

4

LIBERACIÓN DE DESECHOS

Excreción de los desechos celulares

En los primeros capítulos de este libro se explicaron los procesos por los cuales el organismo y sus células obtienen y transforman los nutrientes. Asimismo se describió cómo circulan estos materiales hacia otras regiones, donde participan en actividades específicas.

De la degradación de los nutrientes, en las células se producen diversos materiales tóxicos que afectan la actividad celular normal, los **desechos metabólicos**. Concentraciones elevadas de dichos productos pueden ocasionar la destrucción de las células y, en consecuencia, la muerte del organismo.

Habitualmente, este fenómeno no ocurre porque los desechos metabólicos son liberados o excretados del cuerpo por un conjunto de órganos que conforman el **sistema excretor**.

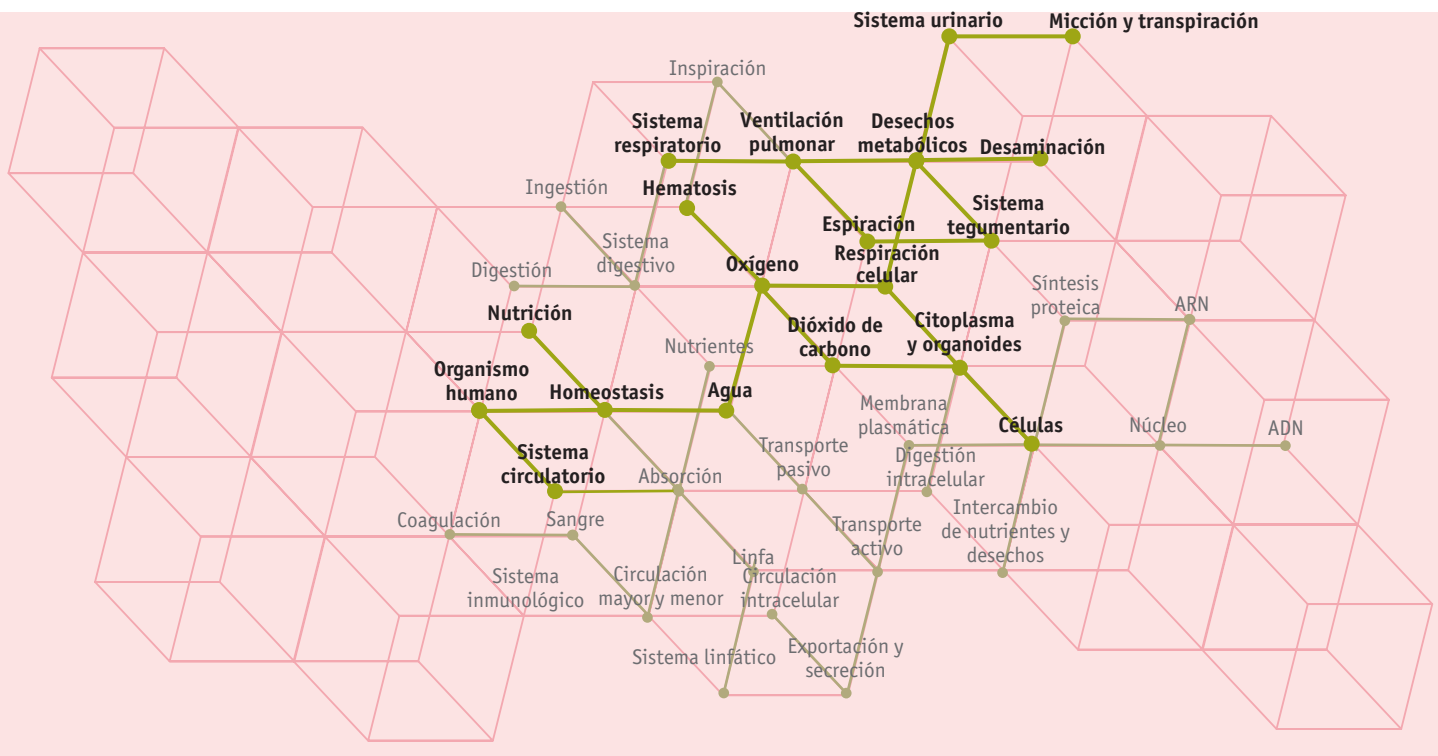
En este capítulo, entonces, se explicará la serie de procesos por los cuales el cuerpo libera los desechos celulares originados por la degradación de los nutrientes.

El **sistema excretor** está formado por 3 subsistemas que eliminan del cuerpo los desechos metabólicos:

- el **subsistema urinario**,
- el **subsistema respiratorio** y
- el **subsistema tegumentario**.

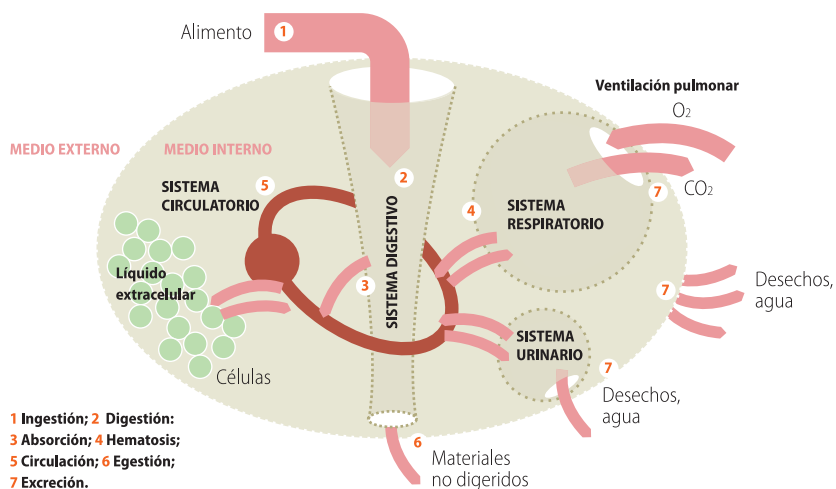
Los desechos metabólicos son materiales tóxicos cuando se encuentran en elevadas concentraciones pero, disueltos en agua, dejan de ser perjudiciales para el organismo.

El sistema excretor regula la disolución de los desechos metabólicos en una cantidad de agua suficiente como para contrarrestar su toxicidad.

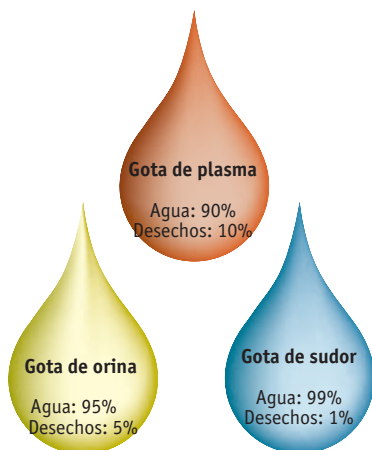


Los productos de excreción, como la **orina**, el **sudor** y el **aire espirado** son soluciones de desechos metabólicos con un elevado porcentaje de agua líquida o gaseosa.

Por lo tanto, el sistema excretor no solo participa en la liberación de los desechos metabólicos, sino también en la regulación de la entrada, la salida y el mantenimiento constante del agua, las sales y otros productos celulares.



Es importante recordar que la materia fecal (heces) está compuesta por materiales que no fueron absorbidos en el tubo digestivo y que, por consiguiente, no provienen del metabolismo celular. Por eso el proceso de egestión o eliminación de materia fecal no forma parte de la excreción.



Concentración de materiales disueltos en una gota de plasma, en una de orina y en una de sudor.

Los desechos producidos durante el metabolismo de carbohidratos y lípidos circulan por el sistema circulatorio hasta que ingresan en el sistema excretor y son eliminados del organismo. Algunos de los desechos originados por el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos, como el amoníaco, son previamente transformados en materiales menos tóxicos para el cuerpo, como la urea.

