

Homeostasis *en los seres vivos*

Homeostasis

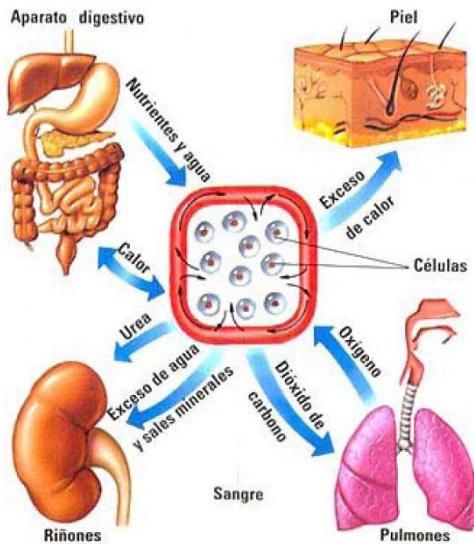


Figura 1: Todo el organismo interviene en la homeostasis.

Se llama **homeostasis** a la **mantención del medio interno a pesar de las variaciones del medio externo**.

La homeostasis involucra mantener a niveles constantes principalmente 4 factores: la temperatura, la concentración de glucosa en la sangre (glicemia), la cantidad de agua e iones y el pH. Estos niveles varían continuamente, pero el organismo los mantiene dentro de rangos definidos para su correcto funcionamiento, por esto se habla de un *equilibrio dinámico*.

La homeostasis se logra gracias a que todos los tejidos y sistemas actúan “en concierto”, es decir, coordinadamente y relacionados unos con otros. Esto se logra mediante el control del sistema nervioso y el sistema endocrino, encargados de coordinar y mandar señales (impulsos nerviosos u hormonas) en el momento y a los sitios apropiados.

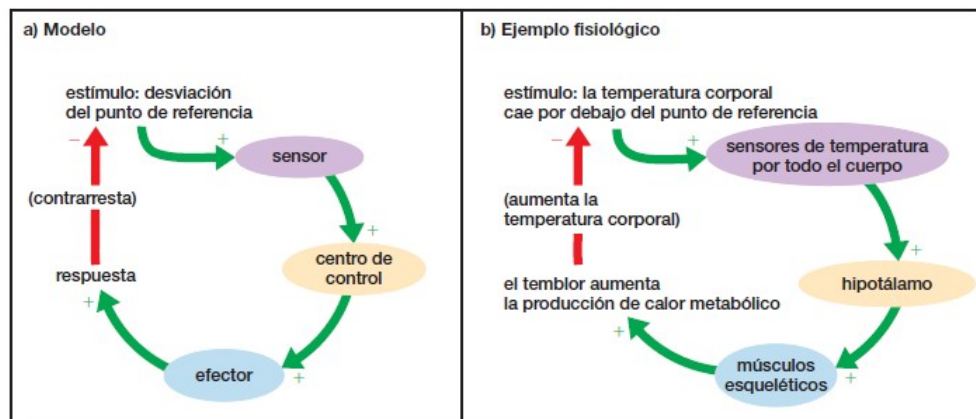
Sistemas de control o retroalimentación

La homeostasis es mantenida por sistemas que controlan el funcionamiento del organismo, llamados sistemas de retroalimentación. Estos mecanismos pueden ser de retroalimentación negativa o positiva:

a) Retroalimentación negativa (*feedback negativo*)

Principal mecanismo de control. Un estímulo produce una respuesta que lo contrarresta, reduciendo sus efectos. En otras palabras, el aumento de un factor causa su disminución para volver a niveles normales. Dentro de los muchos ejemplos de *feedback negativo* en el organismo, encontramos:

- Mecanismo de termorregulación (mantención de la temperatura)
- La mayoría de los sistemas que regulan la liberación de hormonas (*niveles de tiroxina, de ADH, etc.*)
- Mecanismo de regulación de la frecuencia respiratoria, etc.



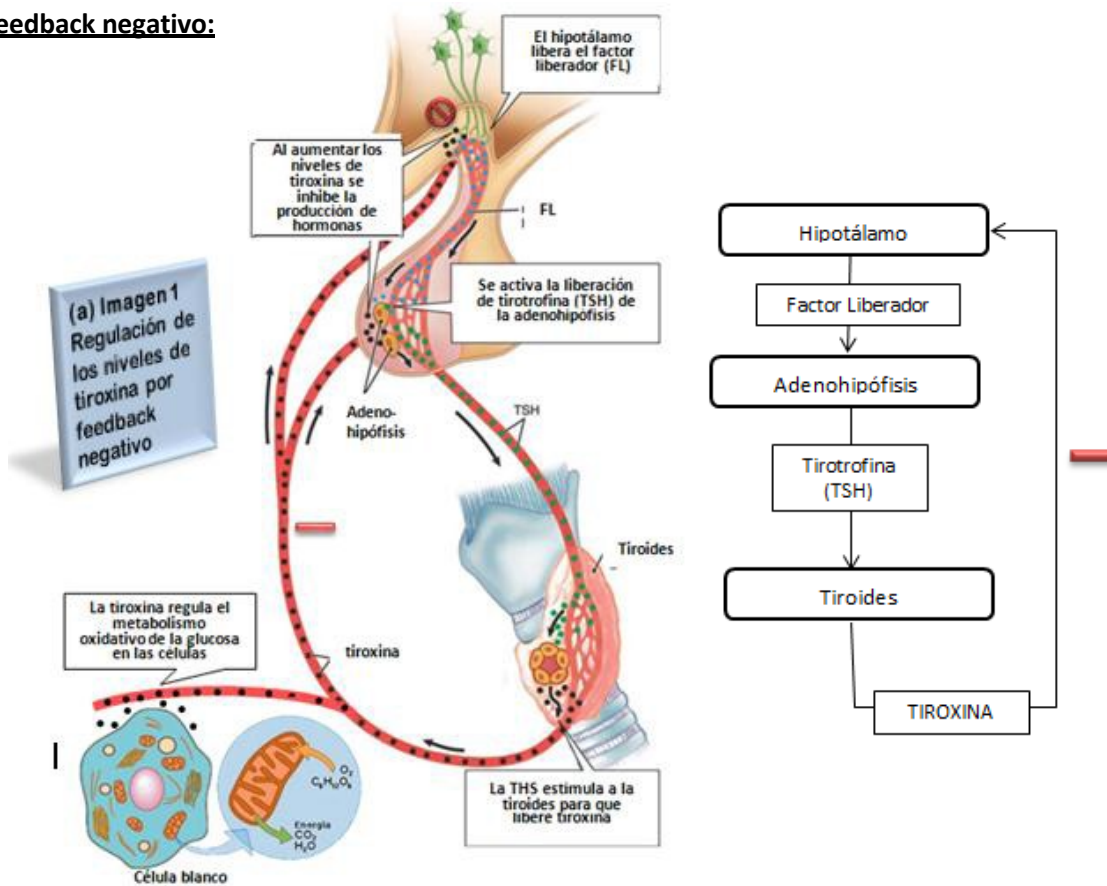
b) Retroalimentación positiva (*feedback positivo*)

