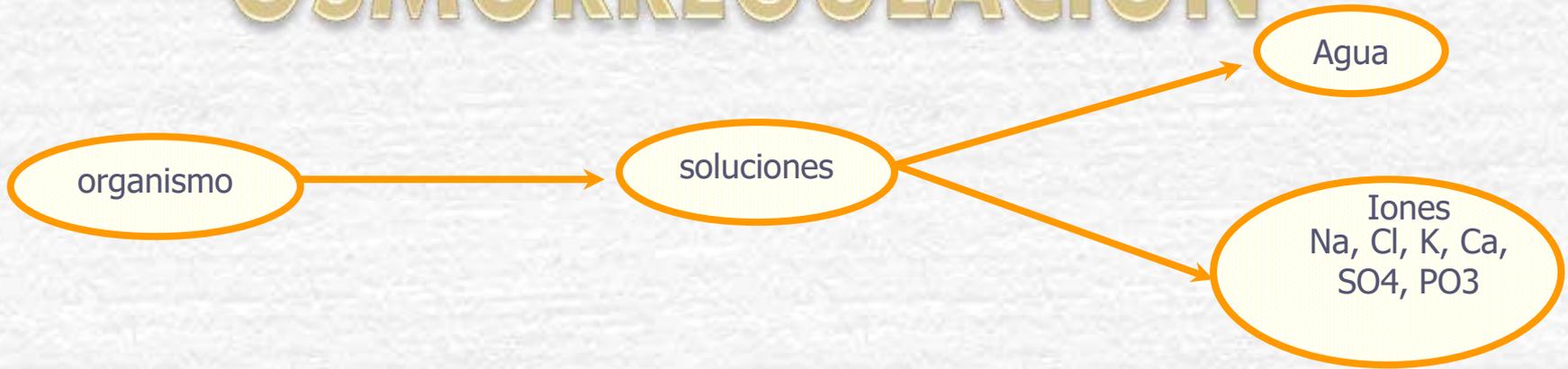
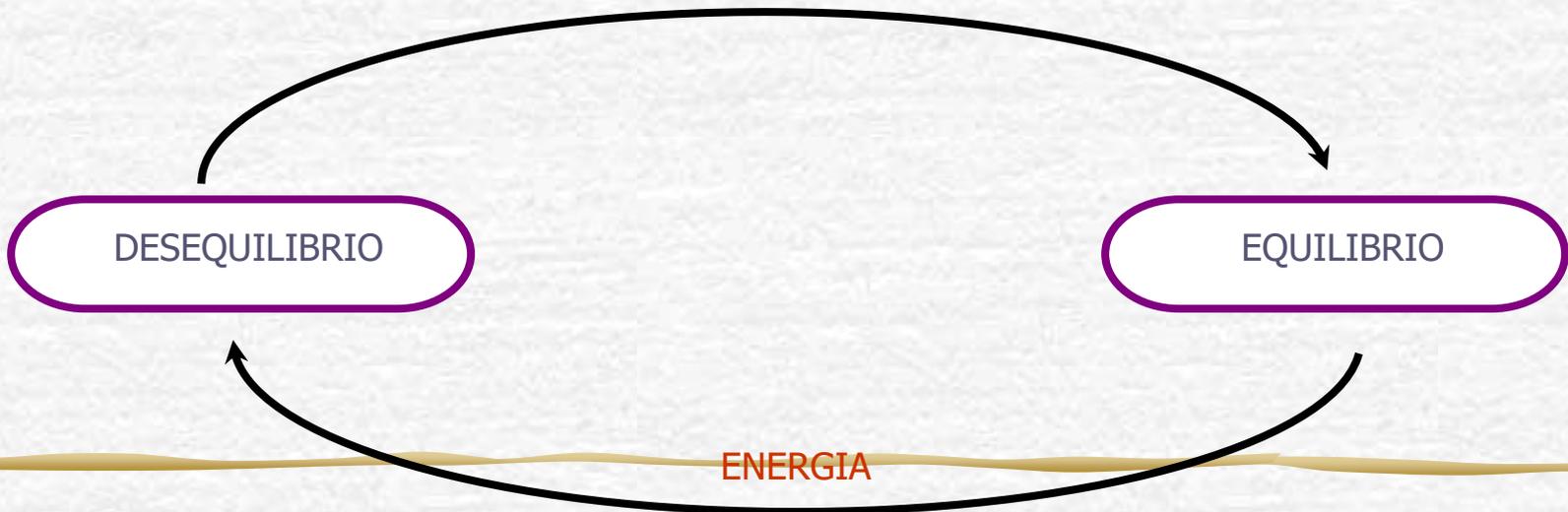


OSMORREGULACIÓN



FUERZAS



Tipos de Regulación

```
graph TD; A[Tipos de Regulación] --> B[Iónica]; A --> C[Osmótica]; A --> D[Volumen]; B --> E[Concentración de iones]; C --> F[Presión Osmótica]; D --> G[Cantidad de agua];
```

Iónica

Concentración de
iones

Osmótica

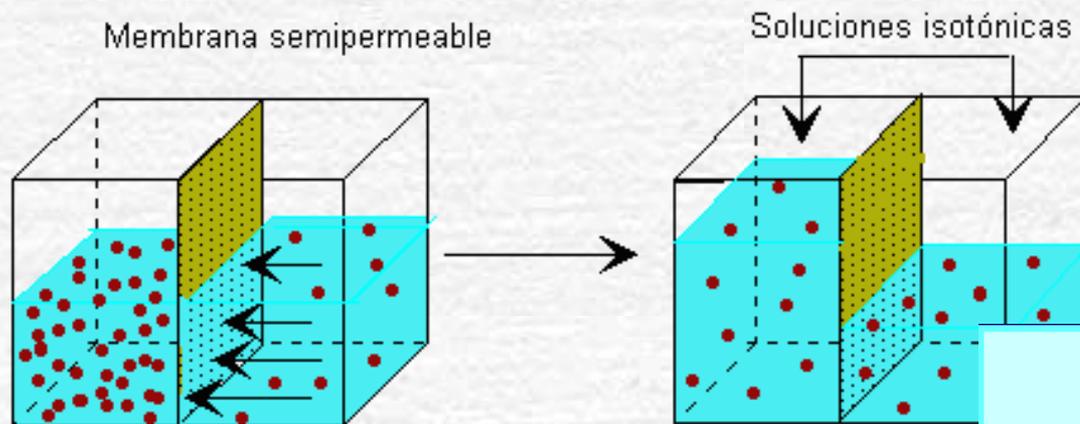
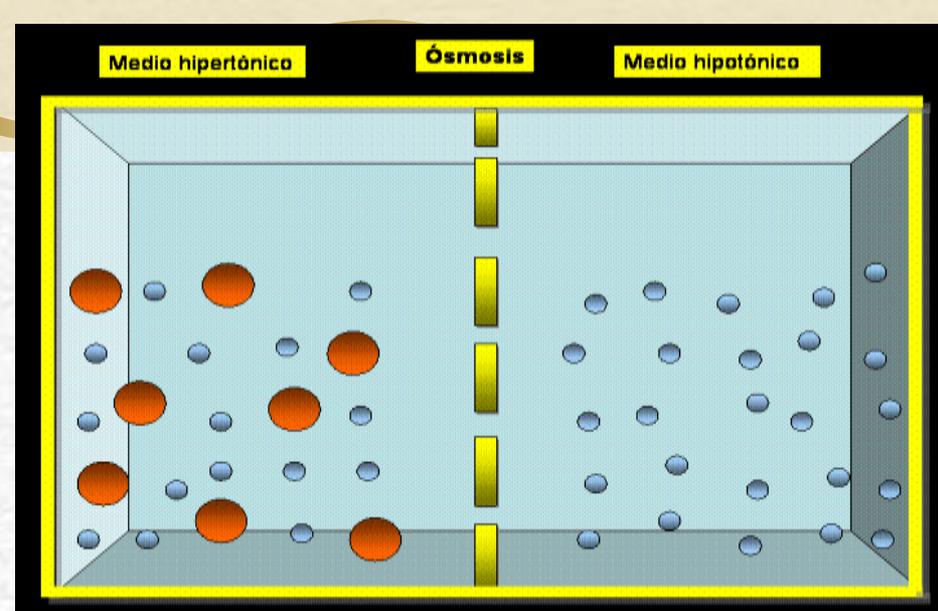
Presión
Osmótica

Volumen

Cantidad de
agua

Ósmosis

- Dos disoluciones acuosas de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable
- **Ósmosis:** el paso del agua a través de la membrana semipermeable desde la solución más diluida (hipotónica) a la más concentrada (hipertónica)



S. hipertónica S. hipotónica

Solución	Volumen celular
Isotónica	No se modifica
Hipotónica	Aumenta (lisis)
Hipertónica	Disminuye (crenación)

OSMORREGULACION

- Se refiere a los procesos relacionados con la regulación de la presión osmótica y la concentración de sales.
- Estos procesos han tenido un efecto importante en la especialización y diversificación de las especies a lo largo de la evolución.
- Implica el mantenimiento de una concentración osmótica interna diferente a la del medio exterior;
- La regulación de la composición y de las concentraciones iónicas en diversos compartimentos (células y tejidos)
- Se consideran tres ambientes: marino, agua dulce y terrestre

REGULACION DE VOLUMEN

☞ BALANCE HIDRICO: equilibrio entre INGRESO

- Ingesta de líquidos
- Contenido de líquido en los alimentos
- Agua metabólica

SALIDA

- Orina
- Sudor
- Heces
- Evaporación (vía cutánea y respiratoria)

Clasificación de los organismos

Osmolaridad con respecto al medio

Isosmóticos

Hipoosmóticos

Hiperosmóticos

Capacidad reguladora

Osmorreguladores

Osmoconformes

Hiperosmorreguladores

Hiposmorreguladores

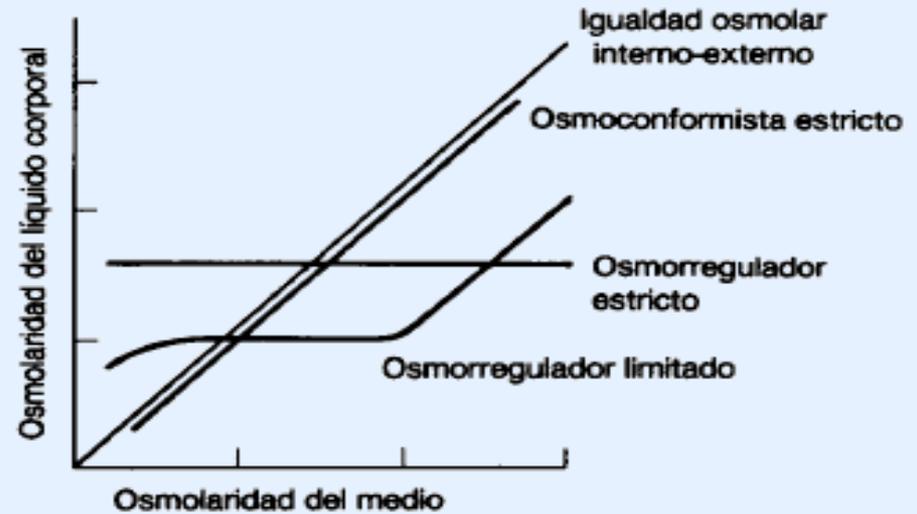
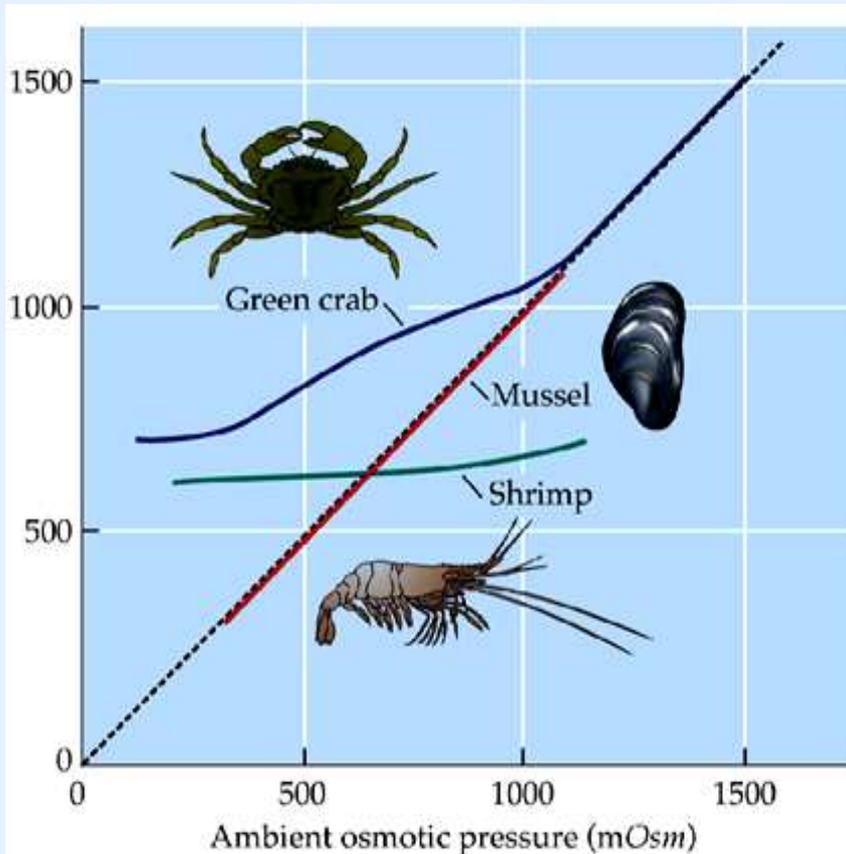
Tolerancia

