

SISTEMA EXCRETOR



FUNCIONES

Regular el equilibrio de agua

Eliminar los residuos tóxicos

Regular el equilibrio de electrolitos

Regular el pH

Intercambio Obligatorio de agua y sales: Ocurre en respuesta a factores físicos sobre los que el animal tiene muy poco o ningún control fisiológico.

Intercambio Regulado: son los controles fisiológicos que sirven para mantener la homeostasis interna. Generalmente sirven para compensar el intercambio obligado.



FACTORES QUE INFLUYEN EN EL INTERCAMBIO OBLIGATORIO

- * **Gradiente osmótico entre el organismo y el ambiente**: > gradiente > tendencia a la difusión neta.
- * **Relación superficie/volumen**: > superficie/volumen > tendencia a la difusión neta.
- * **Permeabilidad del tegumento**: el tegumento es la barrera que se interpone al intercambio con el medio. Su permeabilidad varía según los distintos tipos de animales.
- * **Alimentación**: con los alimentos se obtiene agua y solutos, en exceso o en déficit.
- * **Temperatura, ejercicio y respiración**: el agua es muy importante para eliminar el exceso de calor corporal, regulando así la temperatura. En los animales terrestres este control compromete la regulación osmótica, al igual que la respiración aérea y el ejercicio.
- * **Factores metabólicos**: el CO_2 y los productos nitrogenados como NH_3 y la urea provocan trastornos osmóticos debido a que se necesita agua para su eliminación.

OSMORREGULADORES- son los animales que mantienen una osmolaridad interna diferente de la del medio en el que viven.

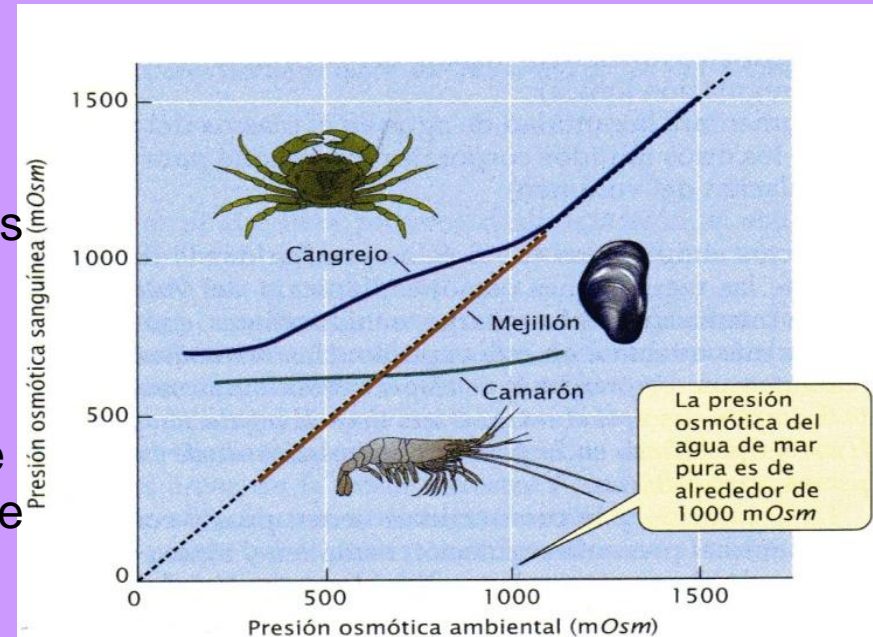
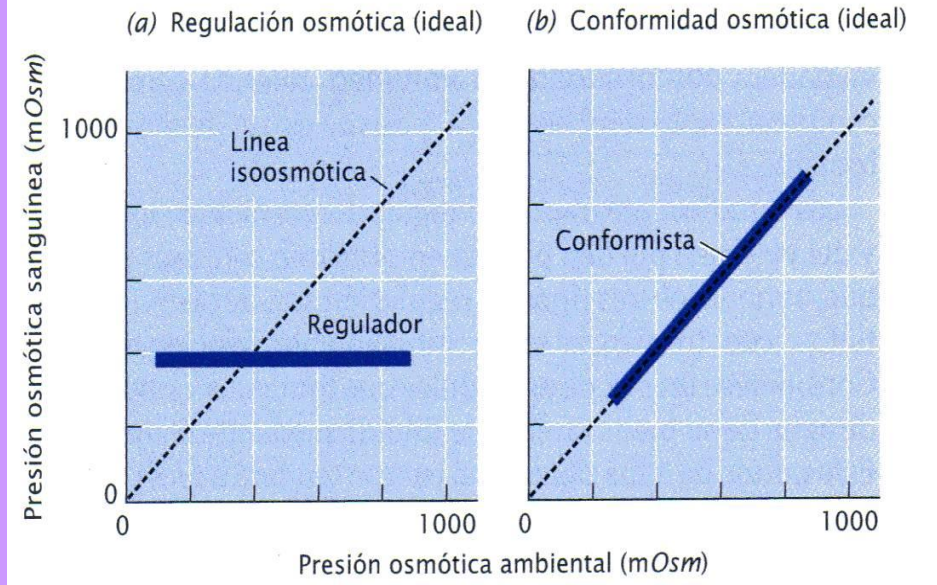
Mayoría de los vertebrados.

OSMOCONFORMADORES- son los animales que se conforman con la osmolaridad del medio en que viven.

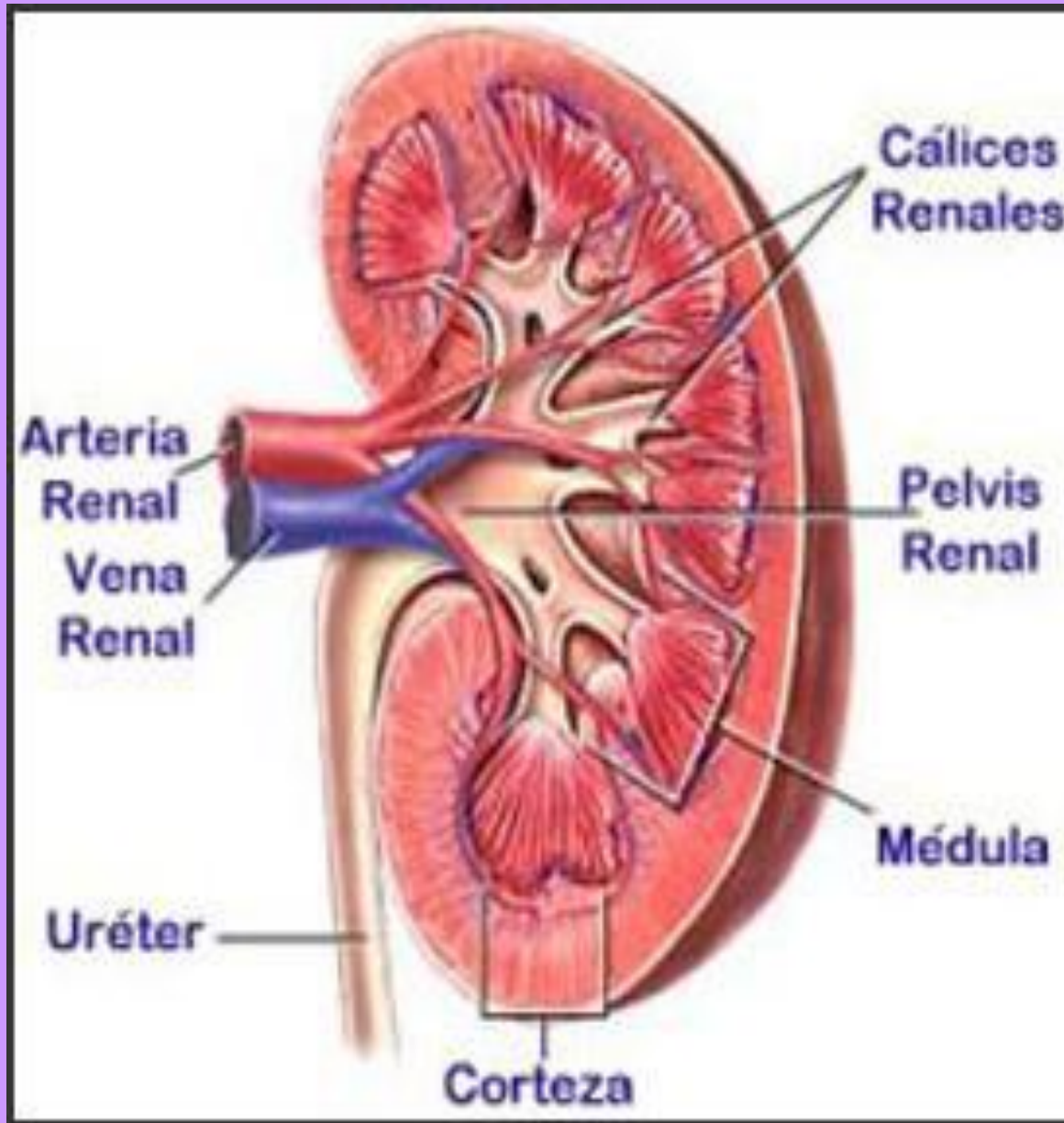
No controlan activamente la osmolaridad de sus líquidos corporales. Poseen un alto grado de tolerancia osmótica celular. Esto puede lograrse produciendo osmolitos orgánicos celulares.

Osmorreguladores estrictos: son aquellos animales que mantienen la composición de sus líquidos corporales dentro de un rango osmótico estrecho.

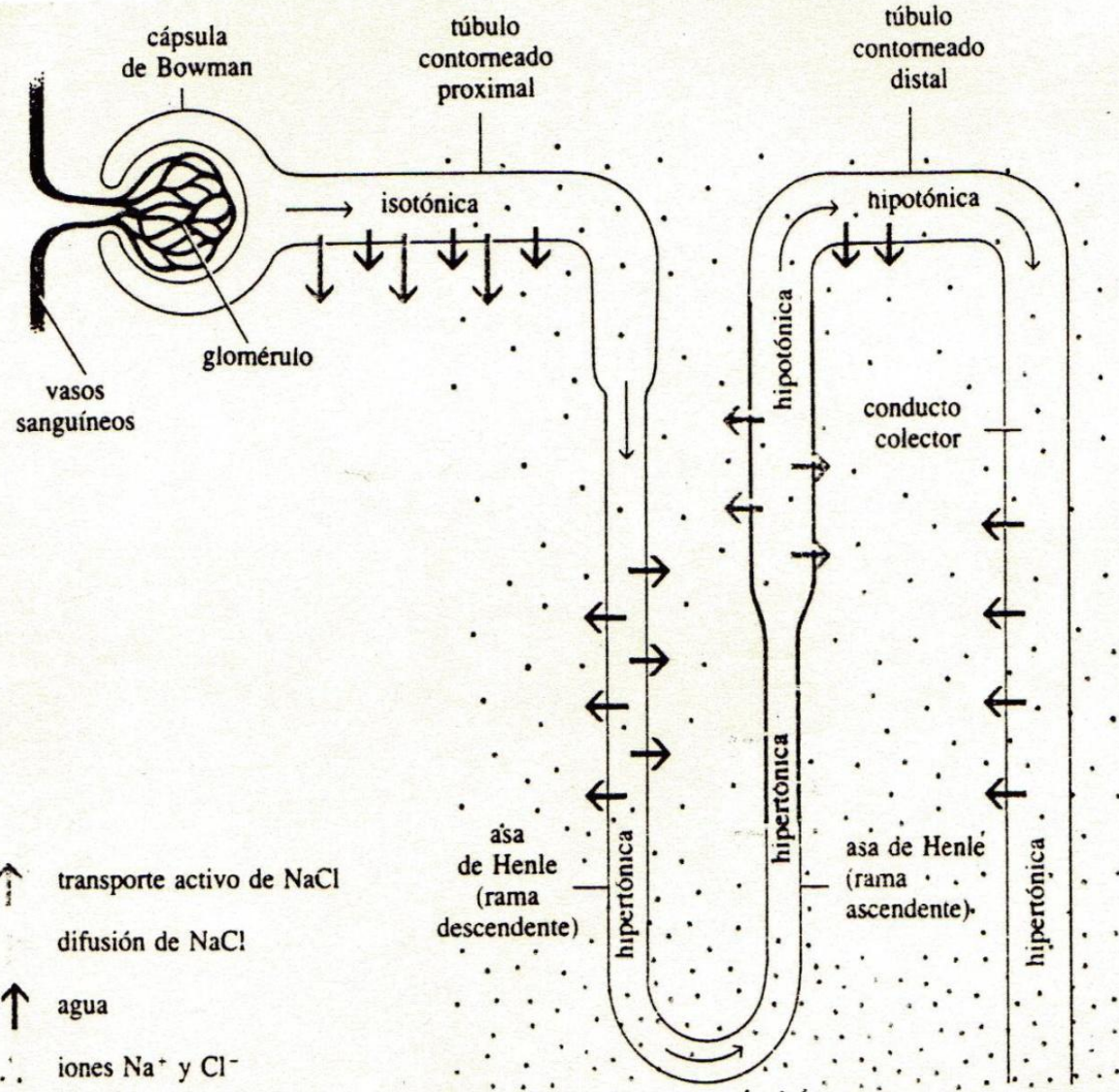
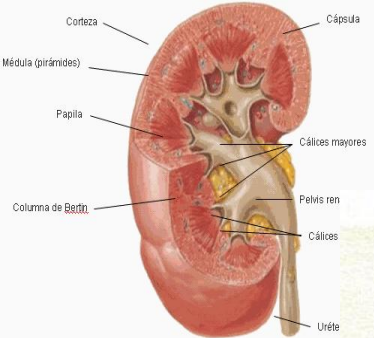
Osmorreguladores limitados: son aquellos que regulan la osmolaridad corporal en un rango de osmolaridad del medio limitado.

