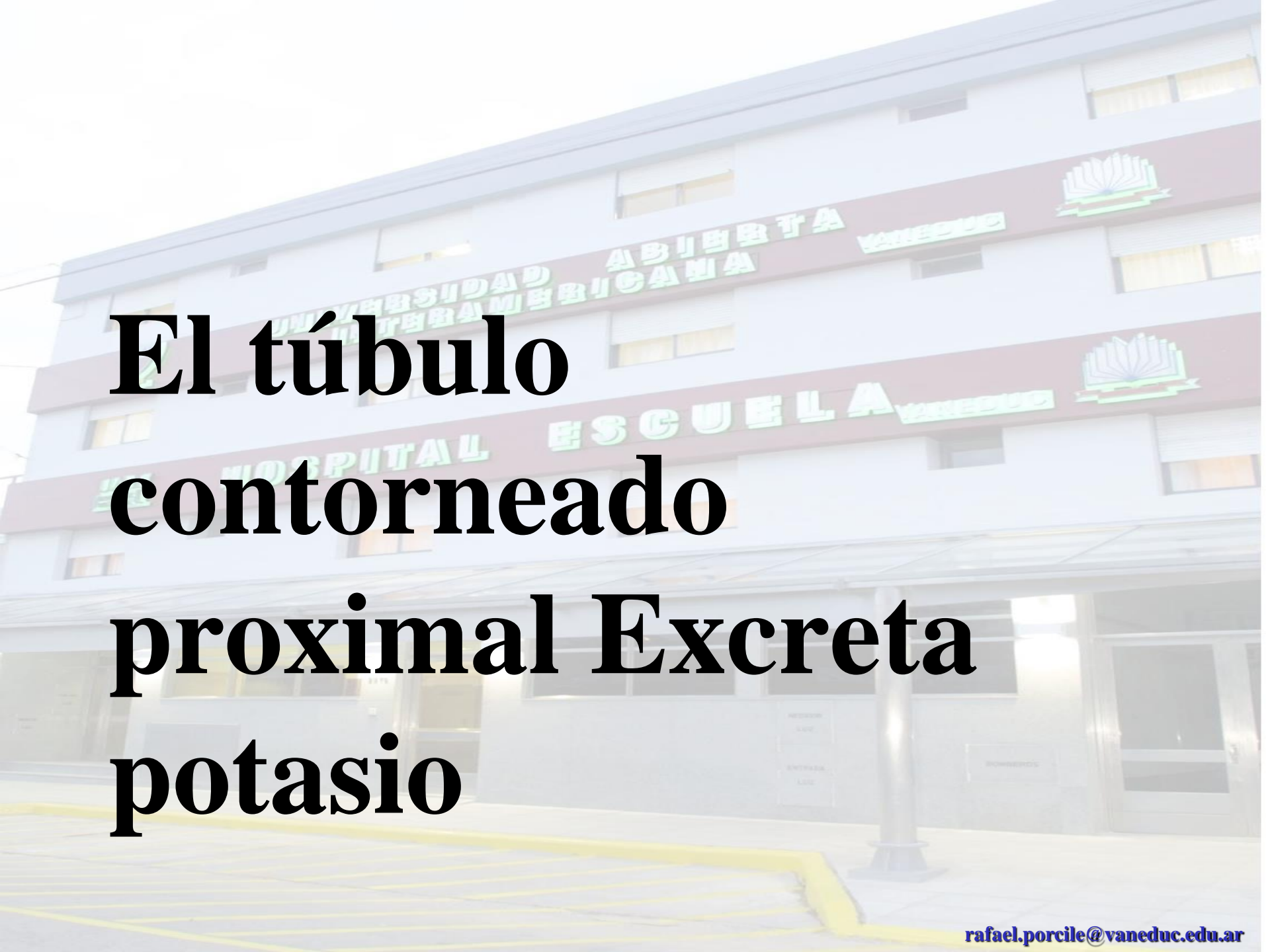
ENTRADA

SALIDA



Homeostasis del K^+ . Puntos clave

- Principal catión intracelular
- La distribución del K^+ entre el LEC y el LIC está influido por
 - Equilibrio ácido-base
 - La presión osmótica del LEC
 - Hormonas: **insulina** y **mineralcorticoides**
 - Actividad alfa- y beta-adrenérgica
- El riñón es el **principal órgano de eliminación de K^+**

The background image shows a multi-story building with a light blue facade and a dark red horizontal band. The band contains the text 'UNIVERSIDAD ABRIQUEÑA' in white and 'ESCUELA HOSPITAL' in green. There are logos on the building, and a glass entrance is visible at the bottom. The text 'El túbulo contorneado proximal Excreta potasio' is overlaid in large, bold, black font.

El túbulo contorneado proximal Excreta potasio

REGULACION A NIVEL RENAL DEL POTASIO.

VISION GENERAL DE LA EXCRECIÓN RENAL DEL POTASIO

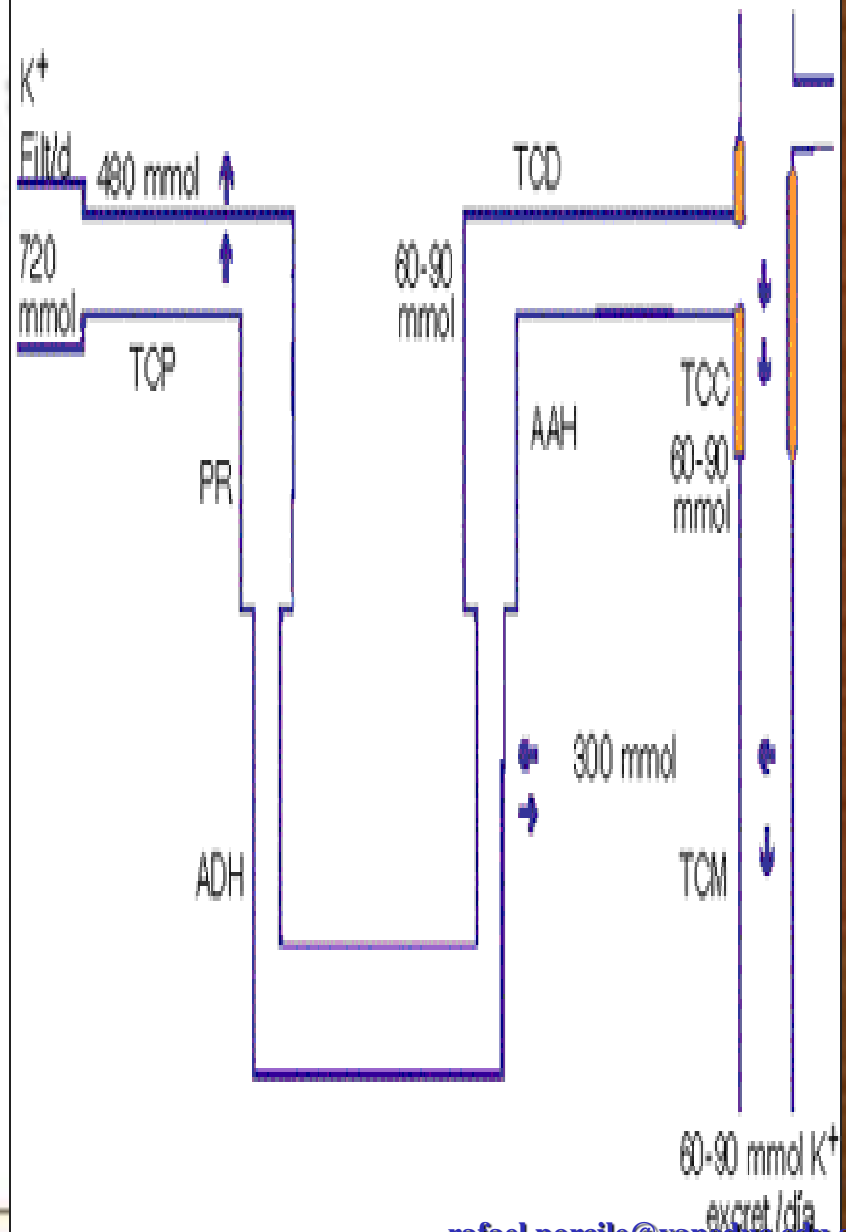
Filtración por 3 procesos:

- Filtración de K
- Reabsorción tubular
- Secreción tubular de K

❖ FG normal: 756mEq/ día.

❖ ↓ FG: ↑ K = hiperpotasemia

Figura 1. Manejo del K^+ en los distintos segmentos del riñón



REGULACION A NIVEL RENAL DEL POTASIO.

VISION GENERAL DE LA EXCRECIÓN RENAL DEL POTASIO

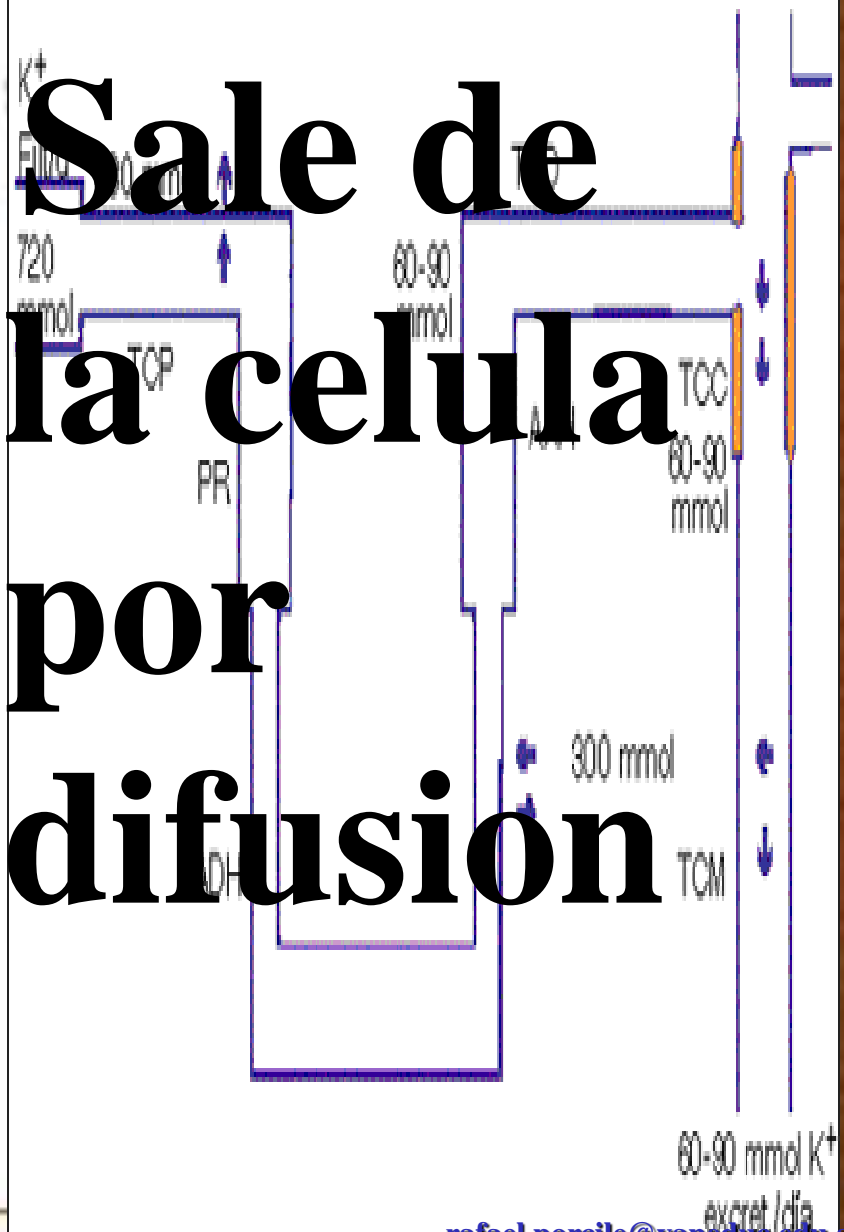
Filtración por 3 procesos:

- Filtración de K
- Reabsorción tubular
- Secreción tubular de K

❖ FG normal: 756mEq/ día.

❖ ↓ FG: ↑ K = hiperpotasemia

Figura 1. Manejo del K⁺ en los distintos segmentos del riñón



LUZ

Aldosterona

Na^+

Na^+

ENaC

K^+

K^+

Célula principal

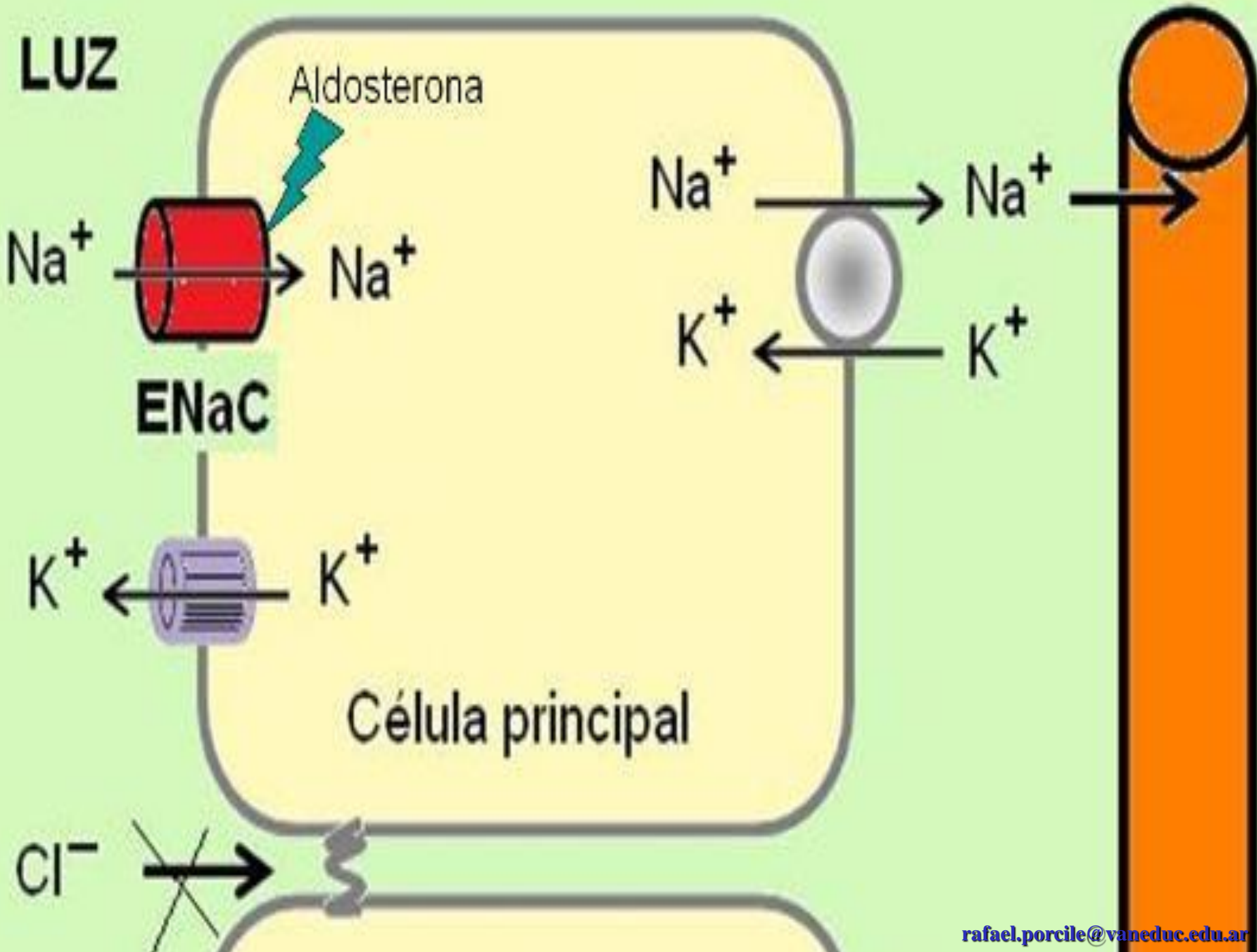
Cl^-

Na^+

Na^+

K^+

K^+

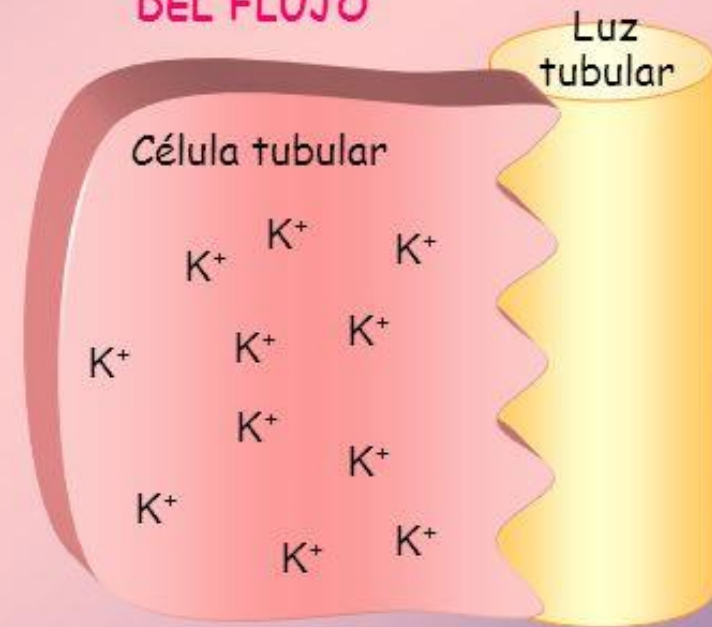


FACTORES QUE AFECTAN LA SECRECIÓN Y ALTERAN EL EQUILIBRIO DEL POTASIO:

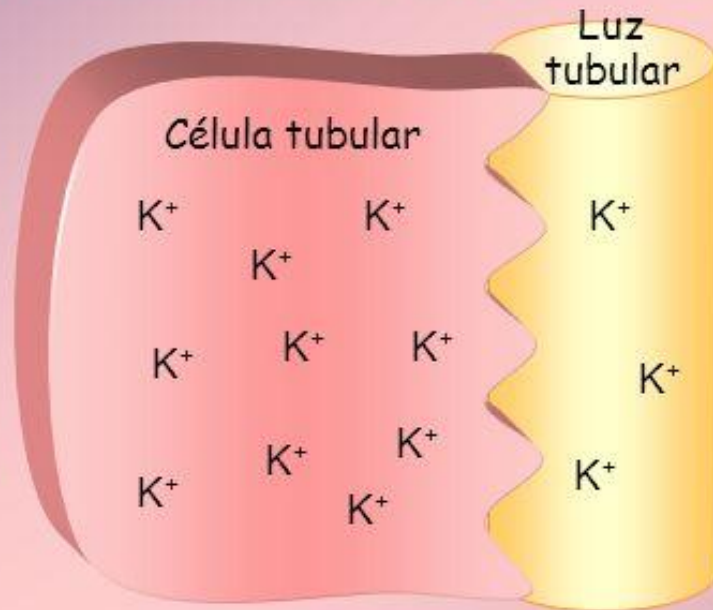
VELOCIDAD DE FLUJO DEL LÍQUIDO TUBULAR

La secreción de potasio depende de la diferencia de concentración de este ión entre la célula tubular y la luz del túbulo. A su vez la concentración en la luz del túbulo depende de la velocidad del flujo, si ésta es alta, el potasio secretado es retirado rápidamente, de manera que no se acumula en la luz y se mantiene alta la diferencia de concentración, favoreciéndose la secreción y excreción.

ALTA VELOCIDAD DEL FLUJO



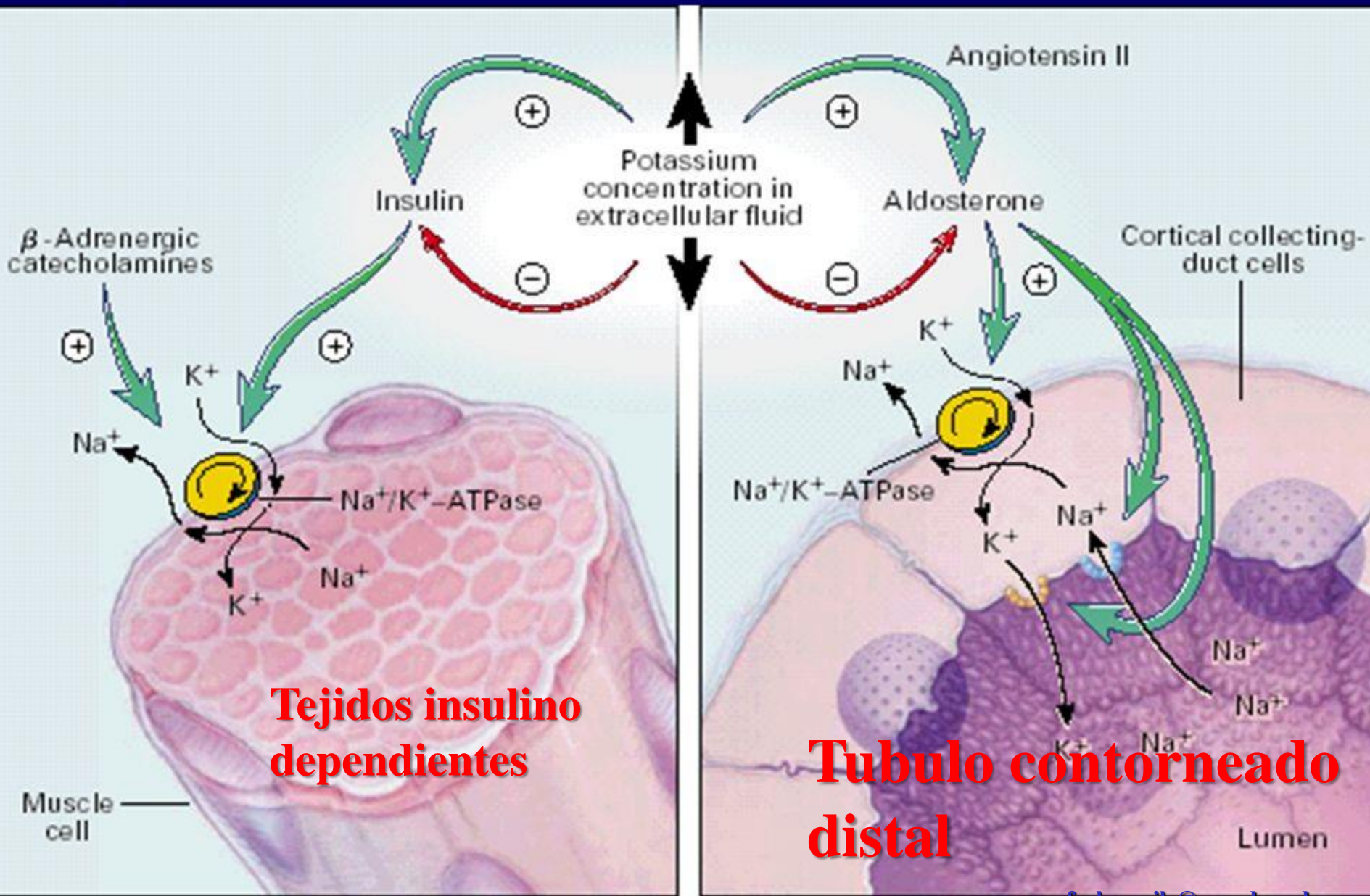
Por el contrario al disminuir la velocidad del flujo del líquido tubular, el potasio secretado tiende a permanecer en la luz aumentando la concentración en este sitio, de manera que la diferencia de concentración disminuye, y con esto la secreción.



BAJA VELOCIDAD

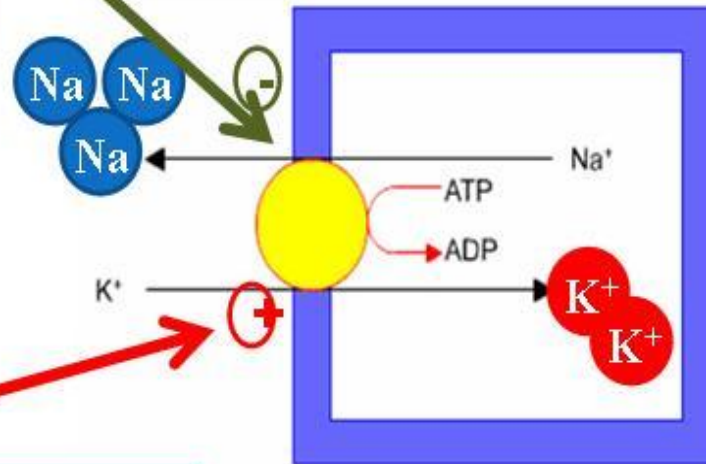
[Menú](#)

HOMEOSTASIS DEL POTASIO



- **Ausencia de insulina**
- **Beta bloqueantes**
- **Acidosis metabólica**
- Catabolismo
- Necrosis celular
- Hipertonicidad

**FAVORECEN
HIPERPOTASEMIA**



- **Insulina**
- **Agonistas de los receptores beta 2**
- **Alcalosis metabólica**
- Alcalosis respiratoria
- Crecimiento
- Recuperación de cetoacidosis
- Nutrición parenteral total
- Síntesis de hemáties aumentada
- Parálisis periódica hipopotasémica familiar

**FAVORECEN
HIPOPOTASEMIA**

Hipokalemia

↓
Aporte: dieta pobre, fluidos endovenosos

↑
Pérdidas

Digestivas

- vómitos (K:5-10 meq/l)
- diarrea (K:20-50 meq/l)
- laxante

Urinarias

- Diuréticos
- Vómitos
- Anion no reabsorbible
- Hiperaldosteronismo
- Diuresis osmótica
- Acidosis tubulares
- S. Bartter . Gitelman
- Hipomagnesemia
- Otros fármacos

5 minutos ...



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

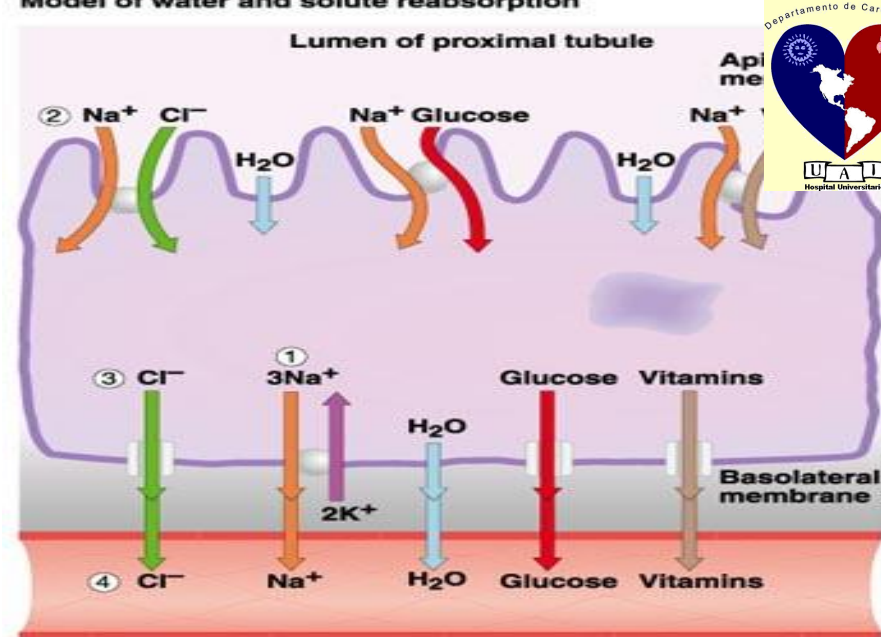
Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)
Secretion (into urine) of:	
H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount
At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).	

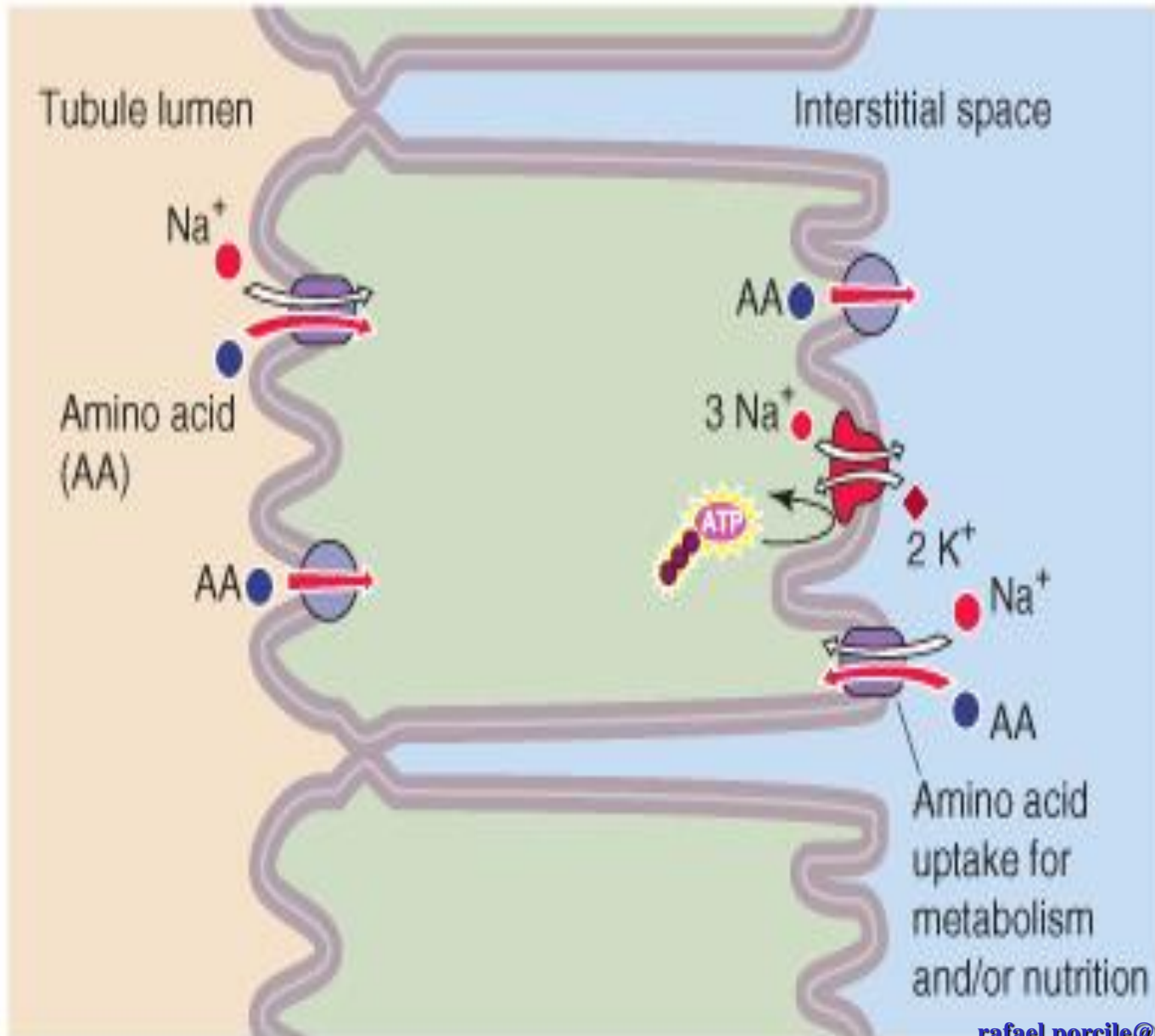
Los amino ácidos



LOOP OF HENLE

Reabsorption (into blood) of:

B GENERIC MODEL OF AMINO-ACID REABSORPTION BY PROXIMAL TUBULE



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

LOOP OF HENLE

Reabsorption (into blood) of:

Water	15% (osmosis in descending limb)
Na ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
K ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
Cl ⁻	35% (symporters in ascending limb)
HCO ₃ ⁻	10–20% (facilitated diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

Urea	variable (recycling from collecting duct)
------	-------------------------------------------

At end of loop of Henle, tubular fluid is hypotonic (100–150 mOsm/liter).

RENAL CORPUSCLE

Glomerular filtration rate:

105–125 mL/min of fluid that is isotonic to blood

Filtered substances: water and all solutes present in blood (except proteins) including ions, glucose, amino acids, creatinine, uric acid

DISTAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of:

Water	10–15% (osmosis)
Na ⁺	5% (symporters)
Cl ⁻	5% (symporters)
Ca ²⁺	variable (stimulated by parathyroid hormone)

PRINCIPAL CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

Water	5–9% (insertion of water channels stimulated by ADH)
Na ⁺	1–4% (sodium-potassium pumps)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

K ⁺	variable amount to adjust for dietary intake (leakage channels)
----------------	-----------------------------------------------------------------

Tubular fluid leaving the collecting duct is dilute when ADH level is low and concentrated when ADH level is high.

