

La excreción y el sistema urinario

Los procesos normales del metabolismo celular generan, además de agua y algunas sales minerales (cloruros, fosfatos, bicarbonatos, oxalatos), ciertos productos de desecho, como la **urea** ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), el **ácido úrico** ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$) y el amoníaco (NH_3). Estas sustancias son recogidas por la sangre porque aparte de no tener ninguna utilidad, además resultan tóxicas: *si se acumularan en nuestro cuerpo, podrían llevarnos rápidamente a la muerte.*

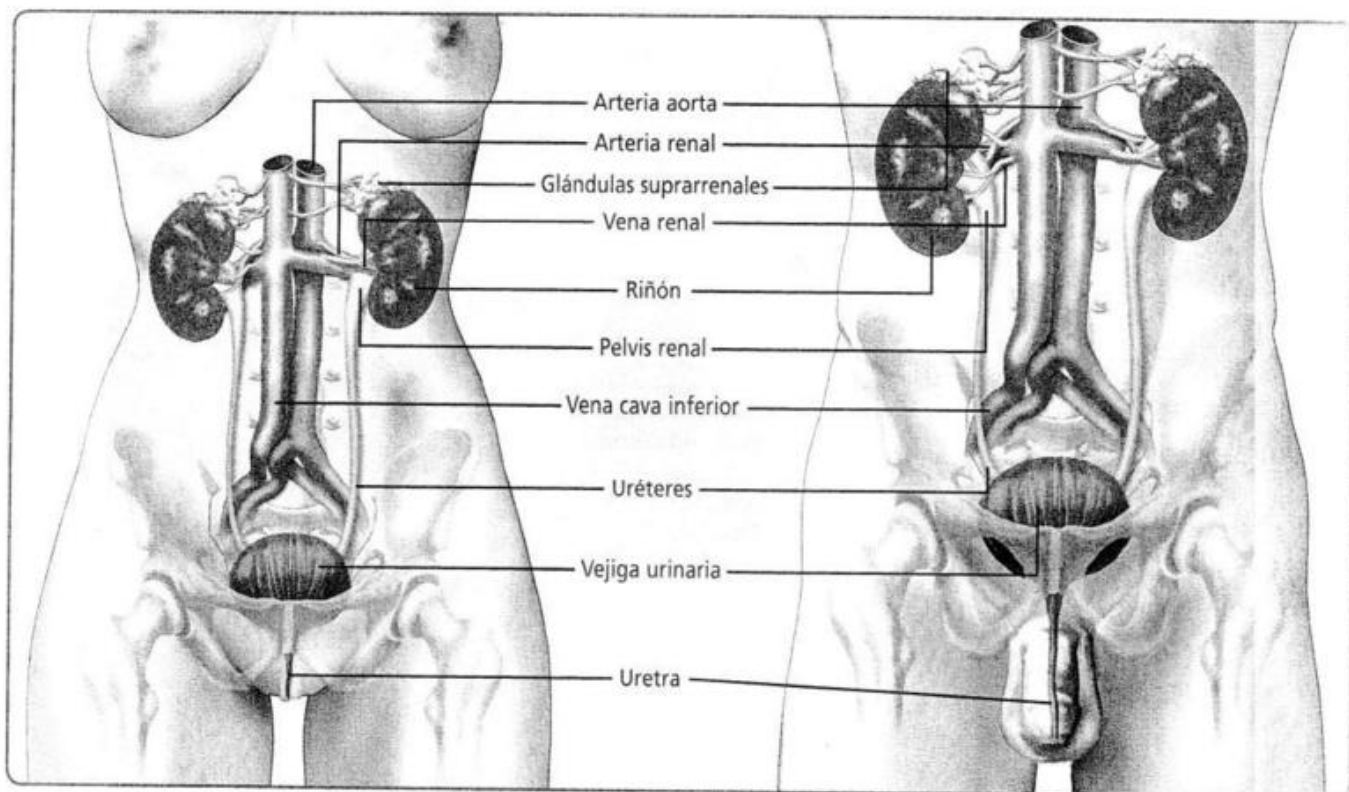
Para que esto no ocurra, nuestro organismo cuenta con un sistema de órganos que se encarga de recoger esas sustancias y expulsarlas al exterior: el **sistema urinario**.