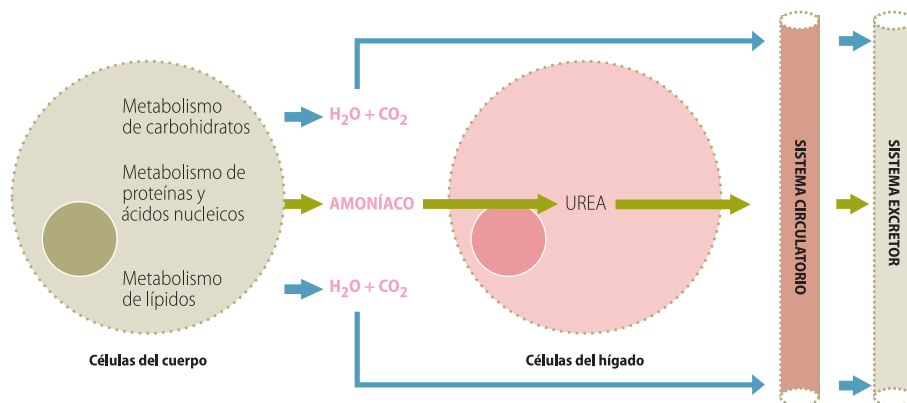
Los desechos metabólicos

Como se explicó en los capítulos anteriores, las proteínas que ingresan en el organismo son digeridas en el estómago y en el intestino delgado. Los aminoácidos que resultan de ese proceso son absorbidos y circulan por la sangre hasta llegar a las células. Cada una de ellas puede usar esos aminoácidos como materia prima en la síntesis de otras proteínas (**síntesis proteica**), o degradarlos para obtener energía (**respiración celular**).

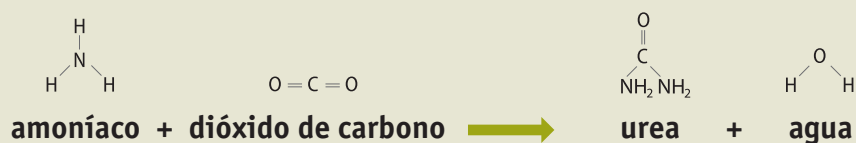
Cuando las células extraen energía de los aminoácidos, se forma un desecho muy tóxico para el organismo, el **amoníaco** (NH_3), que es liberado al medio extracelular y desde allí ingresa en el torrente sanguíneo.

En el **hígado**, las células hepáticas transforman el amoníaco en **urea**, sustancia mucho menos tóxica que, luego de ser originada, circula por la sangre hasta ser liberada por el sistema excretor. En la orina, por ejemplo, la urea representa aproximadamente la mitad de las sustancias que contiene disueltas. El sudor también contiene urea en su composición.

El hígado, entonces, es uno de los órganos que regulan la composición sanguínea porque sintetiza gran cantidad de proteínas que transitan por el plasma, y transforma en menos tóxicas las sustancias perjudiciales que circulan por la sangre.



Modelos científicos



Modelos escolares



1. Con botones, bolitas de plastilina o clips, modelicen la transformación de amoníaco en urea que ocurre en las células hepáticas.
2. ¿Qué representa cada uno de los objetos que usaron en la modelización anterior: una molécula o un átomo?

La **creatinina** es otro desecho metabólico. Deriva de la **creatina**, sustancia muy abundante en los músculos. La creatina interviene en procesos de obtención de energía en las células musculares.

Otro desecho metabólico es el **ácido úrico**, uno de los productos de la degradación de los nucleótidos de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).

La mayor parte del agua y muchos iones, como el **potasio**, el **sodio** y el **cloruro** provienen de los alimentos.

Tanto la orina como el sudor contienen creatinina, ácido úrico e iones potasio, cloruro y sodio en su composición.

La orina también contiene otras sustancias en cantidades relativamente pequeñas, como vitaminas hidrosolubles, enzimas, hormonas, desechos derivados del metabolismo de medicamentos y el pigmento urinario denominado **urocromo**.

La composición de la orina y del sudor puede variar según el tipo de dieta, el estado de hidratación corporal o el consumo de ciertos medicamentos.

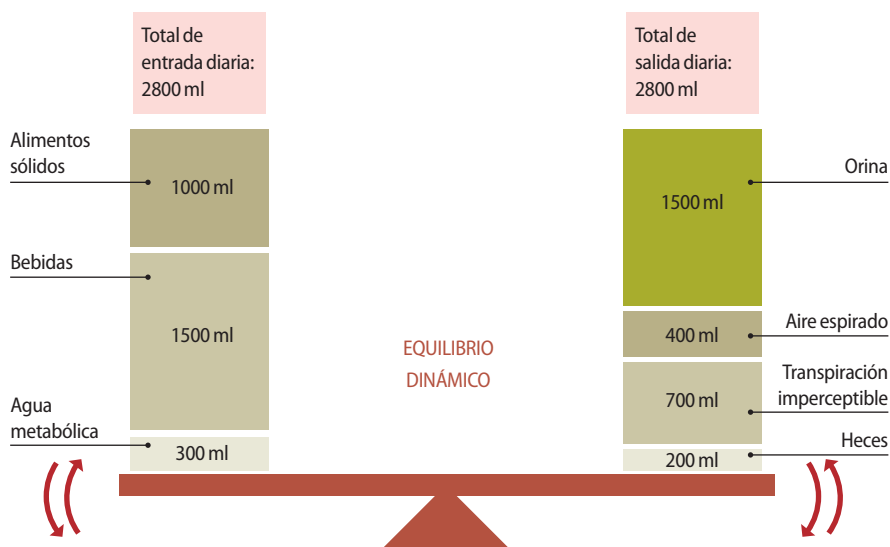
El agua en el organismo

En el organismo, el **agua** ingresa principalmente a través de las bebidas y los alimentos. También hay un porcentaje de agua que se forma como producto de la degradación de los nutrientes en las células, el **agua metabólica** (300 ml a 500 ml diarios).

Del cuerpo, el agua egresa fundamentalmente a través de la orina, el sudor, el aire espirado y las heces.

El **agua** proporciona el medio líquido en el cual se producen las reacciones químicas del organismo, interviene en la regulación de la temperatura corporal y en el transporte y la eliminación de desechos metabólicos.

El agua del organismo humano adulto representa cerca del 60% del peso total del cuerpo y su cantidad permanece constante dentro de ciertos límites. Por lo tanto, su entrada y salida del organismo está balanceada o en **equilibrio dinámico**.



Este sube y baja es un modelo que representa el flujo de agua por un organismo. En condiciones normales, hay un equilibrio dinámico entre la cantidad que ingresa en el cuerpo y la que egresa del mismo.

Agua metabólica

La degradación de 100 g de grasa produce 107 g de agua; de la de 100 g de hidratos de carbono resultan 55 g de agua; y 100 g de proteínas originan 41 g de agua.

Intoxicación por agua

Cuando se produce una sudoración excesiva, si se repone el líquido perdido con agua sin sales disueltas (agua destilada), o a una rapidez superior a la cantidad de orina que puede producirse, el agua ingresa por ósmosis al interior de las células y diluye su contenido. Esta dilución excesiva del fluido celular repercute en las células del sistema nervioso central y, en un caso extremo, puede producir convulsiones, coma y la muerte antes de poder excretar el exceso de agua.

El organismo de un hombre de 70 kg de peso contiene aproximadamente 46 l de agua, de ellos:

- 17 l son de agua extracelular;
- 3 l son de agua plasmática; y
- 29 l son de agua intracelular.

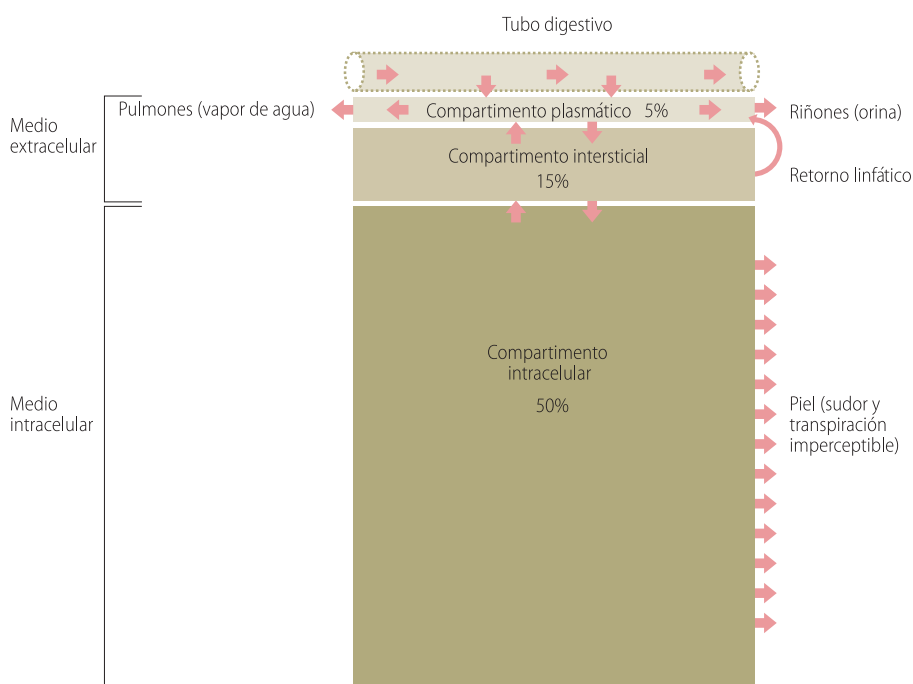
COMPARTIMENTOS HÍDRICOS

La mayor parte del agua que el organismo incorpora con las bebidas y los alimentos, se absorbe en el intestino grueso por **ósmosis** y pasa al plasma sanguíneo. A medida que la sangre circula por el cuerpo, la presión hidrostática provoca el pasaje de agua hacia los espacios intercelulares. Desde allí, el agua ingresa por ósmosis en las células.