Eurihalinos

Estenohalinos

Tipos de regulación osmótica

Blood Osmotic pressure (mOsm)



- **Osmoconformadores:** La concentración interna varía paralelamente con los cambios del medio externo.
- **Osmorreguladores:** Mantienen su concentración osmótica interna en un nivel constante, aun con cambios en el medio externo.
 - Hipoosmorreguladores
 - Hiperosmorreguladores

ORGANOS OSMORREGULADORES

Depende de las propiedades de los epitelios de transporte:
Branquias, pulmones, piel, tubo digestivo y riñones

ORGANOS OSMORREGULADORES EXTRARRENALES

1. De vertebrados:

- Glándulas de sal en aves y reptiles, glándula rectal en elasmobranquios
- Branquias de los peces.
- Piel en anfibios

2. De invertebrados:

- Órganos de filtración-reabsorción: moluscos y artrópodos, ej glándula antenal en crustáceos
- Sistemas de secreción-reabsorción: túbulos de Malpighi en insectos

- Protonefridios (platelmintos)
- Metanefridios (anelidos)
- Tubos de Malpighi (insectos)
- Glandula verde (crustáceos)
- Riñón (vertebrados)

RIÑONES

Regula el volumen y la concentración de solutos. Pueden formar orina **isotónica**, **hipotónica** o **hipertónica**. Incluso pueden reabsorber úrea para lograrlo

Filtro: Donde se realiza la filtración del plasma, el ultrafiltrado pasa a unos túbulos donde se reabsorben y secretan moléculas orgánicas e inorgánicas que fluyen junto con agua.

Riñón de tubo corto: Producen orina **isotónica**

Riñón de reptil, no tiene asa de Henle

Riñón de tubo largo: tiene asa de Henle larga, aves y mamíferos.

Para producir orina **hiposmótica** los animales necesitan además un tubo más largo donde se reabsorben iones monovalentes (Na^+ , Cl^-).

Para producir orina **hipertónica** requieren además un intercambiador o multiplicador contracorriente: paralelismo entre asa de Henle y los vasos sanguíneos.

Retención de H_2O es gobernada por ADH (\downarrow diuresis)

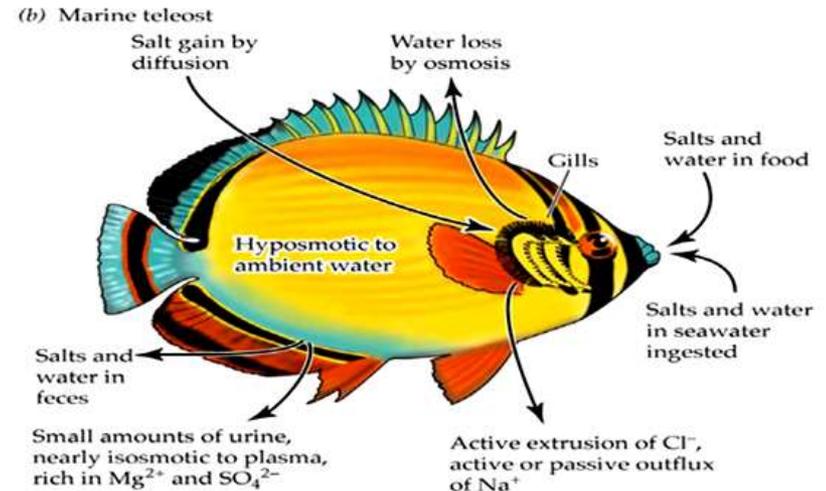
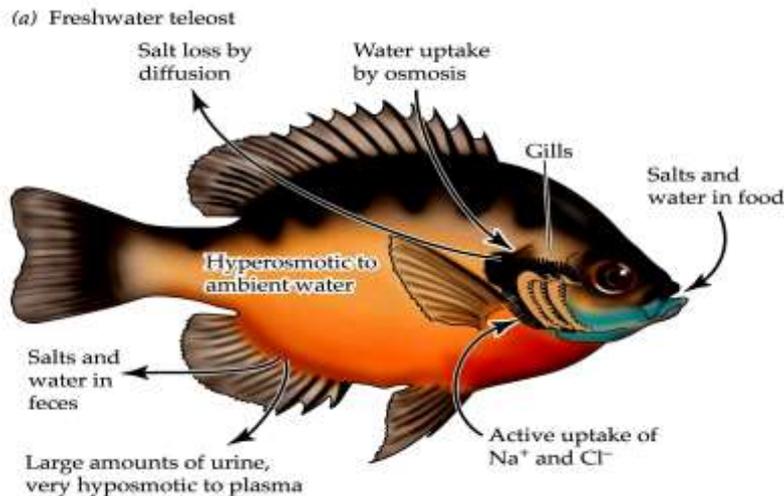
OSMORREGULADORES

Hiperosmóticos (dulceacuícolas)

- Ganan agua (ósmosis)
- Pierden iones (difusión)
- Dilución líquidos corporales
- Eliminan exceso de agua
- Retienen iones (transporte activo)
- Abundante orina hipoosmótica respecto al plasma

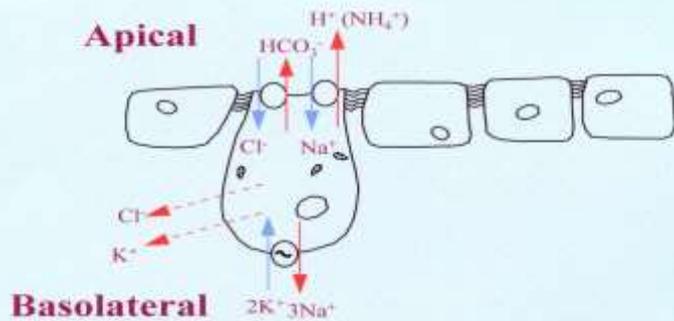
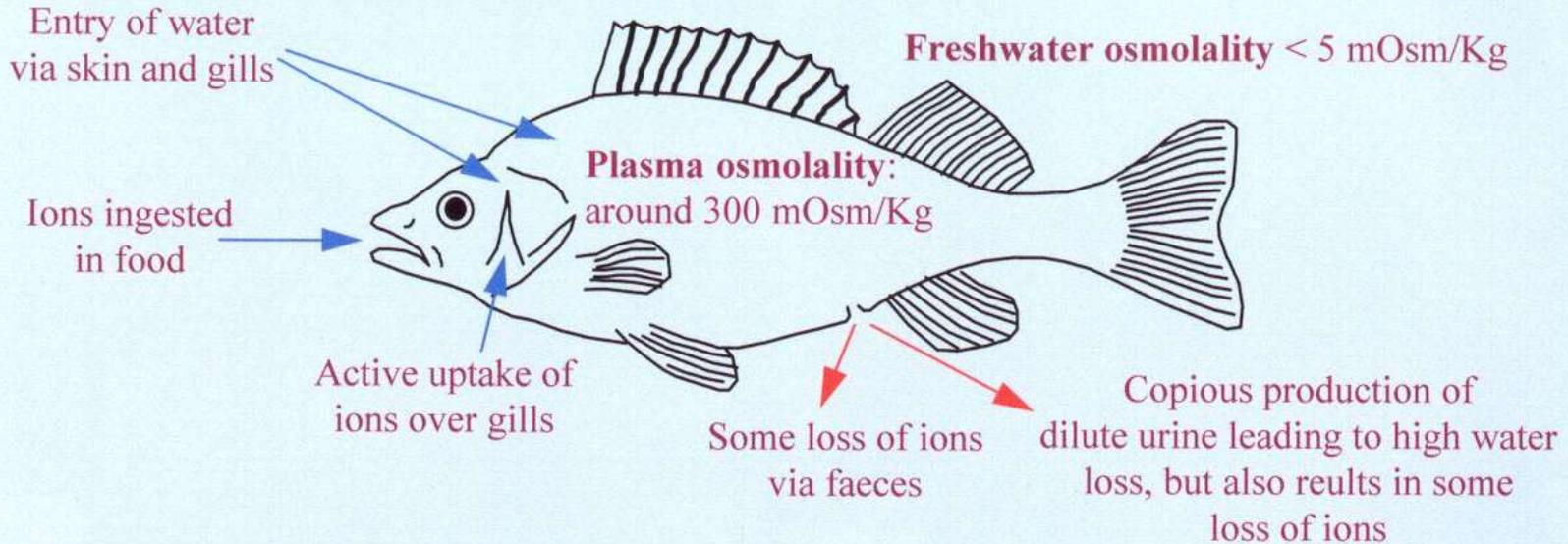
Hipoosmóticos (marinos)

- Ganan sales (alimento y difusión)
- Pierden agua (ósmosis)
- Eliminan el exceso de iones captados
- Expulsión activa Cl^-
- Salida activa Na^+
- Poca orina isosmótica respecto al plasma



HIPEROSMORREGULADORES

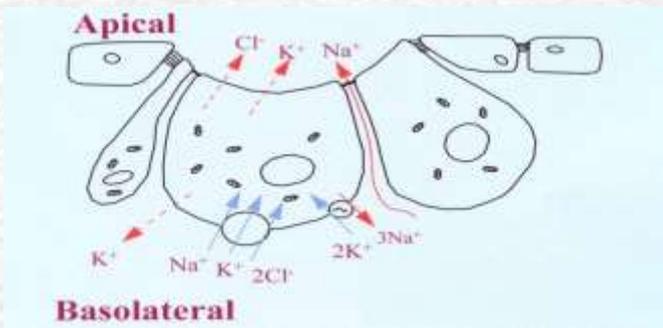
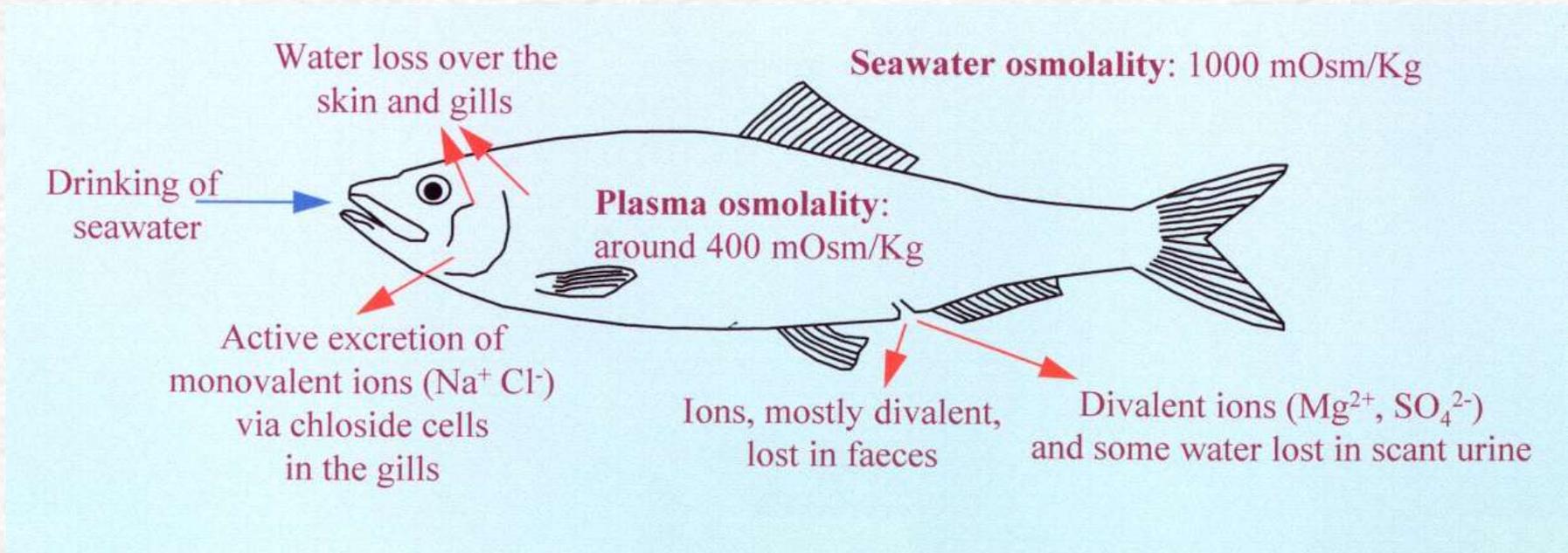
Peces Dulceacuicolas