Los órganos principales del sistema urinario son los **riñones**, que tienen la tarea de filtrar las sustancias de desecho de la sangre y formar la orina. Esta es llevada a través de dos conductos, los **uréteres**, hacia la **vejiga**, órgano que llega a almacenar unos 200 a 400 ml, aproximadamente. Luego, por el reflejo de **micción**, la orina es expulsada al exterior a través de otro conducto, la **uretra**. Los uréteres, la vejiga y la uretra conforman las **vías urinarias**.

Química



Compuestos nitrogenados, sales minerales, metabolismo de las proteínas.



En cada riñón se distinguen, de afuera hacia adentro, cuatro capas o zonas bien diferenciadas (véase el corte esquemático del riñón en la página siguiente):

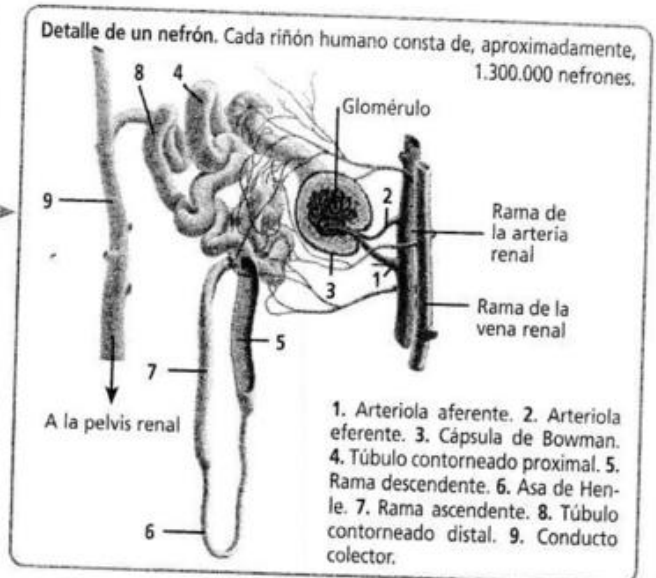
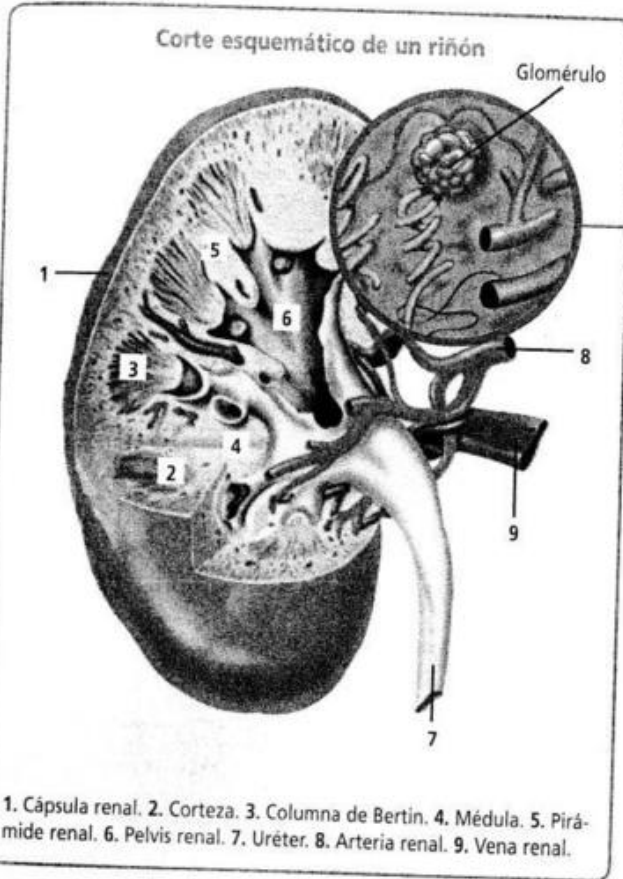
- la **cápsula renal** es una membrana fina de tejido conjuntivo fibroso muy resistente;
- la **corteza** forma una cubierta continua y, a intervalos regulares, extiende prolongaciones hacia el interior, llamadas **columnas de Bertin**;
- la **médula**, por debajo de la corteza, está dividida por las columnas de Bertin en sectores (entre nueve y doce), denominados **pirámides renales** o **de Malpighi**; los extremos de estas pirámides apuntan hacia el interior del riñón, y están compuestos por túbulos de diferente calibre;
- la **pelvis renal** es la cavidad interna, que está dividida en varias cámaras, o **calíces renales**, que coinciden con los extremos de las pirámides de Malpighi.