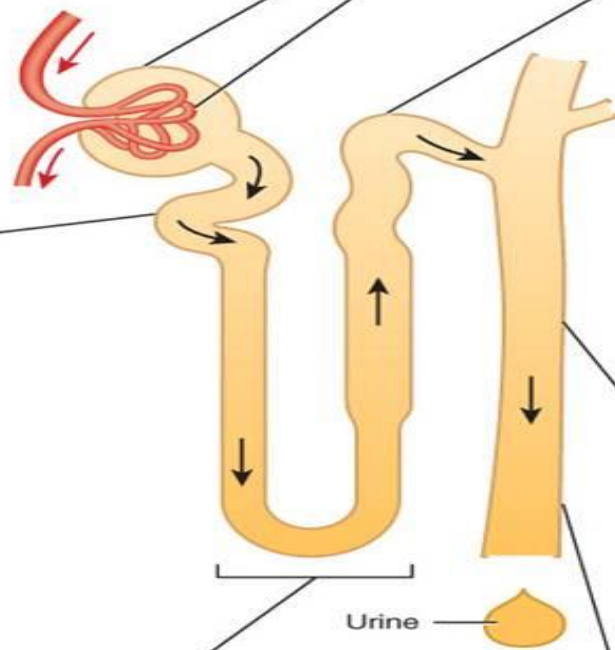
INTERCALATED CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

HCO ₃ ⁻ (new)	variable amount, depends on H ⁺ secretion (antiporters)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable amounts to maintain acid-base homeostasis (H ⁺ pumps)
----------------	---------------------------------------------------------------------------



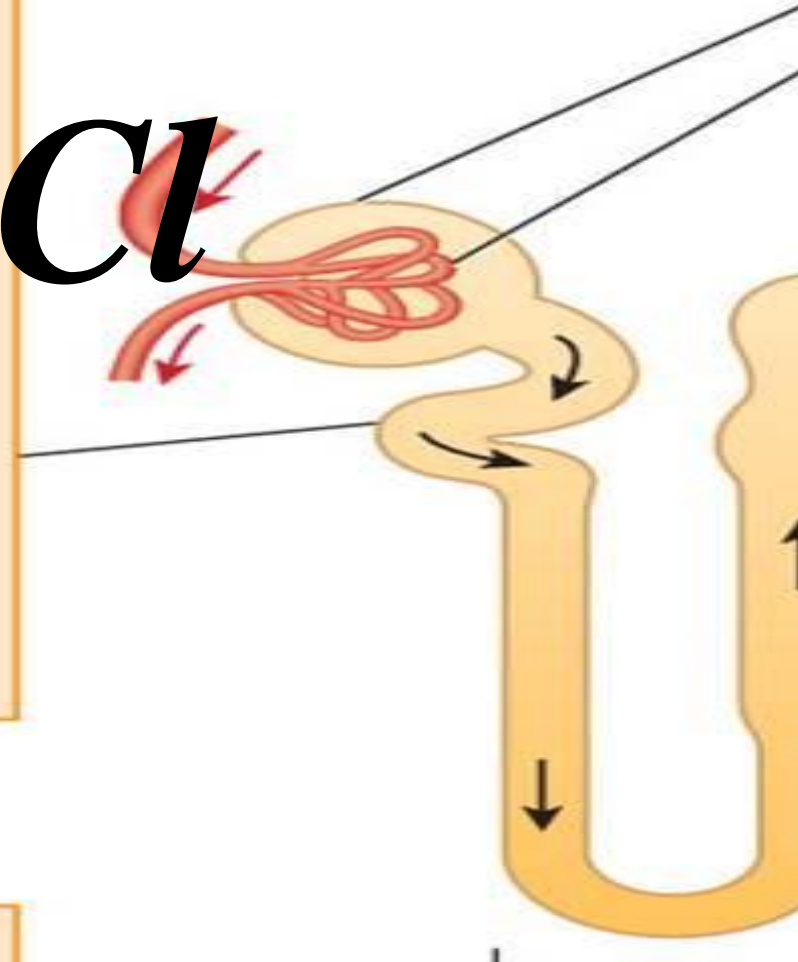
PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)
Secretion (into urine) of:	
H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount
At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).	

EL

Cl

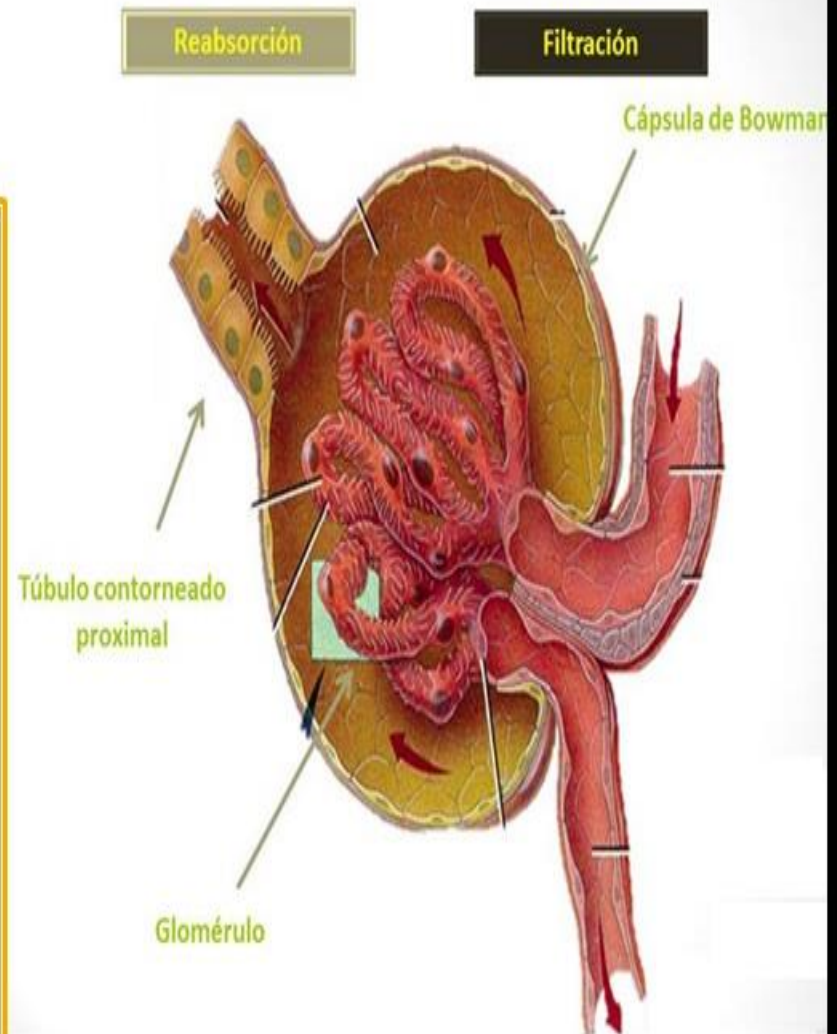


LOOP OF HENLE

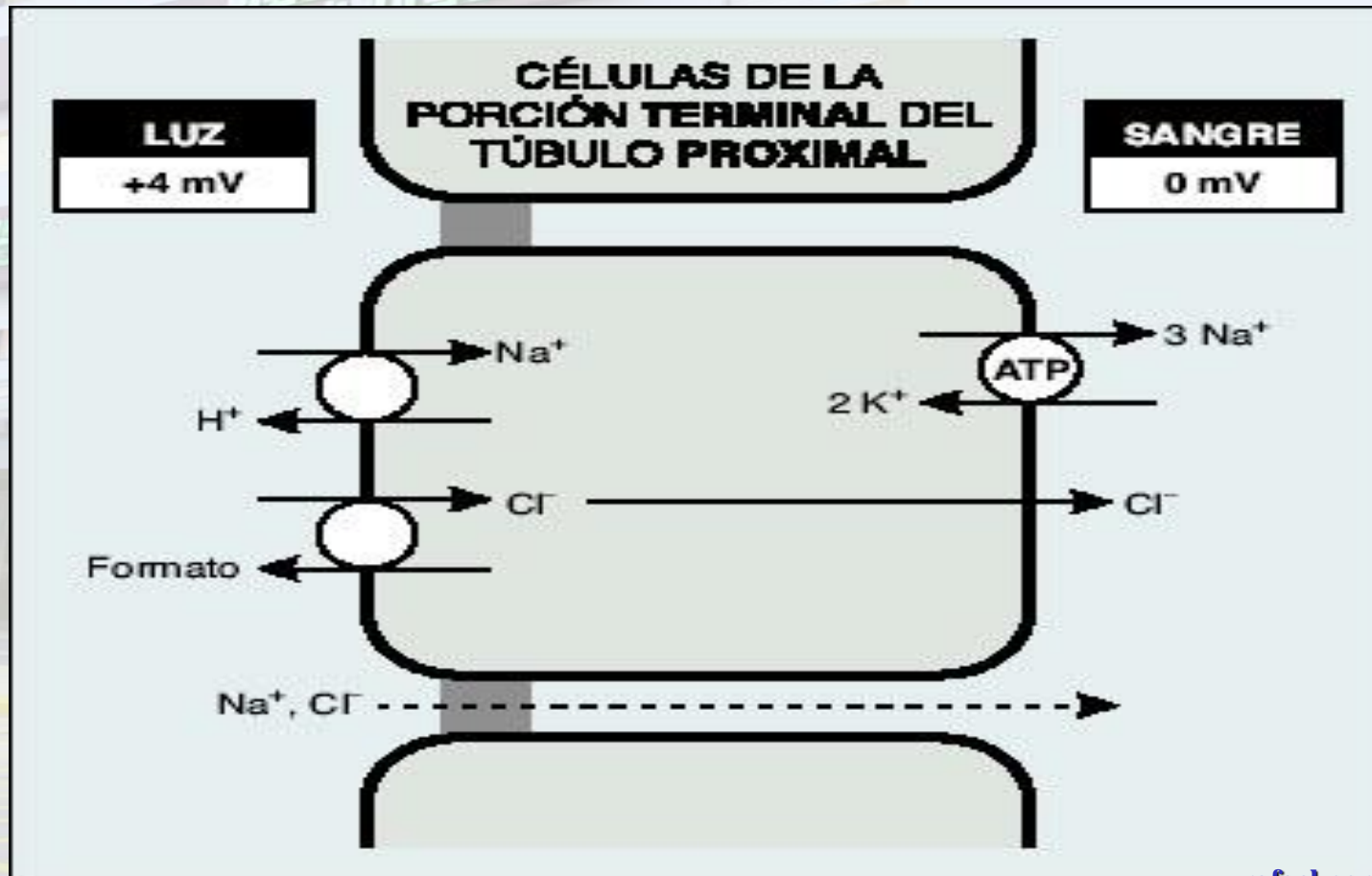
Reabsorption (into blood) of:

Los eventos de reabsorción en el túbulo contorneado proximal ocurren así:

1. TRANSPORTE ACTIVO de Na hacia el plasma de los capilares peritubulares.
2. Este transporte crea una diferencia de potencial negativo en la luz del tubo contorneado. Es por esto que el Cl⁻ sale hacia los capilares peritubulares por transporte pasivo. Haciendo que la carga + del Na atraerá al Cl⁻ hacia afuera del túbulo contorneado.
3. Por ultimo, la gran concentración de NaCl en el plasma de los capilares peritubulares , obliga al agua a salir de los túbulos contorneados por osmosis.



Diferencia electroquímica al final del TCP



Anión Gap

• El anión restante se basa en el concepto de que: los aniones con cargas negativas y los cationes con cargas positivas del suero deben ser iguales en magnitud para mantener la neutralidad eléctrica.

La diferencia entre los aniones y cationes medidos y no medidos es el anión restante.

- Cuyo valor normal es de 12 ± 2 ,
- Y es igual a: $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^- + \text{CO}_3\text{H}^-]$
- o de 14 ± 2 si se utiliza $[\text{Na}^+ + \text{K}^+] - [\text{Cl}^- + \text{CO}_3\text{H}^-]$.

Anión Gap

Más allá del Cl^- y bicarbonato son los aniones que faltan para lograr la neutralidad

Anión Gap

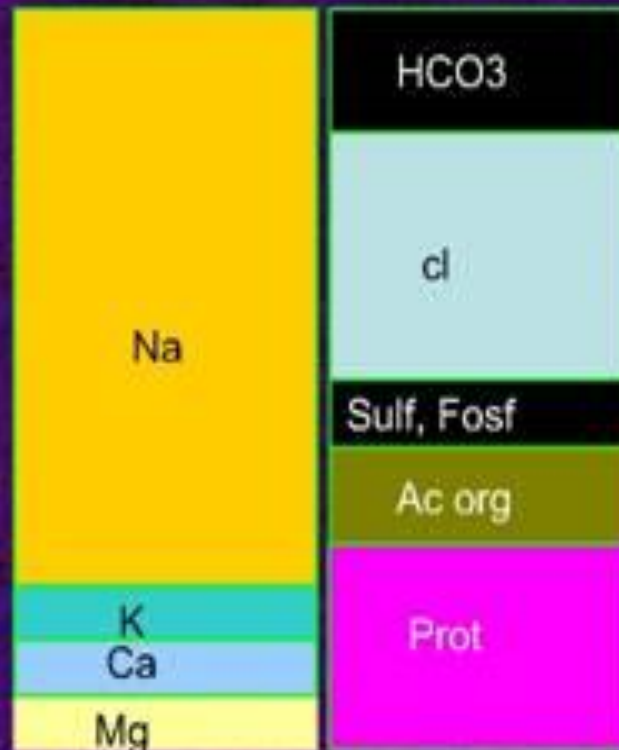
La diferencia entre los aniones y cationes medidos y no medidos es el anión restante.

- **Cuyo valor normal es de 12 ± 2 ,**
- **Y es igual a: $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^- + \text{CO}_3\text{H}^-]$**
- **o de 14 ± 2 si se utiliza $[\text{Na}^+ + \text{K}^+] - [\text{Cl}^- + \text{CO}_3\text{H}^-]$.**