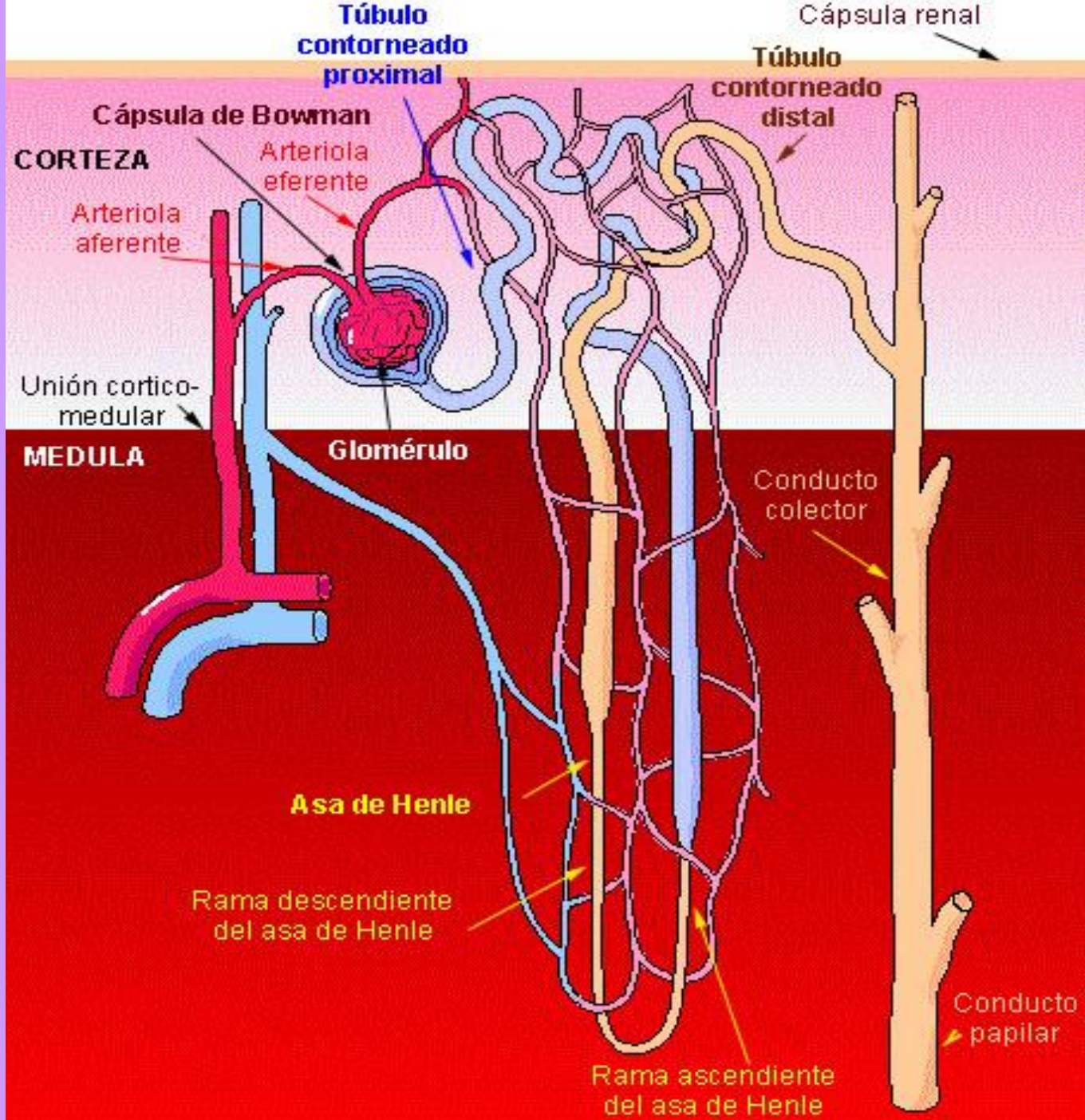


Sistema Renal



Sistema Renal



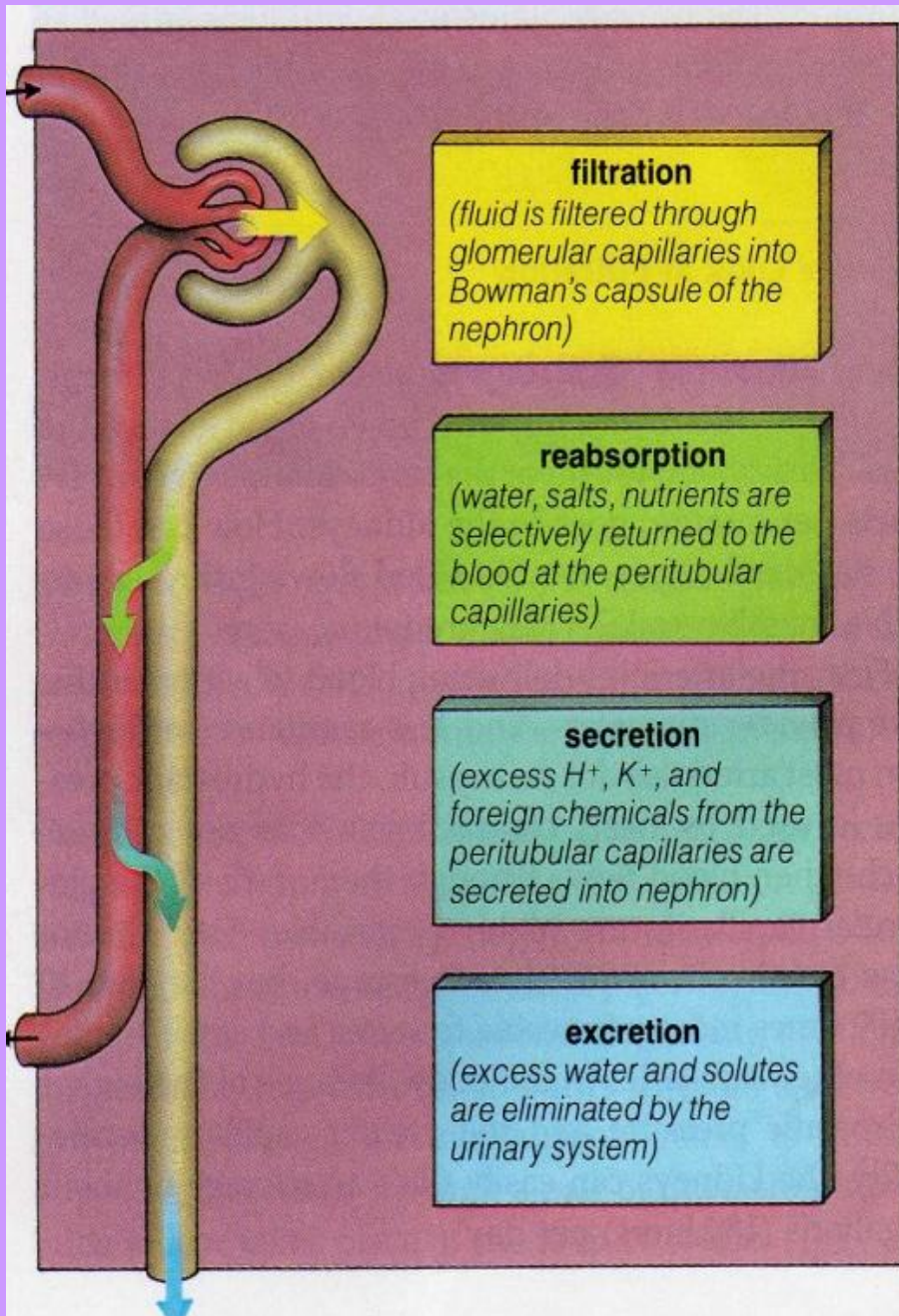


FORMACION DE ORINA

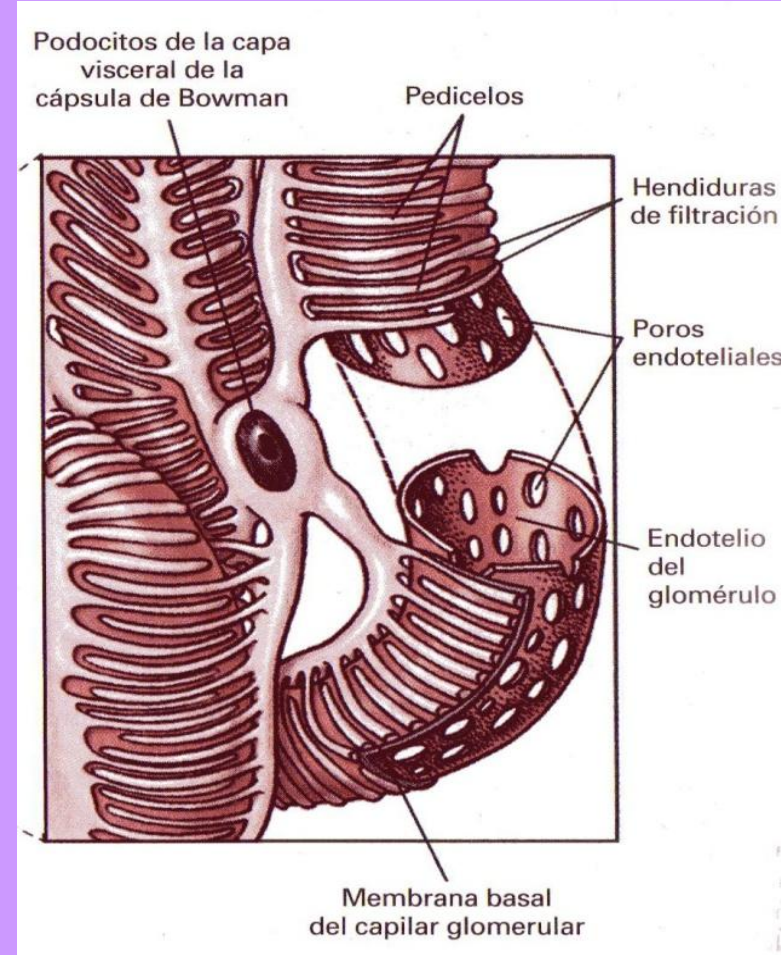
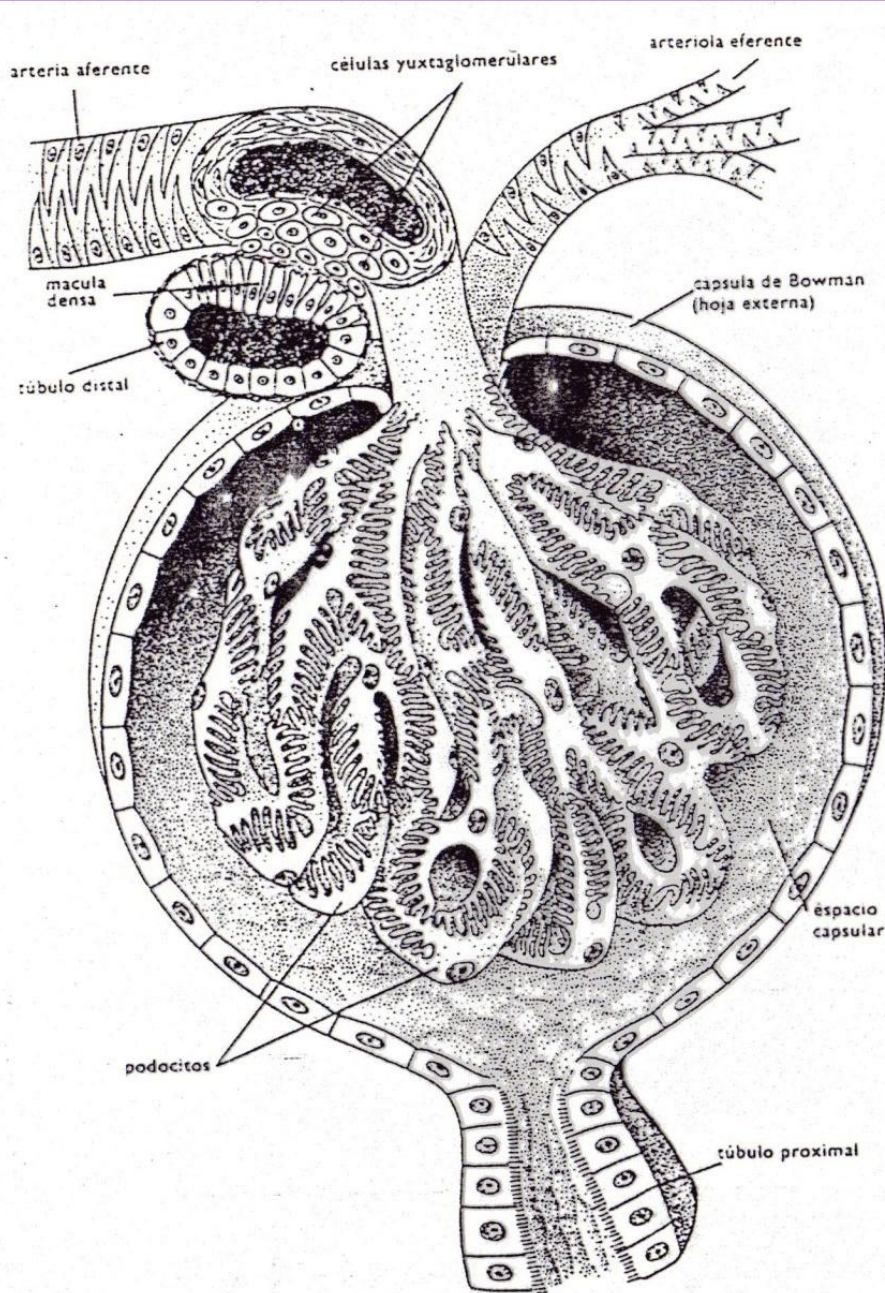
FILTRACION GLOMERULAR- de agua y solutos