Son mecanismos generalmente *autolimitantes* y poco comunes. Un estímulo produce una respuesta que intensifica el cambio original. El aumento de un factor causa que éste siga aumentando, o bien, su disminución causa que siga disminuyendo. Son algunos ejemplos en el organismo:

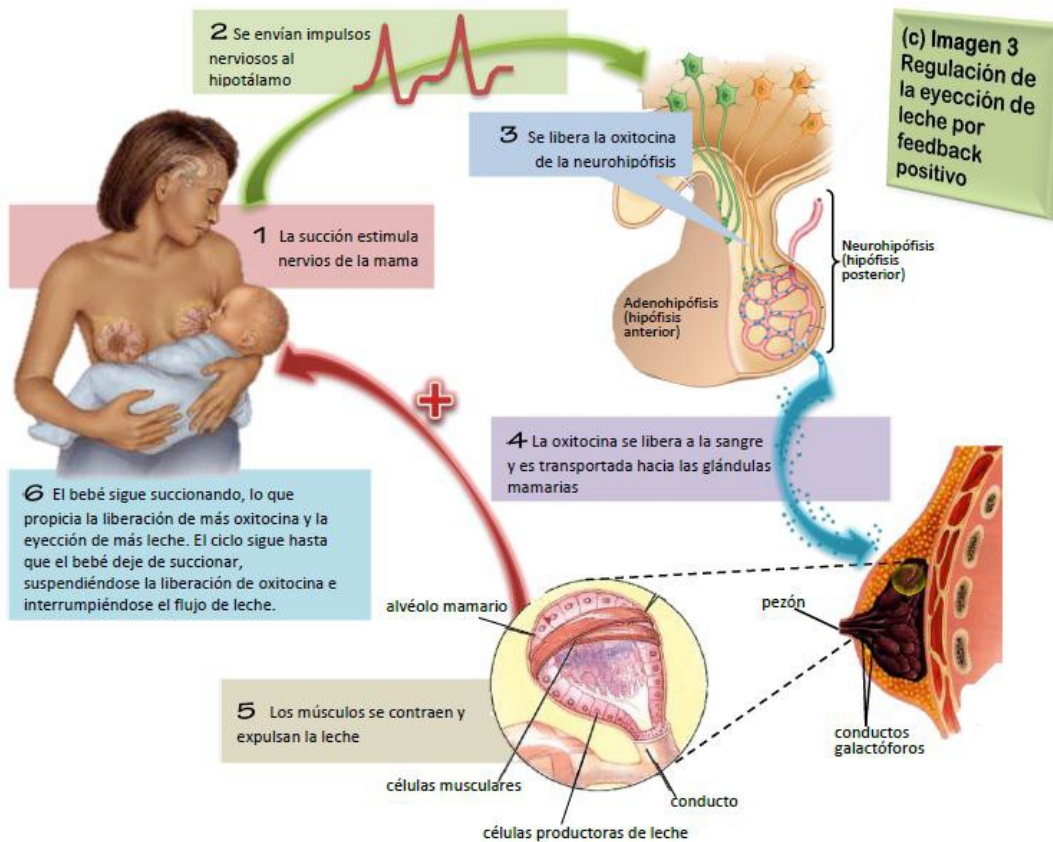
- Mecanismo de control de la frecuencia cardíaca (si disminuye el bombeo de sangre, disminuirá la presión sanguínea, por lo que llegará menos sangre al corazón, lo que causará que disminuya aún más el bombeo...)
- Mecanismo de control hormonal del parto (regulación de oxitocina)
- Mecanismo de control hormonal de la eyección de la leche materna (regulación de oxitocina)

Anexo: Ejemplos de mecanismos de retroalimentación

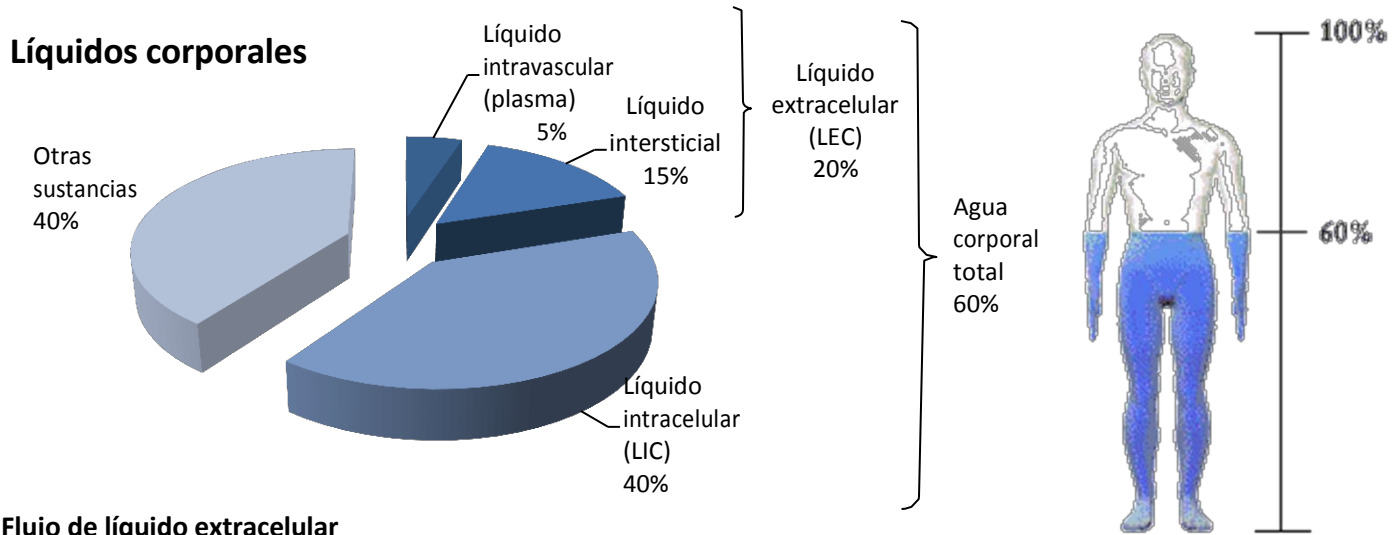
Feedback negativo:



Feedback positivo:



Medio interno y líquidos corporales



Flujo de líquido extracelular

A lo largo de los capilares se produce un continuo intercambio de líquido extracelular entre el plasma y el espacio intercelular (intersticial). Este flujo se debe a cuatro factores:

a) Presión capilar (P_c)

Presión del plasma sobre la pared del capilar, que causa la salida de líquido hacia fuera del capilar.

b) Presión del líquido intersticial (P_{if})

Provoca movimiento de líquido hacia el interior del capilar (cuando es positiva) o hacia fuera de él (si es negativa).

c) Presión coloidsmótica del plasma (π_p)

Provoca el movimiento de líquido hacia dentro del capilar, debido a que la concentración de proteínas es mayor en el plasma (dentro del capilar) que en el líquido intersticial (fuera del capilar).

d) Presión coloidsmótica del líquido intersticial (π_{if})

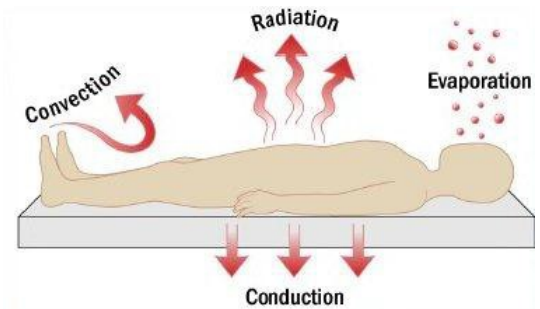
Presión del líquido intersticial sobre la pared del capilar. Causa la salida de líquido hacia fuera del capilar, debido a proteínas pequeñas que salen del capilar por difusión hacia el espacio intersticial.



Termorregulación

Uno de los principales desafíos del organismo es mantener la temperatura, ya que el metabolismo funciona en base a enzimas (proteínas) que funcionan en rangos precisos; sobre las 41°C se desnaturalizan, perdiendo su función y significando la muerte. El hombre debe mantener una temperatura corporal de unos 36,5 °C, a pesar de la temperatura ambiental, a través de diversos mecanismos de ganancia y pérdida de calor:

Mecanismos de pérdida de calor	Mecanismos de ganancia de calor
<u>Mecanismos externos:</u> Radiación Conducción a objetos y al aire Corrientes de convección Evaporación	<u>Mecanismos externos:</u> Radiación directa del sol Irradiación desde la atmósfera
<u>Mecanismos internos:</u> Sudoración Jadeo Perspiración insensible Vasodilatación	<u>Mecanismos internos:</u> Vasoconstricción periférica Piloerección Termogénesis química Espasmos musculares o <i>tiritones</i>



Mecanismos externos de pérdida de calor

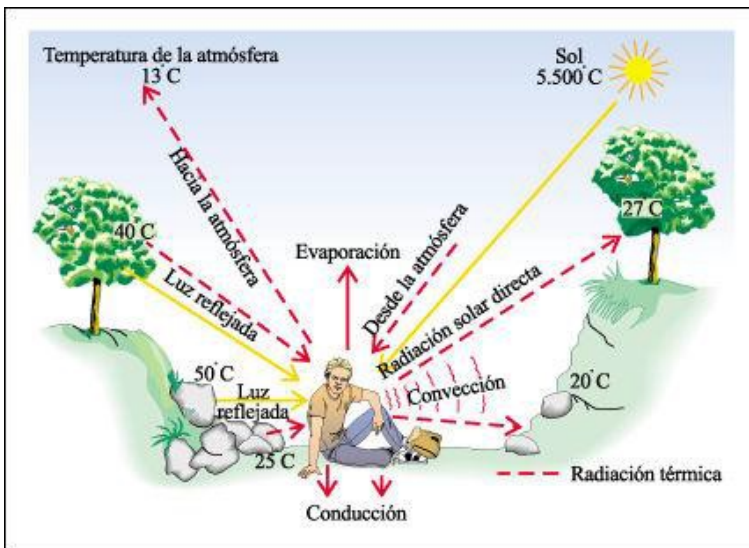
Mecanismos de pérdida de calor

Mecanismos externos:

- a. Radiación.** Se pierde cerca del **60%** del calor como radiaciones infrarrojas
- b. Conducción a objetos** que estén más fríos que el cuerpo, perdiendo cerca del **3%** del calor.
- c. Conducción al aire**, perdiendo cerca del **12%**
- d. Corrientes de convección**, el aire alrededor del cuerpo se calienta y asciende, bajando una capa más fría, de manera que el cuerpo pierde calor al transferirlo a ésta.
- e. Evaporación.** Se pierde cerca del **22%** del calor, ya que se deben gastar 0,58 calorías para evaporar 1 gramo de agua (se gastan 12 a 18 calorías por hora). Este volumen de agua se pierde constantemente por perspiración insensible.

Mecanismos internos:

- a. Sudoración.** El área preóptica del hipotálamo estimula la liberación de sudor de las glándulas sudoríparas, el cual permite perder calor por evaporación. Se pueden perder hasta 1,5 lts. de sudor por hora.
- b. Perspiración insensible.** Sin notarlo, se pierden diariamente unos 800 ml de agua, que sale por difusión de las células.
- c. Vasodilatación.** Los vasos sanguíneos periféricos se dilatan para aumentar el área de pérdida de calor, por esto es que después de ejercicio intenso, como se necesita perder calor, la piel se enrojece.
- d. Jadeo.** Principalmente en animales sin glándulas sudoríparas. Es controlado por la protuberancia anular.