- Hiperosmóticos respecto al medio
- Tienen a ganar agua.
- Eliminan agua en la orina.
- Tienen a perder sales.
- Recuperan sales (branquias, digest, piel)
- Producen orina hipotónica

HIPOOSMORREGULADORES

Peces Marinos



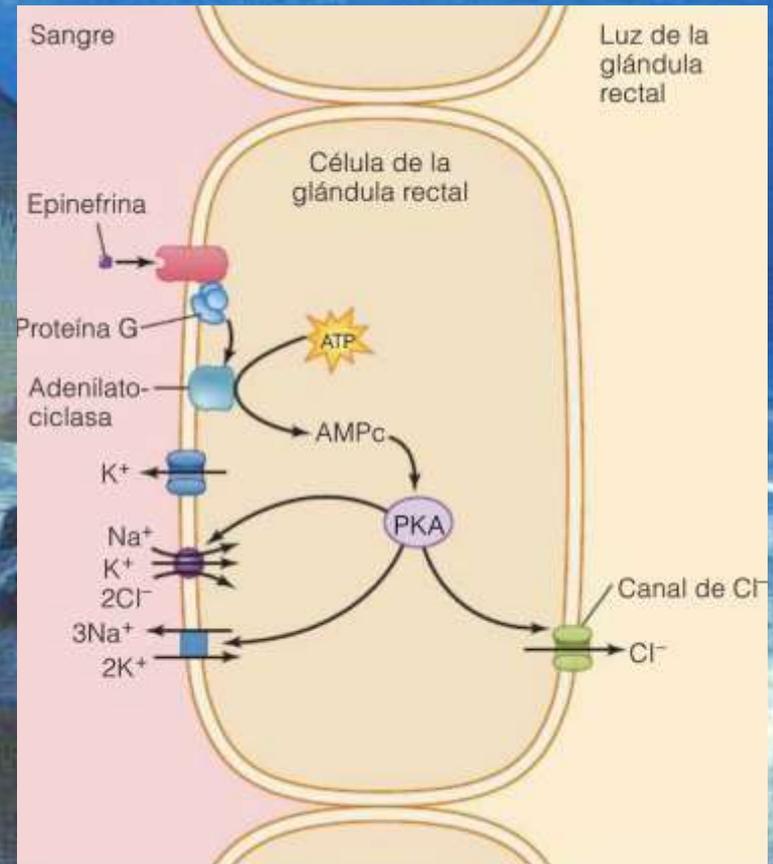
- Hipoosmóticos respecto al medio
- Tienen a perder agua. Toman agua del medio.
- Tienen a ganar sales. Eliminan sales por las branquias y orina.

Elasmobranquios: osmoconformes



- \downarrow $[\text{NaCl}]$ respecto al medio
- \uparrow $[\text{Urea}]_{\text{plasmática}}$
- \downarrow pérdida de agua

Glándula rectal



Retienen úrea, eliminan Na y Cl

PECES DIADROMOS

Que migran de diferentes medios osmóticos.

-**Anádromos**: pasan la mayor parte de su vida en el mar y migran al río para la reproducción (ej: salmones, esturiones).

-**Catádromos**: pasan la mayor parte de su vida en el río y migran al mar para la reproducción (ej: anguilas).

-**Anfídromos**: migran de mar a río o de río a mar durante algunas etapas de su vida no relacionado con la reproducción, son eurihalinos (ej: algunas especies de clupeidos-arenques, tilapia).

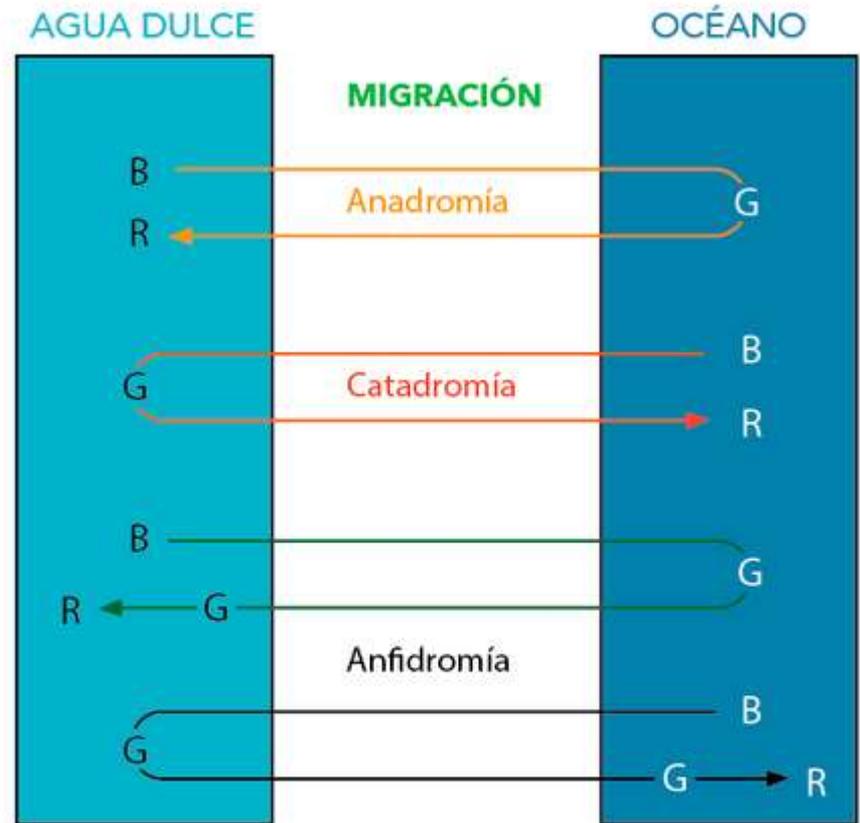


Figura 4. Las tres historias de vida de los peces diádromos incluyen hábitats de agua dulce y de mar y la migración entre ellos. Anadromía, catadromía y anfídromía son definidas por el hábitat en el que nacen (N), crecen (G) y se reproducen (R). Fuente: Gross (1997).

Potamódromos: en agua dulce, ej truchas. Oceanódromos: en agua de mar, ej atunes

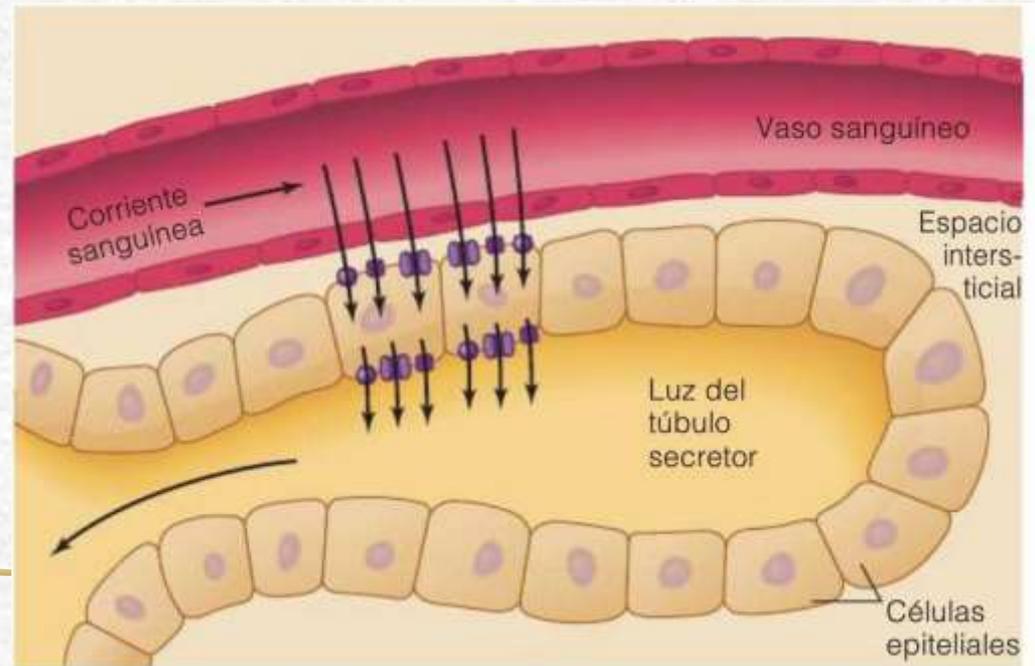
ANIMALES TERRESTRES

- Principal problema que deben de enfrentar los animales de los ambientes terrestres es EVITAR LA DESHIDRATACIÓN
- La regulación osmótica de estos animales se basa en mecanismos que eviten la perdida de agua y con esta la perdida de solutos
- RESPIRACION AEREA
 - Piel impermeable
 - Perdida de agua por epitelios respiratorios
 - Mayor desarrollo de riñones para concentrar la orina
 - Mecanismos para adquirir y conservar el agua

MAMÍFEROS Y AVES

- Superficies permeables reducidas
- Control hormonal (p.e. elevada concentración de hormona antidiurética)
- Aves marinas poseen glándula nasal que secretan una solución hiperosmótica
- Producción de orina hipertónica