El agua corporal disuelve solutos y esas soluciones están en tres tipos de espacios específicos o **compartimentos hídricos**:

- dentro de las células (**compartimento intracelular**);
- entre las células (**compartimento intersticial**);
- en los vasos sanguíneos (**compartimento intravascular o plasmático**); y
- en los vasos linfáticos (**compartimento linfático**).

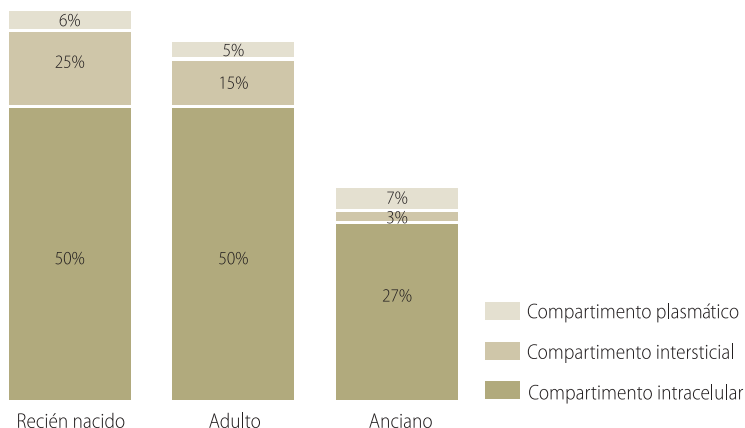
El conjunto conformado por el **medio intracelular** y el **medio extracelular** constituye el medio interno del organismo.



Distribución del agua corporal en los tres compartimentos del organismo

La superficie de los compartimentos es muy amplia, lo que permite el flujo constante de agua y sustancias disueltas de un compartimento a otro. Ante una deshidratación, siempre se conserva el volumen del compartimento plasmático, incluso a expensas de los otros. Este proceso asegura una presión arterial adecuada para la irrigación de los tejidos.

La diarrea, el vómito o la hiperventilación en forma continua pueden deshidratar el organismo. Esta situación puede provocar consecuencias graves, incluso la muerte. La deshidratación se produce por la pérdida del agua intersticial y el consecuente aumento en la concentración de los solutos que contiene disueltos. Debido a este desequilibrio, el agua sale del interior de las células. La salida del agua intracelular también se produce en las células de la mucosa bucal, por eso se produce la sensación de sequedad que se asocia con la sed.



SOLUCIONES CORPORALES

En los compartimentos hídricos, el agua conforma soluciones con variedad de solutos y concentraciones. Algunos compartimentos tienen concentraciones similares de algunos solutos y, de otros, muy diferentes. Por ejemplo, en las células, en el plasma y en la orina, las concentraciones de iones sodio, potasio y cloruro de las soluciones tienen valores similares entre sí. En cambio, las concentraciones de esos mismos solutos son muy diferentes entre las soluciones mencionadas y las que contienen las células en su interior.

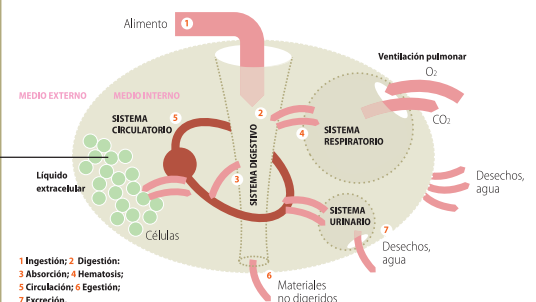
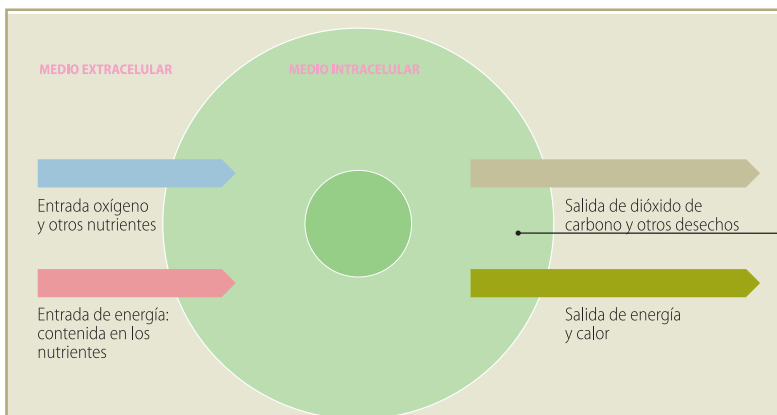
Materiales disueltos en el agua corporal	Compartimento intracelular (mEq/l)	Compartimento intersticial (mEq/l)	Compartimento plasmático (mEq/l)	Orina (mEq/l)
Iones sodio (Na^+)	14 mEq/l	139 mEq/l	142 mEq/l	135-146 mEq/l
Iones potasio (K^+)	140 mEq/l	4 mEq/l	4,2 mEq/l	3,5-5 mEq/l
Iones calcio (Ca^{2+})	0 mEq/l	4,8 mEq/l	4,5 mEq/l	
Iones magnesio (Mg^{2+})	20 mEq/l	2 mEq/l	2 mEq/l	
Iones cloruro (Cl^-)	4 mEq/l	100 mEq/l	100 mEq/l	92-120 mEq/l
Iones bicarbonato (HCO_3^-)	10 mEq/l	28 mEq/l	24 mEq/l	
Iones fosfato (PO_4^{3-})	11 mEq/l	4 mEq/l	4 mEq/l	
Iones sulfato (SO_4^{2-})	1 mEq/l	0,5 mEq/l	0,5 mEq/l	
Proteínas	4 mEq/l	1,2 mEq/l	1,2 mEq/l	
Glucosa			100 mg/dl	0 mg/dl
Urea			15 mg/dl	60-90 mg/dl
Creatinina			1 mg/dl	1,2 a 1,4 mg/dl

Composición química de los compartimentos hídricos y de la orina.

Estructura y dinámica del subsistema respiratorio

En el proceso de **ventilación pulmonar** se inspira aire atmosférico y se expira aire con una composición diferente. Como se explicó en el Capítulo 1, esa diferencia se debe al intercambio de gases (**hematosis**) entre el aire alveolar y la sangre de los capilares sanguíneos que rodean a los alvéolos pulmonares. Como consecuencia de este proceso, el **aire espirado** posee una proporción de dióxido de carbono casi cien veces mayor que el **aire inhalado** y es expulsado del organismo mediante la **espiración**. El **dióxido de carbono** eliminado es un producto de desecho que procede fundamentalmente de la **respiración celular**.

1. Teniendo en cuenta los materiales registrados en la tabla de esta página, busquen en este libro información sobre las actividades en las que intervienen en nuestro organismo.
2. Elaboren un cuadro de doble entrada con la información que obtuvieron del punto anterior.



En un adulto:

■ cada uno de sus dos riñones mide alrededor de 12 cm de longitud por 7 cm de ancho y 3 cm de espesor; y pesa aproximadamente 150 g;

■ cada uno de sus dos uréteres miden 25 cm de longitud

■ su vejiga pesa 150 g;

■ sus riñones reciben cerca de

1 l de sangre por minuto, es decir,

1400 l de sangre por día;

■ la velocidad de filtración de los riñones es de 180 l por día.

Estructura y dinámica del subsistema urinario

Los **riñones** son dos órganos con forma similar a la de un poroto situados en la región posterior de la cavidad abdominal, por debajo del diafragma. Se encuentran localizados a los lados de la columna vertebral. En el polo superior de cada riñón se encuentran las **glándulas suprarrenales**, glándulas productoras de diversas hormonas.

La sangre con desechos celulares ingresa al riñón por la **arteria renal**, vaso conectado con la aorta abdominal. Esta sangre, filtrada por cada riñón, sale de ellos prácticamente sin desechos por la **vena renal** y se incorpora a la circulación general.

Los desechos celulares, junto con una porción importante de agua, constituyen la orina que sale de los riñones por dos conductos, los **uréteres**. Por ellos la orina fluye hacia la vejiga.