ELECTRONEUTRALIDAD

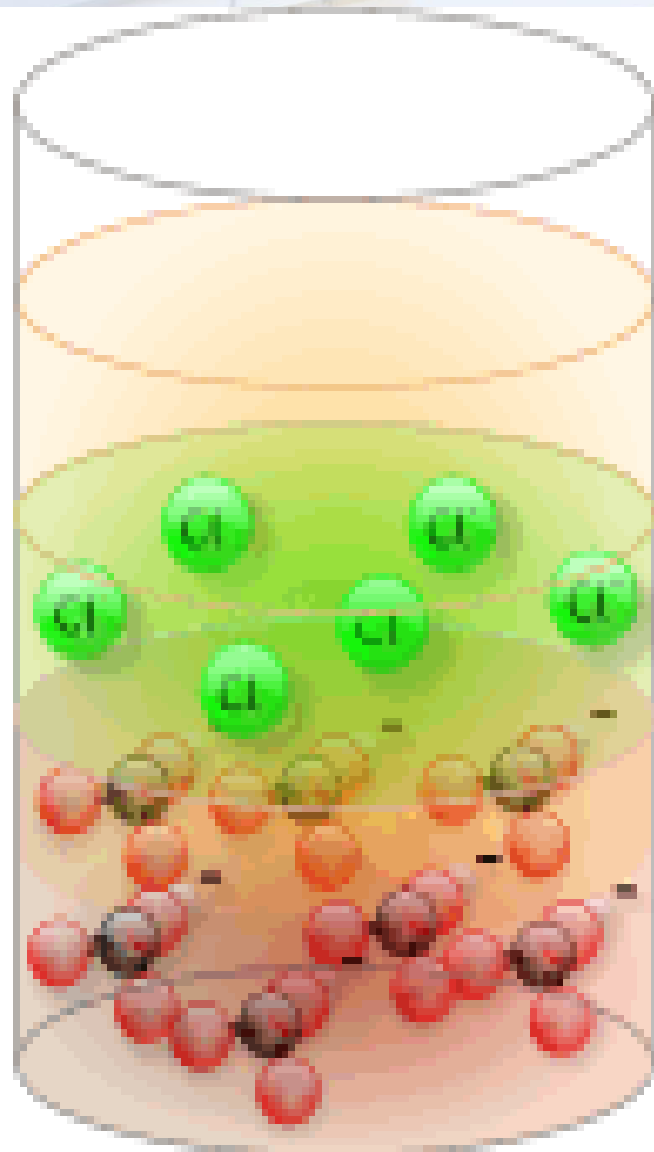
cationes

aniones



ANION GAP = 12

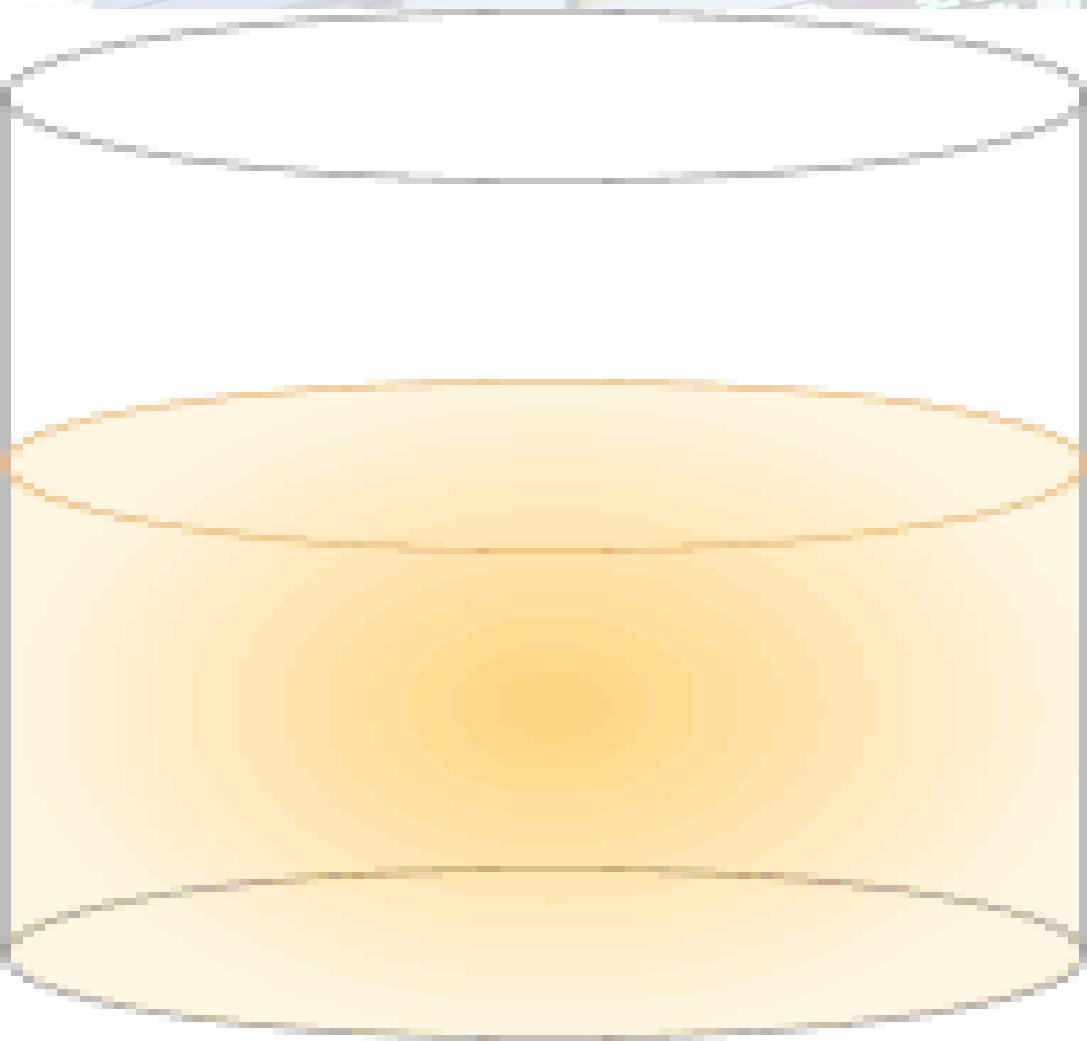
acid



anion gap

chloride

bicarbonate



**total
anions**

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

LOOP OF HENLE

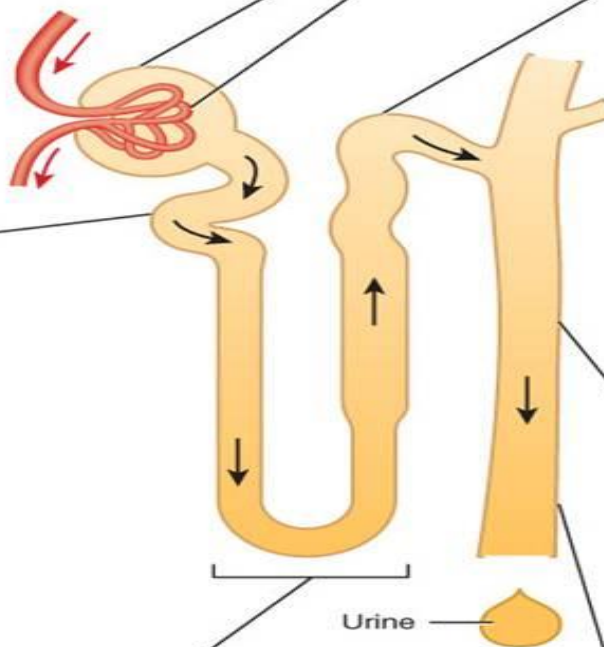
Reabsorption (into blood) of:

Water	15% (osmosis in descending limb)
Na ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
K ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
Cl ⁻	35% (symporters in ascending limb)
HCO ₃ ⁻	10–20% (facilitated diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

Urea	variable (recycling from collecting duct)
------	-------------------------------------------

At end of loop of Henle, tubular fluid is hypotonic (100–150 mOsm/liter).



RENAL CORPUSCLE

Glomerular filtration rate:

105–125 mL/min of fluid that is isotonic to blood

Filtered substances: water and all solutes present in blood (except proteins) including ions, glucose, amino acids, creatinine, uric acid

DISTAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of:

Water	10–15% (osmosis)
Na ⁺	5% (symporters)
Cl ⁻	5% (symporters)
Ca ²⁺	variable (stimulated by parathyroid hormone)

PRINCIPAL CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

Water	5–9% (insertion of water channels stimulated by ADH)
Na ⁺	1–4% (sodium-potassium pumps)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

K ⁺	variable amount to adjust for dietary intake (leakage channels)
----------------	-----------------------------------------------------------------

Tubular fluid leaving the collecting duct is dilute when ADH level is low and concentrated when ADH level is high.

INTERCALATED CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

HCO ₃ ⁻ (new)	variable amount, depends on H ⁺ secretion (antiporters)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable amounts to maintain acid-base homeostasis (H ⁺ pumps)
----------------	---------------------------------------------------------------------------

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)

Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)

Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

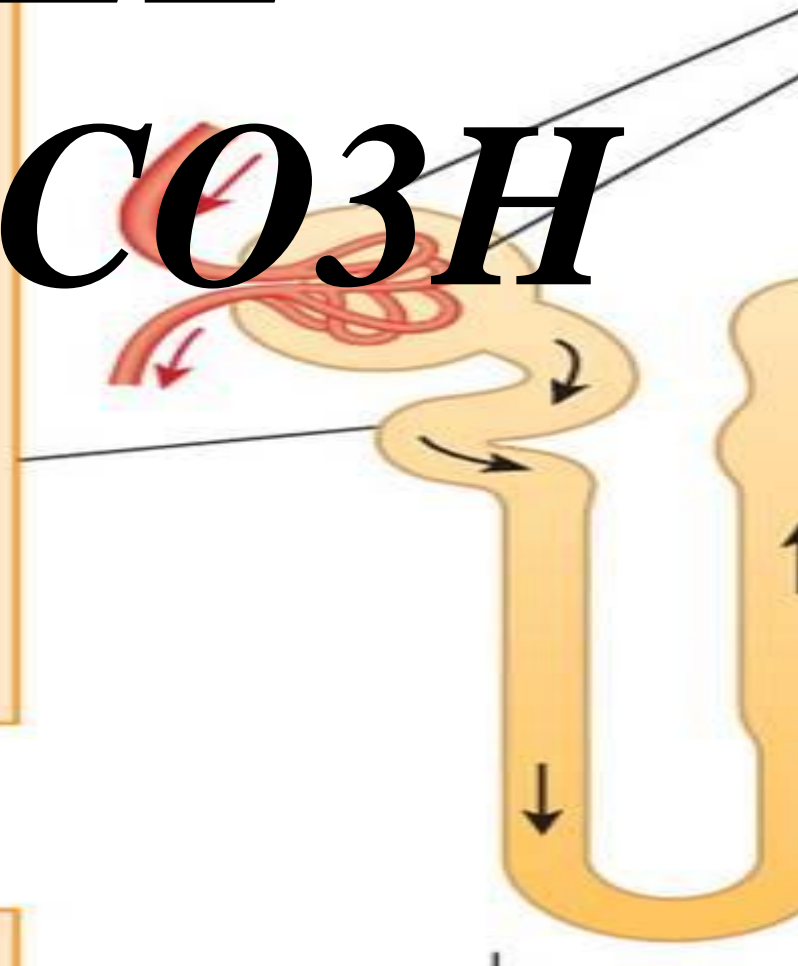
Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