Glándula nasal

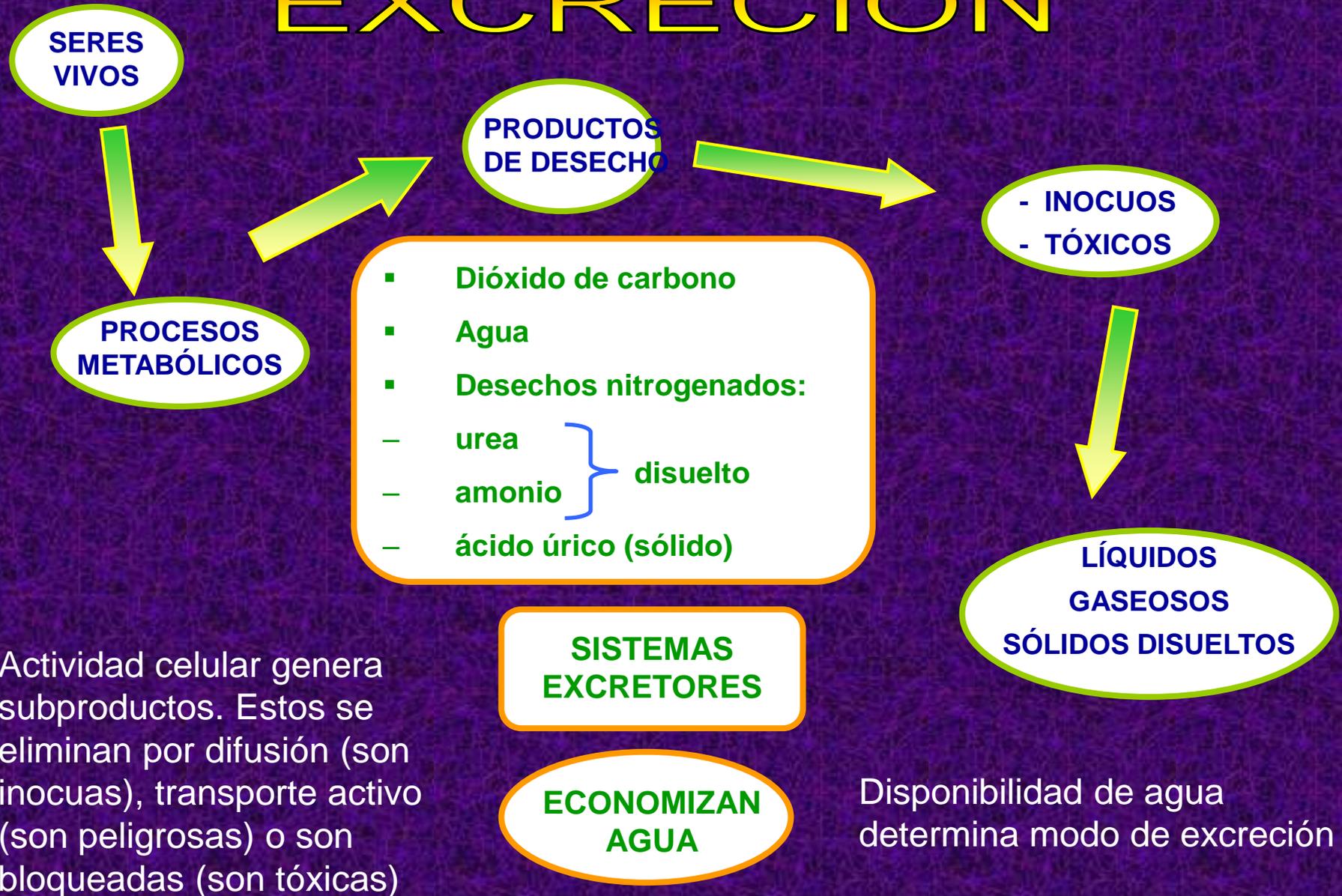


MAMIFEROS DEL DESIERTOS

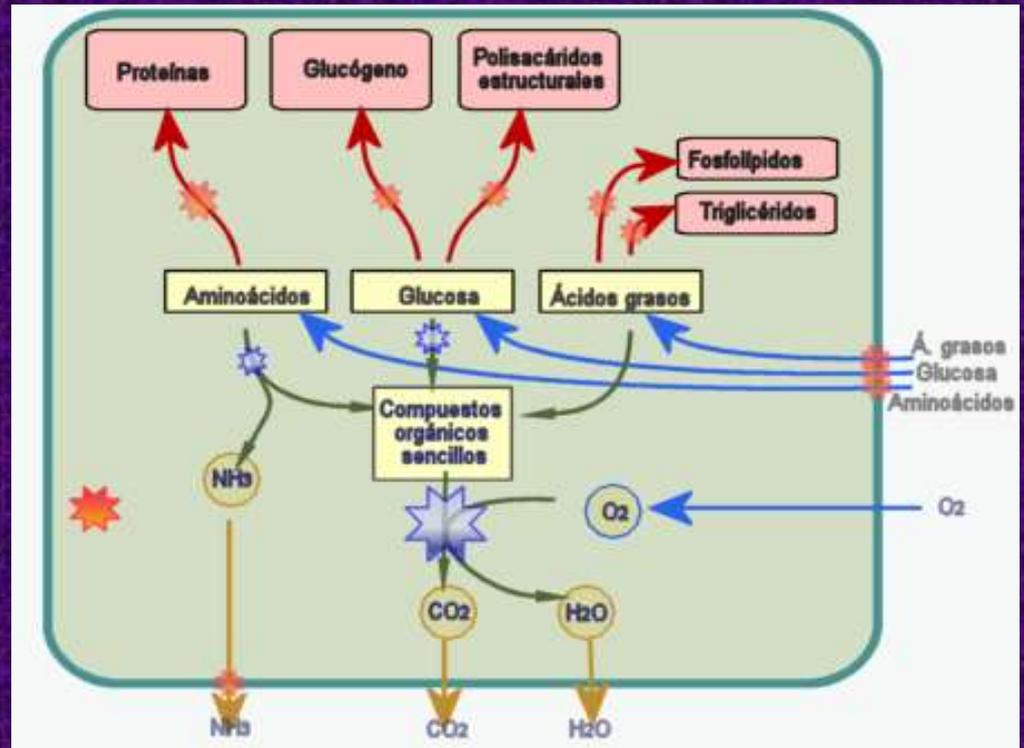
- Problema pérdida de agua
- Disminuir la tasa de evaporación al no tener que termorregular: temperatura varía día-noche
- Conservación de agua en el tracto respiratorio
- Riñones especializados para concentrar la orina
- Aprovechan el agua metabólica



EXCRECIÓN



TAMAÑO DE LAS MOLÉCULAS:
Simples, compuestas, coloides



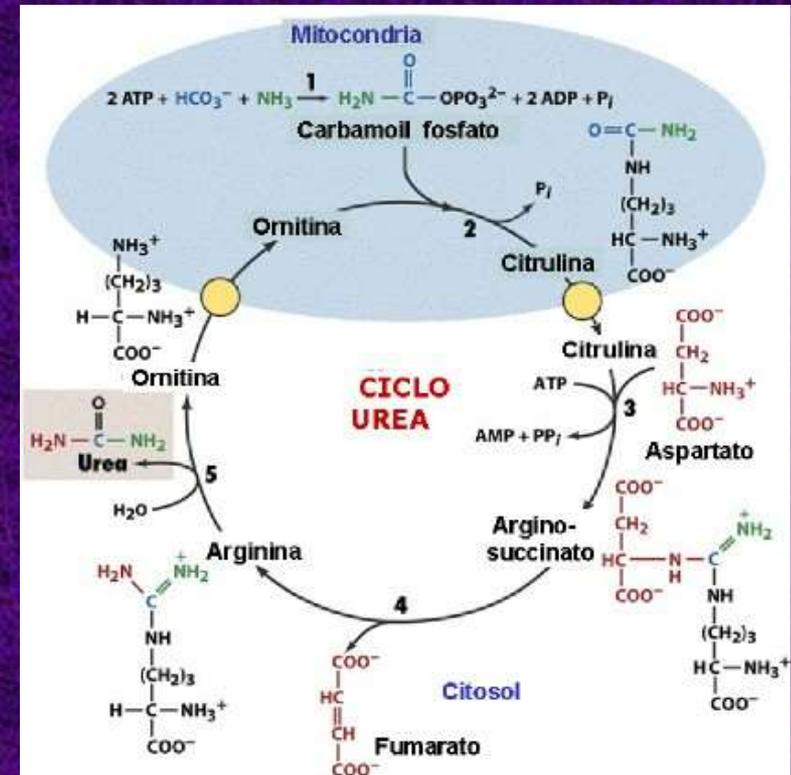
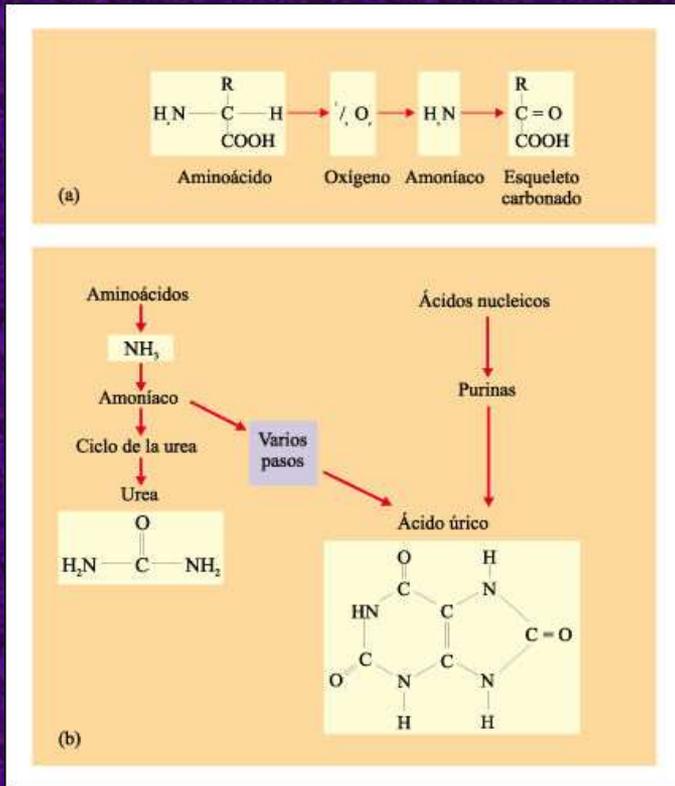
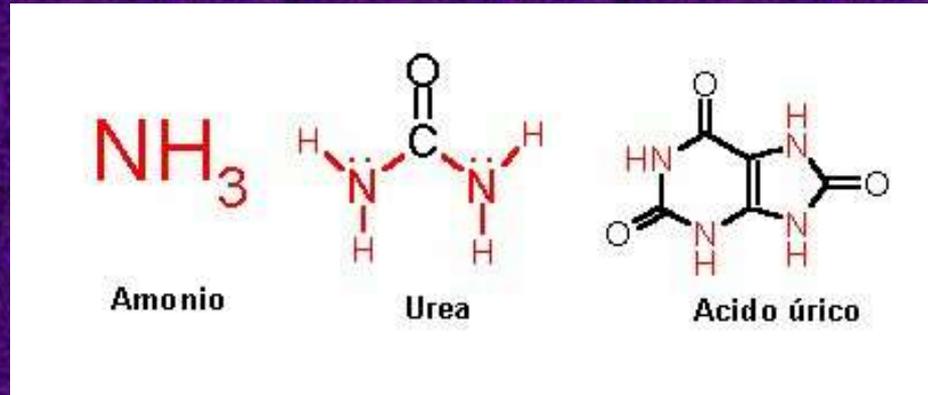
EXCRECIÓN
CO₂ y H₂O

- Exceso de agua: ingestión, respiración, metabolismo.
- Eliminación por vacuolas contráctiles y orina.
- El CO₂ se combina para formar HCO₃ y regular el pH.

EXCRECIÓN DE OTROS PRODUCTOS

- El catabolismo de las proteínas producen desechos nitrogenados.
- El amoníaco por ser soluble en agua se excreta por difusión.
- La urea y el ácido úrico se excretan por transporte activo.

Desechos nitrogenados



Excreción de nitrógeno

- **Amoniotélicos** (NH_3): acuáticos. Amoníaco se produce fácilmente a bajo costo pero es muy tóxico, se debe eliminar de inmediato y se requiere mucha agua. 0,5 L/g
- **Ureotélicos** (úrea): mamíferos, anfibios. Urea es más costosa de sintetizar —usa ATP, pero menos tóxica, requiere menos agua para eliminarse por eso en terrestres (0,05 L/g). En algunos casos es necesaria para la osmorregulación.
- **Uricotélicos** (ácido úrico): aves, lagartos, anfibios, insectos. El ácido úrico tiene baja toxicidad y es insoluble para no afectar la osmolaridad de la orina y, su eliminación requiere poca agua, pero su síntesis es más costosa. 0,001 L/g

EXCRECIÓN EN INVERTEBRADOS

EXCRECIÓN EN ANIMALES TRIBLÁSTICOS ACELOMADOS

NEFRIDIOS: Túbulos comunicados con el exterior a través de poros

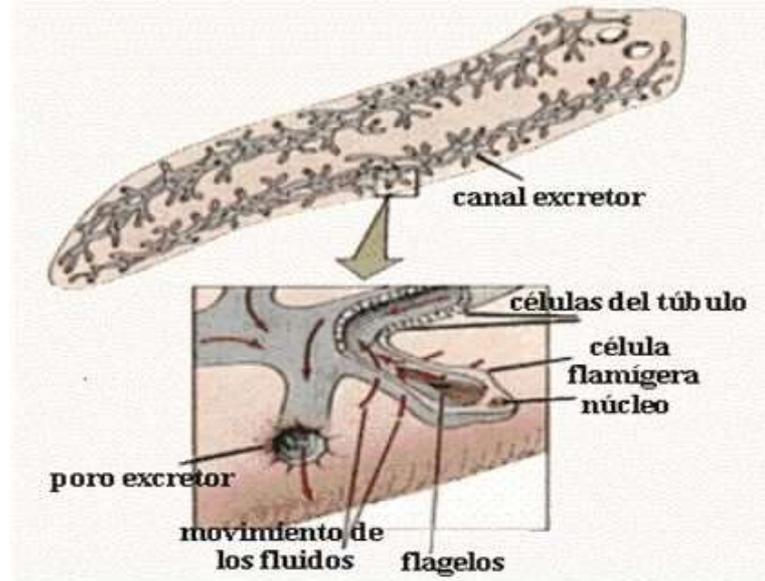
PROTONEFRIDIOS

Son estructuras sencillas que aparecen en acelomados o pseudocelomados. **Hay dos tipos de protonefridios:**

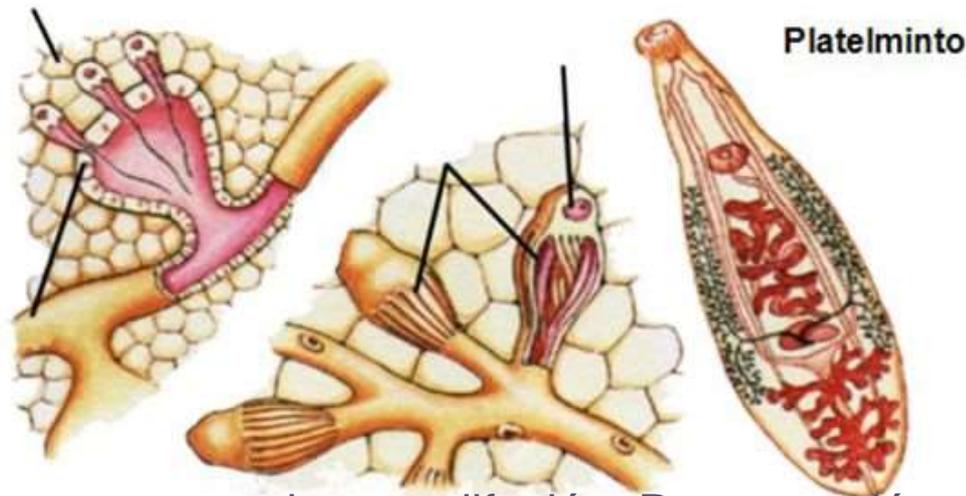
•**Células flamígeras:** son células grandes con cilios. Conectan unas células del interior del cuerpo con el exterior mediante un pequeño conducto. Los productos nitrogenados pasan de una célula a otra, hasta llegar a la célula flamígera que lo expulsa al exterior, gracias a la corriente que crea el movimiento de los cilios.