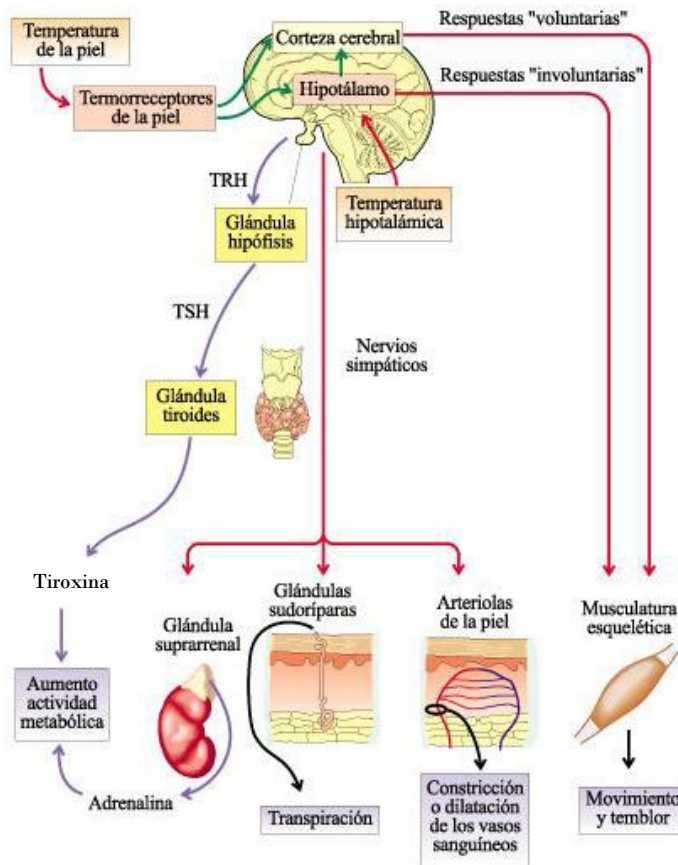


Mecanismos de ganancia de calor

Mecanismos externos:

- a. Radiación directa del sol.** Se absorbe cerca del **97%** de la radiación infrarroja que llega del sol.
- b. Irradiación desde la atmósfera** que actúa como pantalla amplificadora, de la misma forma que el asfalto o la nieve

Mecanismos internos:



La temperatura del cuerpo está regulada por mecanismos de retroalimentación negativa, donde participa el sistema nervioso y endocrino, especialmente el hipotálamo, donde se encuentra el centro regulador de la temperatura.

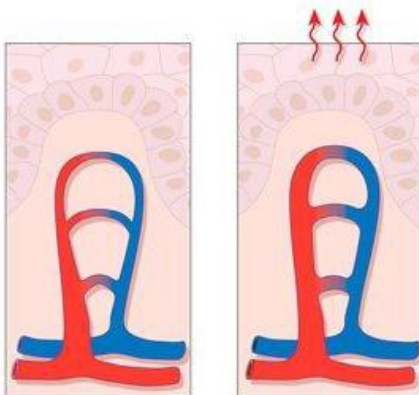
El área preóptica del hipotálamo al detectar una disminución de la temperatura, libera el factor liberador de tirotrofina (TRH), el cual estimula la secreción de tirotrofina (TSH) desde la adenohipófisis. A su vez, la tirotrofina viaja hasta la tiroides donde activa la liberación de tiroxina, hormona que estimula la actividad metabólica, produciendo más calor.

Mecanismos internos para ganar calor:

a. Vasoconstricción cutánea periférica. Desde el hipotálamo posterior, nervios simpáticos actúan sobre las arteriolas para disminuir el diámetro de los vasos sanguíneos periféricos de la piel (la piel palidece). Así, se disminuye el área de pérdida de calor.

b. Piloerección. Nervios simpáticos actúan sobre los músculos erectores de los pelos, levantándolos de manera que sirven de aislamiento contra el medio externo.

c. Espasmos musculares o tiritones. Se activan músculos esqueléticos, generando calor mediante actividad muscular (movimientos voluntarios; escalofríos)



Vasoconstricción periférica

Vasodilatación periférica

Exposición del organismo al frío:

Vasodilatación. A bajas temperaturas el músculo liso de los vasos sanguíneos se paraliza causando una vasodilatación, lo que ayuda a suministrar sangre caliente a zonas frías. No es muy eficaz en el hombre.

Hipotermia artificial. La temperatura corporal puede bajarse hasta 32°C en situaciones como cirugías al corazón.

Congelación. El agua al congelarse se expande, causando daño permanente como gangrena o necrosis.

Clasificación de los organismos según el control de la temperatura corporal

a. Endotermos (homotermos): Producen calor mediante su activo metabolismo, manteniendo su temperatura corporal constante a pesar de la temperatura que tenga el medio externo. (Mamíferos y aves)

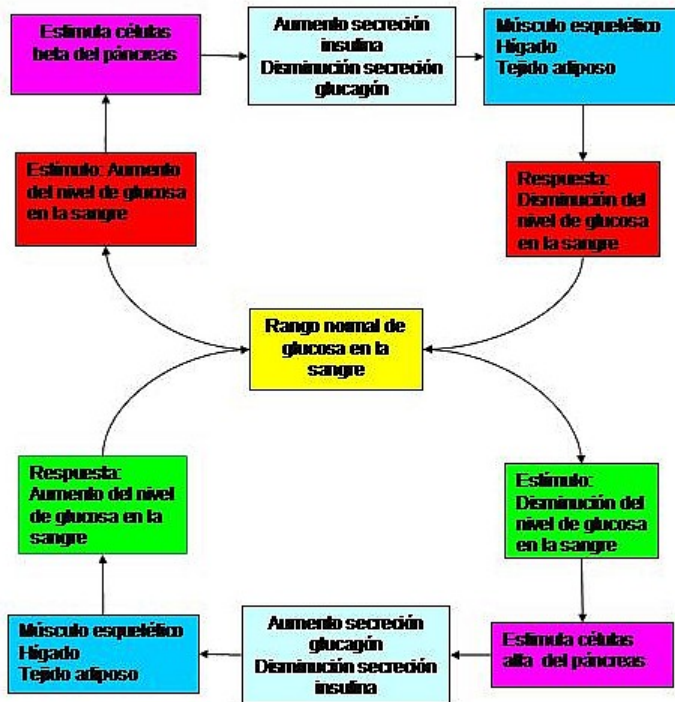


b. Ectotermos (poiquilotermos): Eliminan rápidamente el poco calor producido con su metabolismo, por lo que su temperatura corporal depende directamente de la temperatura ambiental (anfibios, reptiles, peces). La salamandra y los peces pueden ajustar su metabolismo a la temperatura ambiente (*compensación de la temperatura*).



Homeostasis de la Glucemia

Como otro ejemplo de retroalimentación negativa se describe la homeostasis de la glucemia:



Homeostasis de la glucemia por retroalimentación negativa.

La concentración de glucosa en la sangre está regulada habitualmente dentro de límites muy estrechos, entre 3.9-5.6 mM/l en ayunas y en concentraciones menores a 7.8 mM/l sin ayuno. El metabolismo de la glucosa está controlado por el páncreas a través de modificaciones en la relación de concentraciones sanguíneas de dos hormonas, insulina y glucagón, que este órgano sintetiza y secreta. El páncreas responde a la entrada de glucosa a las células beta de los islotes de Langerhans secretando insulina. Por otra parte, el descenso de la concentración de glucosa induce a las células alfa de los islotes de Langerhans a secretar glucagón. El hígado es el principal órgano responsable de la regulación de la concentración de glucosa en el torrente sanguíneo.