La **vejiga** es un órgano hueco situado en la cavidad pélvica que almacena normalmente cerca de medio litro de orina. Su superficie interna presenta tres orificios: dos que se abren hacia los uréteres, y otro hacia la **uretra**, conducto por donde es eliminada la orina durante la **micción**.

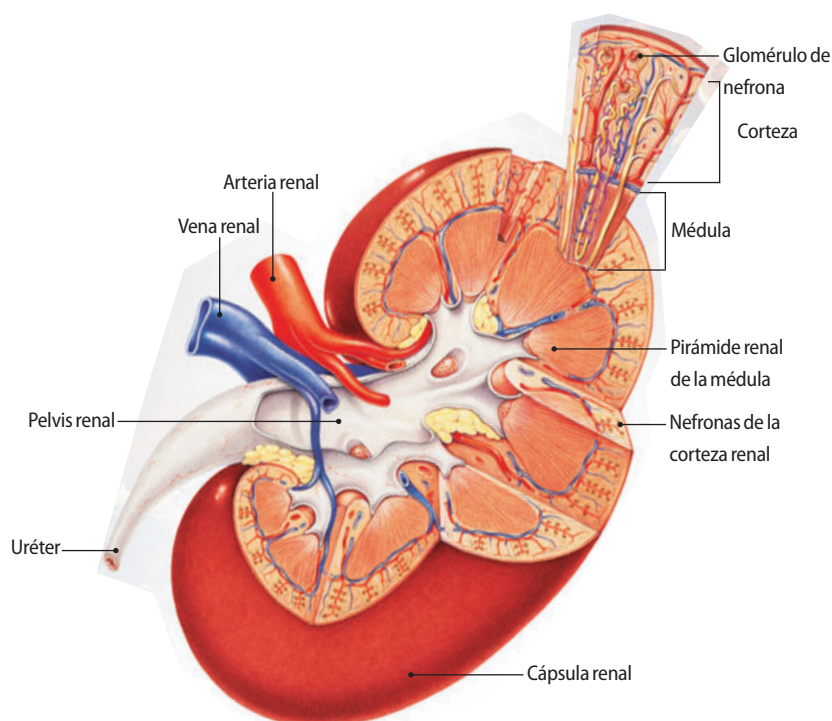
La orina es retenida en la vejiga por acción de dos esfínteres musculares situados alrededor de la abertura de la uretra, uno interno y otro externo.

Cuando la orina almacenada supera los 150 ml a 200 ml, la presión ejercida sobre las paredes de la vejiga es captada por receptores de estiramiento que envían la información al sistema nervioso central. Así, se percibe la necesidad de orinar y se desencadena una respuesta refleja en la que se contrae la vejiga y se relaja el esfínter interno. El esfínter externo puede ser controlado en forma voluntaria dentro de ciertos límites a partir de los dos años de edad.

La uretra femenina sirve solo al sistema urinario. En cambio, la uretra masculina constituye la vía común del sistema urinario y reproductor.

El extremo de la uretra presenta el **orificio urinario**, por donde es eliminada la orina al exterior. En el varón, se denomina **orificio uro-genital**.

1. Observen las imágenes de estas páginas y señalen el recorrido de la orina desde su origen hasta su eliminación del organismo.



La parte externa de los riñones se denomina **corteza renal** y en un corte se diferencia a simple vista de la parte interna con forma de abanico, llamada **médula renal**. En el interior de cada riñón hay una cámara ramificada que constituye la **pelvis renal**. Ésta conduce la orina hacia el uréter.

¿Qué características comparte nuestro riñón con el de una vaca?

Para responder esta pregunta necesitan una bandeja, un cuchillo, guantes de látex y un riñón de vaca.

1. Coloquen el riñón sobre la bandeja y observen su forma, aspecto, color y dimensiones.
2. Observen las imágenes de estas páginas y comparen las características

del riñón de vaca con las de uno humano.

3. ¿A qué se debe el color de este órgano?
4. Dibujen el aspecto externo del riñón y identifiquen la arteria y la vena renal, y el uréter.
5. Tomen el riñón y córtelo en sentido longitudinal. Ubiquen las mitades del riñón con sus caras internas hacia

arriba y reconozcan: la corteza, la médula, la pelvis renal y el uréter.

6. Dibujen la cara interna de una mitad del riñón y señalen las estructuras identificadas.
7. ¿Cuál es la función de la pelvis renal y el uréter?



CON-TEXTO DE LA CIENCIA

Los análisis de orina de ayer y de hoy

En la Edad Media, los médicos sostenían que la orina reflejaba el estado del interior del cuerpo. De este modo, inspeccionaban visualmente y en forma sistemática la orina para reconocer el comportamiento de los humores corporales y diagnosticar enfermedades. Así surgió la uroscopia (estudio de la orina) que resultó ser un método dudoso y subjetivo, pero se siguió utilizando hasta el siglo XIX.

Actualmente, el análisis físico y químico de la composición de la orina es una de las primeras pruebas diagnósticas para la detección de enfermedades. Un método para analizarla consiste en sumergir en muestras de orina tiras impregnadas con diferentes reactivos que detectan sustancias. Luego, se contrasta el cambio de coloración de cada sector de las tiras con una tabla de colores que indican los valores normales de la composición de la orina.



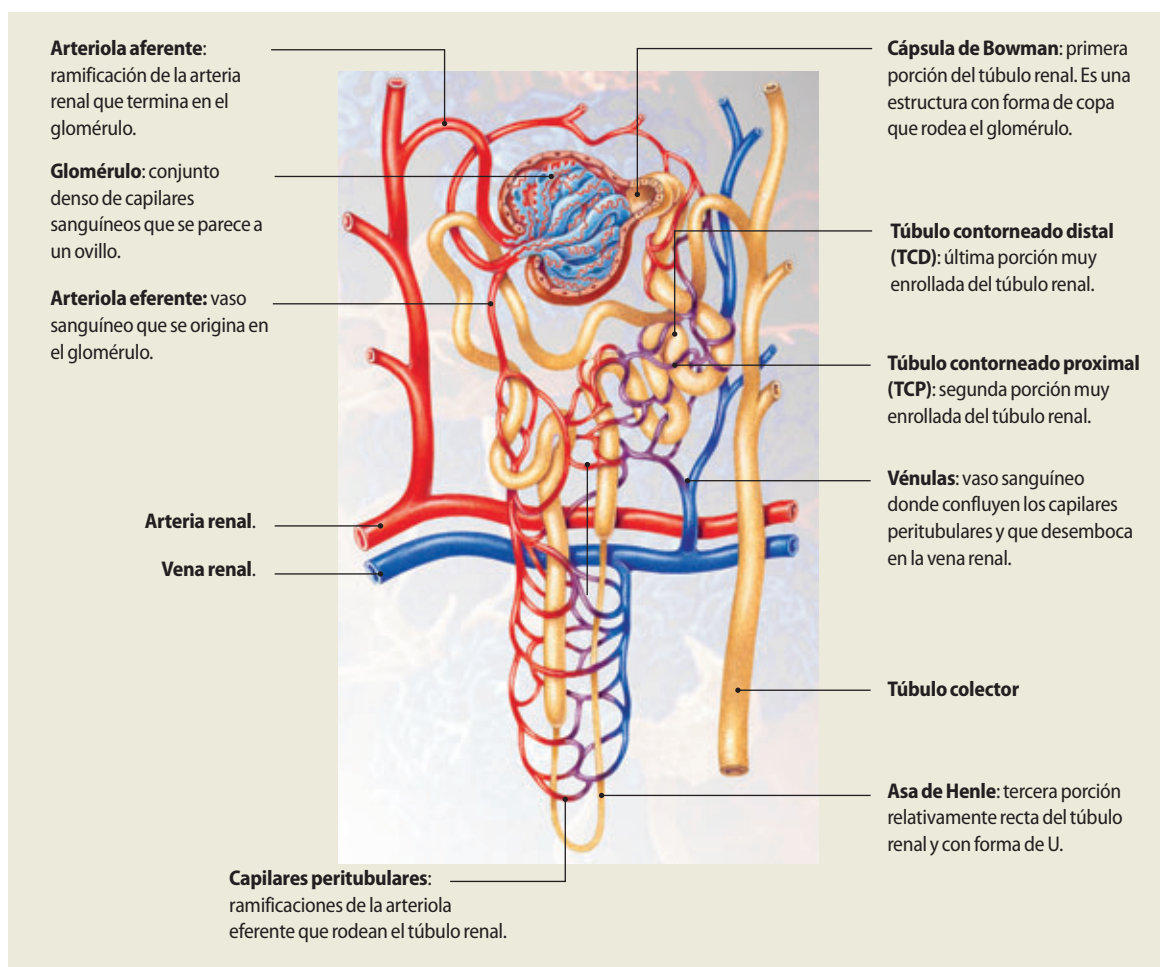
RIÑONES Y ORINA

En el estudio microscópico de la estructura de cada riñón se puede observar la presencia de más de un millón de diminutos filtros llamados nefrones. Cada **nefrón** consta de dos partes principales:

- un **glomérulo**;
- un **túbulo renal** con porciones que varían en su forma y función: la **cápsula de Bowman**, el **túbulo contorneado proximal (TCP)**, el **asa de Henle** y el **túbulo contorneado distal (TCD)**.