REABSORCION TUBULAR- de agua y solutos

SECRECION TUBULAR- de sustancias toxicas, medicamentos y selectivo de algunos solutos

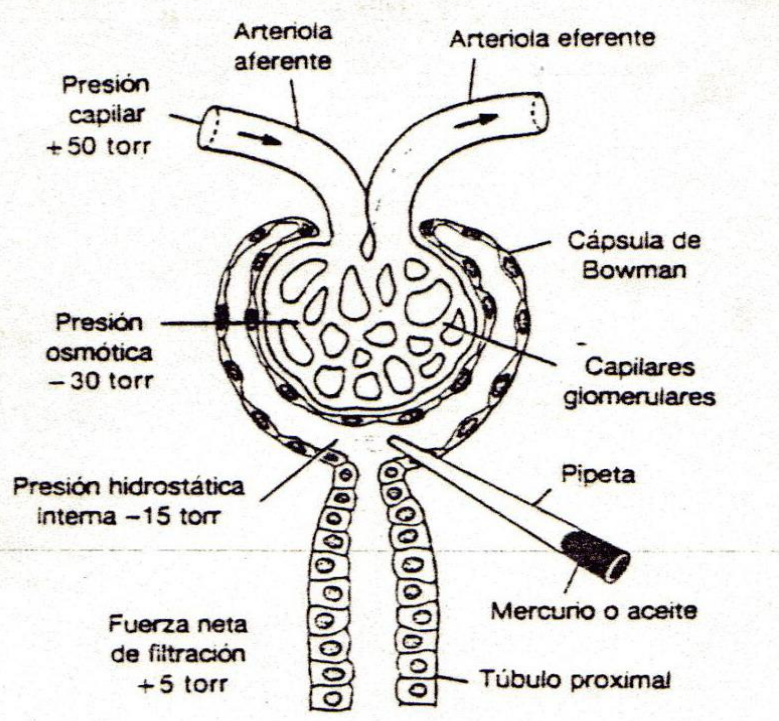


FILTRACION GLOMERULAR



La tasa de filtración glomerular en el riñón humano es de $125 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$.

Por día se filtran cerca de 200 L



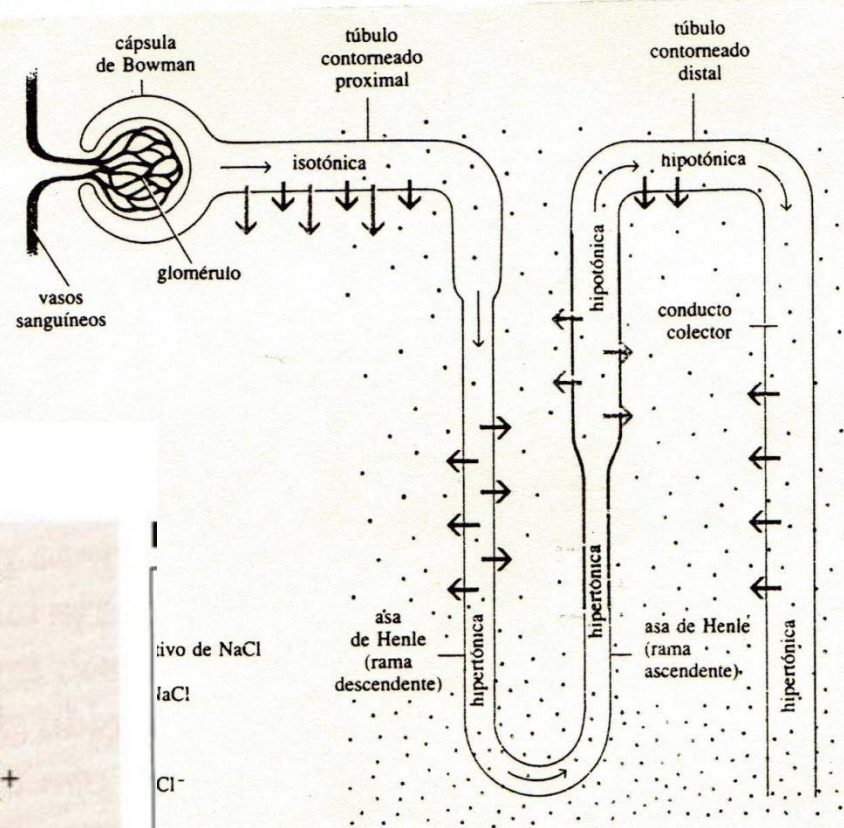
P capilar glomerular 55 mmHg
 P capsula Bowman 15 mmHg
P hidrostática neta 40 mmHg
 P oncótica 30 mmHg
P de filtración 10 mmHg

Sustancia	Peso mol	Radio μ	Filtrado/plasma
Agua	18	0,11	1
Urea	6	0,16	1
Glucosa	180	0,36	1
Sacarosa	342	0,44	1
Insulina	5500	1,48	0,98
Mioglobina	17000	1,95	0,75
Albumina huevo	43500	2,85	0,22
Hemoglobina	68000	3,25	0,03
Albumina serica	69000	3,55	0,01

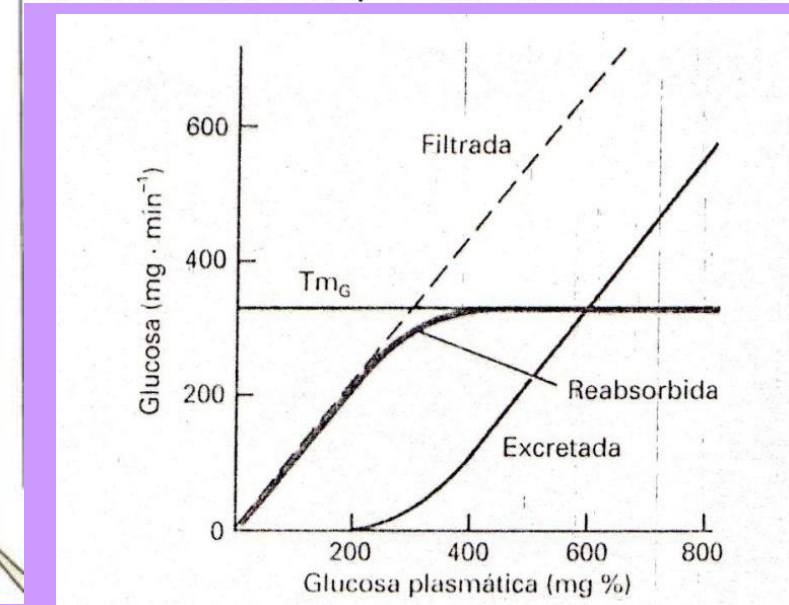
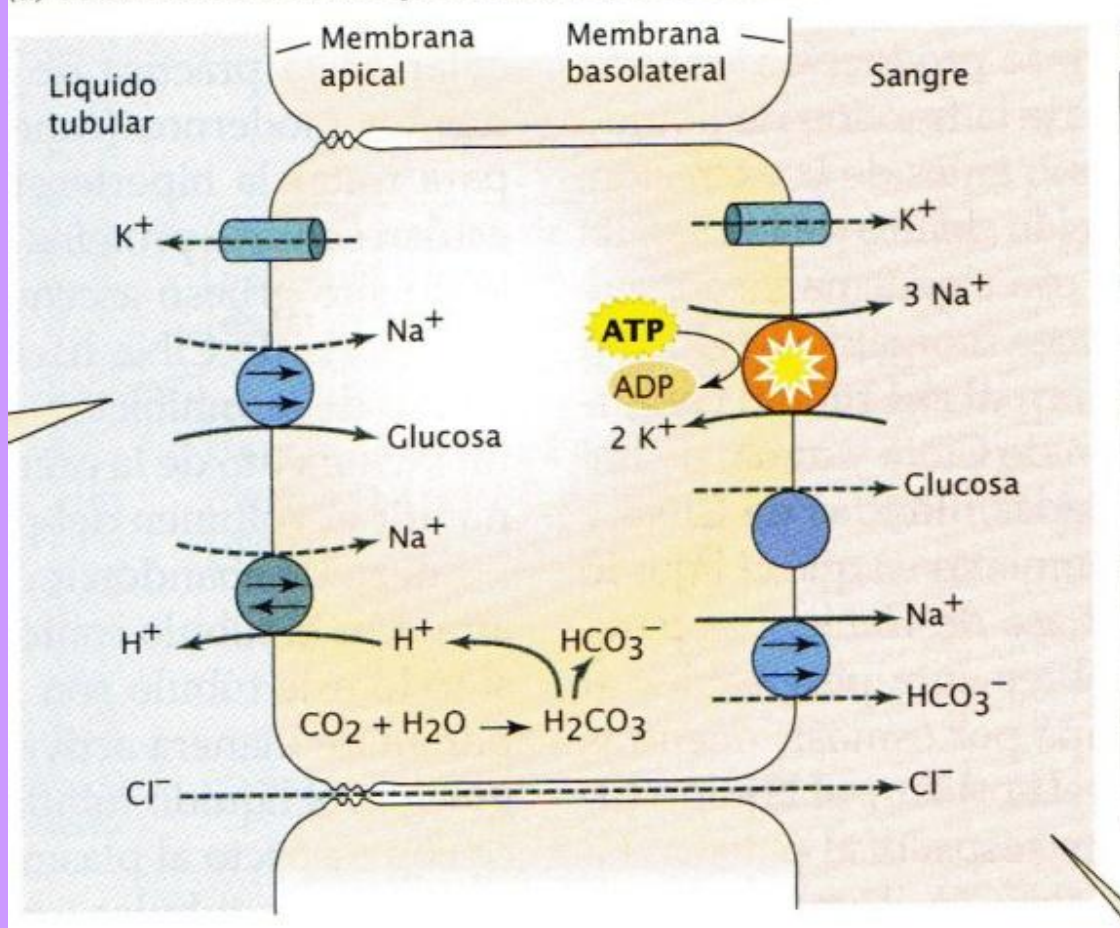
REABSORCION TUBULAR

Tubulo Contorneado Proximal:

captacion activa del 70% de Na^+ , pasiva Cl^- , 50% K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} y 60% de agua, aa y glucosa 100%, 85-90% de CO_3H^- , ac. úrico y albúmina.



(a) Túbulo contorneado proximal, porción anterior



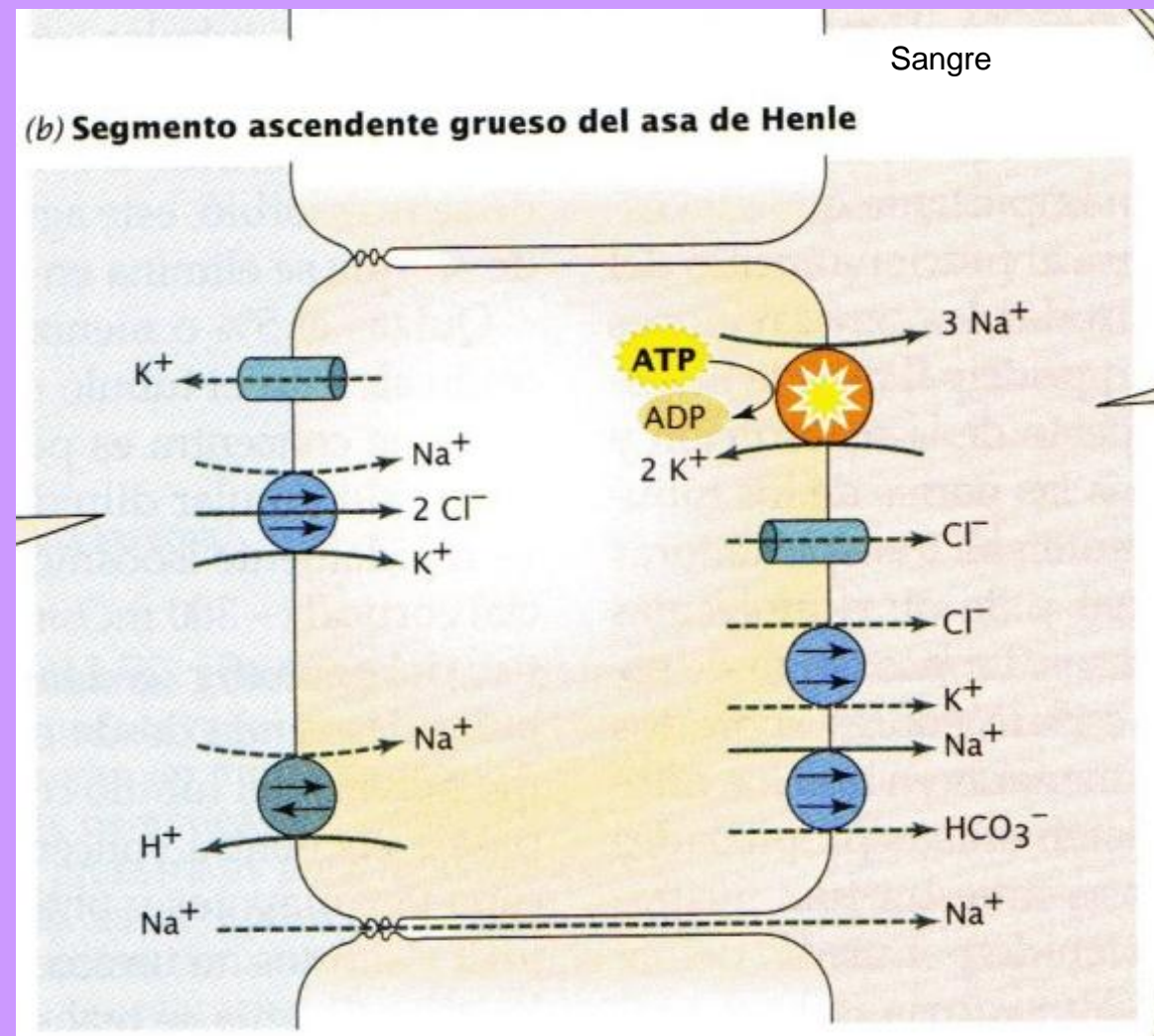
Rama descendente del Asa: es muy permeable al agua, pero la permeabilidad al Na^+ es muy baja.