En planarias.

•**Solenocitos:** son células grandes, flageladas, con un collarite. Se asocian unas células con otras formando una cámara a la que se expulsan las sustancias nitrogenadas, que salen al exterior, gracias a la acción de los flagelos.



serie de túbulos ramificados cuyos extremos internos terminan en la célula flamígera provista de varios flagelos dirigidos hacia la luz del tubo.



Platelmintos: CO_2 y el amoníaco son excretados por difusión. Recuperación agua y metabolitos por reabsorción. Eliminación desechos por el tubo colector, empujados por el batido rítmico de los flagelos, salen por poro excretor en la pared corporal.

METANEFRIDIO

Lombriz de tierra

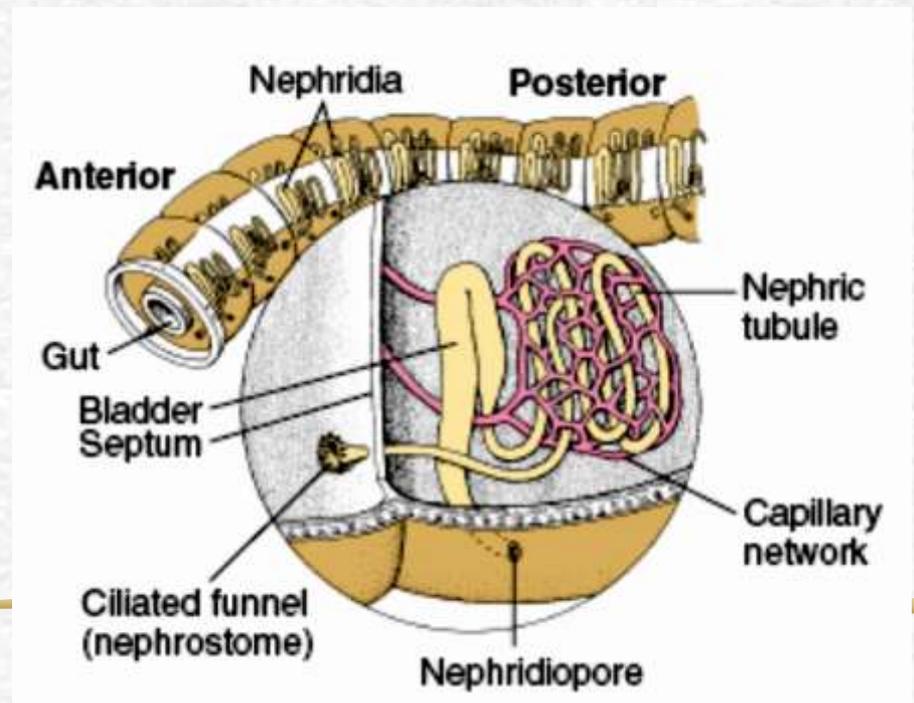
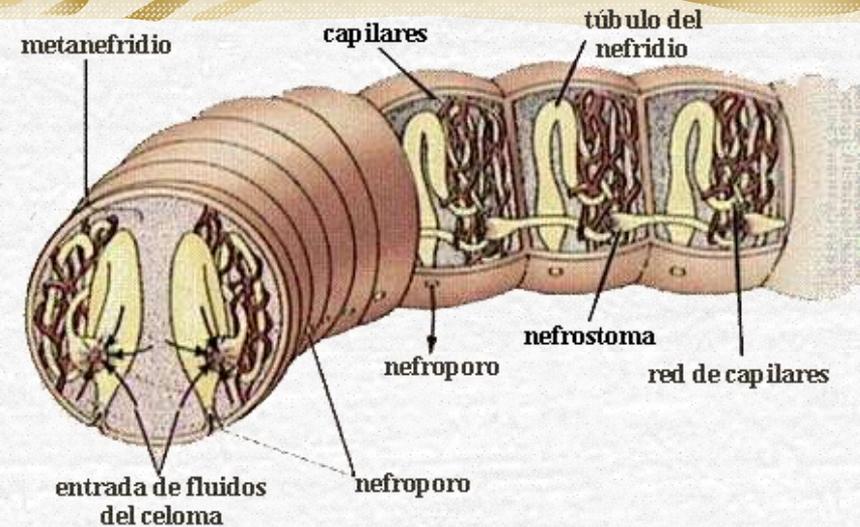
Estructuras abiertas por los dos extremos.

Uno se abre a la cavidad celómica, tiene forma de embudo ciliado y el otro extremo se abre al exterior por un poro.

El líquido en el celoma contiene los productos de desecho, es recogido por los cilios del nefrostoma, pasa a los túbulos, donde se reabsorben las sustancias que son útiles

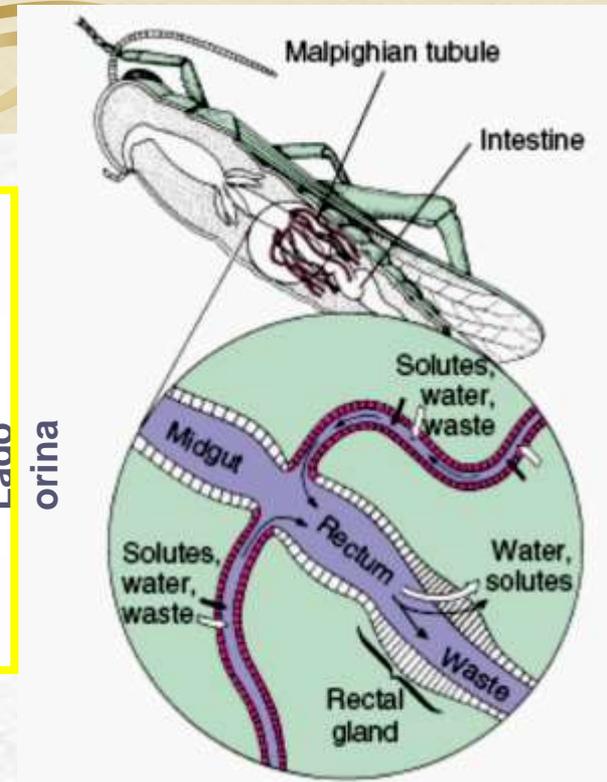
Los desechos salen al exterior por el nefridioporo.

En cada segmento, excepto en el 1-3 y último, tienen un par de nefridios (abiertos).



Insectos TUBOS DE MALPIGHI

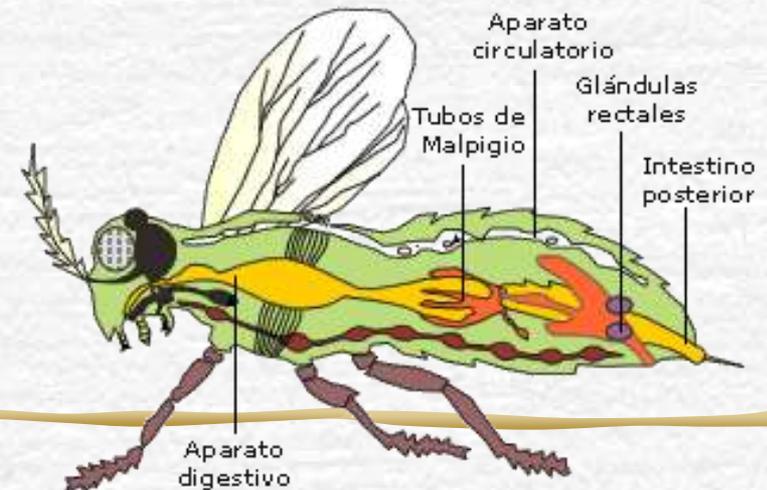
Son tubos delgados, cerrados por el extremo en la cavidad corporal y abiertos por el otro extremo al tubo digestivo, entre el intestino medio y el posterior. La superficie del túbulo tiene numerosos microvellocidades y mitocondrias.



Productos de desecho en la sangre, pero esta no es presurizada.

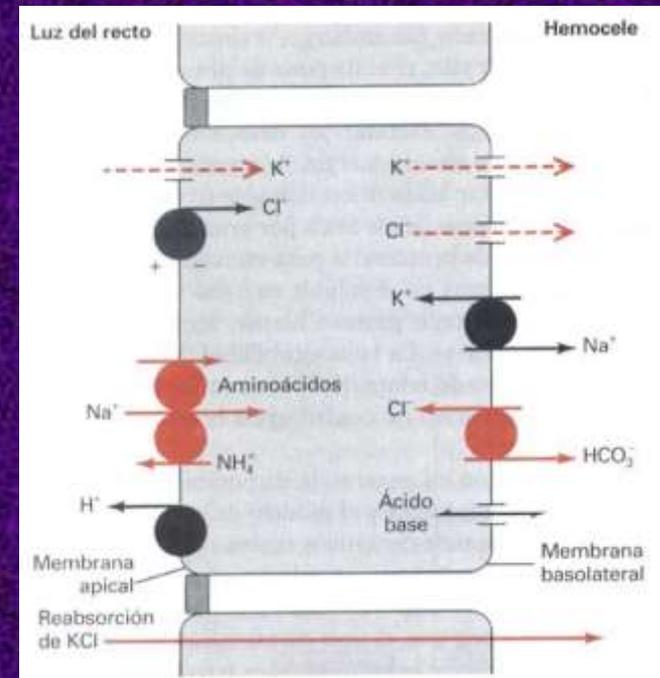
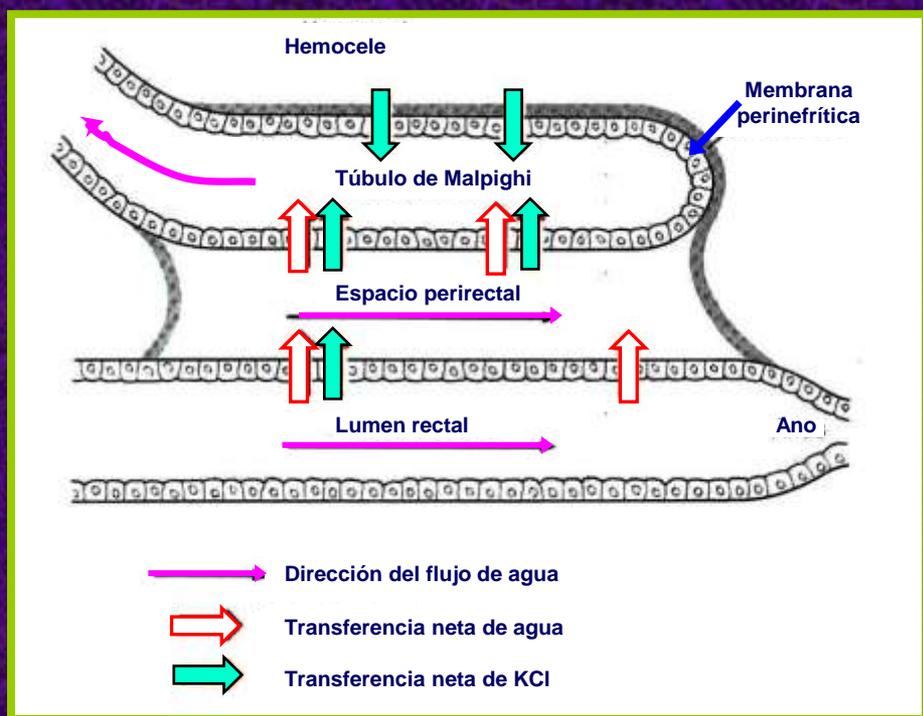
La orina se forma por secreción y es isotónica. No es importante la filtración para formar la orina.