Los glomérulos, las cápsulas y los túbulos enrollados conforman la corteza de los riñones. Las porciones de los túbulos en forma de U y la mayor parte de los túbulos colectores forman la médula renal.

Los tubos distales de varios nefrones desembocan en un mismo **tubo colector** y todos los tubos colectores conducen la orina hacia la pelvis renal.



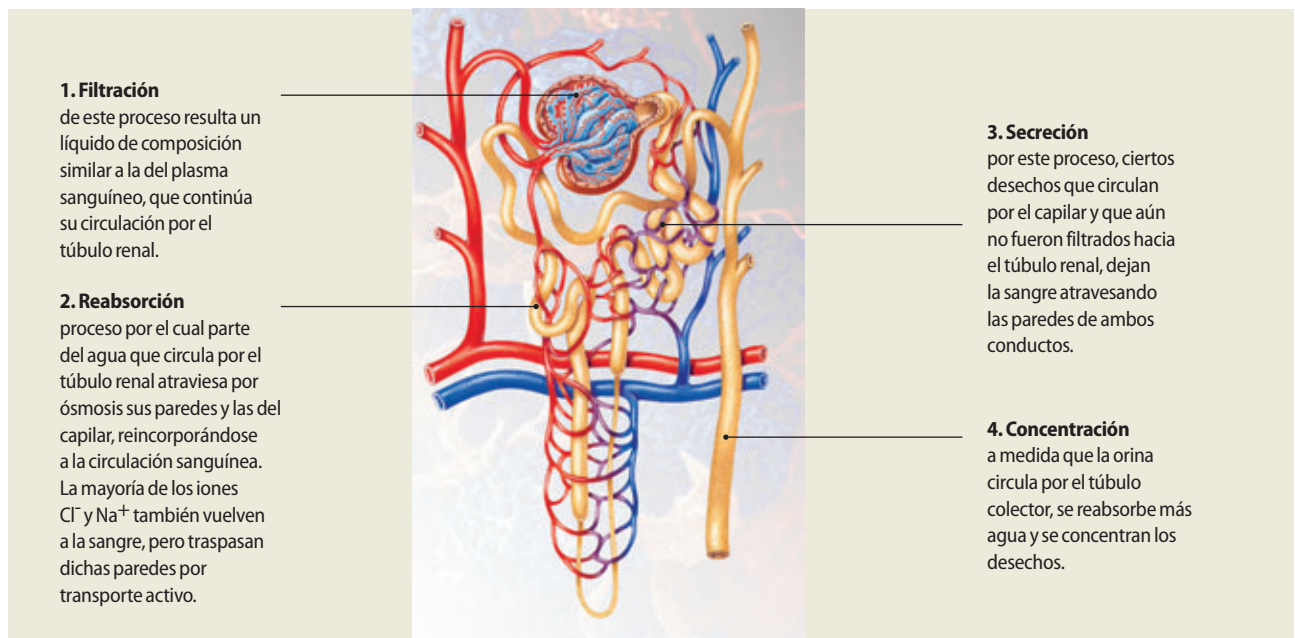
Los nefrones intervienen en la filtración de la sangre que reciben y en la elaboración de la orina a partir del agua y de las sustancias de desecho que contiene la sangre.

La orina se origina a partir de los siguientes procesos:

- **filtración** de la sangre en los glomérulos;
- **reabsorción** de agua y de otras sustancias hacia la sangre;
- **secreción** de sustancias de desecho que no han sido filtradas, desde la sangre; y
- **concentración** de la orina, ya que de este modo se elimina un volumen reducido del agua corporal, hasta la liberación del organismo, o excreción.



1. Relean la información de estas páginas y elaboren un esquema conceptual para sistematizar la estructura y dinámica de un nefrón.



1. Filtración

de este proceso resulta un líquido de composición similar a la del plasma sanguíneo, que continúa su circulación por el túbulo renal.

2. Reabsorción

proceso por el cual parte del agua que circula por el túbulo renal atraviesa por ósmosis sus paredes y las del capilar, reincorporándose a la circulación sanguínea. La mayoría de los iones Cl^- y Na^+ también vuelven a la sangre, pero traspasan dichas paredes por transporte activo.

3. Secreción

por este proceso, ciertos desechos que circulan por el capilar y que aún no fueron filtrados hacia el túbulo renal, dejan la sangre atravesando las paredes de ambos conductos.

4. Concentración

a medida que la orina circula por el túbulo colector, se reabsorbe más agua y se concentran los desechos.

Procesos que ocurren en un nefrón.

1. Filtración: La sangre ingresa al **nefrón** por la **arteriola aferente**, rama de la **arteria renal**. Entre otros factores, la mayor presión dentro de las arteriolas y la menor presión dentro de la **cápsula de Bowman**, provocan el pasaje de agua y otros materiales disueltos desde la sangre hacia el interior de la cápsula. El líquido resultante se denomina **filtrado**. Como éste posee una composición similar al plasma sanguíneo, pero sin sus células y proteínas de grandes moléculas es, en realidad, un **ultrafiltrado**.

2. Reabsorción: En el **TCP**, gran proporción de los materiales filtrados salen del túbulo e ingresan en la sangre de los **capilares peritubulares**.

A medida que el filtrado se mueve por el **asa de Henle**, gran cantidad de agua pasa por **ósmosis** hacia el exterior y desde allí a los capilares peritubulares. Así, el filtrado se vuelve más concentrado.

En la región más baja del asa de Henle continúa el bombeo de **iones sodio** (Na^+) y **cloruro** (Cl^-) hacia fuera. A medida que el filtrado asciende por el asa, también se difunden iones en forma pasiva y activa hacia el exterior.

Por las paredes del **TCD** sale agua por ósmosis, junto con iones bombeados activamente.

3. Secreción: La secreción de sustancias sucede a lo largo del túbulo renal, pero es más importante en el TCD. Los iones **potasio** (K^+), **hidrógeno** (H^+), **fosfato** (PO_4^{3-}), y las moléculas de **amoníaco**, de **creatinina**, de **ácido úrico**, de **fármacos** como la penicilina y de ciertas toxinas, son transportadas en forma activa desde los capilares peritubulares hacia el interior del túbulo.

4. Concentración: Cuando el filtrado avanza por el tubo colector, gran cantidad de agua e iones ya fueron absorbidos. Pero, en presencia de la **hormona antidiurética (HAD)**, el túbulo colector se vuelve muy permeable al agua. Este fenómeno permite el pasaje del agua desde interior del conducto hacia el exterior. Como consecuencia, la orina se concentra y resulta hipertónica con respecto al plasma del que deriva. En ausencia de HAD, las paredes de este conducto son impermeables al agua y, por lo tanto, la orina resulta muy diluida o hipotónica con respecto al plasma sanguíneo.

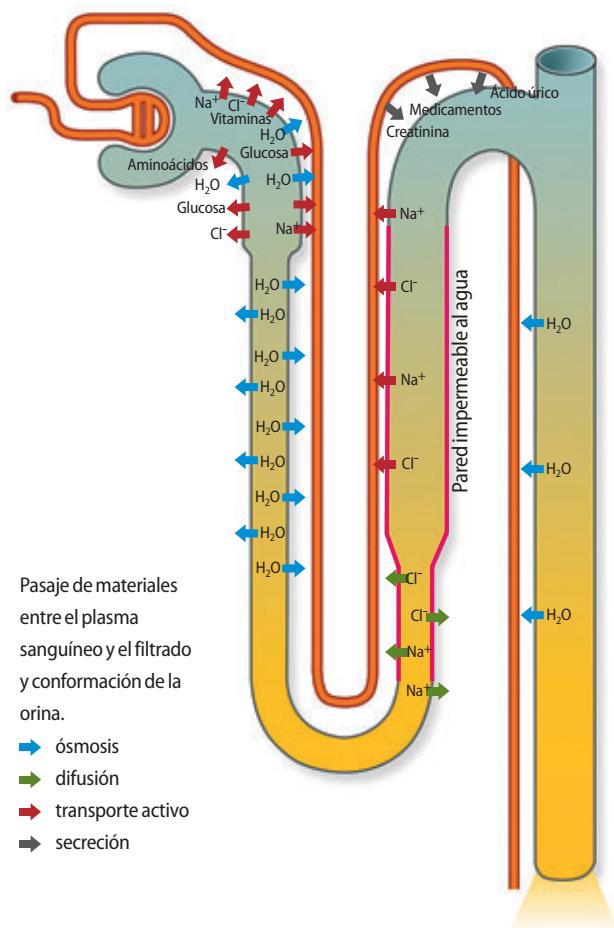
Finalmente, la orina que circula por los túbulos colectores de cada riñón se vierte en la **pelvis renal**, pasa al **uréter**, se acumula en la **vejiga** y se elimina por la **uretra** durante la **micción**.