Porción delgada de la rama ascendente del Asa: es poco permeable al agua y muy permeable al Na^+ y al Cl^- , Ca^{+2} y Mg^{+2} .

Porción gruesa de la rama ascendente del Asa: es poco permeable al agua y la permeabilidad a los iones es activa.

Tubulo Contorneado Proximal – Asa de Henle

Bomba Na/K en el extremo basolateral de la célula (capilar) permite la reabsorción de glucosa, aminoácidos, Na^+ , Cl^- , K^+ en el extremo apical (tubular).



Tubulo Contorneado Distal:

la reabsorcion de iones se ajusta a las condiciones osmoticas (Na^+ , Cl^- , CO_3H^-) y hay poca captacion de agua.

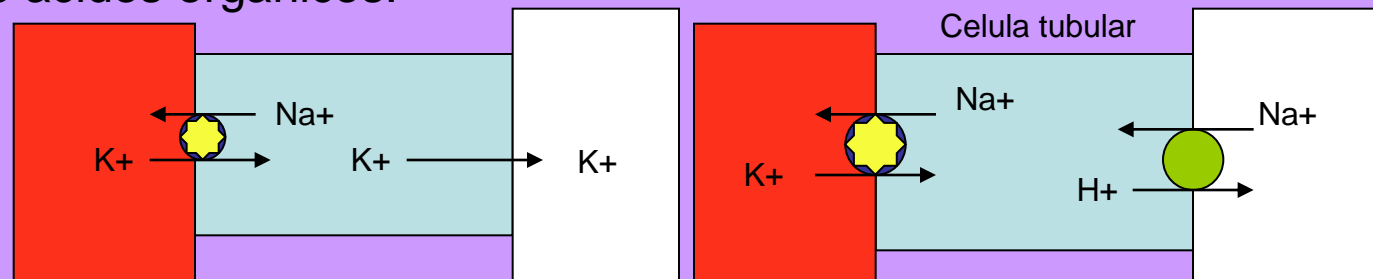
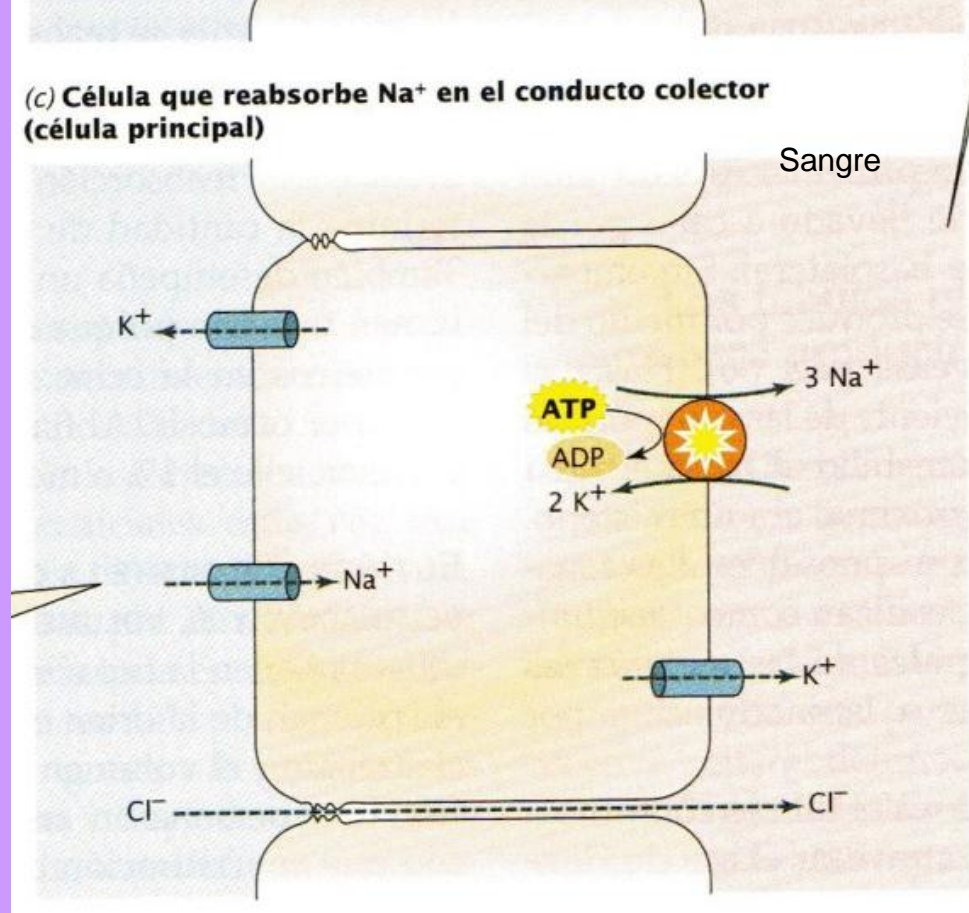
Tubulo colector: la captacion de los iones es activa, es muy permeable al agua y a la urea.

SECRECION TUBULAR

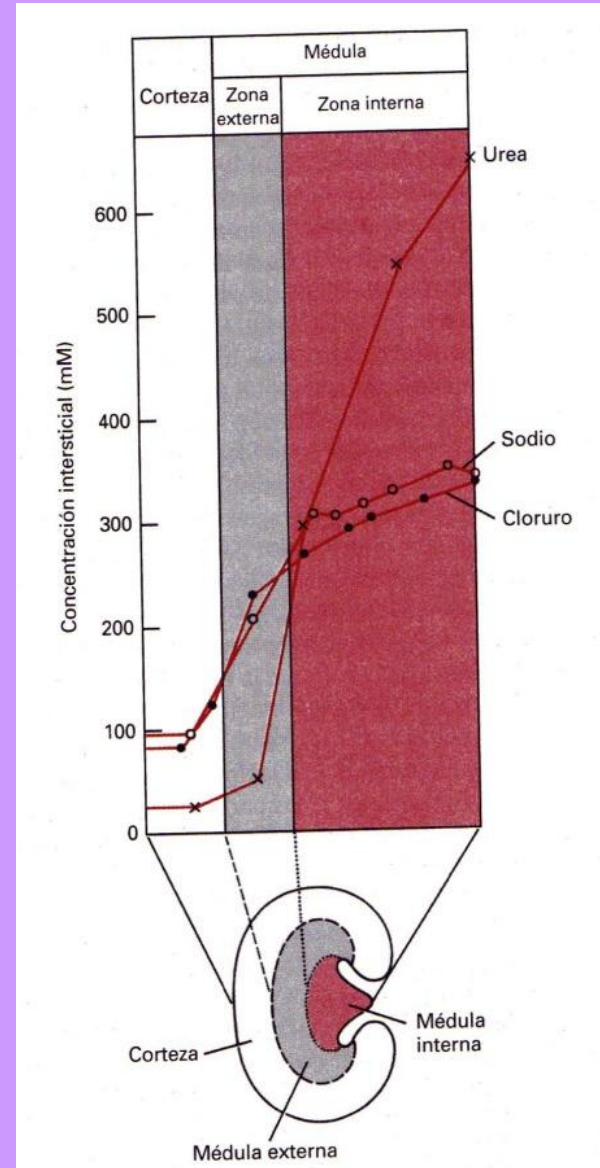
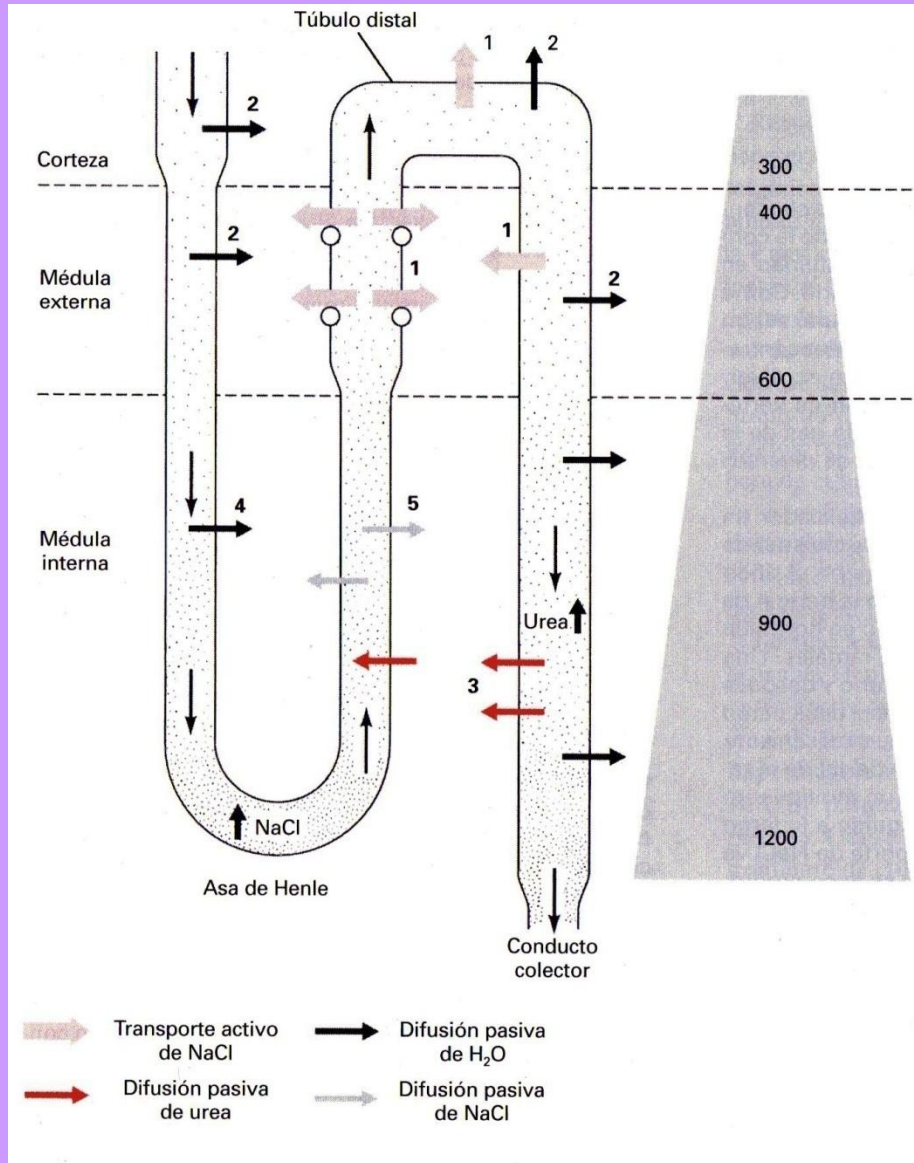
Ocurre exclusivamente en el tubulo contorneado distal.

Se secretan a la luz del tubulo iones de K^+ , H^+ y NH_3 , acidos y bases organicos, ademas de los medicamentos y sustancias toxicas, que son previamente procesadas en el higado.

Al conjugarse con acido glucuronico o con sulfatos, son reconocidas en el riñon, por el sistema transportador de acidos organicos.



MECANISMO CONCENTRADOR DE ORINA

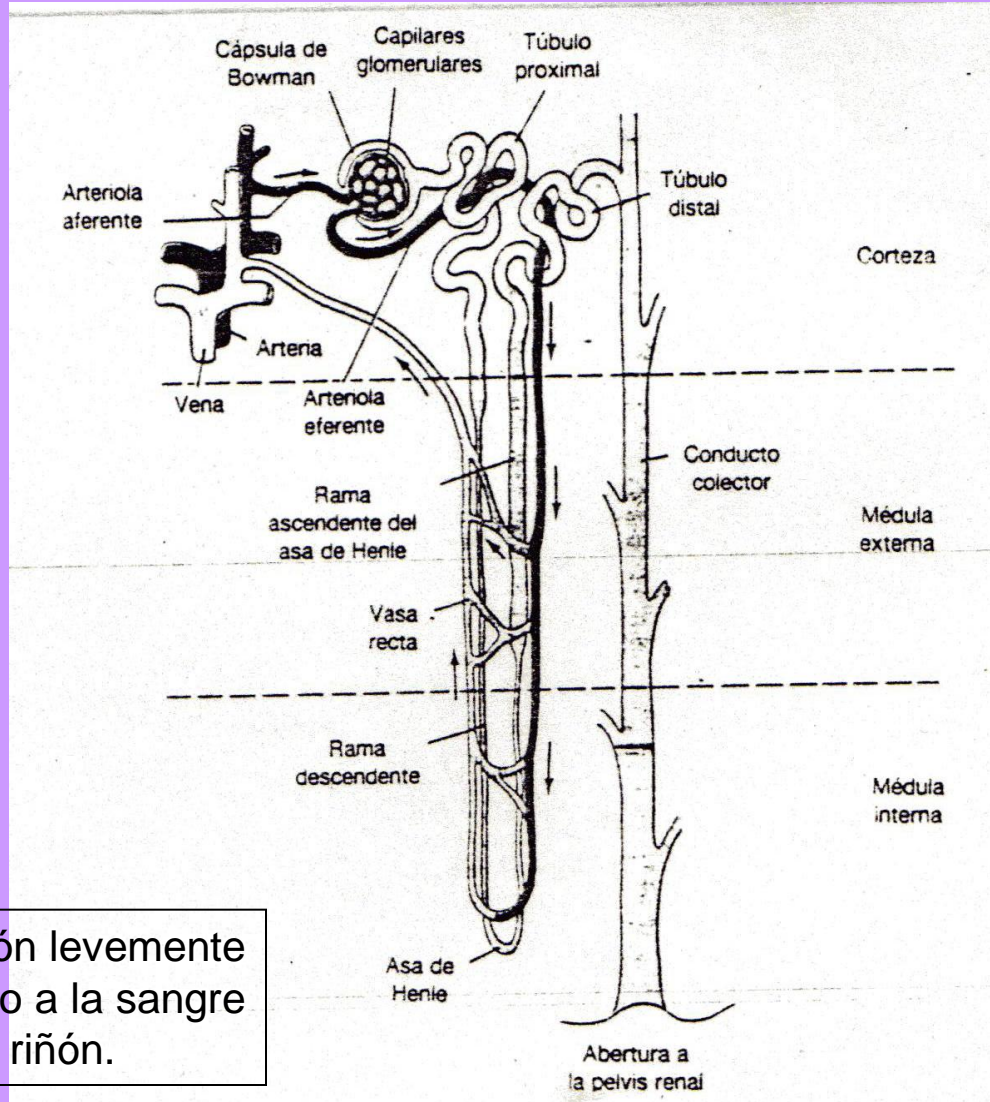


El mecanismo en contracorriente establece un gradiente de concentración estacionario en el intersticio medular, a lo largo del Asa de Henle, proporcionando la base para la extracción de agua del Tubulo Colector.