EL

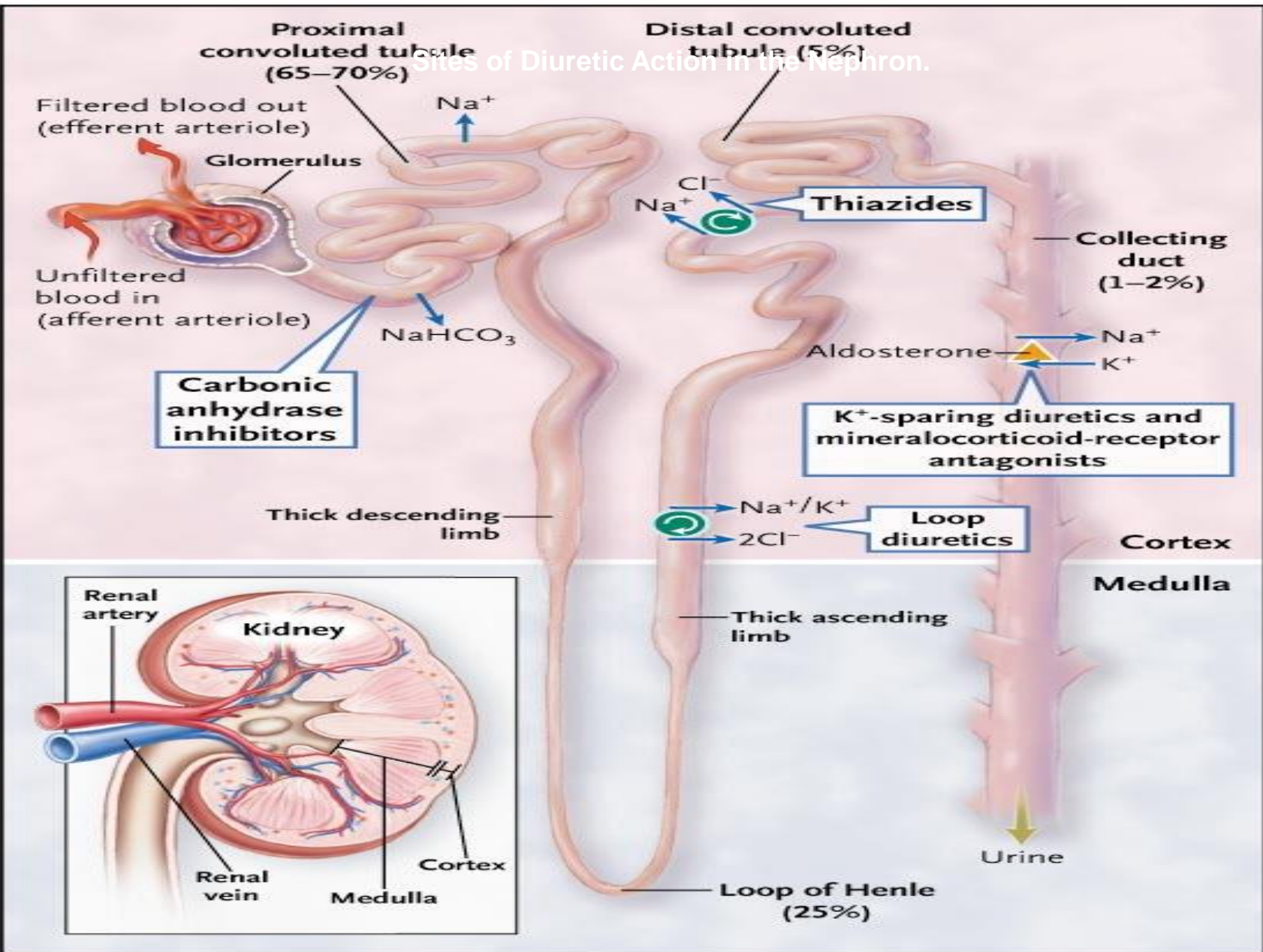
CO₂H



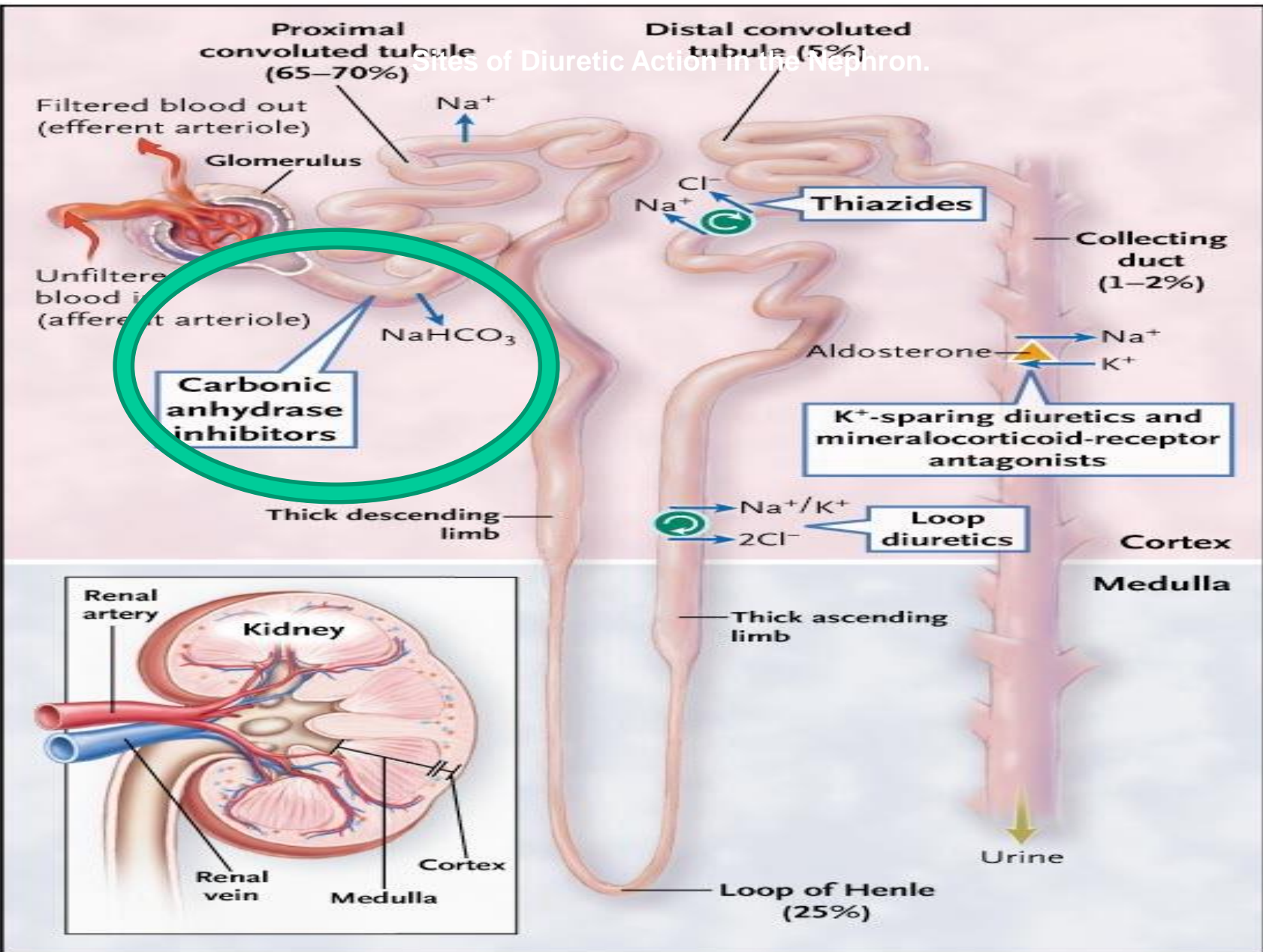
LOOP OF HENLE

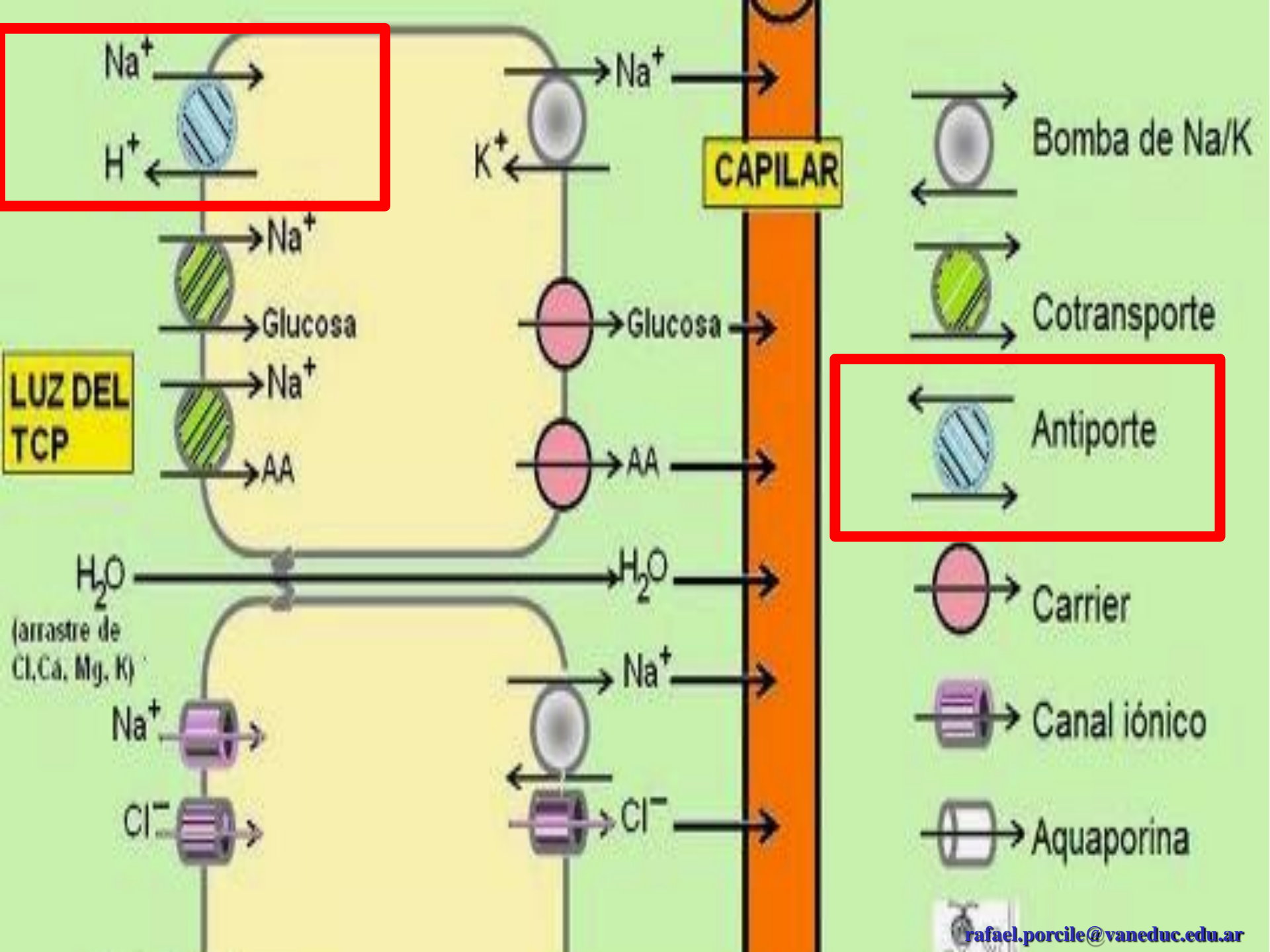
Reabsorption (into blood) of:

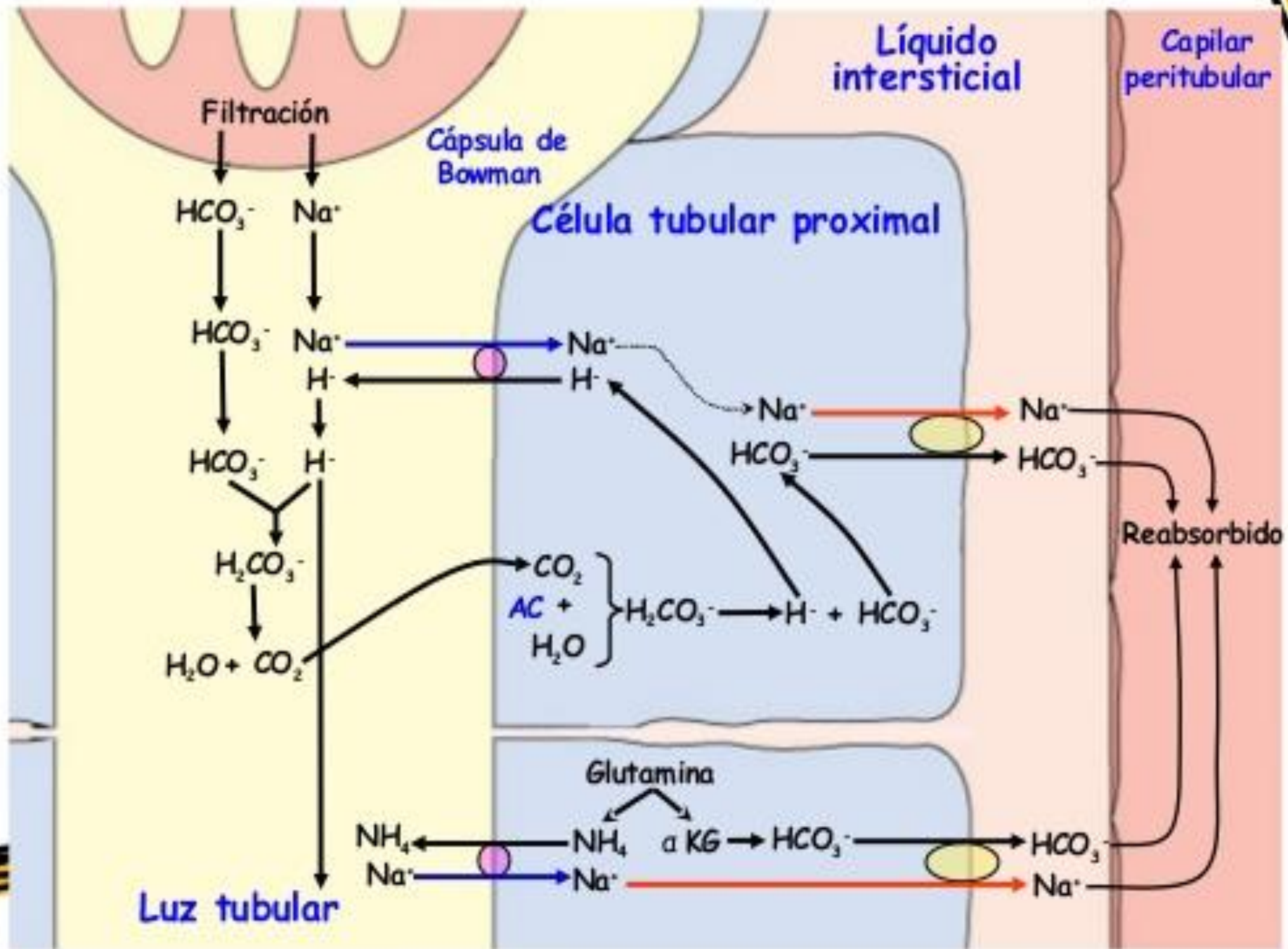
Sites of Diuretic Action in the Nephron.



Sites of Diuretic Action in the Nephron.

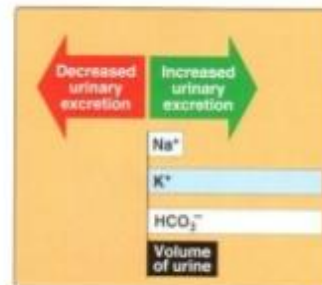
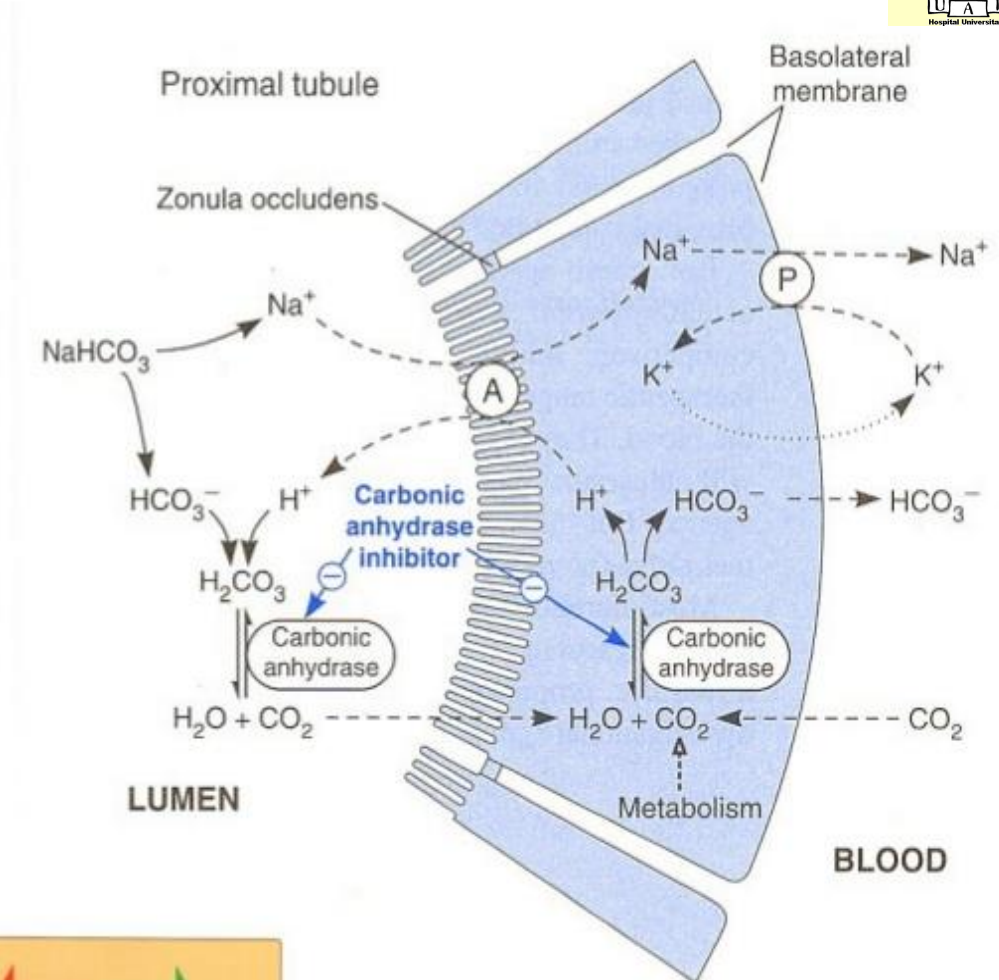






Anhidrasa Carbónica:

- Anhidrasa carbónica: cataliza la reacción:
- CO_2 y $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+$ y HCO_3^-
- deshidratar al H_2CO_3
- Reabsorción de HCO_3^- (bicarbonato)



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

LOOP OF HENLE

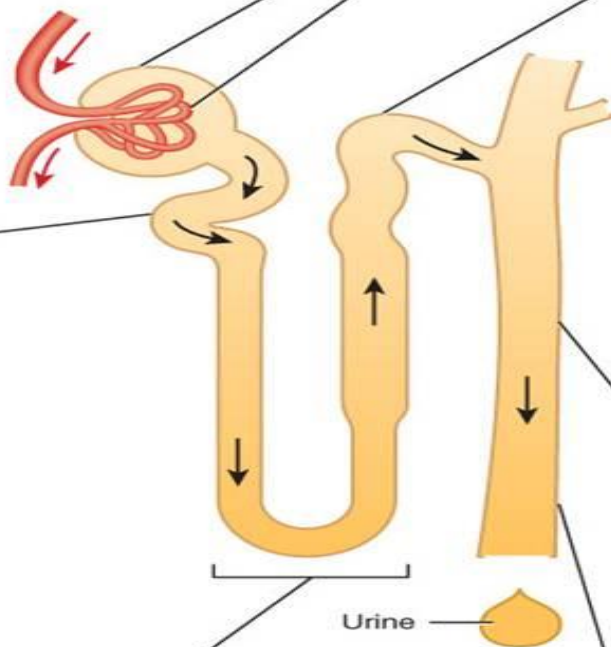
Reabsorption (into blood) of:

Water	15% (osmosis in descending limb)
Na ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
K ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
Cl ⁻	35% (symporters in ascending limb)
HCO ₃ ⁻	10–20% (facilitated diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

Urea	variable (recycling from collecting duct)
------	-------------------------------------------

At end of loop of Henle, tubular fluid is hypotonic (100–150 mOsm/liter).



RENAL CORPUSCLE

Glomerular filtration rate:

105–125 mL/min of fluid that is isotonic to blood

Filtered substances: water and all solutes present in blood (except proteins) including ions, glucose, amino acids, creatinine, uric acid

DISTAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of:

Water	10–15% (osmosis)
Na ⁺	5% (symporters)
Cl ⁻	5% (symporters)
Ca ²⁺	variable (stimulated by parathyroid hormone)

PRINCIPAL CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

Water	5–9% (insertion of water channels stimulated by ADH)
Na ⁺	1–4% (sodium-potassium pumps)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

K ⁺	variable amount to adjust for dietary intake (leakage channels)
----------------	-----------------------------------------------------------------

Tubular fluid leaving the collecting duct is dilute when ADH level is low and concentrated when ADH level is high.

INTERCALATED CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

HCO ₃ ⁻ (new)	variable amount, depends on H ⁺ secretion (antiporters)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable amounts to maintain acid-base homeostasis (H ⁺ pumps)
----------------	---------------------------------------------------------------------------

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water 65% (osmosis)
 Na⁺ 65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)

K⁺ 65% (diffusion)
 Glucose 100% (symporters and facilitated diffusion)

Amino acids 100% (symporters and facilitated diffusion)

Cl⁻ 50% (diffusion)

HCO₃⁻ 80–90% (facilitated diffusion)

Urea 50% (diffusion)

Ca²⁺, Mg²⁺ variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

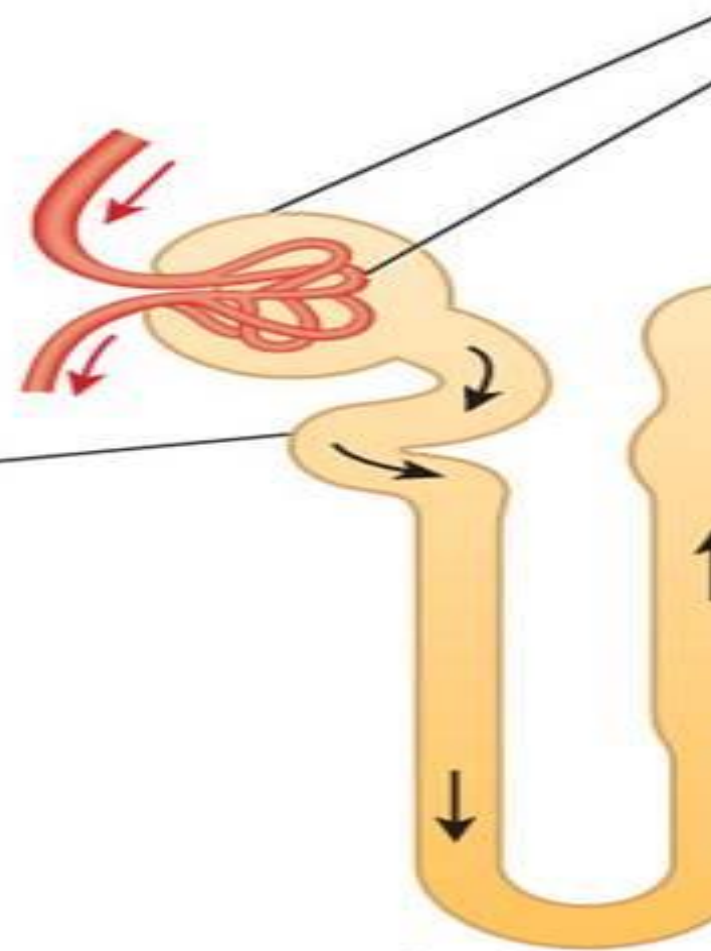
H⁺ variable (antiporters)

NH₄⁺ variable, increases in acidosis (antiporters)

Urea variable (diffusion)