Los epónimos médicos

En el campo científico son muy abundantes los teoremas, leyes, músculos, enfermedades, técnicas, etcétera, que son conocidos actualmente por el nombre de su descubridor o inventor.

Los **epónimos** son nombres de una persona o de un lugar que designan un pueblo, una época, una enfermedad, una unidad, etcétera. Además, si se considera la nomenclatura científica, la lista se vuelve casi infinita.

En la historia de la medicina muchos nombres de estructuras anatómicas corresponden a los científicos que los describieron por primera vez. Por ejemplo, los nombres de algunos sectores de los nefrones corresponden a los científicos que han estudiado y descrito su estructura y función. El médico británico William Bowman (1816-1892) describió la cápsula de cada nefrón que lleva su nombre. Al anatomista alemán Friedrich Henle (1809-1885) describió la U que forma el túbulo renal, el asa de Henle.



PLASMA SANGUÍNEO	FILTRADO	
	agua vitaminas glucosa aminoácidos iones cloruro iones sodio urea y otros desechos	FILTRACIÓN
agua vitaminas glucosa aminoácidos iones cloruro iones sodio		REABSORCIÓN
	agua medicamentos iones potasio iones fosfato amoníaco creatinina ácido úrico	SECRECIÓN
PLASMA SANGUÍNEO	ORINA	
agua		CONCENTRACIÓN

Tabla de comparación entre la composición del plasma sanguíneo, el filtrado glomerular y la orina.

Componente	Plasma sanguíneo	Filtrado	Orina
Células y fragmentos de células sanguíneas	40% del volumen total	Ausentes	Ausentes
Proteínas	7000 mg/dl	10 mg/dl	2 mg/dl
Glucosa	100 mg/dl	100 mg/dl	5 mg/dl
Iones sodio (Na^+)	300 mg/dl	300 mg/dl	300 mg/dl
Iones potasio (K^+)	17 mg/dl	17 mg/dl	180 mg/dl
Urea	25 mg/dl	25 mg/dl	2000 mg/dl
Ácido úrico	1 mg/dl	1 mg/dl	33 mg/dl
Amoníaco	0,1 mg/dl	1 mg/dl	40 mg/dl

Los riñones no solo participan en la excreción de los desechos celulares, sino también en otras actividades del organismo como:

■ **regulación del pH de la sangre:** controlan la cantidad de **iones hidrógeno (H^+)** y **bicarbonato (HCO_3^-)** y, en consecuencia, mantienen equilibrado el pH de la sangre;

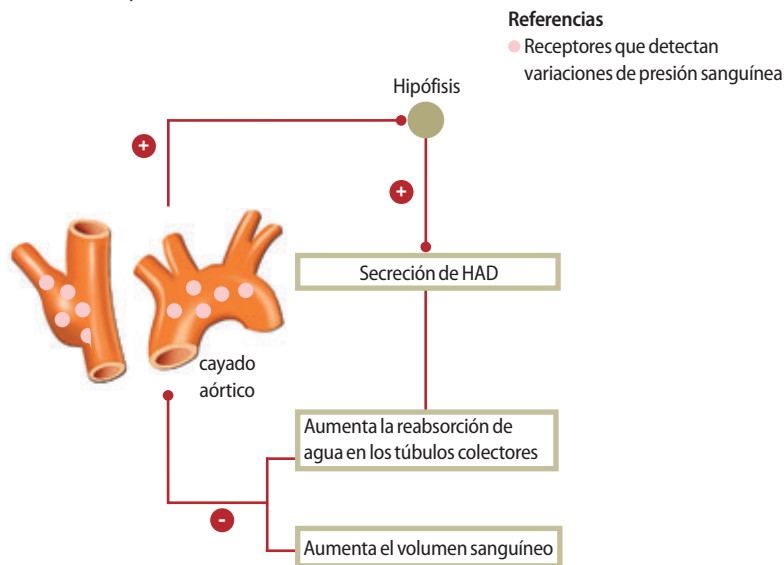
■ **regulación de la presión sanguínea:** controlan la presión arterial a través de la producción de renina;

■ **regulación del volumen y la concentración de sustancias de la sangre:** a través de varios procesos controlan el volumen y la composición de la sangre.

■ **otras actividades:** producen la hormona **eritropoyetina**, que estimula la producción de glóbulos rojos en la médula ósea, y una sustancia que activa al precursor de la vitamina D.

Homeostasis hidrosalina

En el organismo, el equilibrio entre la concentración de agua y la de solutos disueltos (**homeostasis hidrosalina**) es regulado en los riñones. Estos órganos no solo excretan la mayor cantidad de desechos metabólicos, sino que también controlan los niveles de sales y otros solutos disueltos en los fluidos corporales, es decir, mantienen el balance hídrico del organismo. Si no hubiera un mecanismo de reabsorción del agua filtrada, el organismo se deshidrataría rápidamente.



A medida que el agua avanza por los túbulos y conductos colectores, su reabsorción se realiza por ósmosis. El control de este transporte pasivo de agua es regulado por un proceso de **retroalimentación negativa** en el que participa la hormona **antidiurética (HAD)** o **vasopresina**. Esta hormona es producida por un centro nervioso (el **hipotálamo**) y almacenada y liberada por la glándula **hipófisis** hacia la sangre.

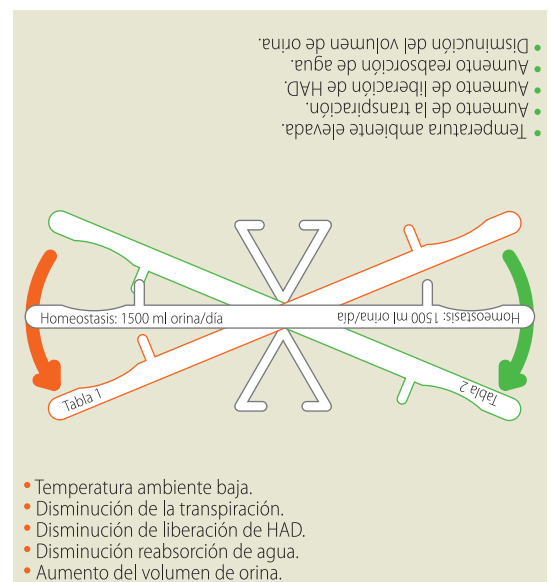
La cantidad de HAD secretada depende de la concentración de solutos de la sangre y de la presión sanguínea. Los receptores que tienen las paredes del corazón, la aorta y las arterias carótidas, informan sobre variaciones en la presión, el volumen sanguíneo y la composición de la sangre. Por ejemplo, si una persona presenta deshidratación o hemorragia, el volumen de sangre disminuye y la concentración de sustancias se eleva. Los receptores captan estas variaciones y estimulan la liberación de HAD. El incremento de esta hormona aumenta la reabsorción de agua en los túbulos colectores y, en consecuencia, se produce menor cantidad de orina (**oliguria**). La posterior ingesta de agua produce un aumento del volumen sanguíneo y la disminución de la concentración de solutos disueltos. Este cambio es detectado por los receptores que envían señales a la hipófisis y así cesa la liberación de HAD.

Este sube y baja es un modelo que representa la relación entre la temperatura ambiente y la micción. Para comprenderlo, observen la situación de la tabla 1 y lean el texto del color correspondiente. Luego, giren totalmente el libro, observen la situación de la tabla 2 y lean el texto del color correspondiente.

Interacción entre la temperatura ambiental y la micción

En los días de baja temperatura, es común percibir la disminución de la transpiración y la eliminación frecuente de gran cantidad de orina clara. En cambio, en los días con temperatura alta, la situación es inversa.