Cuando aumenta el nivel de glucosa en la sangre, el páncreas secreta menos glucagón y más insulina. La insulina tiene varios efectos:

- aumenta el transporte de glucosa de la sangre a las células;
- en las células aumenta la tasa de utilización de glucosa como fuente de energía;
- acelera la síntesis de glucógeno a partir de glucosa (glucogénesis) en el hígado y en las fibras del músculo esquelético, y
- estimula la síntesis de lípidos a partir de glucosa en las células del hígado y del tejido adiposo.

En conjunto, estos efectos producen una disminución de los niveles de glucosa en la sangre al rango que se considera normal (salud).

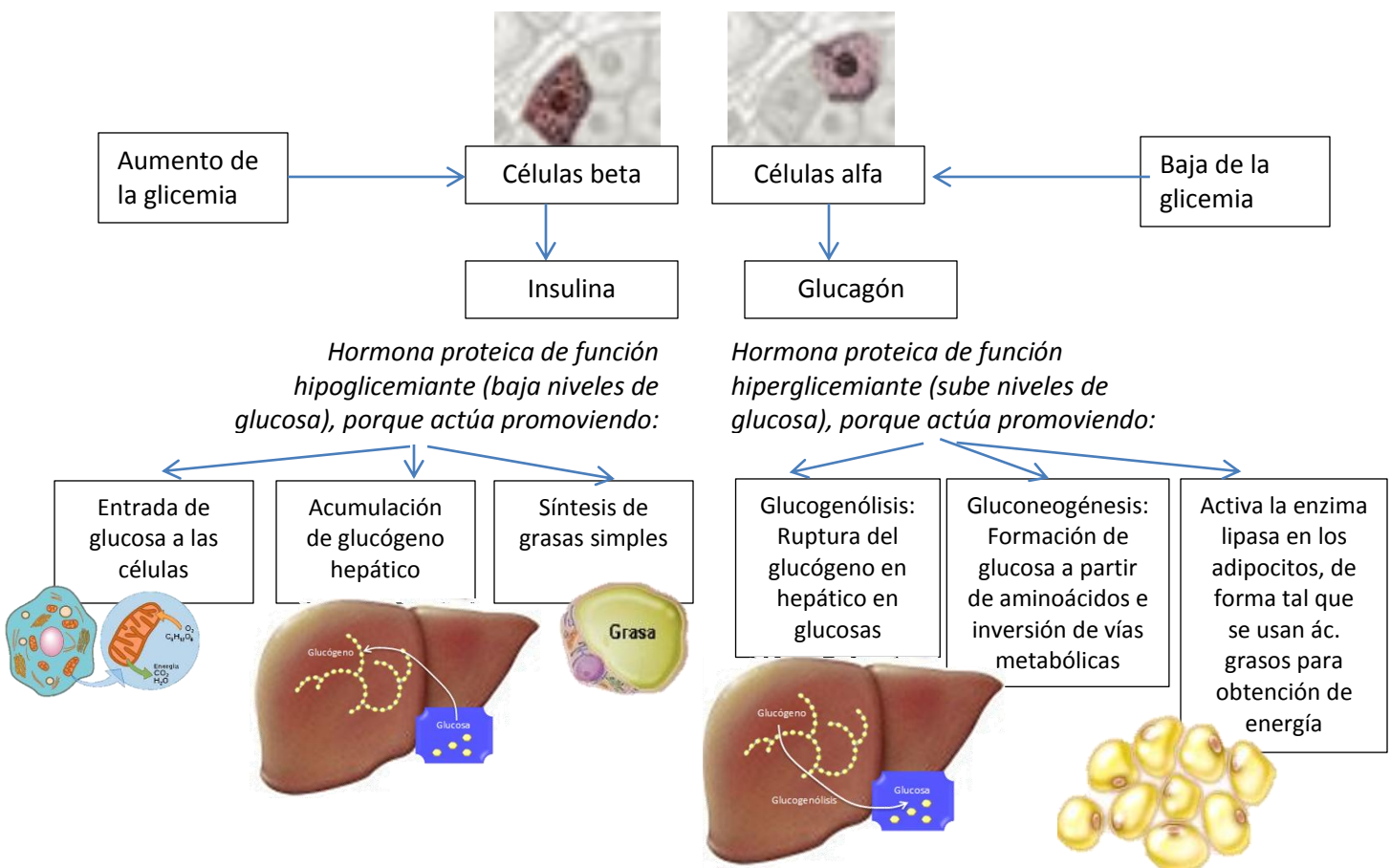
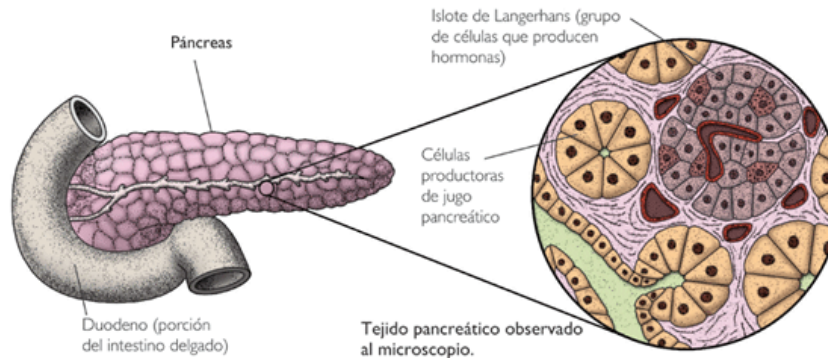
En cambio, si disminuye el nivel de glucosa en la sangre, el páncreas libera menos insulina y más glucagón, una hormona que tiene múltiples efectos:

- en las células del hígado y del músculo esquelético acelera la degradación de glucógeno a glucosa (glucogenolisis), que es liberada al torrente sanguíneo;
- en el tejido adiposo, aumenta la tasa de degradación de grasas a ácidos grasos y glicerol, y su liberación a la sangre, y
- en el hígado estimula la síntesis de glucosa a partir de glicerol y su liberación a la sangre.

En conjunto, estos efectos producen un aumento en los niveles de glucosa en la sangre, que regresan al rango que se considera normal (salud).