Creatinine small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

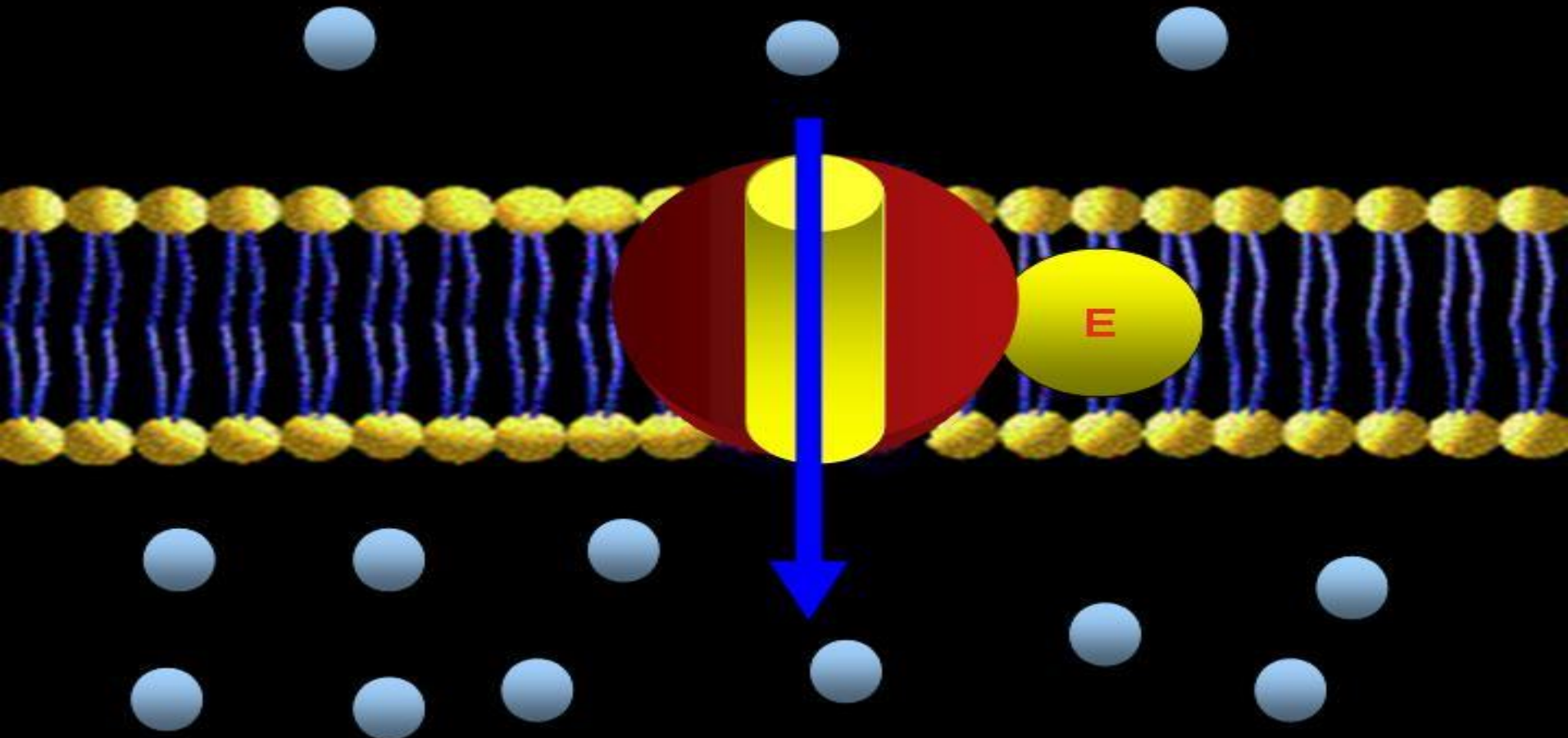


LOOP OF HENLE

Reabsorption (into blood) of:

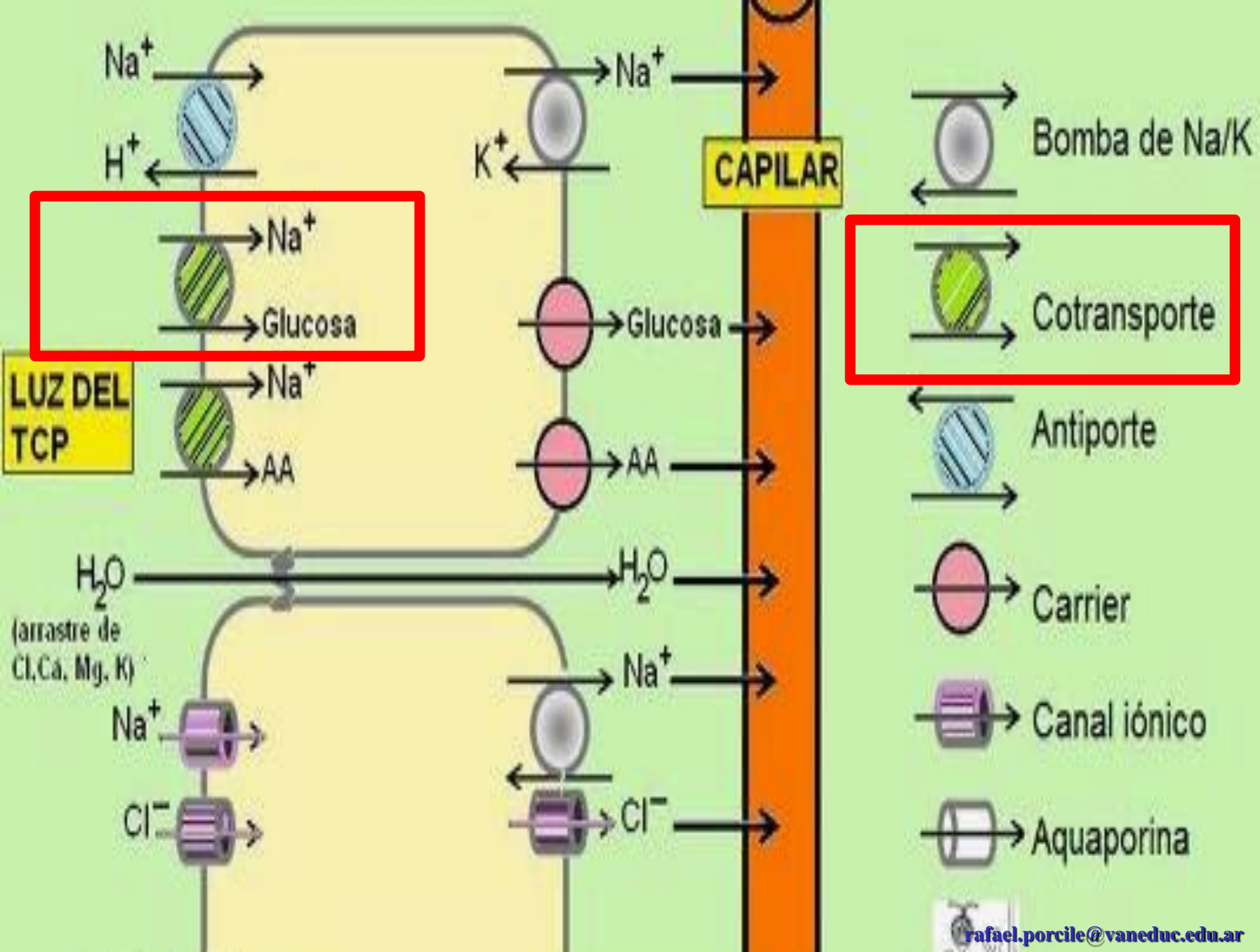
REABSORCION DE GLUCOSA

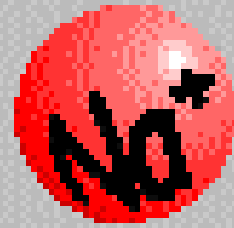
Transporte activo (E: energía)



Difusión facilitada

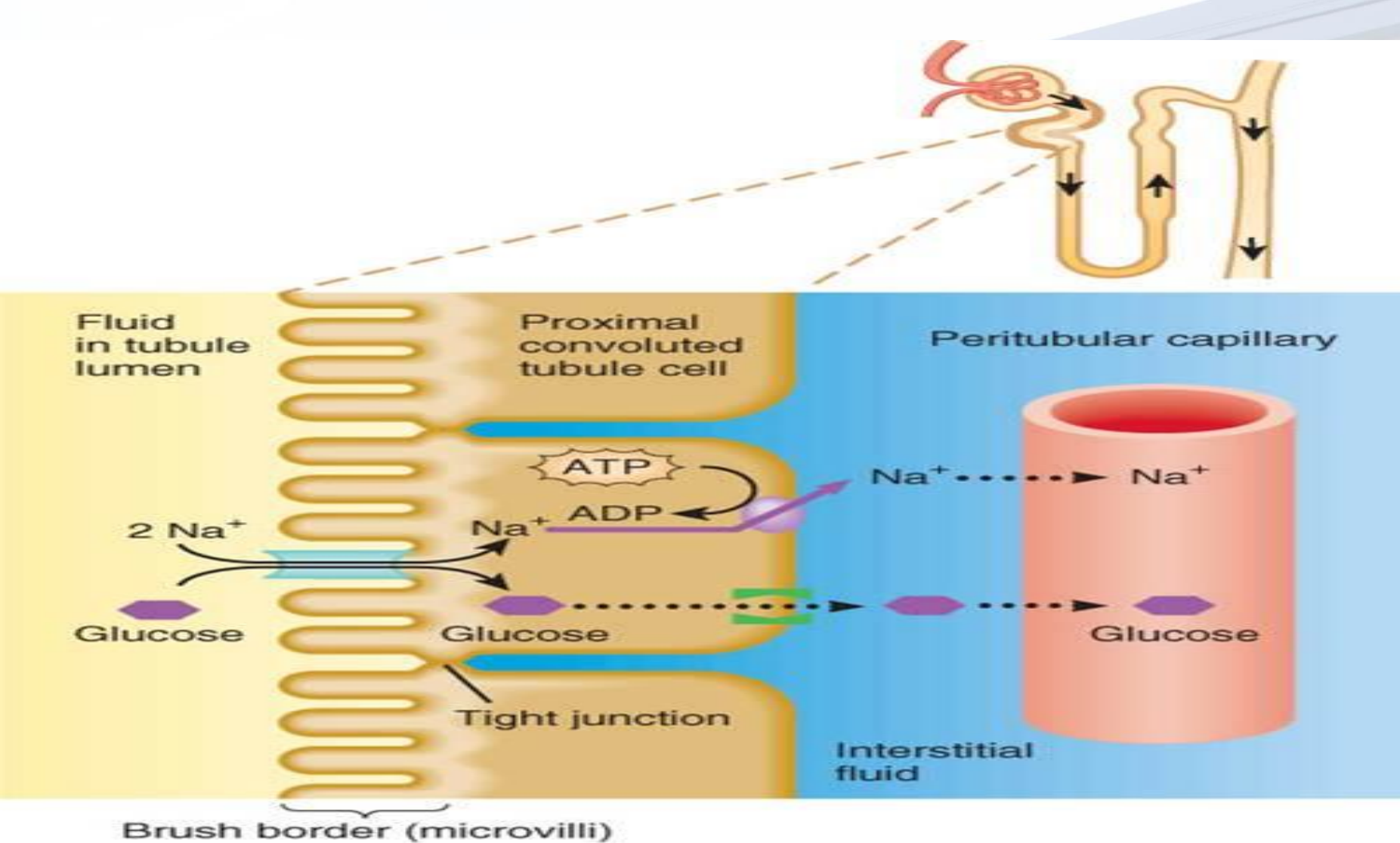
- **1) generación gasto de energía una mayor concentración intracelular**
- **2) la glucosa sale de la célula por gradiente**









extracelular

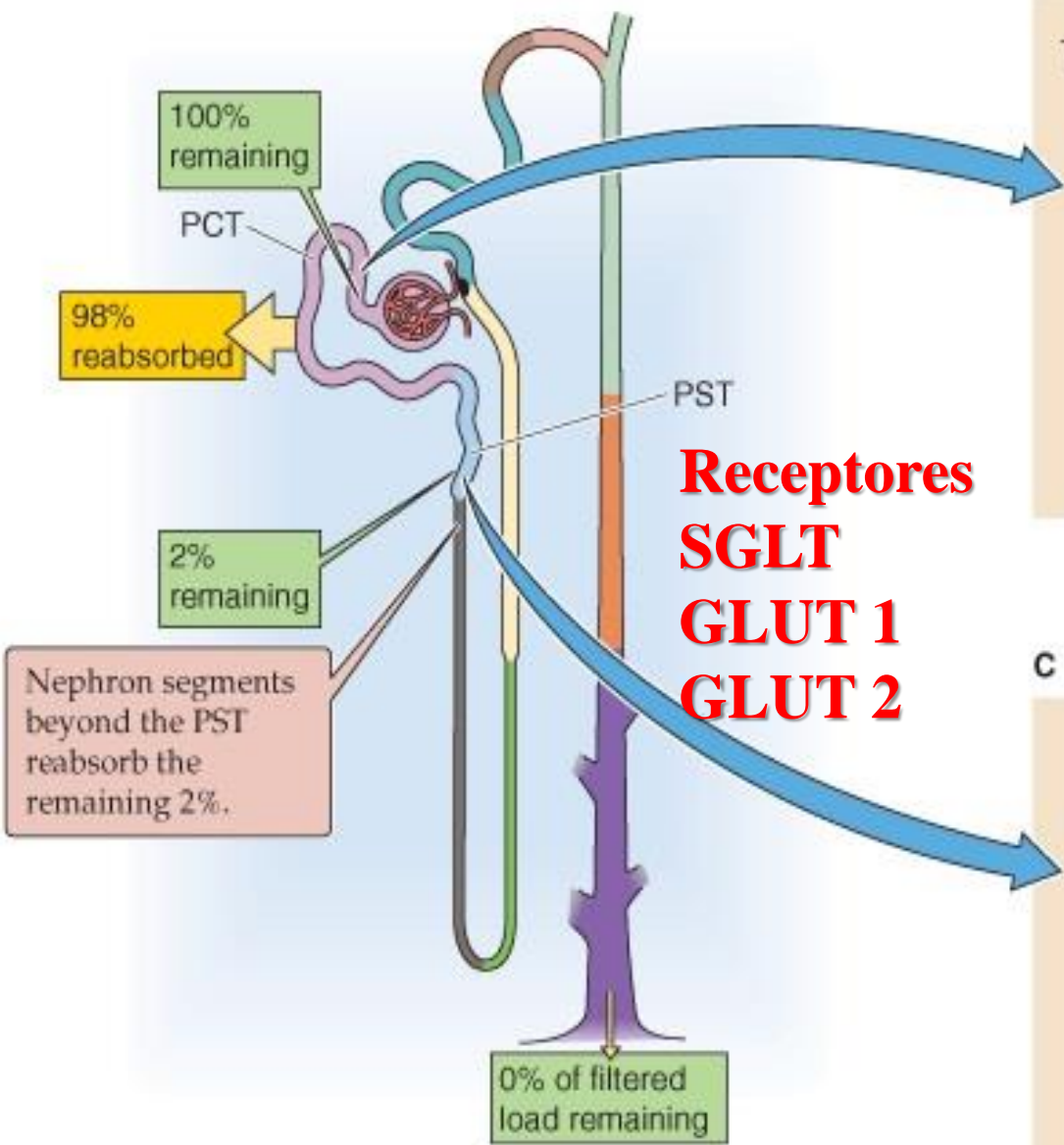
intra-
celular



Key:

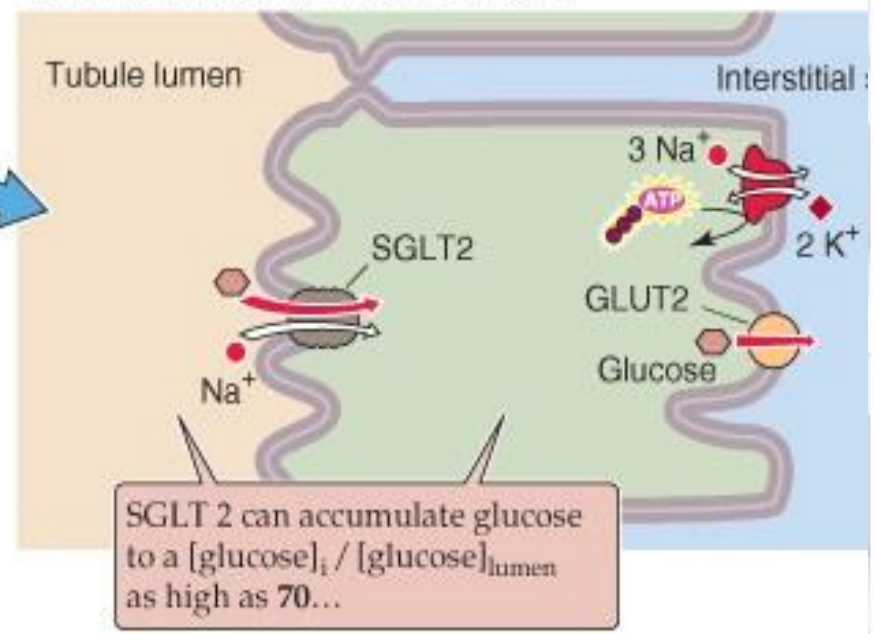
-  Na^+ -glucose symporter
-  Glucose facilitated diffusion transporter
-  Diffusion
-  Sodium-potassium pump

A HANDLING OF GLUCOSE ALONG NEPHRON

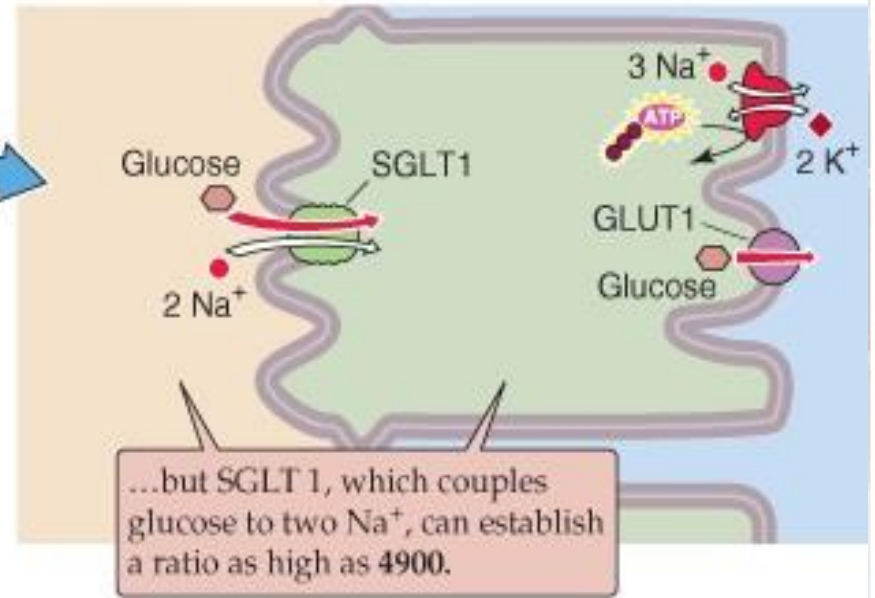


**Receptores
SGLT
GLUT 1
GLUT 2**

B EARLY PROXIMAL TUBULE (S1)



C LATE PROXIMAL TUBULE (S3)



Transporte máximo tubular

- Las sustancias con difusión facilitada y transporte activo, dependen de un mecanismo de naturaleza saturable y su velocidad máxima de reabsorción o secreción se denomina **transporte máximo** para esa sustancia.