La transpiración, además de ser una vía de excreción, es un proceso implicado en la regulación de la temperatura corporal, por la cual se enfría la superficie del organismo porque se pierde calor debido a la evaporación del agua del sudor. Por lo tanto, cuando la temperatura ambiente es baja, la transpiración se reduce y la excreción depende principalmente de los riñones. Además, el frío inhibe la producción de HAD. En consecuencia, disminuye la reabsorción de agua y aumenta el volumen de orina eliminado. En los días calurosos, el incremento de la transpiración provoca la pérdida de grandes cantidades de agua y sales. Esta pérdida es detectada por los receptores de presión y de concentración de sustancias disueltas en la sangre, que compensan esta situación estimulando la producción y liberación de HAD.



La suerte en la ciencia

Un sueño, una distracción, un accidente banal o en el laboratorio, una observación sin trascendencia... Todas estas situaciones fueron el motor de numerosos hallazgos científicos descubiertos por casualidad y seguramente lo serán también en las investigaciones del futuro.

En la historia de la ciencia, muchos descubrimientos fueron fruto del azar en interacción con la curiosidad y audacia de sus mentores. Se suele hablar de **serendipia** para definir la facultad de hacer un descubrimiento o un hallazgo afortunado de manera accidental. Esta palabra deriva del título del cuento *Los tres príncipes de Serendip*. El cuento relata la historia de tres príncipes que durante sus viajes encontraban,

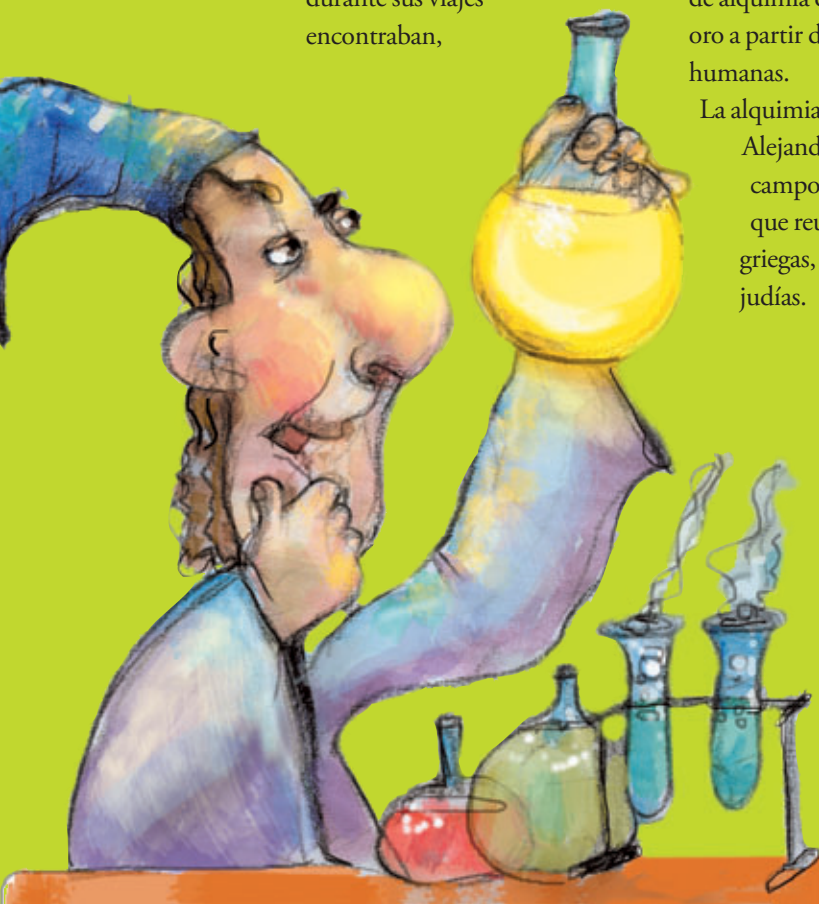
sin buscarla, la respuesta a problemas que no se habían planteado. Estos personajes, gracias a su capacidad de observación sagaz poseían el don del descubrimiento fortuito.

El descubrimiento del elemento químico fósforo se atribuye a un científico que fue *iluminado por la serendipia*.

En el siglo XVII, el comerciante de Hamburgo Henning Brand (1630-1710) leyó en un libro de alquimia que podía obtener oro a partir de las excreciones humanas.

La alquimia se originó en Alejandría como un campo de conocimientos que reunía prácticas griegas, caldeas, egipcias y judías.

Una de sus representantes más importantes fue María la Judía, quien inventó un método para calentar al vapor, al que curiosamente hoy se lo conoce como *baño de María*. Desde un comienzo, los alquimistas tuvieron tres ambiciosos objetivos que orientaron todas sus investigaciones. Uno de ellos fue encontrar la *piedra filosofal*, es decir, la posibilidad de convertir cualquier metal en oro o plata. El segundo objetivo fue hallar la *panacea universal*, es decir, la prolongación indefinida de la vida humana y el remedio para curar todas las enfermedades. Con el tercero buscaron la *felicidad divina* y el trato con los espíritus celestiales. En este trabajo sin fin, la alquimia creció y se adentró en misterios que dieron lugar al avance de esos magos-científicos, y a una gran cantidad de tratados e inventos. El alambique, el baño de María, los vasos de precipitados, los filtros y otros utensilios que hoy se usan en el laboratorio, fueron inventados por aquellos alquimistas. Si bien la alquimia tuvo cierto carácter mágico y esotérico, dio origen a la ciencia de la química en el siglo XVII.



En 1669, Brand se propuso buscar la *pedra filosofal* en la orina humana. Un día calentó el concentrado hasta el punto de ebullición para eliminar toda el agua que contenía la orina y obtuvo un residuo sólido que, en la oscuridad, tenía un débil brillo blanquecino, y lo llamó *fuego frío*.

Frente a las dificultades económicas en que se encontraba, Brand vendió su receta al médico Daniel Kraft, quien mostraba la curiosa sustancia por los mercados de Europa presentándola como una maravilla de la naturaleza. Brand no había dado con la piedra filosofal, sino con el elemento **fósforo (P)**, cuyo nombre se debe al médico Johann S. Elsholtz. El término fósforo proviene del vocablo griego *phosphoros* y significa portador de luz.

Si bien el descubrimiento de ese elemento despertó mucha curiosidad, las propiedades del fósforo no se comprendieron inmediatamente, ni tampoco se halló la técnica para obtenerlo de otra fuente que no fuera la orina. Durante más de cien años la materia prima para obtener el fósforo fue exclusivamente la orina, lo que solo permitía obtenerlo en cantidades muy reducidas.

Alrededor de 1771, el químico sueco Carl W. Scheele (1742-1786), descubrió que los huesos

contienen **fosfatos (PO_4^{3-})** y desarrolló un método para obtener el fósforo a partir de la calcinación de huesos.

Actualmente, el fósforo se extrae de muchos minerales de la corteza terrestre; y los materiales que poseen la propiedad de absorber energía, almacenarla y emitirla lentamente en forma de luz durante cierto tiempo, con posterioridad a la desaparición del estímulo que la provoca, se denominan **fosforescentes**. El descubrimiento del fósforo no fue el único en el campo de la serendipia. En la historia de la ciencia hubo muchos hallazgos casuales, sin querer, o *de chiripa*.

Decir que algo se produjo o se encontró *de chiripa* fue una expresión muy usada en nuestro vocabulario cotidiano hasta hace algunos años. Esta expresión proviene del español y en el billar se usa para hacer referencia a una jugada donde la suerte fue muy favorable, en la que se gana por casualidad. El serendípico descubrimiento de la sacarina, primer edulcorante sin calorías, fue una gran solución para las personas diabéticas y con problemas de obesidad. Cuenta la historia que en 1879, el joven químico alemán Constantin Fahlberg encontró su cena sumamente dulce y comprobó que este sabor no

provenía del alimento que se hallaba ingiriendo, sino de sus propios dedos. Recordó entonces que esa tarde estuvo trabajando en el laboratorio con un derivado del alquitrán, al que patentó rápidamente y denominó **sacarina**.

Lo mismo ocurrió con el caucho vulcanizado. Charles Goodyear (1800-1860) pasó mucho tiempo intentando que el caucho no se hiciera blando y pegajoso durante los días calurosos, y frágil en los días fríos. En 1839, se le cayó sobre el fuego una mezcla de caucho y azufre con la que se encontraba experimentando. Cuando la retiró del calor y perdió temperatura, Goodyear observó que el nuevo material había adquirido la solidez que buscaba, sin perder elasticidad.

1. Lean el texto de estas páginas.
2. Según el texto, los objetivos de los alquimistas eran claros pero concretarlos resultaba una tarea sin fin. Identifiquen esos propósitos y discutan por qué esas metas son inalcanzables.
3. Busquen información sobre otros hallazgos científicos "de chiripa".
4. Piensen y propongan en equipo frases de uso cotidiano con las que se expresan eventos o hallazgos afortunados.