Control homeostático de la glucosa

El páncreas endocrino está formado por unos 2 millones de islotes de Langerhans, formados por tres tipos de células: **células alfa (secretan glucagón), células beta (secretan insulina) y células delta (secretan somatostatina).**



La somatostatina

La somatostatina tiene la función principal de aumentar el tiempo en que los nutrientes pueden ser absorbidos, esto lo realiza a través de la inhibición de procesos metabólicos (inhibe a la hormona del crecimiento, y también a la tiroxina, la prolactina, la insulina y el glucagón; además disminuye el proceso digestivo)

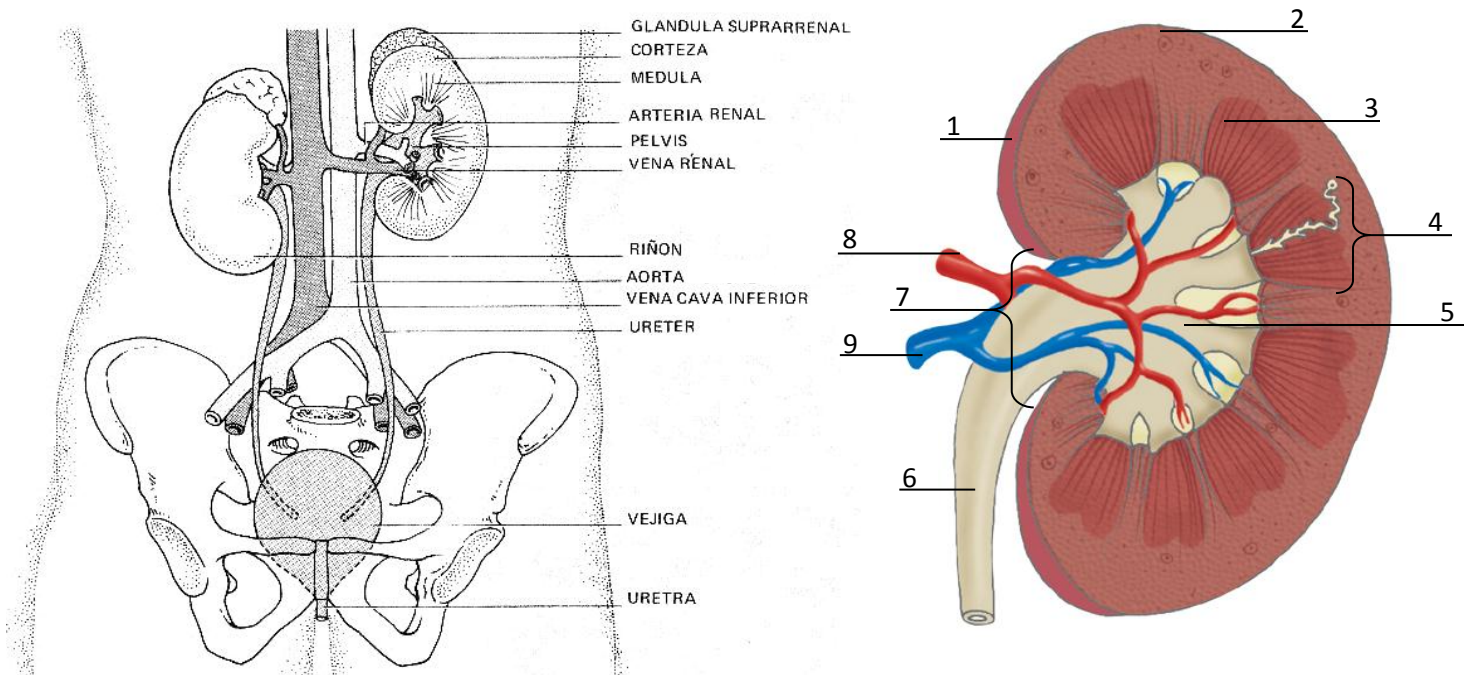
Sistema renal y homeostasis hidrosalina

El sistema excretor es el encargado de eliminar los desechos metabólicos del organismo. Está formado por: los **riñones** (sistema renal), los **pulmones**, la **piel** y el **hígado**. Y si bien, el intestino grueso no se considera parte de él (porque las sustancias que elimina nunca formaron parte de nuestro medio interno), sí excreta minerales y sales.

La excreción es llevada a cabo principalmente por los **riñones**, los cuales mediante mecanismos de transporte pasivo (difusión simple, difusión facilitada y ósmosis) y transporte activo (bomba Na^+/K^+) van formando la orina, excretando la mayor parte del agua y de los desechos nitrogenados.

Anatomía funcional del sistema renal y del riñón

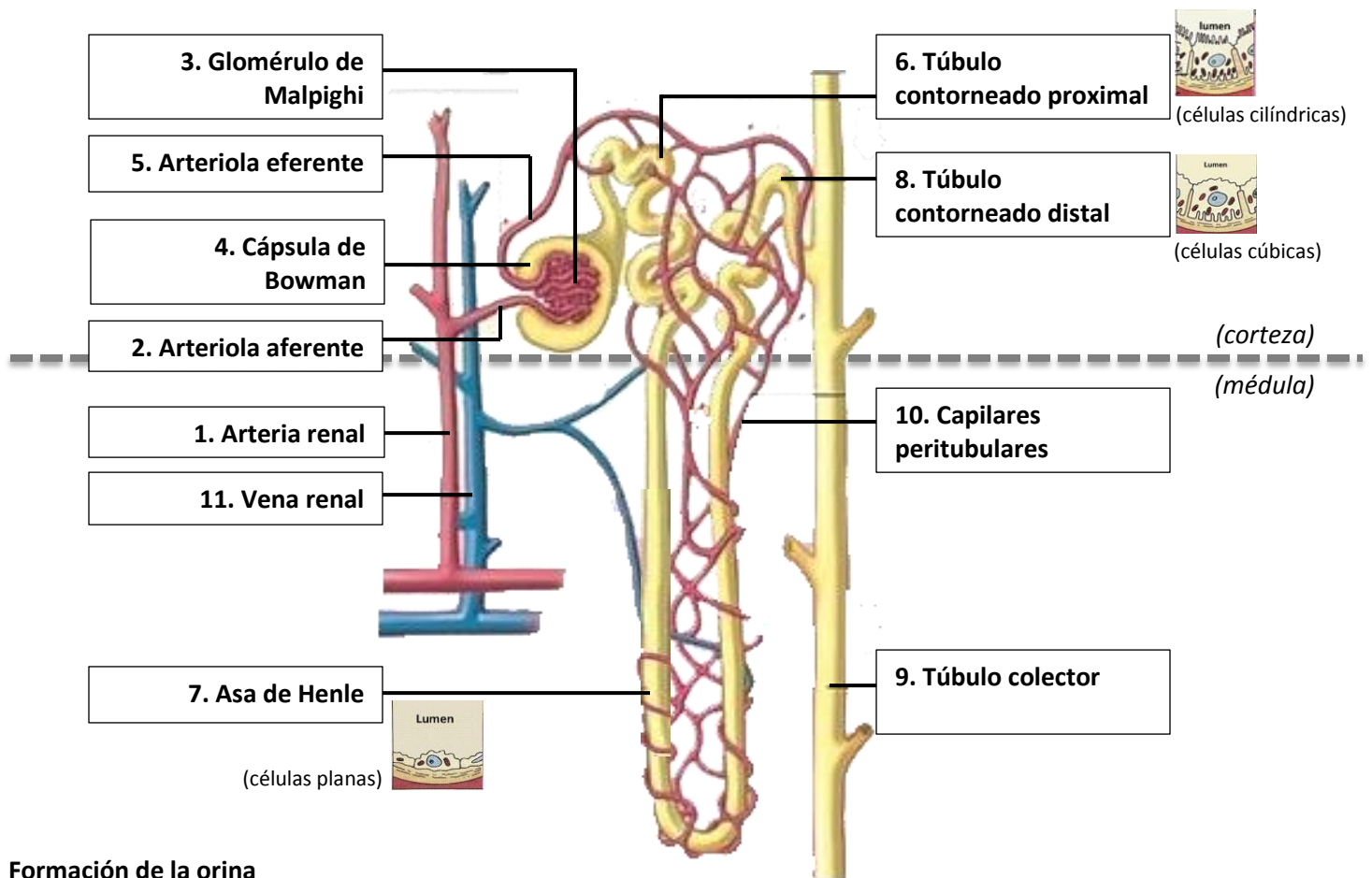
El sistema renal está compuesto por: **vías urinarias** (uréteres, vejiga, uretra) y **riñones**.