El valor de T_{mg} es de 320 mg/min e indica el máximo de glucosa que puede transportar el sistema., equivalente a una concentración plasmática de 180 mg/dL, (Umbral renal) a partir de la cual comienzan a aparecer cantidades significativas de glucosa en orina.

TM GLUCOSA

180 MG X

100 ML

La carga tubular condición
diuresis osmótica



διαβήτης

διαβήτης

Diabeteses que significa correr a través.

Compuesto de

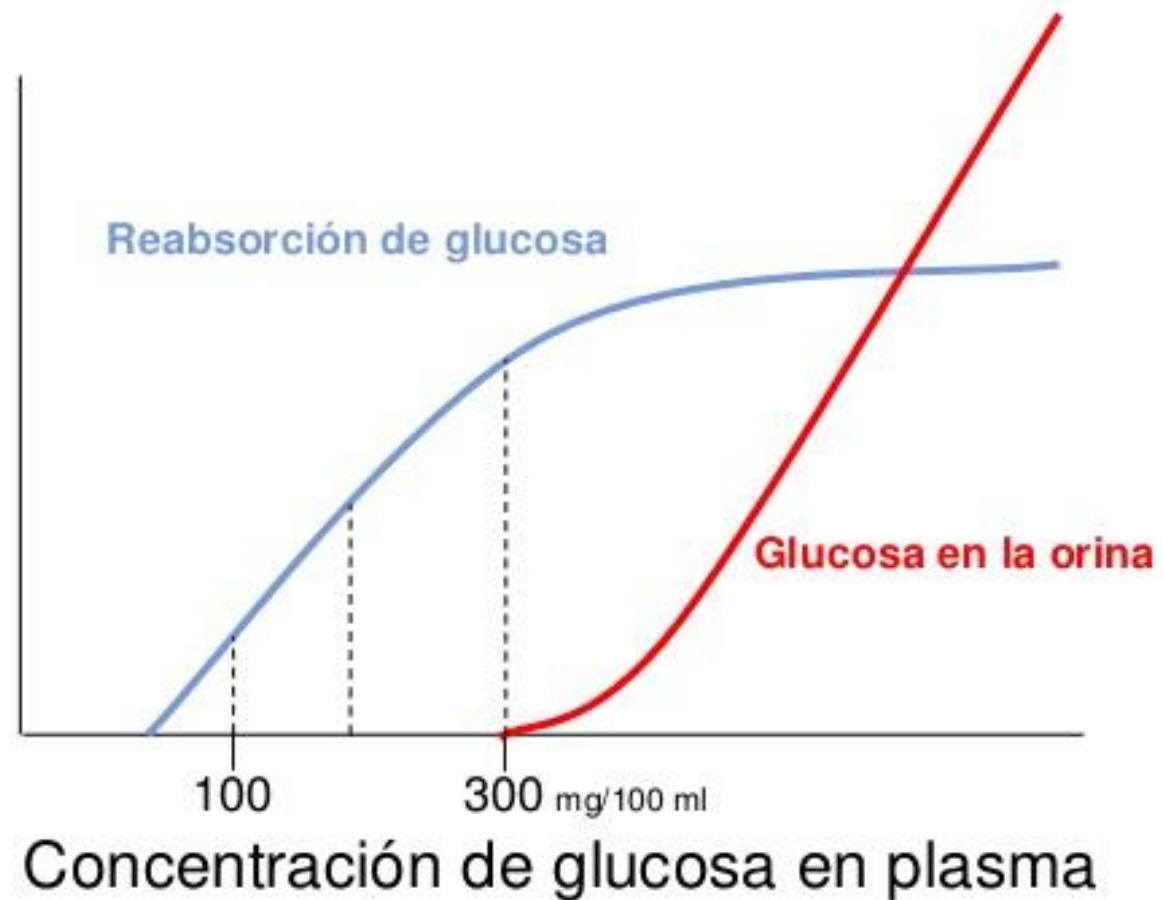
δια (dia-): a traves; y

βήτης (bãtes): correr; derivado de

διαβαίνειν (diabaãnein): atravesar.

*Hace referencia al paso rápido del agua,
debido a la sed y orina frecuentes*

Umbral es la concentración plasmática de glucosa por encima de la cual aparece glucosuria



Mellitus: de miel

Sabor... a miel

Orina dulce



DIABETES MELLITUS

Healthy



Type 1



Type 2

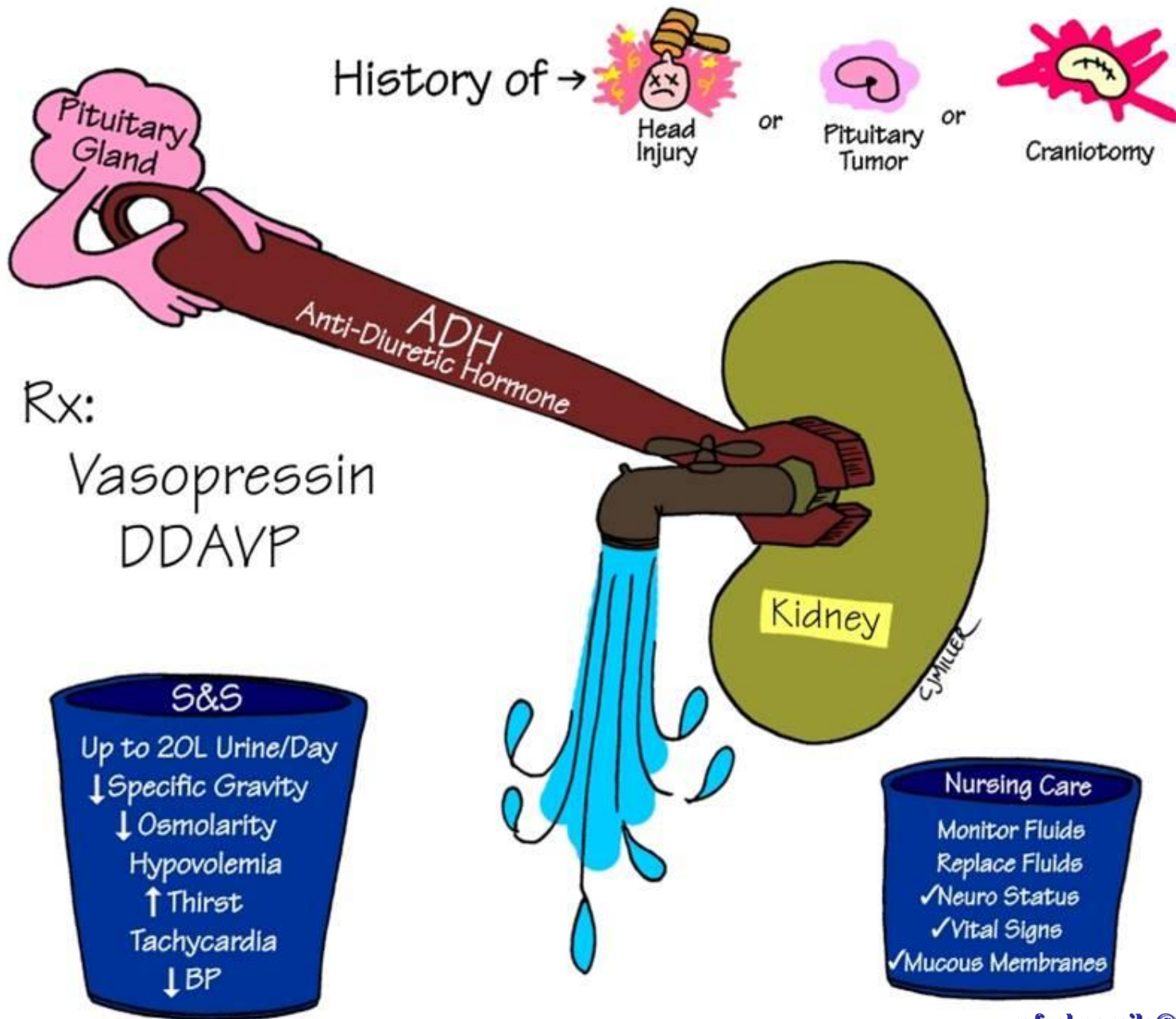




Insípida

**Orina sin
sabor...**

DIABETES INSIPIDUS



PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

LOOP OF HENLE

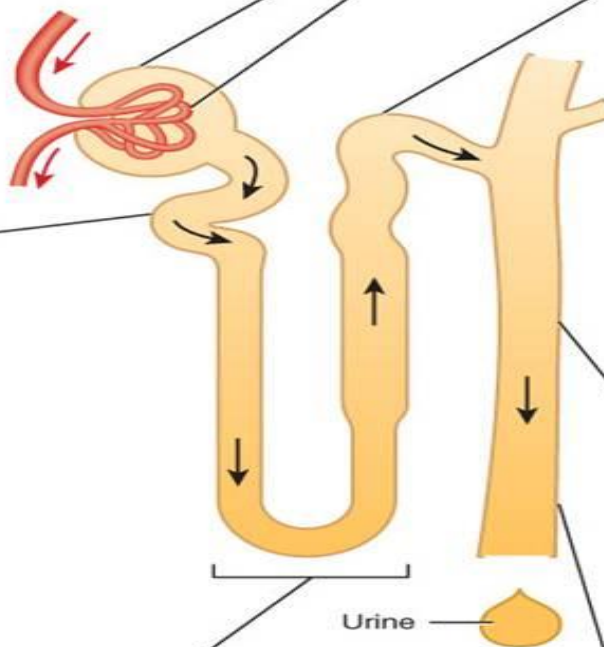
Reabsorption (into blood) of:

Water	15% (osmosis in descending limb)
Na ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
K ⁺	20–30% (symporters in ascending limb)
Cl ⁻	35% (symporters in ascending limb)
HCO ₃ ⁻	10–20% (facilitated diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

Urea	variable (recycling from collecting duct)
------	-------------------------------------------

At end of loop of Henle, tubular fluid is hypotonic (100–150 mOsm/liter).



RENAL CORPUSCLE

Glomerular filtration rate:

105–125 mL/min of fluid that is isotonic to blood

Filtered substances: water and all solutes present in blood (except proteins) including ions, glucose, amino acids, creatinine, uric acid

DISTAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of:

Water	10–15% (osmosis)
Na ⁺	5% (symporters)
Cl ⁻	5% (symporters)
Ca ²⁺	variable (stimulated by parathyroid hormone)

PRINCIPAL CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

Water	5–9% (insertion of water channels stimulated by ADH)
Na ⁺	1–4% (sodium-potassium pumps)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

K ⁺	variable amount to adjust for dietary intake (leakage channels)
----------------	-----------------------------------------------------------------

Tubular fluid leaving the collecting duct is dilute when ADH level is low and concentrated when ADH level is high.

INTERCALATED CELLS IN LATE DISTAL TUBULE AND COLLECTING DUCT

Reabsorption (into blood) of:

HCO ₃ ⁻ (new)	variable amount, depends on H ⁺ secretion (antiporters)
Urea	variable (recycling to loop of Henle)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable amounts to maintain acid-base homeostasis (H ⁺ pumps)
----------------	---------------------------------------------------------------------------

PROXIMAL CONVOLUTED TUBULE

Reabsorption (into blood) of filtered:

Water	65% (osmosis)
Na ⁺	65% (sodium-potassium pumps, symporters, antiporters)
K ⁺	65% (diffusion)
Glucose	100% (symporters and facilitated diffusion)
Amino acids	100% (symporters and facilitated diffusion)
Cl ⁻	50% (diffusion)
HCO ₃ ⁻	80–90% (facilitated diffusion)
Urea	50% (diffusion)
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	variable (diffusion)

Secretion (into urine) of:

H ⁺	variable (antiporters)
NH ₄ ⁺	variable, increases in acidosis (antiporters)
Urea	variable (diffusion)
Creatinine	small amount

At end of PCT, tubular fluid is still isotonic to blood (300 mOsm/liter).

La Secreción Tubular



LOOP OF HENLE

Reabsorption (into blood) of:

Paratirohormona y Túbulo contorneado proximal

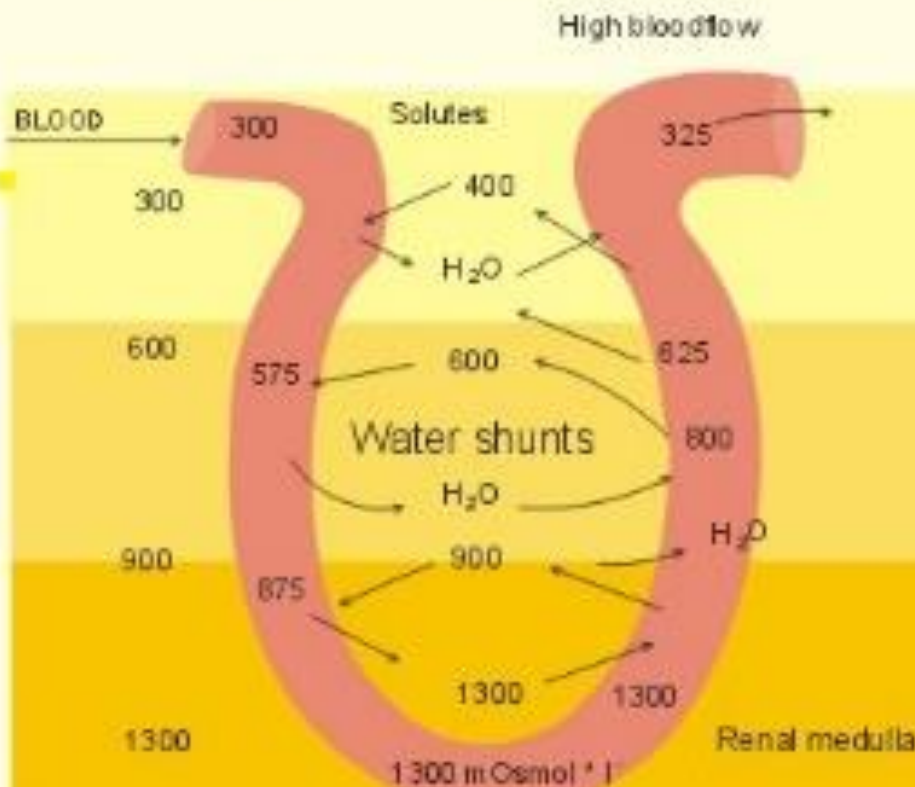


PARATHORMONA

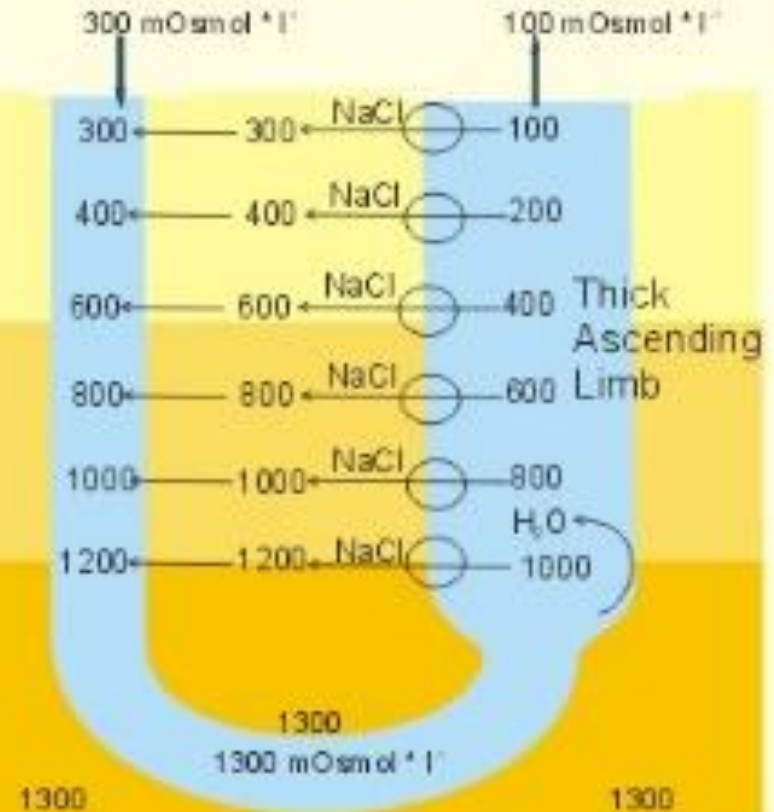
- **Aumenta la reabsorción de Ca^{2+} en tubulo contorneado proximal**
- **Aumenta la resorción ósea**
- **Aumenta la excreción de fósforo**
- **Aumenta la actividad de la 1α hidroxilasa**