Vasa Recta ascendente

A medida que avanza hacia la corteza se encuentra con un medio con menor osmolaridad.

Capta agua y libera sales



Vasa Recta descendente

A medida que avanza hacia la médula renal se encuentra con un medio progresivamente hiperosmótico.

Capta sales y libera agua

La sangre sale del riñón levemente hiperosmótica respecto a la sangre que entró en el riñón.

OSMORREGULACION EN AGUA DULCE

Son hiperosmóticos respecto al medio en el que se encuentran. La osmolaridad del agua dulce ronda los 50 mosm, mientras que un organismo tiene entre 200 y 300 mosm.

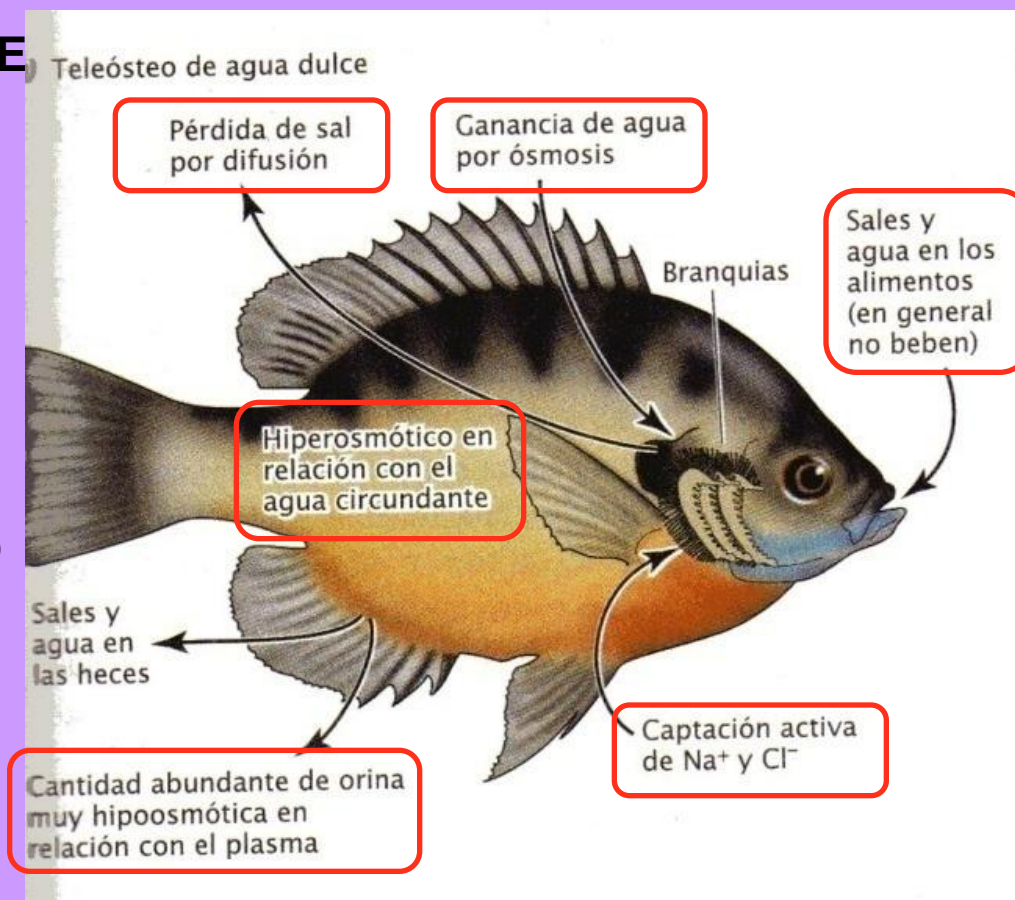
*La ganancia neta de agua se previene evitando la ingesta de agua y extrayendo las sales de los alimentos >> la orina es muy abundante y muy diluida.

*Los riñones poseen numerosas nefronas y los glomerulos son muy importantes >> gran filtración.

*Las sales se retienen por reabsorción a la sangre, pero de manera limitada.

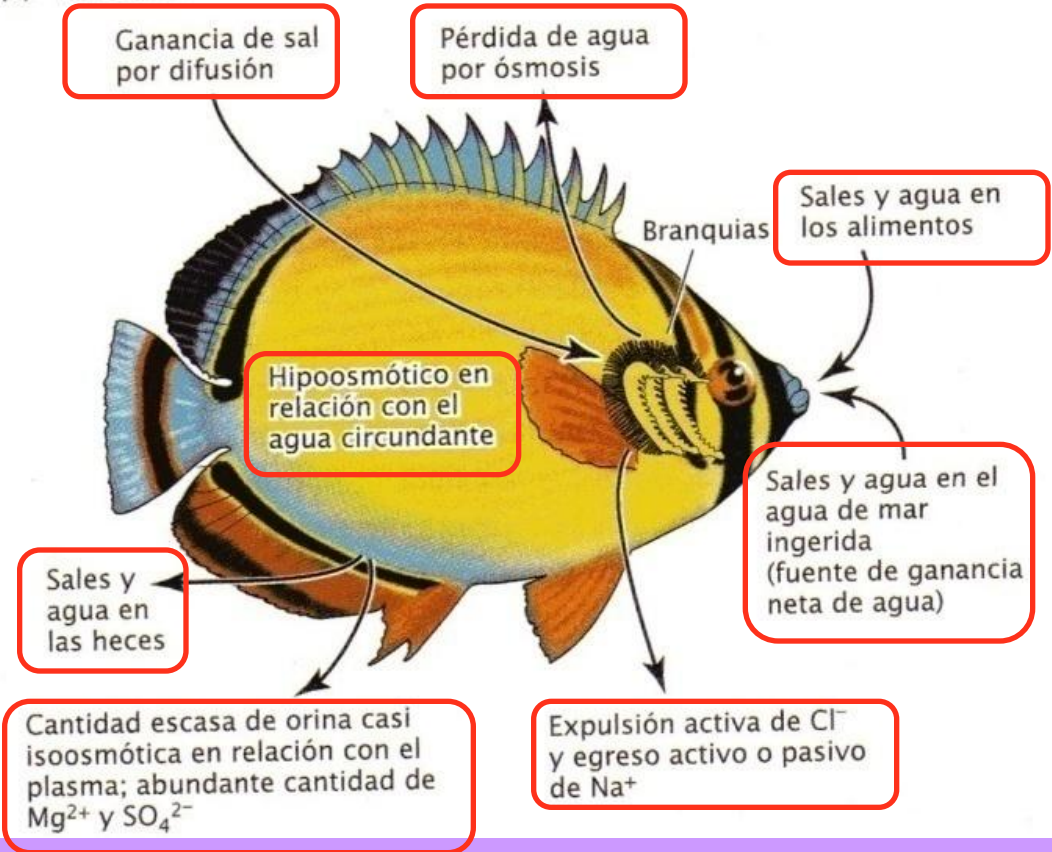
*El alimento aporta parte de las sales necesarias.

*Se realiza captación de sales del agua a través de las branquias, Ca^{+2} con las células del cloruro y Na^{+} con las células pavimentosas.



OSMORREGULACION EN AGUA SALADA

(b) Teleosteo marino



Son hipoosmóticos respecto al medio en el que se hallan. A diferencia de los invertebrados, ascidias y elasmobranquios que mantienen su osmolaridad semejante a la del mar.

*Para reemplazar el agua perdida beben agua de mar. El 70-80% pasa a la sangre por el sistema digestivo, junto con sales de NaCl y KCl.

*Los iones bivalentes Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^- quedan en el intestino y son eliminados por el ano.

*El exceso de iones de la sangre se elimina por secreción activa de Na^+ , Cl^- y K^+ en el epitelio branquial y Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^- en el riñón.

*La orina es escasa e isotónica con el plasma. Los riñones son **aglomerulares**, para reducir la filtración.

*Se prioriza la secreción de aquellos iones que no son secretados por las branquias.

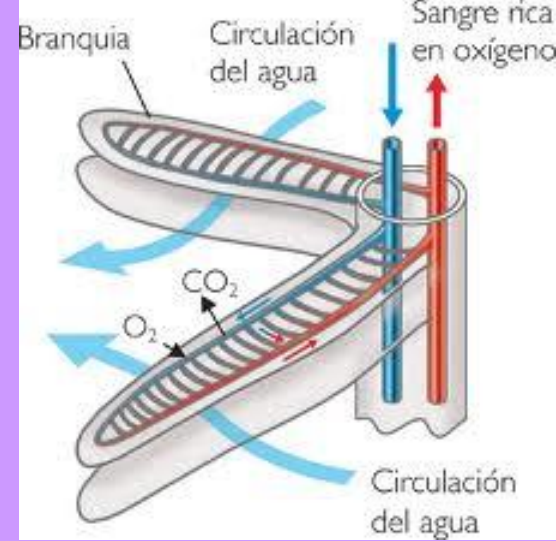
BRANQUIAS

Participan activamente en el transporte iónico, la excreción de residuos nitrogenados y la regulación del pH.

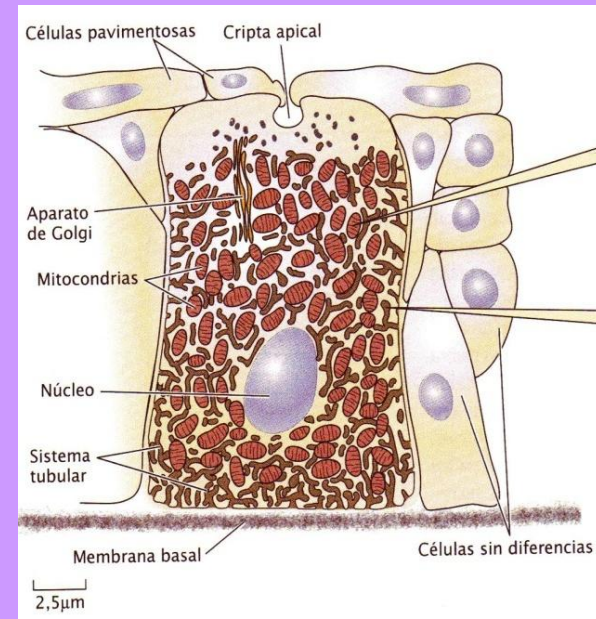
Las **células del cloruro** son de aspecto columnar, mas gruesas y mas grandes que las células respiratorias. Con gran cantidad de mitocondrias y enzimas relacionadas con el transporte activo.

Los peces de agua de mar, utilizando las **células del cloruro** bombean Na^+ activamente hacia afuera y el Cl^- sale pasivamente. Además bombea iones para regular el pH: H^+ , K^+ , NH_4^+ , y CO_3H^- .