1 Cápsula renal Cubierta del riñón	4 Pirámide de Malpighi Hay de 10 a 15 por riñón, confluyen hacia los cálices renales	7 Hilio renal Depresión del riñón, por donde pasan los vasos sanguíneos
2 Corteza renal Tiene los glomérulos y los túbulos de las nefronas. Tiene aspecto granuloso	5 Pelvis renal Embudo donde desemboca la orina formada por las nefronas	8 Arteria renal Sale de la aorta, lleva sangre al riñón
3 Médula renal Parte interna, tiene los tubos colectores y las asas de Henle.	6 Uréter Túbulo que lleva la orina a la vejiga, pasando por el esfínter vesical interno	9 Vena renal Saca la sangre del riñón hacia la vena cava inferior

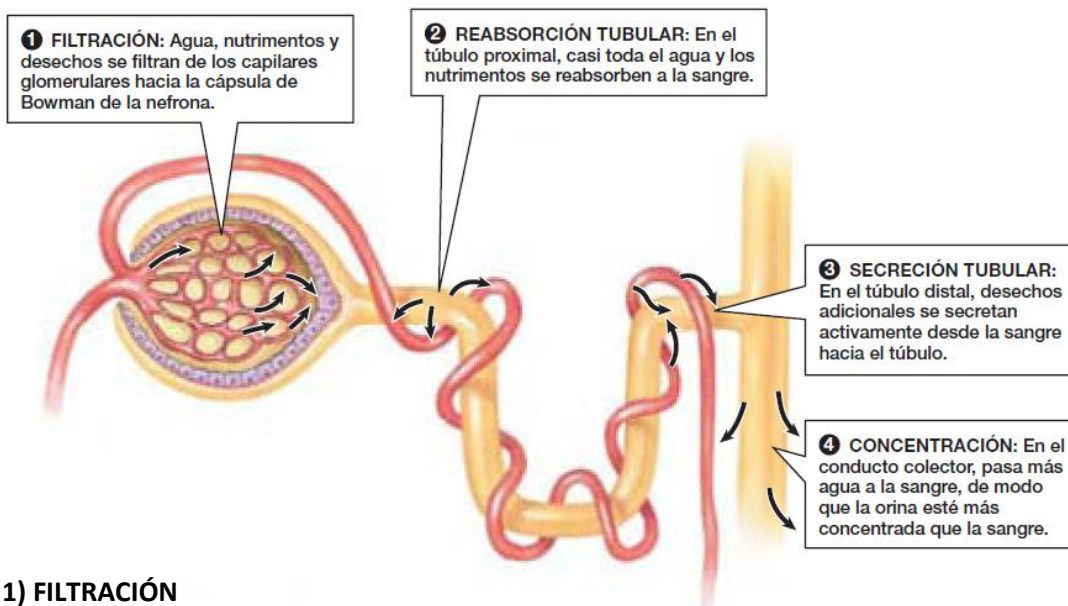
Las funciones principales del riñón son eliminar desechos metabólicos y controlar las concentraciones de sustancias en los líquidos corporales (iones como Na^+ , Cl^- , etc. incluso H^+ lo que ayuda regular el pH sanguíneo)

El nefrón es la unidad anatómica y funcional del riñón. Hay unos 1,2 millones de nefrones por riñón. Cada nefrón se compone de un **glomérulo de Malpighi** y una **cápsula de Bowman**, continuando con los túbulos renales: el **túbulo contorneado proximal**, el **asa de Henle** y el **túbulo contorneado distal**, que se vacía finalmente en el **túbulo colector**. El **glomérulo de Malpighi** es una red de capilares muy permeables que nacen de la **arteriola aferente** y concluyen en la **arteriola eferente**, que es de un diámetro menor que la primera. Esta lleva la sangre hacia los **capilares peritubulares** que rodean al túbulo renal. La **cápsula de Bowman** rodea al glomérulo, y en su extremo se inicia el **túbulo contorneado proximal**, seguido por el **asa de Henle**, que tiene forma de horquilla y una parte delgada descendente y otra más gruesa ascendente, a la que le sigue el **túbulo contorneado distal**, que se vacía en el **túbulo colector**, encargado de llevar la orina final hasta la pelvis renal y de ahí por los uréteres a la vejiga, donde se retiene hasta ser eliminada a través de la uretra.