▲ ¿Qué otros sistemas excretan productos de desecho? ¿Cuáles son?

El nefrón y la formación de la orina

El nefrón es la unidad estructural y funcional del riñón, en la que se lleva a cabo el proceso de formación de la orina.

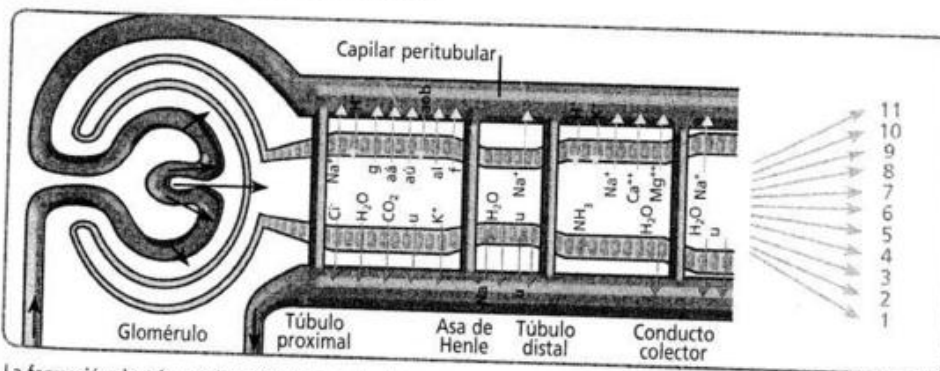


Los nefrones se hallan en las cortezas renales. Cada nefrón está constituido por:

- el **glomérulo** o **corpúsculo de Malpighi**, ovillo de capilares arteriales por los que circula la sangre;
- la **cápsula de Bowman**, estructura con forma de copa que envuelve al glomérulo;
- el **túbulo contorneado proximal**, el **asa de Henle** y el **túbulo contorneado distal**, por los que circula el líquido filtrado;
- el **conducto colector**, que recibe el contenido de los túbulos contorneados distales de varios nefrones y lo vierte en los cálices renales.

Los túbulos contorneados, el asa de Henle y los conductos colectores están rodeados por una compleja red de capilares sanguíneos, denominados **peritubulares**.

La formación de la orina



La formación de orina en los nefrones consta de tres procesos principales: la filtración, la reabsorción y la secreción.

- Filtración.** Comienza cuando la sangre ingresa en el corpúsculo de Malpighi a través de la arteriola aferente. Esta tiene un calibre mayor que la eferente, lo cual asegura que la sangre circule a gran presión. Por eso, ciertas sustancias se filtran desde los capilares hacia la cápsula de Bowman. El líquido filtrado contiene aminoácidos, glucosa, agua y sales minerales, pero carece de eritrocitos y de proteínas de elevado peso molecular.
- Reabsorción.** Consiste en la recuperación de sustancias útiles para el organismo, como los aminoácidos, la glucosa y ciertas sales minerales presentes en el filtrado glomerular. Tiene lugar desde los túbulos contorneados y el asa de Henle hacia los capilares peritubulares que los rodean. Las sustancias que se reabsorben (el 99% del volumen filtrado) son solo las que resultan útiles para el organismo.
- Secreción.** Consiste en el pasaje de ciertas sustancias de desecho, que no llegaron a filtrarse, desde los capilares peritubulares hacia la luz de los túbulos renales. Por ejemplo, los iones hidrógeno (H^+), potasio (K^+) y amonio (NH_4^+), la urea y algunos antibióticos, como la penicilina.