Viaja por el lumen del túbulo
Intestino posterior (reabsorción de agua)
Reabsorción en glándula rectal
Recto -- Orina concentrada



Formación de la orina hipertónica ej Tenebrio

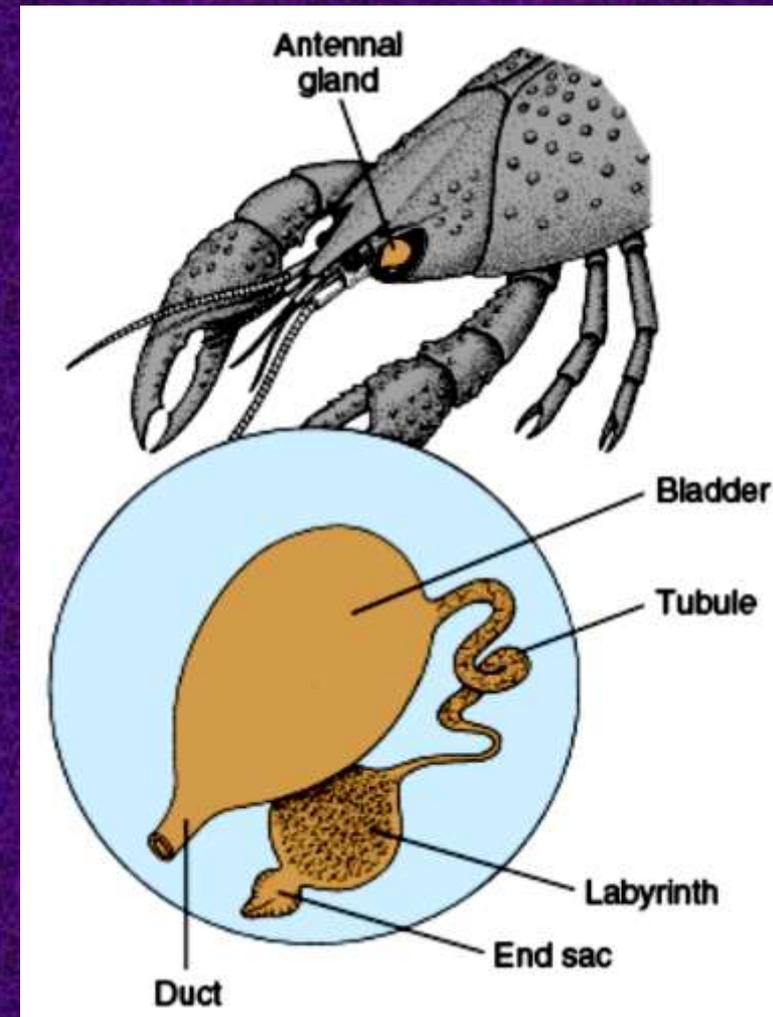
1. Toma activa de agua. Acoplada a la hidrólisis del ATP. Secreción K^+
2. Mecanismo físico para producir un movimiento ascendente del agua.
 - ◆ Hay un rearrreglo del túbulo de Malpighi.
 - ◆ El agua es arrastrada osmóticamente desde el recto hacia el túbulo debido al gradiente de KCl.
 - ◆ El flujo de agua crea un gradiente osmótico, lo que permite altas concentraciones cerca del final de ano.



Glándula antenal o glándula verde

Cangrejos

- Órgano renal de los crustáceos (se ubica en la cabeza).
- Presenta filtro, tubo y una especie de vejiga se abre en un poro excretor en la base de las antenas.
- El celomosaco se asemeja a los glomérulos de los vertebrados en su ultraestructura.
- Filtración en el saco terminal.
- Túbulo (reabsorción selectiva y secreción activa). Los decápodos marinos carecen de él.



DIFUSIÓN



Esponjas, anémonas, medusas, hidras y algunos equinodermos.

ORGANOS QUE FILTRAN Y REABSORBEN

En algunos moluscos marinos y de agua dulce

La filtración ocurre a través de la pared del corazón dentro de la cavidad pericárdica.

El filtrado es conducido hacia el “riñón” a través de un canal especial.

En el riñón ocurre la reabsorción de amino ácidos, glucosa y los electrolitos esenciales.

Importancia de la filtración-reabsorción

- Constituyentes de bajo peso molecular del plasma son filtrados durante la ultrafiltración en proporción a su concentración en el plasma.
- La glucosa, Na^+ , Cl^- , K^+ y Ca^{2+} son removidos del filtrado por reabsorción tubular.
- Moléculas no importantes o tóxicas son excretadas.

Desventaja

Alto costo metabólico, debido a la toma activa por los órganos renales y extrarreales.

Ejemplos:

- ♦ En la piel de la rana, 1 mol de O_2 debe ser reducido en la síntesis de ATP por cada 16-18 moles de Na^+ transportado.
- ♦ En las almejas de agua dulce, el costo de mantener el balance de Na^+ asciende a casi el 20% del metabolismo energético.
- ♦ En los invertebrados marinos es menos costoso.

★ EXCRECIÓN EN VERTEBRADOS

Todos los vertebrados tienen riñones derivados de los metanefridios.

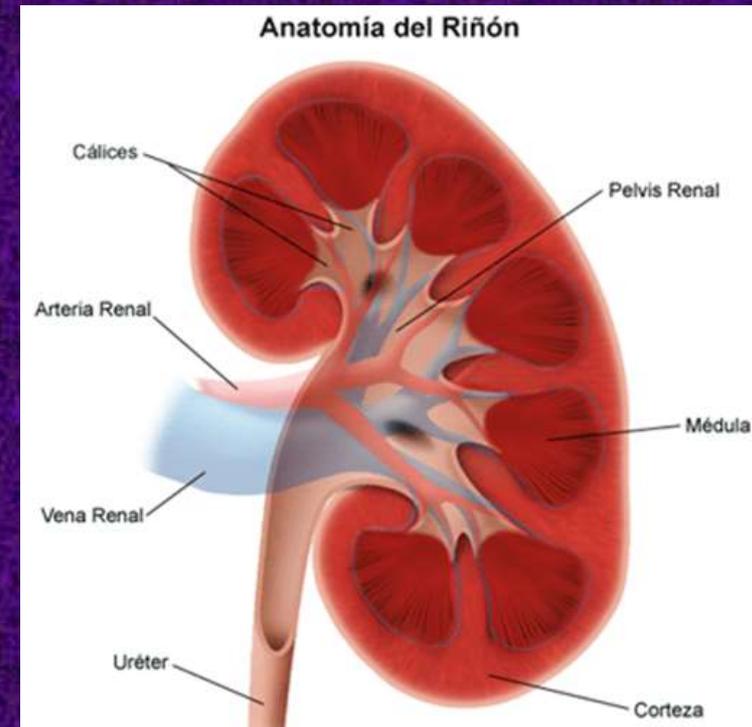
En peces de agua dulce el riñón es más un órgano de equilibrio hídrico que uno de excreción.

Los peces marinos excretan el exceso de sal por órganos extrarrenales.

En los vertebrados terrestres la excreción depende de los riñones, los cuales están formados por nefronas.

Funciones del riñón:

- Excreción
- Equilibrio hídrico y electrolítico
- Regulación de la presión arterial
- Equilibrio acido-base: pH
- Endocrina (Renina, EPO, Vitamina D3)



PARTES NEFRONA

Corpúsculo renal: consta del glomérulo y de la cápsula de Bowman

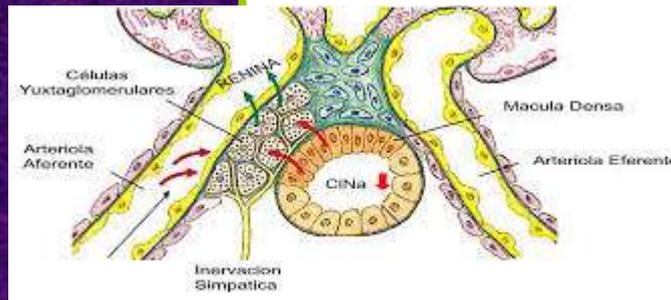
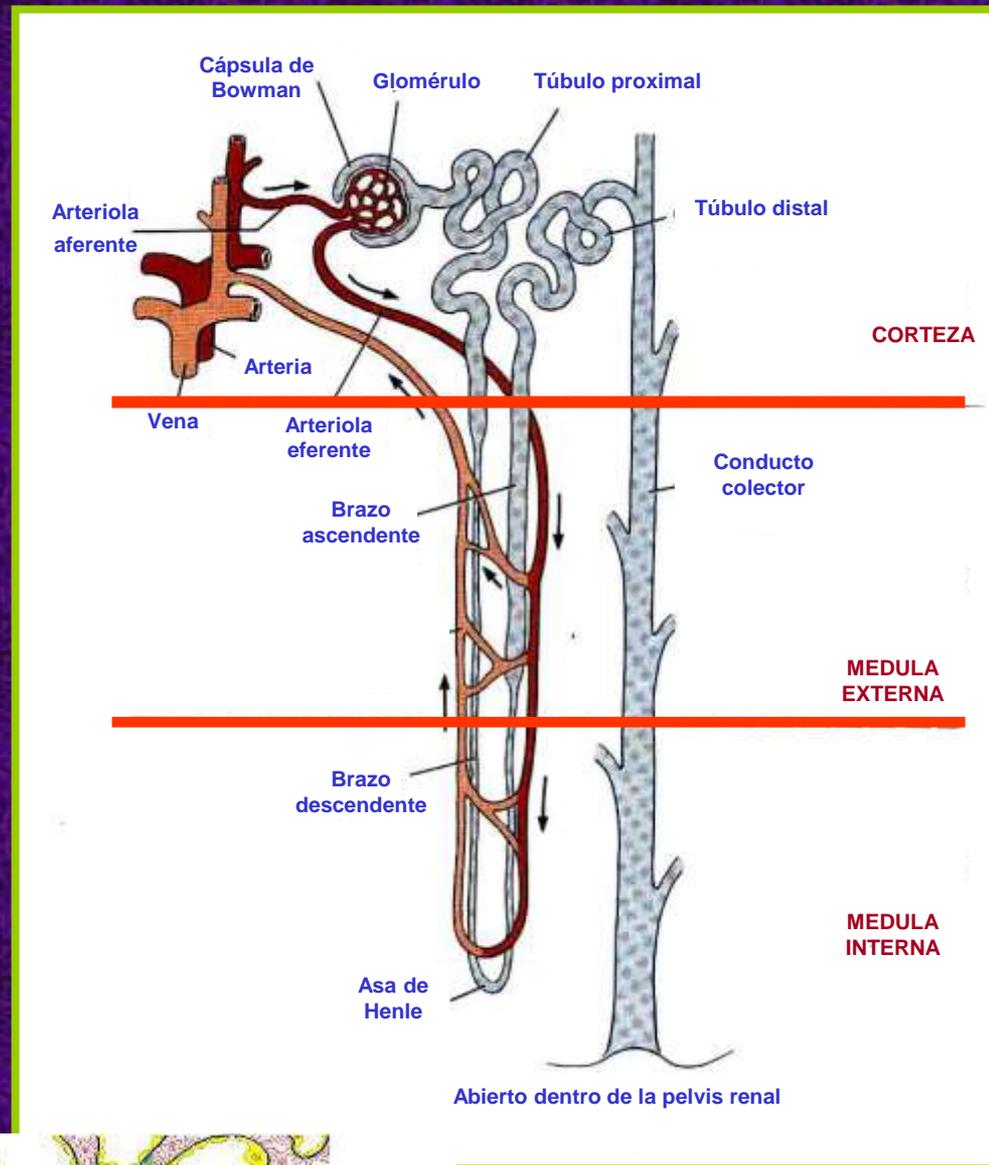
Túbulo proximal:

Asa de Henle: porciones descendente y ascendente. Sólo en aves y mamíferos (para concentración orina).