Formación de la orina

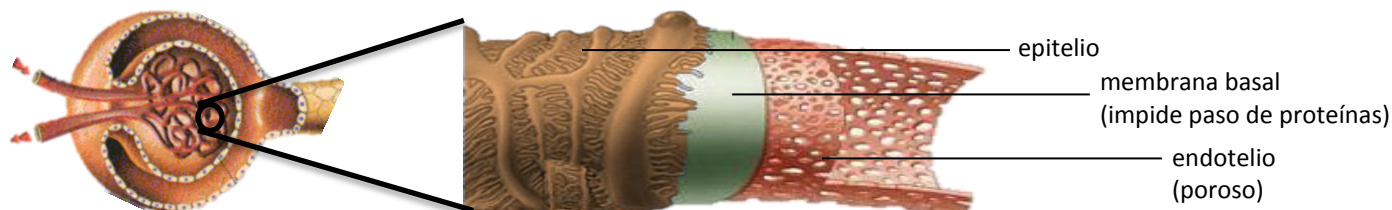
La formación de orina le permite al organismo eliminar desechos metabólicos sin perder sustancias útiles de la sangre. La orina se produce por tres procesos: **filtración**, **reabsorción** y **secreción tubular**.



1) FILTRACIÓN

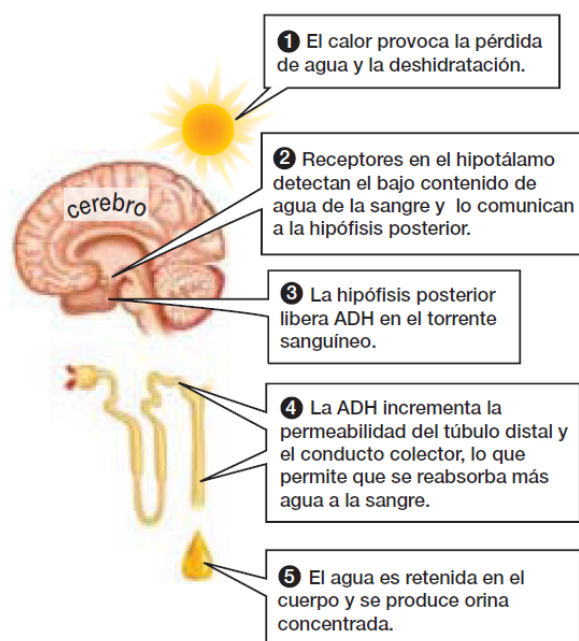
En este proceso el plasma es filtrado en los capilares glomerulares, formando el filtrado glomerular que es entregado hacia la cápsula de Bowman.

La mayor parte de la sangre se filtra en la membrana glomerular, formada por tres capas: (1) **endotelio**, que posee grandes poros por los que pasa todo el plasma menos las proteínas y las células sanguíneas, (2) una **membrana basal** de colágeno y proteoglicanos negativos que ayuda repeler a las proteínas plasmáticas (también de carga negativa) y (3) **epitelio**. El filtrado glomerular de composición casi idéntica al plasma (sin elementos figurados ni proteínas) pasa a la capsula de Bowman, al intersticio renal y luego a los capilares peritubulares. A medida que el filtrado avanza por el túbulo renal se reabsorben el 90% de toda el agua filtrada y varios electrolitos.



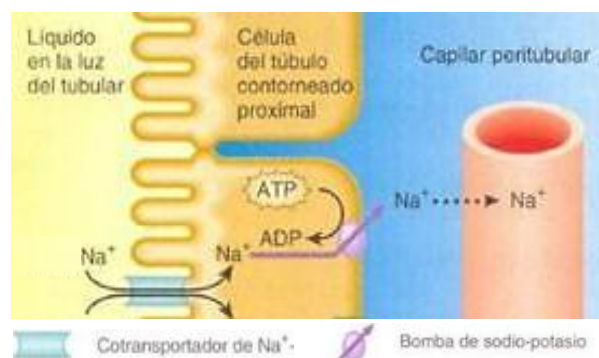
2) REABSORCIÓN TUBULAR

Los capilares peritubulares reabsorben la mayor parte del agua y otras sustancias útiles (glucosa, aminoácidos, vitaminas, etc.) Sólo 1-2% del líquido filtrado constituye la orina final. El 80% del agua es reabsorbido pasivamente en el túbulo contorneado proximal, sólo un 15% es reabsorbido en los túbulos distales, principalmente en el túbulo colector, gracias a la acción de la hormona antidiurética o vasopresina (ADH). La ADH se produce en el hipotálamo y es liberada por la neurohipófisis. Esta hormona aumenta la permeabilidad al agua del túbulo distal y colector, lo que incrementa la reabsorción de agua, produciendo orina más concentrada que la sangre (orina hipertónica o hiperosmótica). Las sustancias diuréticas como el alcohol, inhiben la acción de la ADH, lo que provoca la formación de una orina hipotónica o hiposmótica (más diluida que la sangre), por lo que la orina puede ser un 10-15% del filtrado inicial.



Reabsorción del sodio (homeostasis del sodio)

La corteza suprarrenal secreta la hormona aldosterona, que regula el contenido de sodio (Na^+) de la sangre. Si el sodio sanguíneo baja, se libera aldosterona, que hace que el Na^+ sea retenido por los riñones y las glándulas sudoríparas, hasta que se suba a niveles normales. El sodio es reabsorbido principalmente en el túbulo proximal y el asa de Henle, pasando de los túbulos renales a la sangre primero mediante una difusión facilitada (a través de una proteína transportadora de Na^+) y luego a través de transporte activo (bomba Na^+/K^+).



SECRECIÓN TUBULAR

Algunas sustancias como iones K^+ , H^+ , NH_4^+ y fármacos son secretadas desde la sangre de los capilares peritubulares hacia el túbulo renal, principalmente en el túbulo contorneado distal.

Regulación del filtrado glomerular

La cantidad de filtración es regulada por sistemas de retroalimentación propios del riñón, manteniéndose a 125 mL/min debido a que (1) de ser más bajo el filtrado pasaría demasiado lento por lo que se reabsorbería todo y (2) de ser más alto el filtrado pasaría demasiado rápido por lo que no se alcanzaría a reabsorber sustancias útiles.

Otras funciones homeostáticas del sistema renal

Además de regular el contenido de agua en la sangre, los riñones también controlan el pH de la sangre, eliminan sustancias tóxicas y regulan los iones como sodio, cloruro, potasio y sulfato. Los riñones excretan el exceso de glucosa, vitaminas y aminoácidos. Los riñones también secretan hormonas como la renina, liberada en respuesta a una presión arterial baja, cataliza la formación de angiotensina, la cual constriñe las arteriolas y eleva la presión arterial.

Los riñones de los mamíferos están adaptados a los ambientes en los que viven. Animales como los castores, que viven en lugares donde el agua abunda, tienen asas de Henle cortas y producen orina diluida, mientras que los animales del desierto como la rata canguro presentan asas de Henle muy largas y producen orina sumamente concentrada.