Referencias

- g: glucosa
aá: aminoácidos
aú: ácido úrico
aob: ácidos orgánicos y bases
al: ácido láctico
f: fosfatos
u: urea

Composición de la orina (%)

1. Agua	95
2. Iones sodio (Na^+)	0,35
3. Iones cloro (Cl^-)	0,6
4. Iones potasio (K^+)	0,15
5. Iones calcio (Ca^{++})	0,015
6. Iones sulfato (SO_4^-)	0,18
7. Iones fosfato (PO_4^{--})	0,15
8. Iones amonio (NH_4^+)	0,04
9. Urea	2
10. Creatinina	0,075
11. Ácido úrico	0,05

Análisis de orina y enfermedades urinarias

En todos los casos, aunque varíe la cantidad de orina producida, la excreción de las sustancias tóxicas debe mantenerse. Por lo tanto, *si se genera poca orina, las sustancias de desecho estarán más concentradas que si la orina es abundante.*

La cantidad de agua y de algunos de los componentes normales de la orina pueden variar por diferentes causas. Sin embargo, el **análisis de orina** es utilizado a menudo como elemento del diagnóstico porque la alteración de su composición normal constituye un verdadero síntoma de algunas enfermedades. Por ejemplo:

- un volumen de orina excesivo o la presencia de determinadas cantidades de glucosa son característicos de la diabetes;
- en las personas que padecen de hepatitis, la orina es oscura por la presencia de pigmentos biliares;
- la cantidad de urea se eleva en los estados febriles y en la diabetes, y disminuye durante la inflamación del riñón;
- la orina de pacientes con leucemia o gota presenta cantidades de ácido úrico anormalmente elevadas.

Entre las enfermedades comunes de las vías urinarias cabe mencionar las **litiasis**, provocadas por la formación y precipitación de cristales, los cuales constituyen verdaderas piedras, los **cálculos**. Los cálculos renales están formados generalmente por sales de calcio (oxalatos, fosfatos y carbonatos), que si bien son componentes normales de la orina, precipitan y forman piedras.

Cuando el cálculo renal se aloja en el uréter, aparece el síntoma típico de esta enfermedad: fuertes dolores lumbares que se extienden hacia el abdomen, conocidos como **cólicos renales**.

La litiasis desaparece cuando se eliminan los cálculos. Si son pequeños, se disuelven con medicamentos específicos; si son grandes, se extirpan quirúrgicamente o se aplican ondas de choque, técnica que permite fragmentarlos y así poder eliminarlos junto con la orina.

La insuficiencia renal y el sistema circulatorio

La **insuficiencia renal** es una condición que consiste en una capacidad reducida del riñón para desarrollar sus funciones. Esta disfunción afecta también al sistema circulatorio.

Se sospechaba que el riñón intervenía en la regulación de la presión arterial desde 1827, cuando Richard Bright (1789-1858), médico inglés, observó que la mayoría de los pacientes afectados de insuficiencia renal crónica presentaba una presión arterial muy elevada, además de padecer cardiopatías.

Para someter a prueba esta hipótesis, se llevó a cabo la siguiente experiencia. Se inyectó extracto crudo de tejido renal a un conejo y se observó que, transcurridos algunos minutos, se producía un sostenido aumento de la presión sanguínea. Los investigadores llamaron **renina** al principio activo que ocasionaba ese aumento de presión.

En el año 1934, el premio Nobel argentino Bernardo Houssay (1887-1971) llegó a purificar la renina y demostró que esta reacciona con un componente plasmático para formar otra sustancia, la **angiotensina**.

Cuando la presión arterial desciende, la circulación sanguínea al riñón disminuye; entonces, este segrega renina a la sangre y se forma angiotensina, que provoca vasoconstricción y aumenta la presión arterial.

En la insuficiencia renal crónica, al haber menos tejido renal funcional, se produce una continua liberación de renina a la sangre, lo cual ocasiona un incremento constante de la presión arterial y aumenta el flujo sanguíneo al riñón. Como consecuencia, se genera un exceso de trabajo cardíaco que provoca, en los enfermos renales agudos, diversos tipos de enfermedades cardiovasculares.



▲ *Diariamente, los riñones producen cerca de 125 L de filtrado glomerular, de los cuales solo quedan entre 1 y 1,5 l de orina para ser expulsados al exterior. ¿Cómo se llega a esa cantidad? ¿Qué sucede con el resto del líquido filtrado?*

▲ *Investiguen: ¿Qué son las sustancias diuréticas y anti-diuréticas? ¿Qué mecanismos regulan la cantidad de agua reabsorbida?*



Los análisis de orina revelan el funcionamiento del organismo.



En el capítulo 12 se detalla el funcionamiento de la renina y la angiotensina, junto con el de otras hormonas, en el contexto de la regulación del balance hídrico.