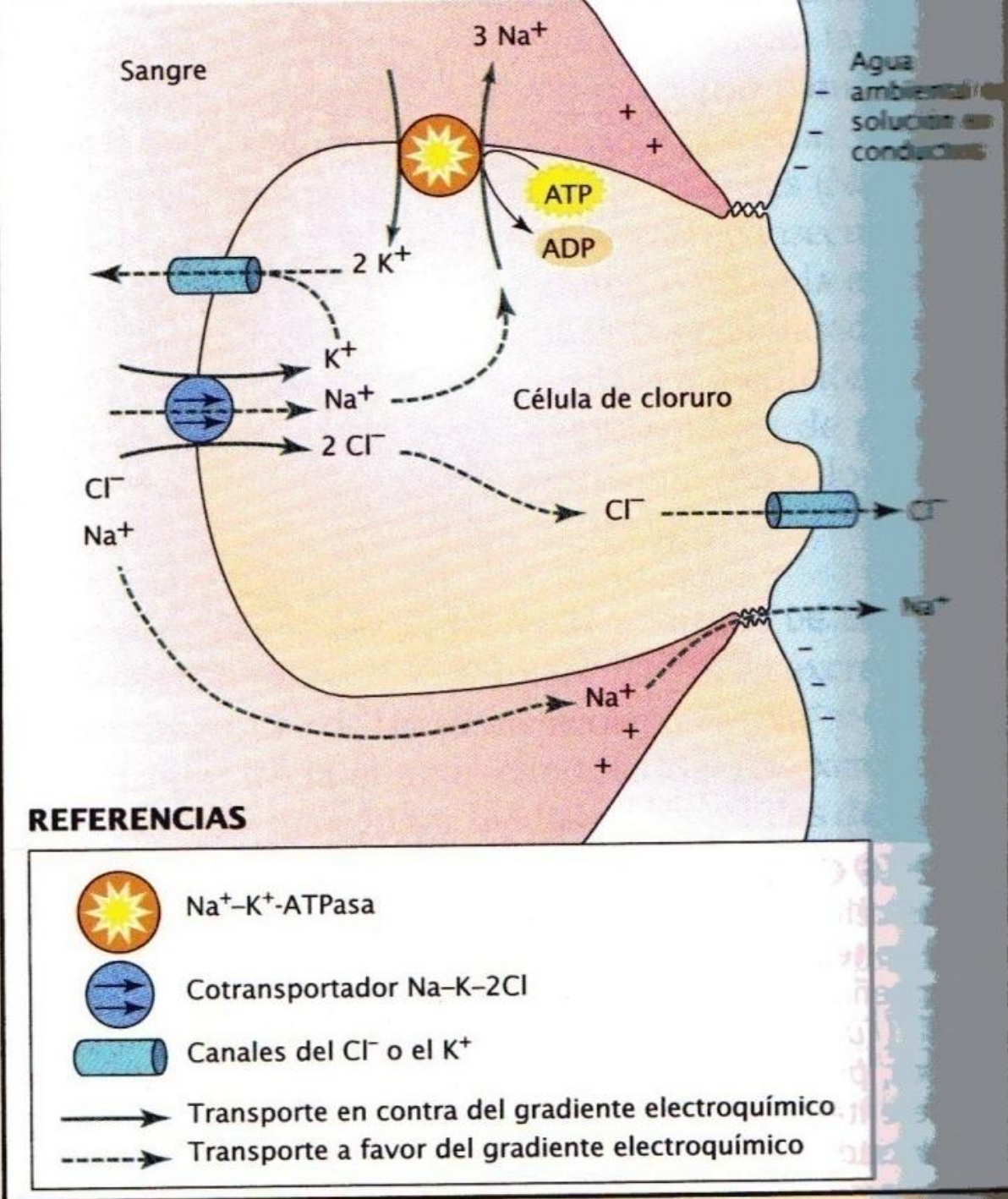
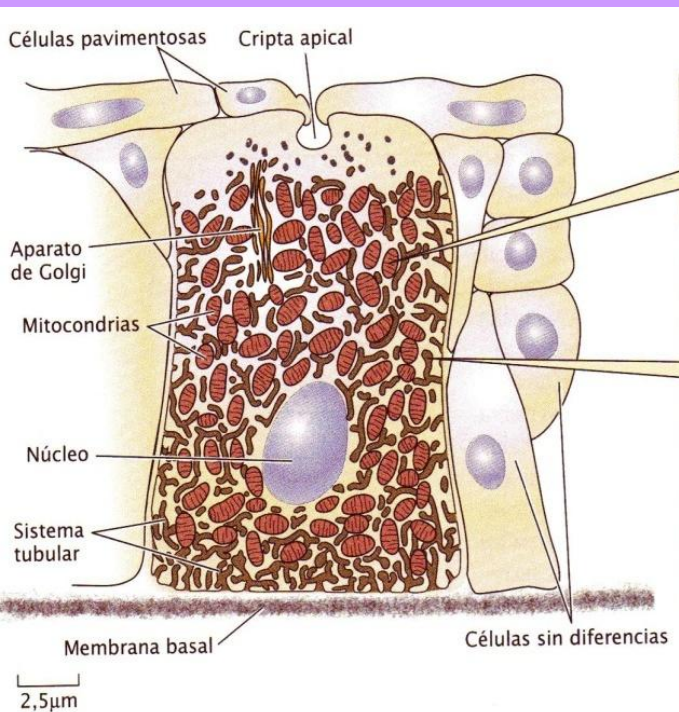
En peces de agua dulce las **células del cloruro** captan activamente Ca^{+2} y las **células pavimentosas** bombean H^+ hacia afuera y captan por diferencias de potencial electroquímico Na^+ del agua.



Cél. del cloruro



En agua de mar

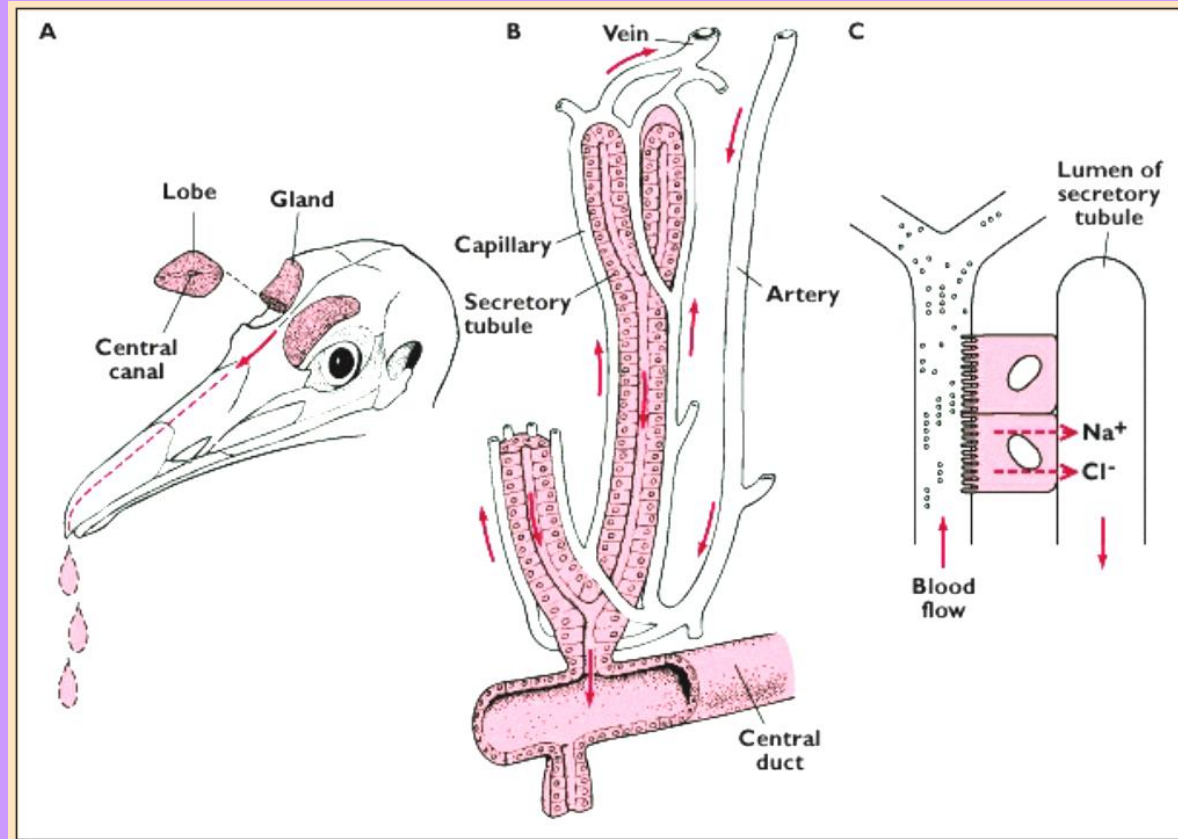


ORGANOS EXTRARRENALES

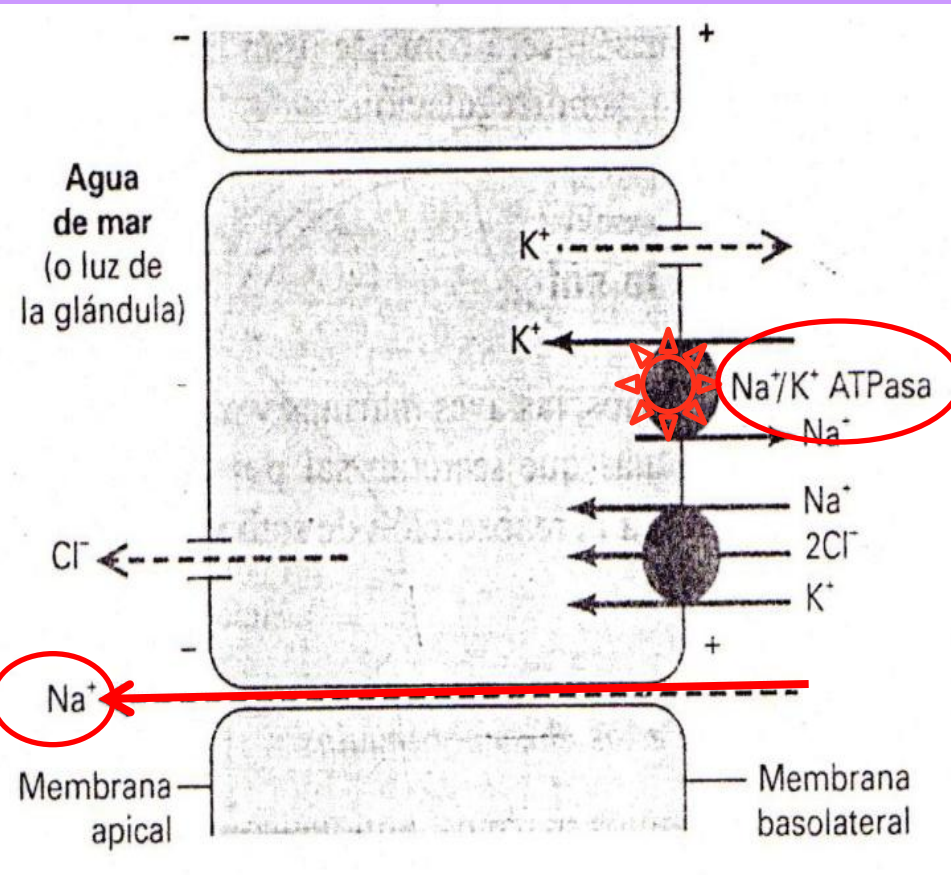
GLANDULA DE LA SAL

Constan de varios lobulos, de los cuales drena agua con abundante cantidad de sales, hacia tubulos colectores, que desembocan en un tubulo central y finalmente en las fosas nasales.

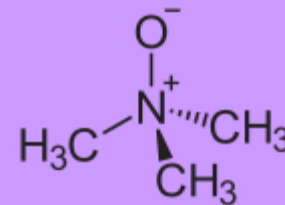
Un sistema en contracorriente de capilares rodea a los tubulos y las celulas del tubulo secretan activamente Na^+ hacia la luz del mismo.



GLANDULA RECTAL



Es un organo excretor ubicado al final del tubo digestivo de peces elasmobranquios. Bombea activamente Na^+ hacia afuera del animal y Cl^- de manera pasiva.



Oxido trimetilamina

ORGANOS DE FILTRACION

REABSORCION

Se encuentra en moluscos, artrópodos y coordinados.

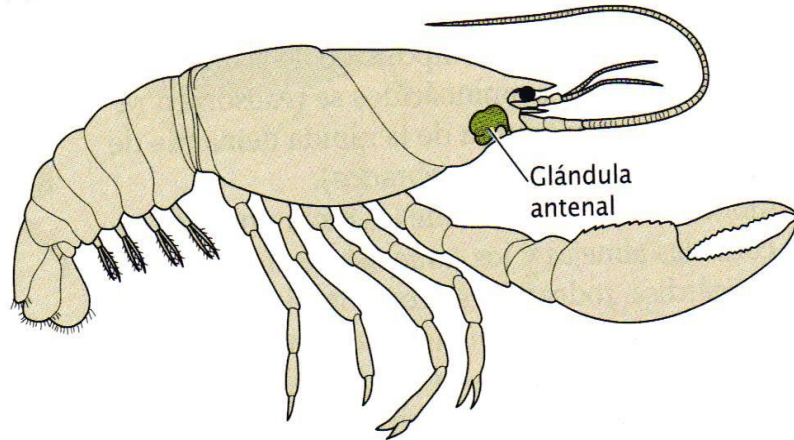
La **Glandula Antenal** de crustaceos de agua dulce **filtra** la sangre a nivel del laberinto y luego realiza la **reabsorcion** de electrolitos: Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{+2} , asi la orina es hipoosmotica respecto al plasma.

Este mecanismo evita la necesidad del transporte activo a la orina de los metabolitos toxicos o sustancias sinteticas que abundan en el agua.

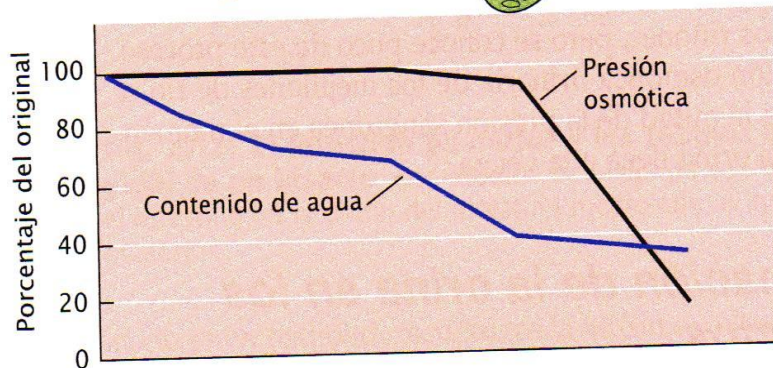
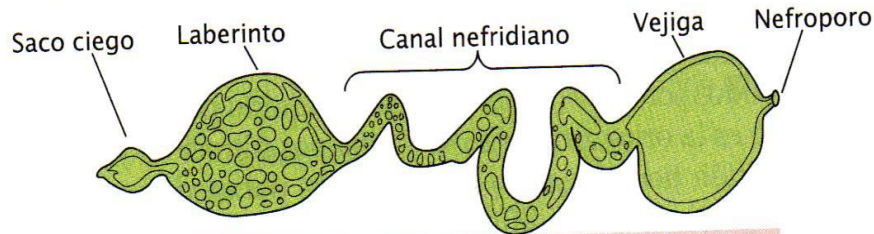
La desventaja en organismos de agua dulce, es tener que filtrar grandes cantidades de plasma y reabsorber grandes cantidades de sales.