Túbulo distal:

Túbulo colector

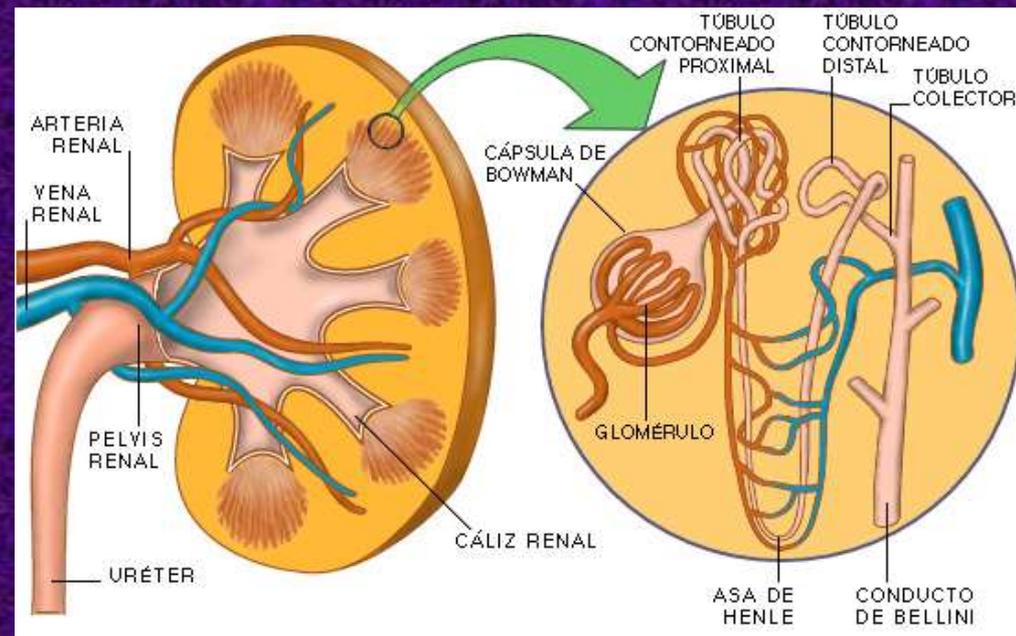
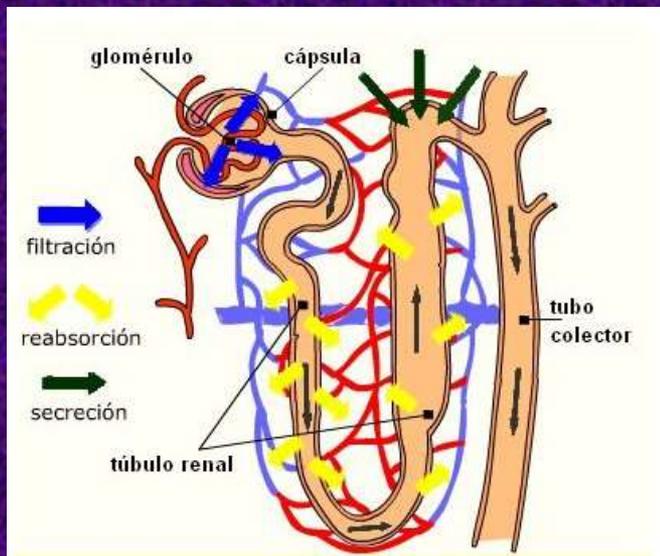
Capilares peritubulares y vasos rectos



Aparato yuxtaglomerular

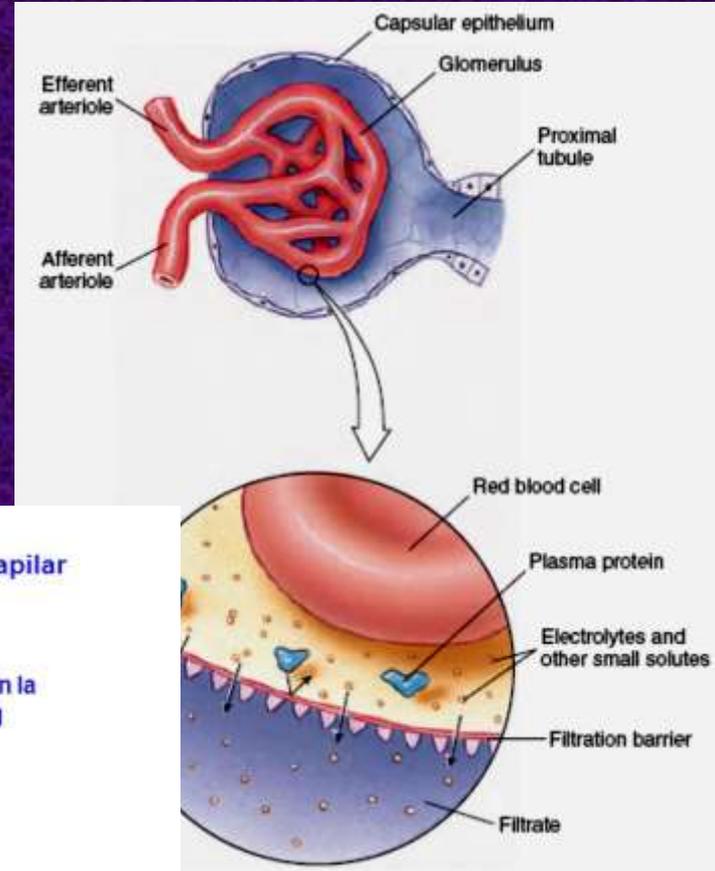
FORMACIÓN DE LA ORINA

1. **Filtración** de plasma sanguíneo que se acumula en la cápsula de Bowman y pasa a los túbulos de la nefrona.
2. **Reabsorción**: en los túbulos urinarios que están rodeados de capilares sanguíneos.
 - Túbulo proximal (70% Na, agua, azúcares, vitaminas).
 - Asa de Henle (agua y sales)
 - Túbulo distal (reabsorben agua, secreta H)
3. **Secreción tubular**: paso de desechos o sustancias en exceso desde el capilar al túbulo
4. **Excreción**: eliminación de la orina por el túbulo colector

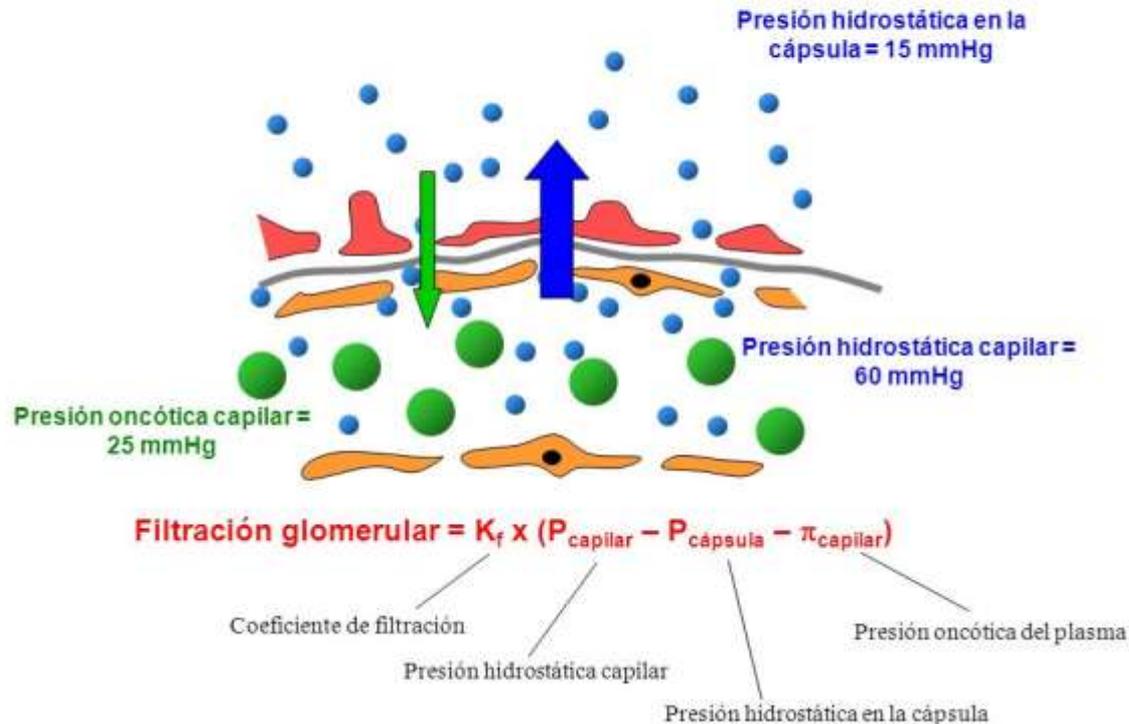


FILTRACIÓN GLOMERULAR

1. Presión hidrostática (filtración casi sin proteínas)
2. El glomérulo con capilares fenestrados; poros 100 veces más permeables
3. Paso por poros pequeñas moléculas
4. Retención proteínas y eritrocitos
5. Salida filtrado al túbulo



La presión hidrostática capilar favorece la filtración, y la presión oncótica capilar la dificulta.

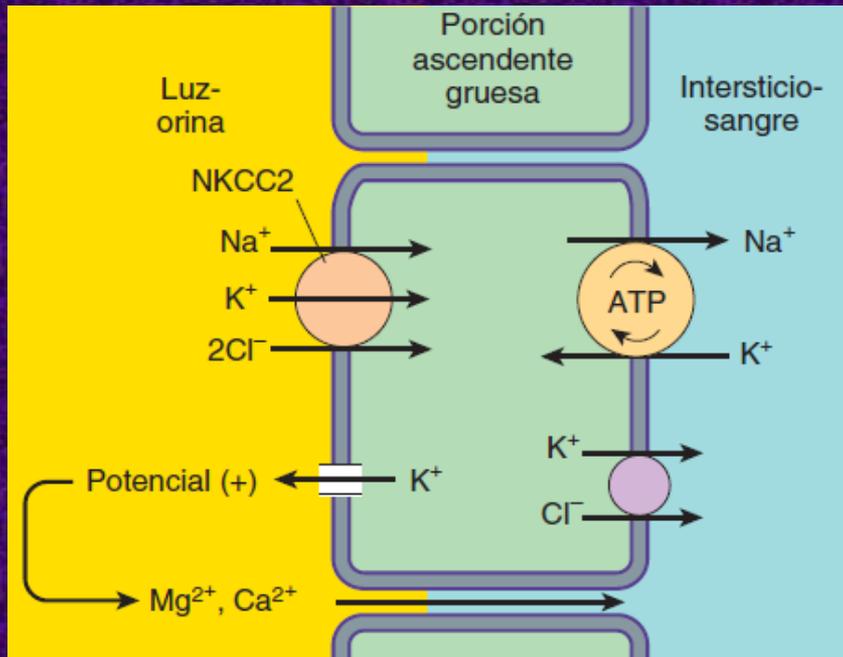


REABSORCIÓN TUBULAR

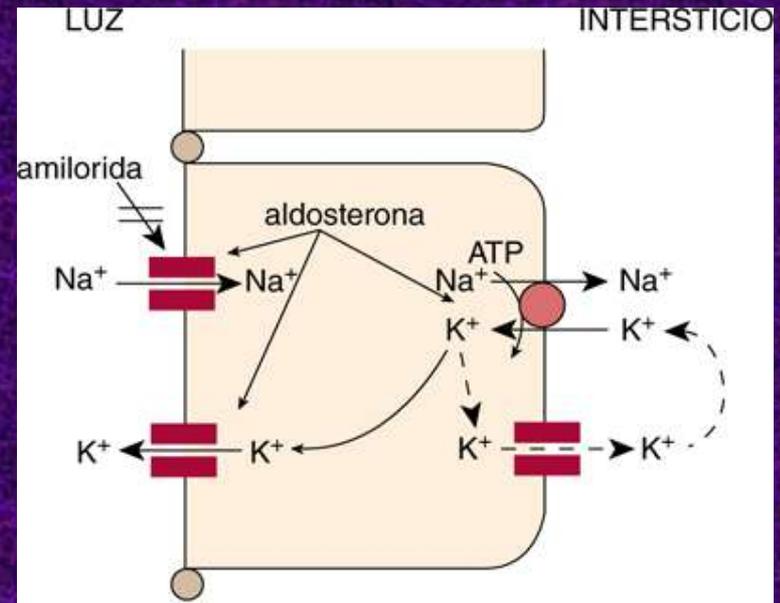
Mecanismos de transporte:

-Activo: Bombas de iones (Na, K, Ca, carbonatos, fosfatos)

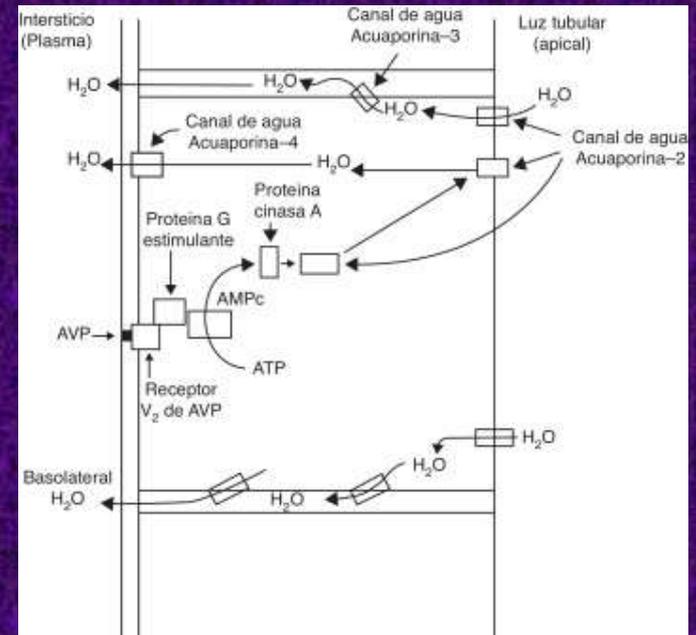
-Pasivo: Cl con Na, agua por ósmosis



Fuente: Bertram G. Katzung, Susan B. Masters, Anthony J. Trevor: *Farmacología básica y clínica*, 12e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.