Osmolaridad sanguínea al final del TCP

A: Vasa Recta With Passive Counter-current Exchange:



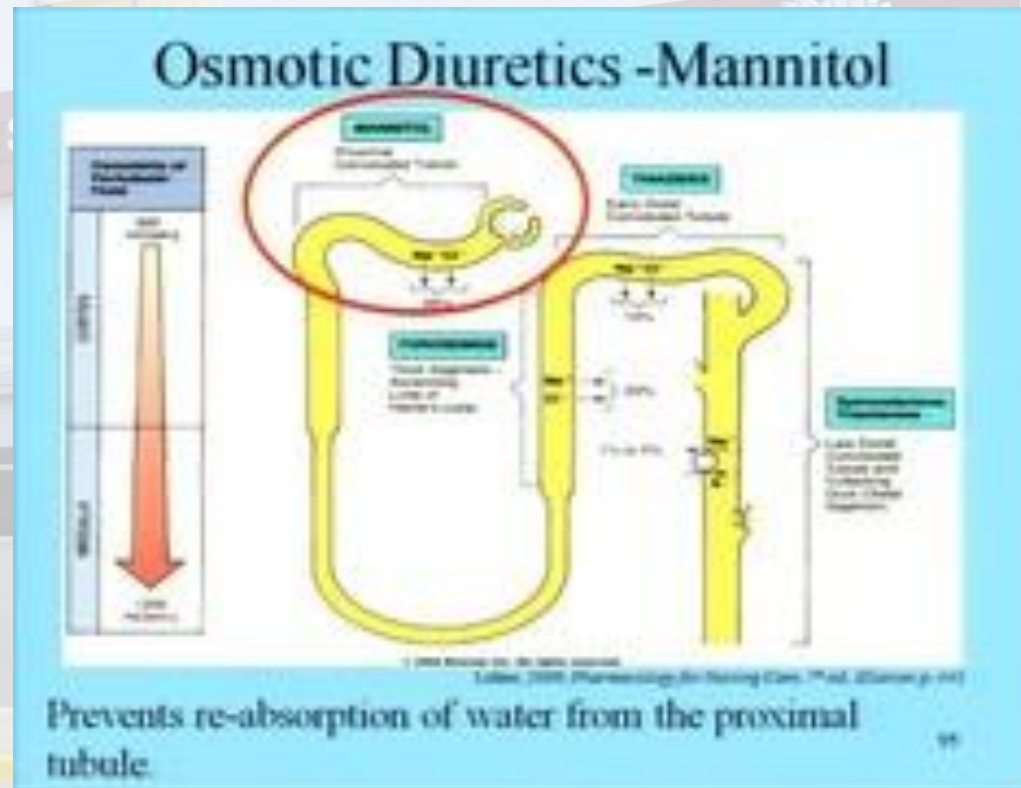
B: Counter-current Multiplier In The Loop Of Henle





COMO CONDICIONAR TERAPEUTICAMENTE EL TUBULO CONTORNEADO PROXIMAL

Diuréticos osmóticos



Diuréticos Osmóticos: *Manitol*

- Sustancia farmacológicamente inerte, sin embargo es una partícula no electrolítica osmóticamente activa, efecto que aumenta el volumen vascular transitoriamente y estimula la diuresis
 - ∇ ⇒ diuresis al filtrarse a través del glomérulo
- ↓ reabsorción pasiva de agua
- ↓ reabsorción de Na^+
- Administración intravenosa

Usos:

- Edema cerebral
- Hipertensión intracraneana (HIC)
- Tx hipertensión intraocular
- RAF: Expansión transitoria del volumen extracelular, hiponatremia, cefalea, náusea, vómito

Edema cerebral

INDICACIONES

- Evaluación diagnóstica de oliguria aguda.
- Prevención de fallo renal agudo.
- Excrección de toxinas.
- Reducción de presión intracraneal o intraocular.
- Disminución de nefrotoxicidad de cisplatino

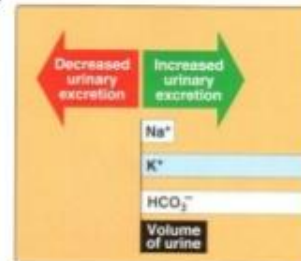
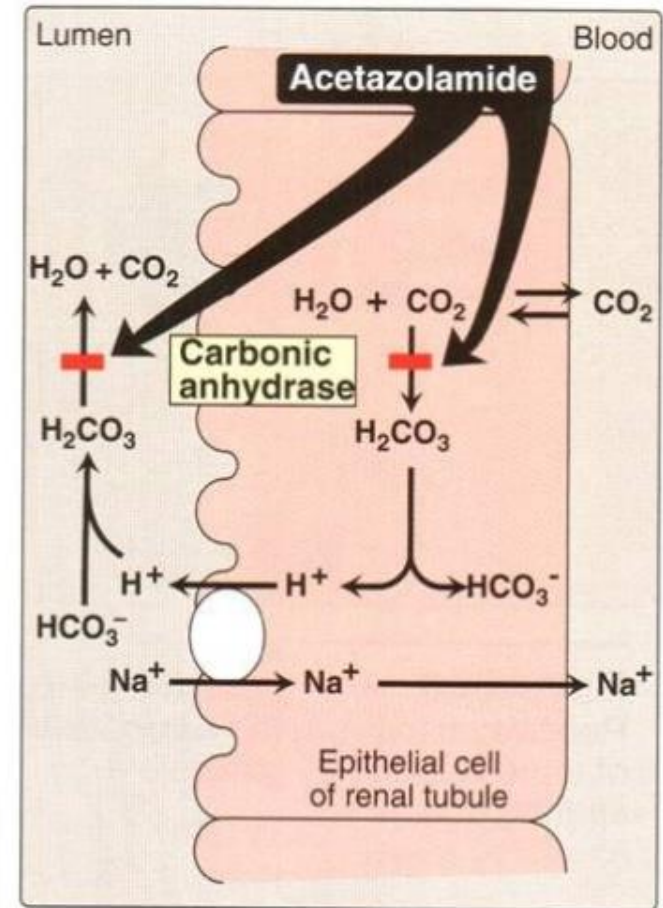


COMO CONDICIONAR TERAPEUTICAMENTE EL TUBULO CONTORNEADO PROXIMAL



Inhibidores de Anhidrasa Carbónica: Acetazolamida.

- Disminuyen la habilidad de intercambiar Na^+ por H^+ \rightarrow diuresis leve.
- Impide la reabsorción de bicarbonato (HCO_3^-)
- Retención de bicarbonato en el lumen: \uparrow pH urinario
- La pérdida de bicarbonato induce acidosis metabólica
- Efecto diurético muy limitado



- Edema por insuficiencia cardiaca congestiva
- Edema de origen medicamentoso
- Cuadros de retención hidrosalina
- Glaucoma de ángulo abierto
- Glaucoma cónico simple
- Glaucoma secundario

**BE AWARE OF THESE HIGH
ALTITUDE HAZARDS:
ALTITUDE SICKNESS**

REGARDLESS OF FITNESS
LEVEL, "LIGHTEADEDNESS"
AND DISORIENTATION OFTEN
OCCUR AT THIS ELEVATION.
YOU MAY FAINT OR UNDER-
ESTIMATE OTHER DANGERS.
IF YOU EXPERIENCE ANY OF
THESE SYMPTOMS AVOID
PHYSICAL EXERTION AND
BREATHING TOO SLOW AND
TOO SHALLOW. EXERCISING
CAUTION RETURN TO A
LOWER ELEVATION. IF
SYMPTOMS DO NOT SUBSIDE,
SEEK MEDICAL ASSISTANCE.

LIGHTNING

IF A STORM APPROACHES,
TAKE SHELTER IMMEDIATELY
OR CROUCH LOW WITH ONLY
YOUR FEET IN
CONTACT WITH THE GROUND.
ONE OF THE SAFEST PLACES
IS INSIDE A VEHICLE.

HYPOTHERMIA

STAY DRY, WEAR A
COAT AND HAT.



Atención Primaria

www.elsevier.es/ap



CARTA AL DIRECTOR

Acetazolamida en los viajes en altitud

Acetazolamide in high altitude trips

Sr. Director:

En los últimos años presenciamos el aumento del llamado «turismo de aventura», lo que nos afecta, puesto que muchas veces acuden pacientes a la consulta y solicitan información sobre los posibles riesgos para el viaje, la preparación del botiquín, etc.

En los viajes a regiones del planeta por encima de los 3.000 m, sobre todo para realizar senderismo o alpinismo, casi todo el mundo experimenta algún síntoma del síndrome del mal agudo de montaña (MAM) con una gran variabilidad interindividual, con más síntomas y más intensos conforme más alto o más rápido subamos. Se ha documentado que la incidencia del MAM es mayor del 43% por encima de los 4.300 m y del 34% por encima de los 3.650 m¹.

Para prevenir el MAM se ha generalizado el uso de acetazolamida^{2,3}, con numerosos estudios pero con limitaciones metodológicas dadas las dificultades para ello. Este tratamiento (que con esta indicación no está aprobado en España) se recomienda por parte de las agencias organizadoras, los guías locales y los servicios públicos de sanidad exterior. También los viajeros llegan a conocer de este por la información que circula de boca en boca y sobre todo a través de Internet. Aunque precisa receta médica en nuestro país, es posible conseguirlo sin prescripción médica en lugares donde la cobertura sanitaria es casi inexistente.

La acetazolamida es un diurético inhibidor de la anhidrasa carbónica y su mecanismo de actuación no es del todo conocido. Parece dificultar el transporte del dióxido de carbono de la célula al interior del alvéolo; la acidosis tisular resultante probablemente es la causante de la estimulación de los quimiorreceptores y del aumento de la frecuencia respiratoria, y previene, a su vez, la respiración de Cheyne-Stockes que se da durante el sueño y la menor hipoxemia secundaria (fenómeno frecuente en el proceso de aclimatación). Este estímulo respiratorio es aumentado por parte de una mayor excreción renal de bicarbonato, que aumenta la acidosis metabólica. Estos procesos son parte de

la aclimatación normal del organismo, pero la acetazolamida los acelera.

Sin embargo, hay que tener en cuenta las limitaciones de los estudios que han llevado a esta recomendación. Estos se han realizado en alturas no mayores de 4.900 m⁴, alguno en alturas mayores pero con una muestra pequeña⁵. Otro de los más importantes tomó como muestra a porteadores nepalíes⁶. Hay que tener en cuenta que estos muchas veces viven a alturas superiores a los 3.000 m y tienen una mejor «adaptabilidad» genéticamente determinada.

Según mi experiencia sobre el terreno, es un medicamento efectivo y seguro usado en casos seleccionados, con frecuentes pero bien tolerados y transitorios efectos secundarios, y que ha evitado, en alguna ocasión, que la vida del paciente corriera peligro ante la dificultad para descender o la imposibilidad de un rápido rescate. Sin embargo, también he comprobado cómo se abusa de este por el intenso deseo de subir, pero también por la falta de información, ya que la mejoría de los síntomas provoca que los montañeros puedan pensar en seguir ascendiendo, lo que aumenta el riesgo de complicaciones del MAM (edema pulmonar y edema cerebral de altitud), con riesgo vital, por tanto, en un medio aislado, salvaje y hostil, muchas veces sin posibilidad de atención sanitaria ni de rescate.

Considero entonces, que es un fármaco que valorar para este tipo de viajes. Se debe informar siempre sobre sus limitaciones, según los estudios realizados, y por supuesto sobre sus contraindicaciones y sus riesgos; insistir en que la forma más segura de aclimatar es una ascensión progresiva y cuidadosa, con una correcta hidratación, e informar, además, sobre los síntomas y los signos del MAM, cómo valorar su gravedad, sus posibles complicaciones y la actuación ante estos.

Bibliografía

- Schoene RB. Illnesses at high altitude. *Chest*. 2008;134:402-16.
- Dumont L, Mardirosoff C, Tramèr MR. Efficacy and harm of pharmacological prevention of acute mountain sickness: Quantitative systematic review. *BMJ*. 2000;321:267-72.
- Van Patot MC, Leadbetter III G, Keyes LE, Maakestad KM, Olson S, Hackett PH. Prophylactic low-dose acetazolamide reduces the incidence and severity of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol*. 2008;9:289-93.

del mal agudo de montaña (MAM) con una gran variabilidad interindividual, con más síntomas y más intensos conforme más alto o más rápido subamos. Se ha documentado que la incidencia del MAM es mayor del 43% por encima de los 4.300 m y del 34% por encima de los 3.650 m¹.

Para prevenir el MAM se ha generalizado el uso de acetazolamida^{2,3}, con numerosos estudios pero con limitaciones metodológicas dadas las dificultades para ello. Este tratamiento (que con esta indicación no está aprobado en España) se recomienda por parte de las agencias organiza-

de sanidad exterior. También los viajeros llegan a conocer de este por la información que circula de boca en boca y sobre todo a través de Internet. Aunque precisa receta médica en nuestro país, es posible conseguirlo sin prescripción médica en lugares donde la cobertura sanitaria es casi inexistente.

La acetazolamida es un diurético inhibidor de la anhidrasa carbónica y su mecanismo de actuación no es del todo conocido. Parece dificultar el transporte del dióxido de carbono de la célula al interior del alvéolo; la acidosis tisular resultante probablemente es la causante de la estimulación de los quimiorreceptores y del aumento de la frecuencia respiratoria, y previene, a su vez, la respiración de Cheyne-Stockes que se da durante el sueño y la menor hipoxemia secundaria (fenómeno frecuente en el proceso de aclimatación). Este estímulo respiratorio es aumentado por parte de una mayor excreción renal de bicarbonato, que aumenta la acidosis metabólica. Estos procesos son parte de

embargo, también he comprobado cómo por el intenso deseo de subir, pero tan de información, ya que la mejoría de los que los montañeros puedan pensar en seguir que aumenta el riesgo de complicaciones del MAM (pulmonar y edema cerebral de altitud), con riesgo vital tanto, en un medio aislado, salvaje y hostil, muchas sin posibilidad de atención sanitaria ni de rescate.

Considero entonces, que es un fármaco que valorar por tipo de viajes. Se debe informar siempre sobre sus limitaciones según los estudios realizados, y por supuesto sobre sus indicaciones y sus riesgos; insistir en que la forma más segura de aclimatar es una ascensión progresiva y cuidadosa, con correcta hidratación, e informar, además, sobre los síntomas y los signos del MAM, cómo valorar su gravedad, sus complicaciones y la actuación ante estos.

Bibliografía

1. Schoene RB. Illnesses at high altitude. *Chest*. 2000;117:402-16.
2. Dumont L, Mardirosoff C, Tramèr MR. Efficacy and pharmacological prevention of acute mountain sickness: a systematic review. *BMJ*. 2000;321:267-72.
3. Van Patot MC, Leadbetter III G, Keyes LE, Maakestad KM, Hackett PH. Prophylactic low-dose acetazolamide reduces incidence and severity of acute mountain sickness. *High Altitude Biol*. 2008;9:289-93.



Gracias por
su atención