En invertebrados marinos, en cambio no es un problema la conservacion de sales, por lo tanto el costo metabólico es menor.

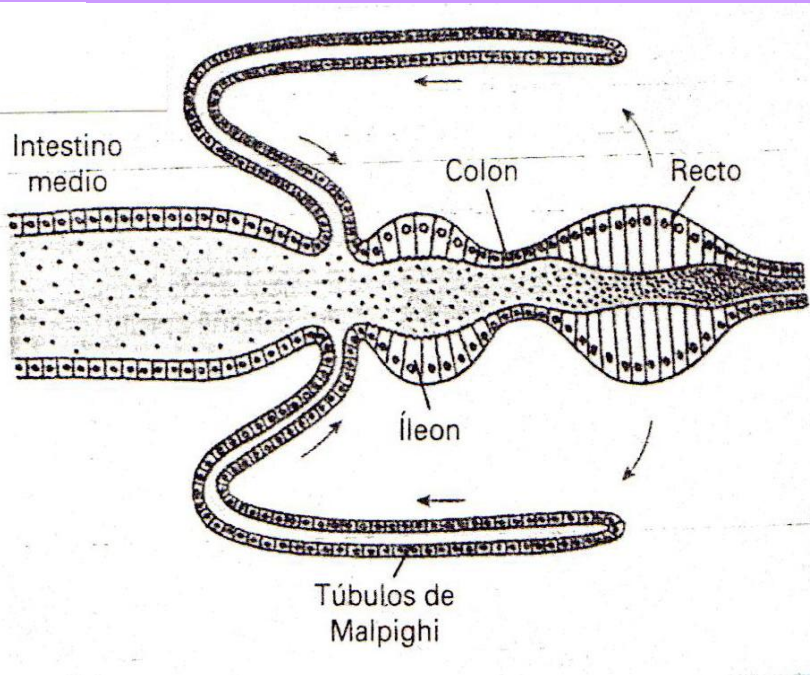
(a) Posición de la glándula antenal (glándula verde)



(b) Glándula antenal desplegada con las propiedades urinarias diagramadas por debajo en correspondencia con las ubicaciones anatómicas



ORGANOS DE SECRECION

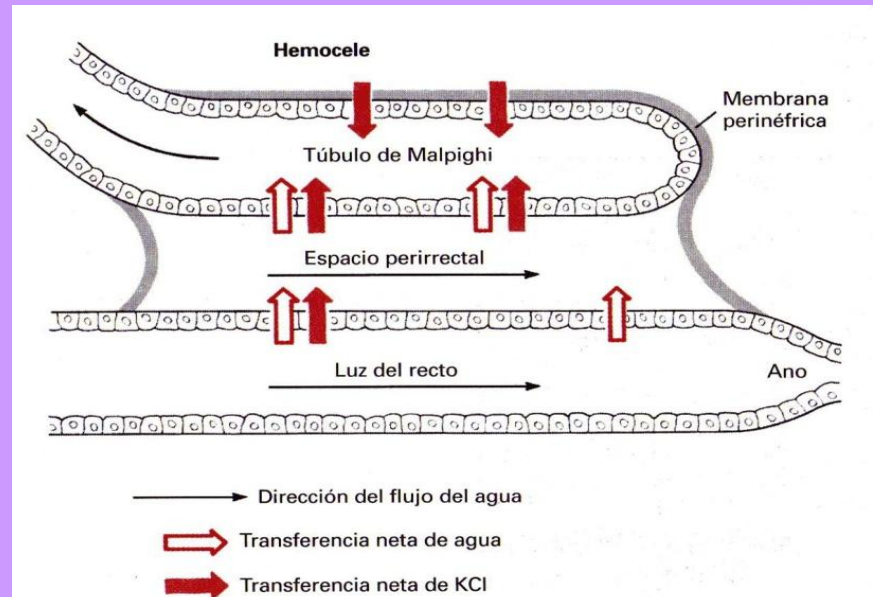


Los **Tubulos de Malpighi** son los típicos órganos de secreción. Son conductos largos y finos, cerrados en un extremo, que terminan en el intestino medio y posterior del animal (insectos).

La secreción ocurre por un epitelio secretor muy activo, impulsado por un bombeo de K^+ .

La orina del tubo posee una elevada concentración de K^+ y es isotónica o ligeramente hipertónica en relación a la hemolinfa.

En el intestino se extrae agua y algunos iones para mantener la adecuada concentración de la hemolinfa.



OSMORREGULACION EN AMBIENTE TERRESTRE



El ambiente terrestre es sumamente hiperosmótico respecto a los animales que allí viven. Los epitelios permeables son los principales puntos de pérdida de agua >> piel (en anfibios) y epitelio respiratorio.

TEGUMENTO- Anfibios y mamíferos que sudan están expuestos a la deshidratación a través del tegumento. En general el control que se realiza es comportamental.

Los anfibios poseen vejigas de gran tamaño, en las que pueden almacenar agua. El epitelio de la vejiga puede transportar activamente Na^+ y Cl^- hacia el cuerpo del animal para compensar la pérdida de sales que acompaña a una hidratación excesiva en los periodos de abundancia de agua.

EPITELIO RESPIRATORIO

Es un punto importante de pérdida de agua, debido a que el aire exhalado sale cargado de vapor de agua, cuando la temperatura corporal es alta (aves y mamíferos).

Una forma que han encontrado los animales para reducir la pérdida de agua es a través del sistema en contracorriente ubicado en el epitelio nasal (rata canguro).

En los insectos el agua se pierde por los espiráculos, pero si tienen válvula de cierre pueden controlar la pérdida de agua.



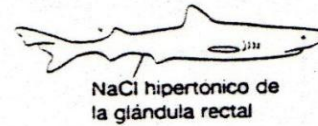
Elasmobranquio

Concentración de sangre en relación con el medio

Isotónica

Concentración de orina en relación a la sangre

Isotónica



No bebe agua de mar

Teleosteo marino

Hipotónica

Isotónica

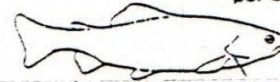


Bebe agua de mar

Teleosteo de agua dulce

Hipertónica

Fuertemente hipotónica



No bebe agua

Absorbe sal por branquias

Anfibio

Hipertónica

Fuertemente hipotónica



Absorbe sal por piel

Reptil marino

Hipotónica

Isotónica



Bebe agua de mar

Secreción hipertónica de la glándula de la sal

Mamifero del desierto

Fuertemente hipertónica



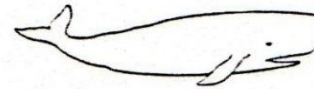
No bebe agua

Depende de agua metabólica

Mamifero marino

Hipotónica

Fuertemente hipertónica



No bebe agua de mar

Ave marina

Débilmente hipertónica



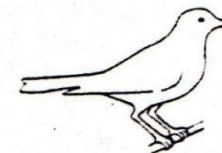
Bebe agua de mar

Secreción hipertónica de la glándula de la sal

Orina débilmente hipertónica

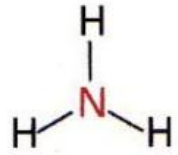
Ave terrestre

Débilmente hipertónica

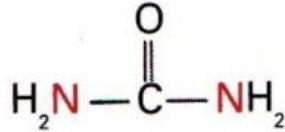


Bebe agua dulce

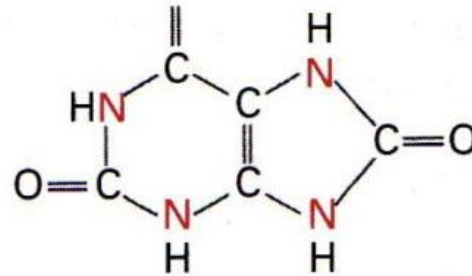
EXCRECION DE RESIDUOS NITROGENADOS



Amoníaco



Urea



Ácido úrico

Los residuos nitrogenados derivan del catabolismo de los aminoácidos. Dichos residuos deben ser excretados debido a la toxicidad por elevada concentración plasmática.

Altos niveles de NH_4^+ eleva el pH y altera la estructura terciaria de las proteínas. Pueden afectar el flujo sanguíneo cerebral y la transmisión sináptica.

Para eliminar 1 g de N en forma de amoníaco se necesitan entre 300 y 500 mL de agua. La mayor parte de los teleosteos e invertebrados acuáticos excretan principalmente amoníaco >> **AMONIOTELICOS**

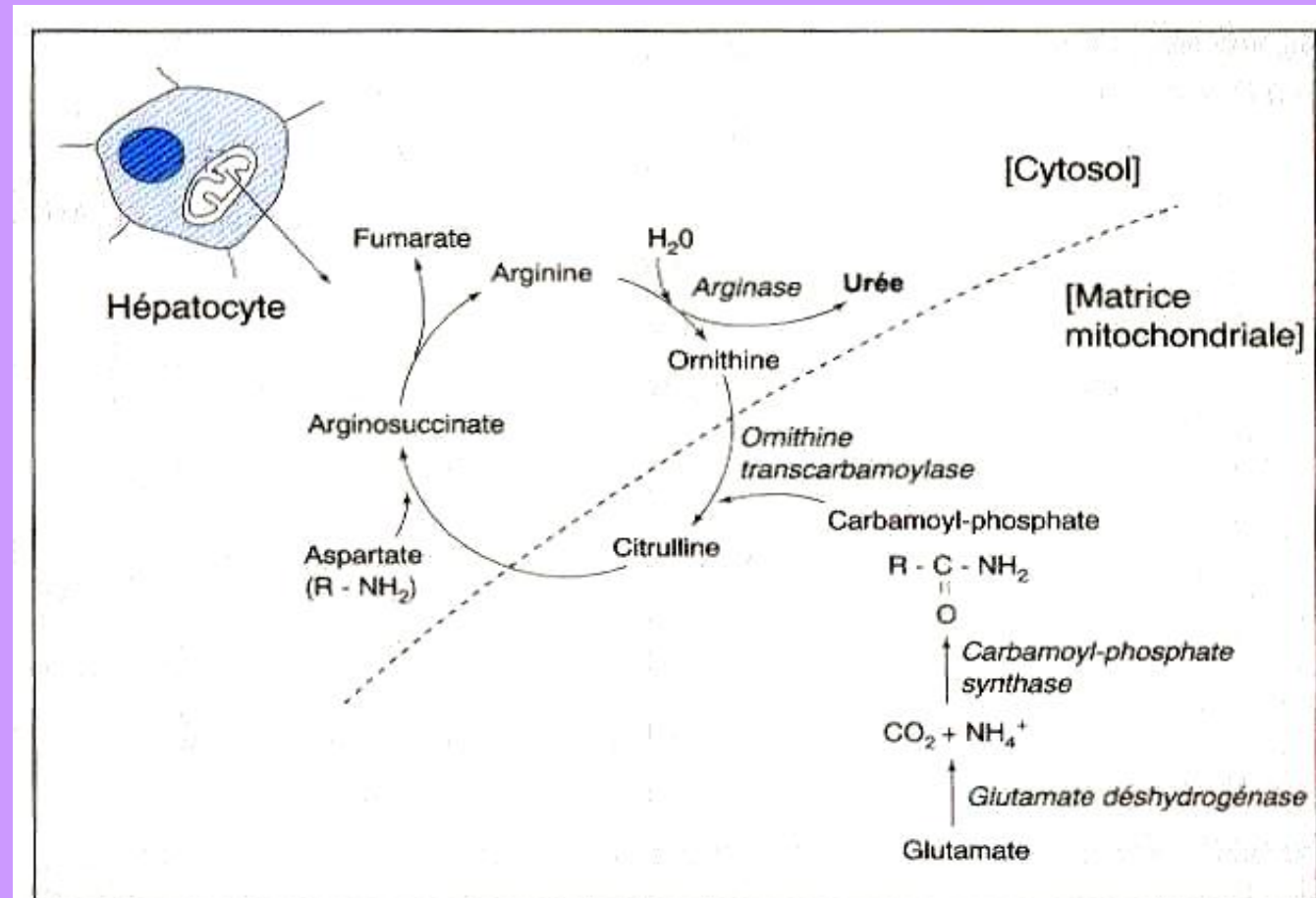
AMONIOTELICOS >> Transfieren los grupos amino al ácido glutámico > convierte en glutamina, que se desamina en el tubulo renal, liberando el grupo NH_3 al líquido tubular, como NH_4^+ . Teleosteos de agua dulce eliminan NH_3 y H^+ por las branquias, por intercambio con Na^+ .

Los animales terrestres evitan este problema transformando los residuos N en urea o ácido úrico.

La urea también es muy soluble en agua, pero solo se requieren 50 mL de agua para eliminar 1 g de N de esta forma >> **UREOTELICOS**

La síntesis de urea requiere consumo de energía. Los vertebrados producen urea en el hígado a través del ciclo ornitina-urea.