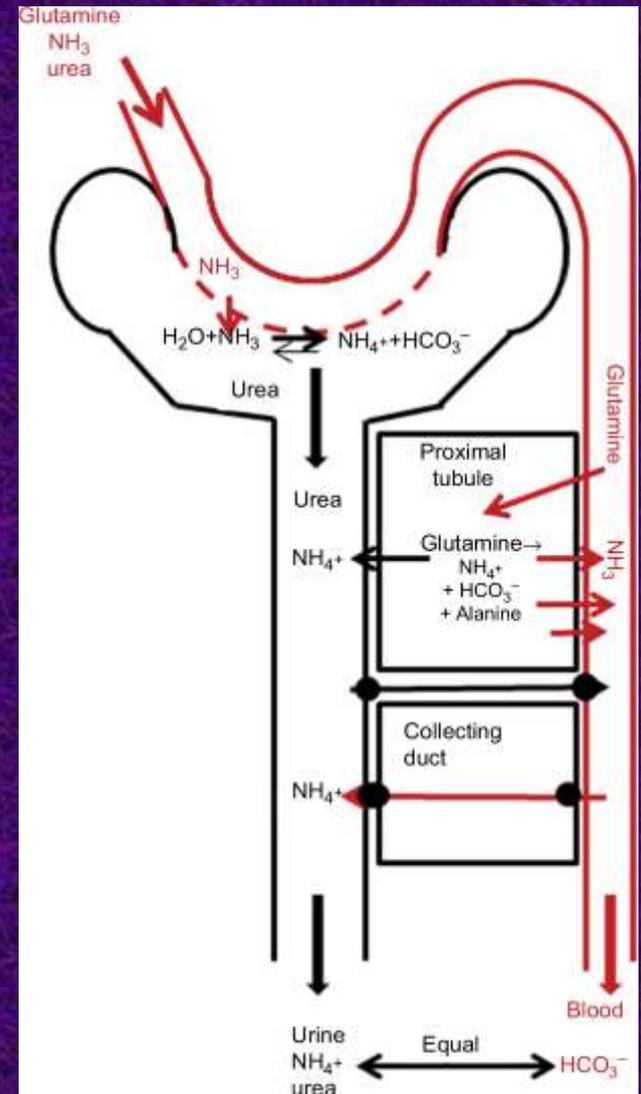
Fuente: Hershel Raff, Michael Levitzky: *Fisiología médica. Un enfoque por aparatos y sistemas*, www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.



SECRECIÓN TUBULAR

Sustancias de desechos de la sangre (H, K, ácidos y bases orgánicos, fármacos, etc) Ocurre principalmente en el túbulo distal. Requiere proteínas transportadoras localizadas en las células epiteliales del túbulo.

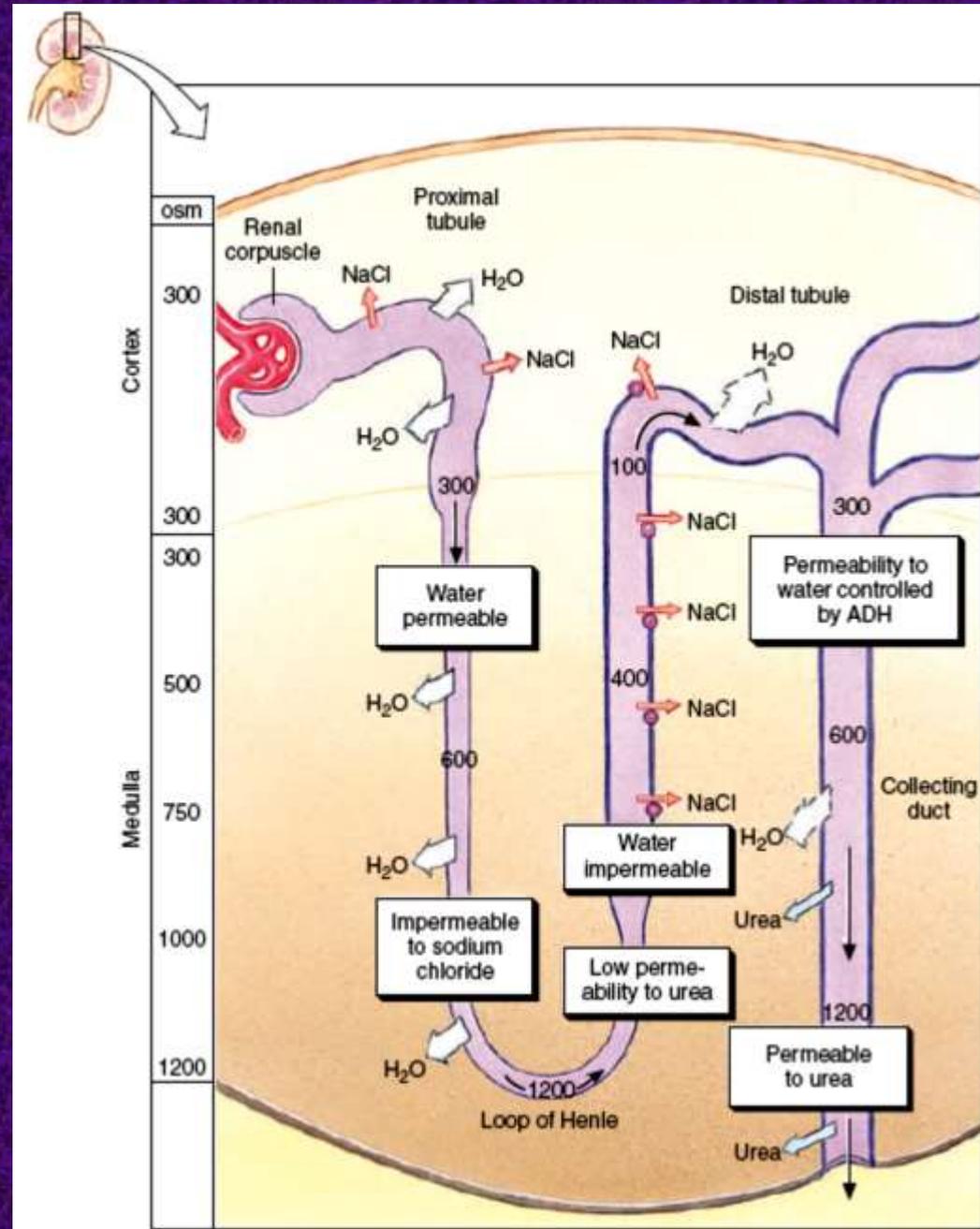
En el túbulo distal y el colector la célula A es secretora ácido, las tipo B son secretoras de base.



Mecanismo de concentración de la orina

- Corteza (líquido intersticial isosmótico)
- Médula (hiperosmótico; sistema contracorriente en el Asa de Henle)
- Contracorriente con los capilares que rodean el asa de Henle
- Permeabilidad del túbulo distal y conducto colector controlada por la ADH

-  Difusión de agua
-  Movimiento variable agua
-  Difusión NaCl
-  Bombeo NaCl
-  Intercambio de Na y K
-  Reabsorción de urea



REGULACIÓN DEL pH

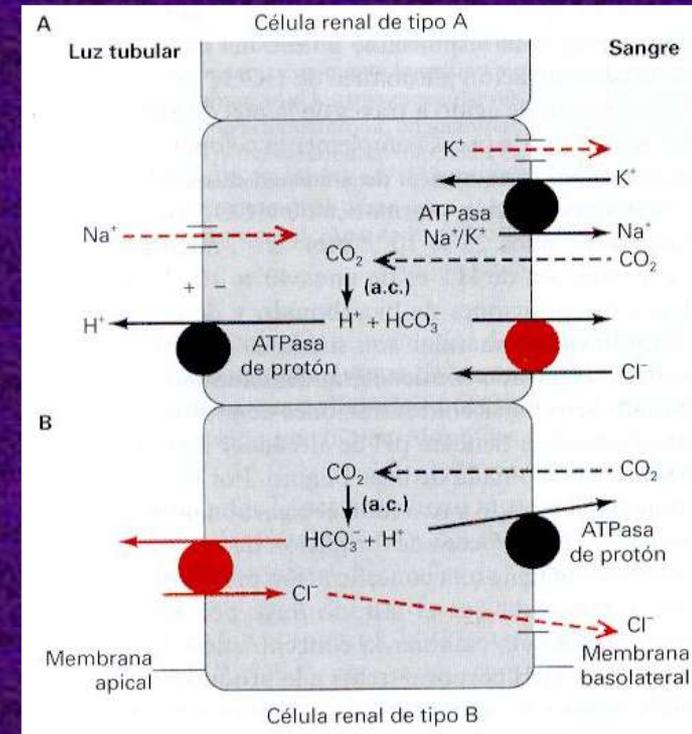
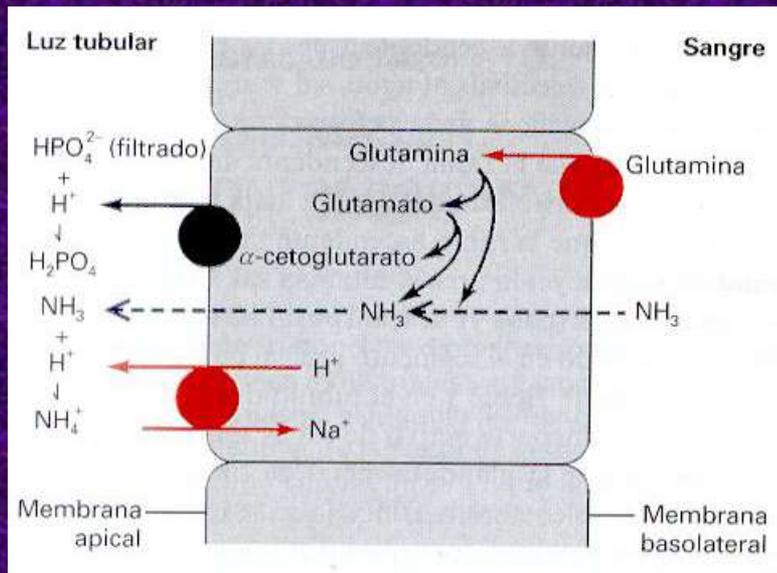
Fisico-químico Corrige pequeñas variaciones del pH, segundos, se basa en amortiguadores o buffers: bicarbonato, fosfatos



Respiratorio Corrige variaciones un poco mayores, minutos, se basa en la frecuencia y profundidad de la respiración (ventilación)



Renal Corrige grandes variaciones. Se basa en aumentar la reabsorción de bicarbonato o la excreción de hidrogeniones.



Control hormonal de la reabsorción de sales y agua

Eje renina-angiotensina: aparato yuxtaglomerular del riñón cuando cae la presión sanguínea, estimula formación de angiotensina que produce vasoconstricción y por tanto eleva la presión sanguínea y mejora el flujo (perfusión)

Aldosterona: corteza suprarrenal, estimula reabsorción renal de sodio y agua

Vasopresina = hormona antidiurética (ADH): hipotálamo (cuando detecta aumenta la osmolaridad del plasma), se almacena en hipófisis posterior, estimula reabsorción de agua, vasoconstricción y aumento de la sed.

Se llama arginina-vasotocina en otros vertebrados; ej en anfibios aumenta la permeabilidad de la piel, reabsorción en la vejiga urinaria –baja volumen de orina. Estas dos aumentan la volemia (volumen de sangre) y por lo mismo aumentan la presión sanguínea

Péptido atrial natriurético: corazón al aumentar la presión sanguínea, disminuye la reabsorción de sodio (se elimina más); tiene el efecto contrario, baja la presión sanguínea

Hormona paratiroidea: glándula paratiroides cuando cae la calcemia, estimula reabsorción de calcio y la eliminación de fosfato

Retroalimentación ADH o vasopresina