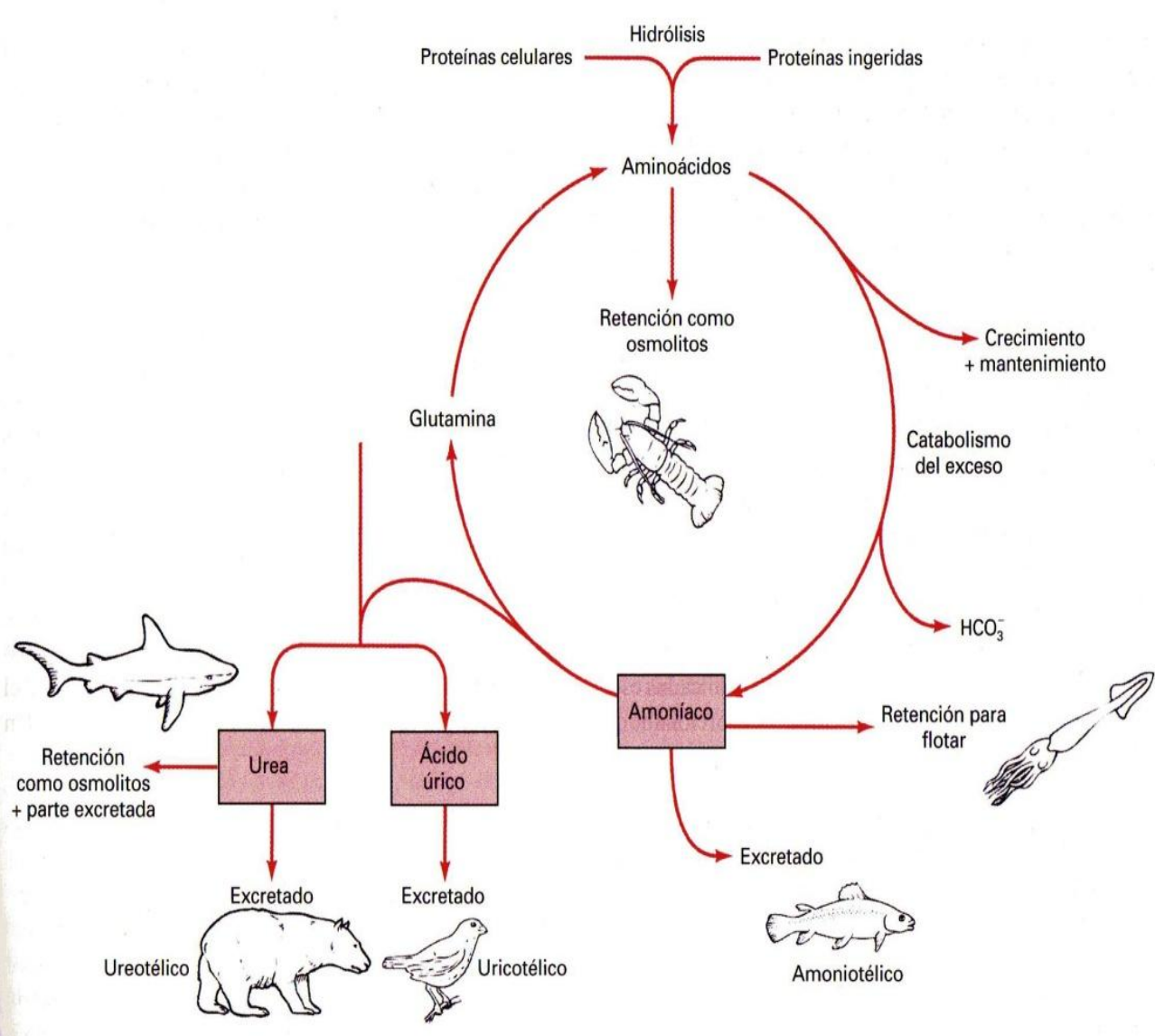
UREOTELICOS >>



URICOTELICOS >> El N proviene directamente de glicina, aspartato y glutamina. Precipita facilmente por su baja solubilidad. Su excrecion no requiere exceso de agua y no contribuye a la tonicidad de la orina.

El ácido úrico es la forma de excrecion N de aves, reptiles y muchos artrópodos terrestres. En general son animales adaptados a condiciones de escasez de agua, ya que se necesitan 10 mL de agua para eliminar 1 g de N de esta forma >>

URICOTELICOS.



REGULACION del pH - 7,4 (7 y 7,8) Sistema Respiratorio

Los cambios pH >> alteran la ionización de las proteínas >> modifica actividad enzimática >> altera la membrana >> modifica la distribución iónica >> >> P Osmótica >> los volúmenes corporales.

***Acidosis Respiratoria** << aumento CO_2 en sangre >> $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_3\text{H}^- + \text{H}^+$

***Alcalosis Respiratoria** << disminución de CO_2 en sangre

*Frente a la continua producción de H^+ , producto del **metabolismo** >> **ácidos orgánicos** >> **Acidosis Metabólica** >> los animales deben regular su pH interno

*Un incremento en la ventilación disminuye el CO_2 en sangre y por ende eleva el pH y viceversa.

*Para mantener el pH estable, el sistema excretor colabora eliminando CO_3H^- y H^+

*En los animales acuáticos las branquias cumplen la función reguladora, intercambiando Na^+ / H^+ y $\text{CO}_3\text{H}^- / \text{Cl}^-$

*Los sistemas tampón más importantes de la sangre son las proteínas.

REGULACION DEL pH – Sistema Excretor

En caso de acidez >> el sistema excretor elimina H⁺ mediante una bomba de H⁺.

Los H⁺ vuelven la orina progresivamente ácida. Son atrapados por NH₃ >> NH₄⁺ o H₂PO₄⁻, sustancias polares que evitan su retorno.

Cuando se bombean H⁺ a la luz del tubulo, se recupera Na⁺ y CO₃H⁻.

El CO₃H⁻ se filtra facilmente en el glomerulo, pero es fundamental para mantener el pH estable.

La forma de recuperarlo es como CO₂ ya que los H⁺ pueden reaccionar con el CO₃H⁻ para dar CO₂ y H₂O, que difunden facilmente.

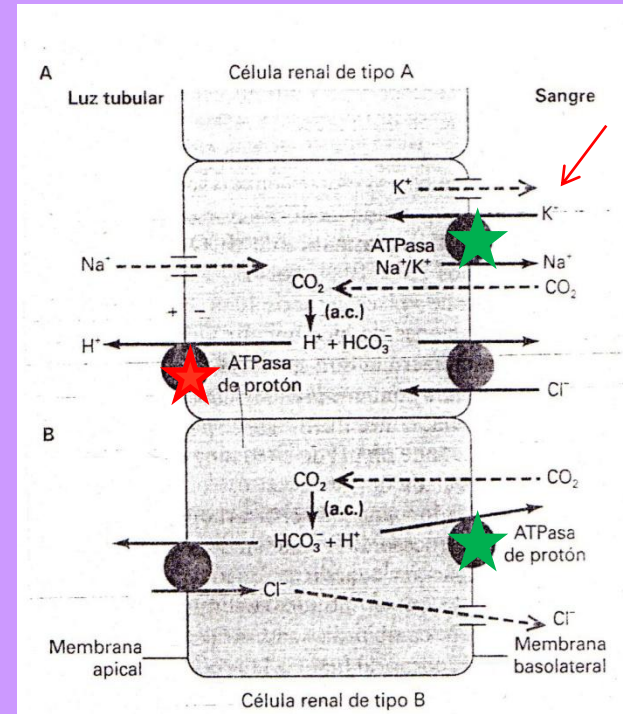
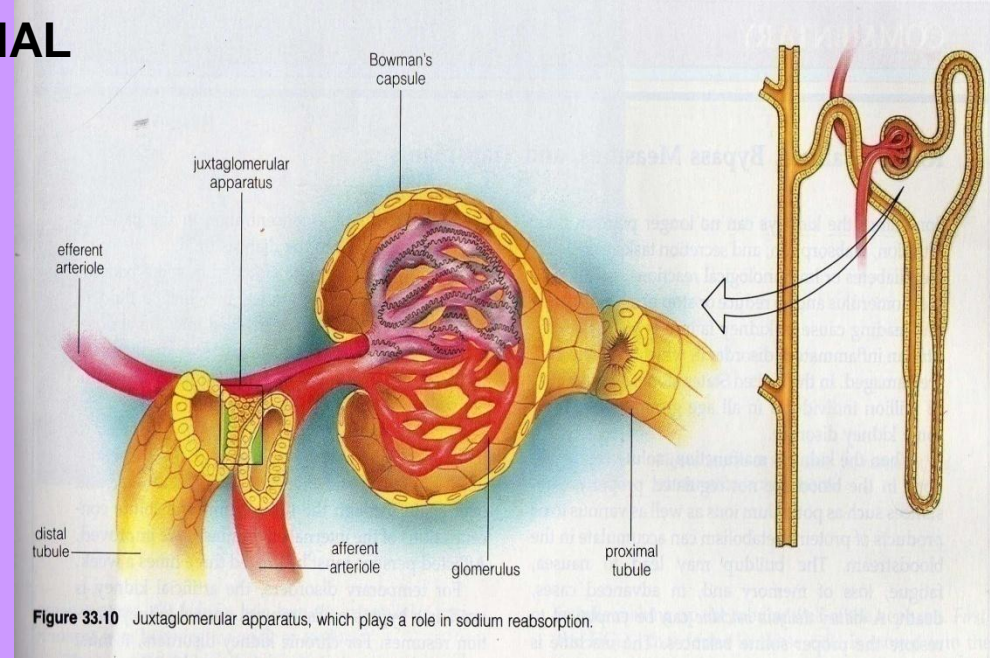


Figura 14-29. El pH corporal en mamíferos puede modularse regulando la actividad relativa de células secretoras de ácido (tipo A) y células secretoras de base (tipo B) del túbulo distal y conducto colector del riñón. (A) Las células de tipo A bombean protones al lumen vía una ATPasa H⁺ apical, acidificando el filtrado; el aumento resultante del potencial a través de la membrana apical favorece la reabsorción de Na⁺. (B) Las células de tipo B usan la ATPasa H⁺ de la membrana basolateral para bombear protones a la sangre, junto con la reabsorción de Cl⁻. Ambos tipos de células poseen anhidrasa carbónica (a.c.), que forma rápidamente iones H⁺ y HCO₃⁻ a partir del CO₂ que difunde a la célula de la sangre.

MECANISMO DE CONTROL HORMONAL

El **Aparato Yuxtaglomerular** esta conformado por la arteriola aferente, con parte de sus células musculares que adquieren aspecto epitelioide y células secretoras del segmento distal del tubo renal, constituyendo la **Macula Densa**.

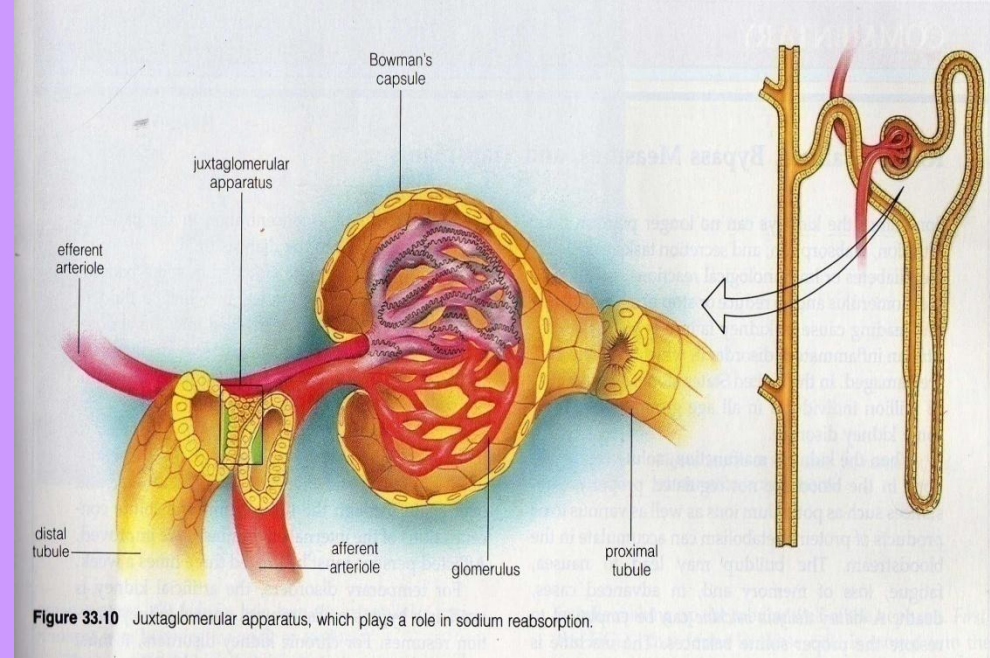


Por activación nerviosa, el Ap. Yuxtaglomerular libera **RENINA**, que actúa sobre una globulina plasmática, sintetizada por el hígado **ANGIOTENSINOGENO** > **ANGIOTENSINA I**. Por acción enzimática se convierte en **ANGIOTENSINA II** >> hormona que provoca vasoconstricción general >> eleva la P arterial >> aumenta el flujo sanguíneo renal >> aumenta la tasa de filtración glomerular.

La **Angiotensina II** también provoca la liberación de **ALDOSTERONA** en la corteza suprarrenal >> actúa sobre el tubo distal elevando la reabsorción de Na^+ (activa la bomba de Na/K).

La **Angiotensina II** induce la liberación de hormona **ANTIDIURETICA- ADH**, proveniente del Hipotálamo, que regula la permeabilidad al agua en el tubo colector.

Cuando mayor es el nivel de hormona **ADH** más agua se extrae de la orina, por reabsorción en el tubo colector.



Los factores que incrementan la concentración de solutos en sangre o que reducen la **P arterial**, incrementan la producción de **ADH** y conservan más agua en el organismo.

El **estres por frío**, la **ingesta de alcohol**, el **consumo de grandes cantidades de agua**, que **incrementa la P sanguínea**, disminuyen la producción de ADH y se excreta más agua.

El **PEPTIDO CARDIACO** es liberado a la sangre por el corazón en respuesta a un aumento de la P venosa. Su efecto es opuesto al sistema renina- angiotensina, eleva la excreción de orina y de Na^+ . Inhibe la producción de ADH, de renina y de aldosterona.