Desodorantes y antitranspirantes

Comúnmente se cree que el sudor provoca olores desagradables. Sin embargo, los olores producidos por la transpiración se deben a la actividad bacteriana. En las axilas hay diez millones de bacterias por centímetro cuadrado, allí los microorganismos encuentran un medio propicio para su permanencia y reproducción. La actividad metabólica de las bacterias produce sustancias y gases de desecho que tienen el característico olor desagradable característico.

Actualmente, hay numerosos y variados productos para reducir la transpiración y eliminar su típico olor. Los desodorantes fundamentalmente reducen la cantidad de bacterias y proporcionan un aroma agradable. En cambio, los antitranspirantes actúan como desodorantes pero, además, reducen notablemente la producción de sudor y pueden resultar nocivos para la salud.

Subsistema tegumentario

La **piel** cubre un área de 2 m^2 y su superficie presenta millones de aberturas en las que se encuentran los pelos y poros donde se abren los conductos de las **glándulas sudoríparas**.

Estas glándulas se encuentran en toda la superficie corporal aunque hay mayor cantidad en las palmas de las manos, las plantas de los pies, los genitales, las axilas y en menor proporción, en la cara. Los **desechos metabólicos** transportados por la sangre ingresan al interior de las glándulas y son eliminados al exterior junto con agua. La composición del **sudor** es similar a la de la orina, pero con menor concentración de sustancias de desecho.

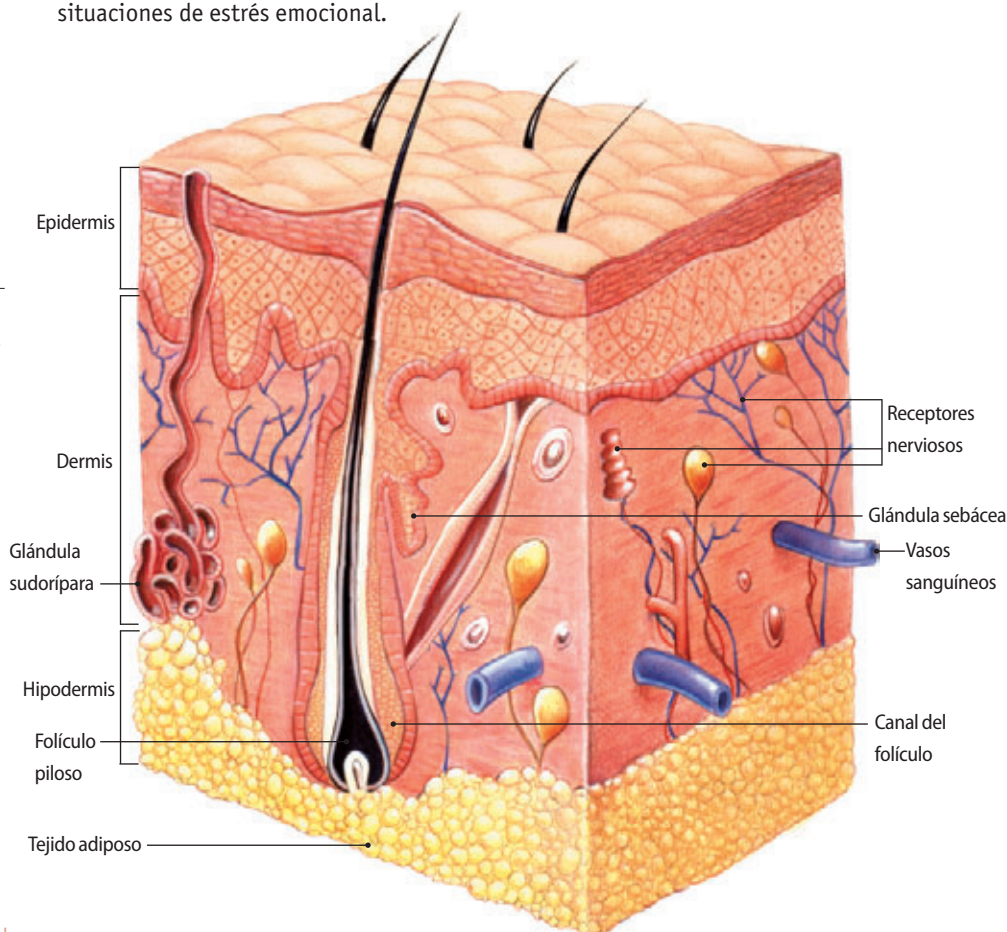
El proceso de eliminación del sudor se llama **transpiración**. A través del sudor se excretan del 5 al 10% de los desechos celulares.

También, en forma continua, se eliminan diariamente alrededor de 0,5 litros de vapor de agua a través de la piel, durante el proceso denominado **perspiración** o **transpiración imperceptible**.

Además, sobre la superficie de la piel abundan poblaciones de bacterias que impiden la proliferación de otros tipos bacterianos perjudiciales para el organismo. Sin embargo, cuando se produce una herida, la población bacteriana cutánea puede llegar a producir infecciones.

El **subsistema tegumentario** también interviene en la regulación de la **temperatura corporal** a través de la eliminación de sudor y en la protección contra la radiación solar.

La secreción de sudor varía de una persona a otra, depende de la actividad física y se encuentra regulada hormonalmente y por el sistema nervioso. De esta manera, las características y la cantidad de sudor pueden variar en distintas etapas de la vida de una persona. Además, el sistema nervioso regula su producción, por ejemplo, en diversas situaciones de estrés emocional.



1. Investiguen cómo se clasifican las quemaduras y qué hay que hacer cuando éstas se producen.
2. Elaboren un texto sobre las medidas de seguridad que tiene que tener una casa para evitar quemaduras en los niños.
3. Busquen información sobre las posibles consecuencias de tatuajes realizados sin medidas preventivas.
4. Busquen información sobre el significado que tiene el tatuaje de la piel para la cultura maorí y para nuestra sociedad.

Desequilibrios en la liberación de los desechos

HIPERHIDROSIS

La hiperactividad de las glándulas sudoríparas produce **hiperhidrosis**, que puede ser generalizada o localizada en determinadas partes del cuerpo como las manos, las axilas o las plantas de los pies. Esta afección puede producirse por muchas circunstancias: hormonales, obesidad, alcoholemia, estrés nervioso o emocional, entre otras.

La hiperhidrosis localizada genera muchos problemas en determinados ámbitos sociales: origina mal olor, deteriora la ropa y dificulta las interacciones con otras personas. El tratamiento consiste en el lavado diario, la aplicación de sustancias con cloruro de aluminio y bactericidas. También, en casos más comprometidos, se inyecta toxina botulínica para bloquear las terminaciones nerviosas que estimulan las glándulas sudoríparas o se interrumpen en forma quirúrgica los nervios y ganglios de las zonas afectadas.

INSUFICIENCIA RENAL Cuando los riñones pierden la capacidad parcial o total para filtrar y eliminar los desechos del organismo, se presenta un cuadro de **insuficiencia renal**, que causa la acumulación de líquidos en el cuerpo (**edema**) y de urea (**uremia**). La insuficiencia renal es provocada por muy diversas causas, como por ejemplo:

- disminución del flujo sanguíneo: presión arterial baja o hemorragia;
- obstrucción del sistema urinario: por ejemplo, debido a la presencia de **cálculos renales**, formados por la precipitación de cristales principalmente en los riñones o uréteres; e
- inflamación del riñón (**nefritis**).

En la mayoría de los casos, el tratamiento consiste en la **diálisis** o el **transplante renal**.

HEMODIÁLISIS

La **hemodiálisis** constituye un proceso alternativo que reemplaza momentáneamente los riñones por un mecanismo extracorpóreo artificial u otra membrana del organismo que cumplan su función. Se realiza haciendo circular la sangre de un paciente por un sistema de tubos con membranas semipermeables, en contacto con un líquido dializador de composición similar al plasma sanguíneo. De esta forma, los desechos celulares presentes en la sangre pasan al líquido dializador hasta que la sangre presente los valores normales de sustancias disueltas en ella.

Otra forma de extraer los desechos tóxicos del organismo es a través de la **diálisis peritoneal**. En la cavidad abdominal, los órganos y la superficie interna de las paredes abdominales están revestidos por una membrana llamada **peritoneo**. En esta técnica, se introduce el líquido dializador en la **cavidad peritoneal** (espacio entre los órganos y las paredes abdominales rodeado por peritoneo muy rico en vasos sanguíneos) a través de un catéter. De este modo, los desechos pasan de la sangre al fluido dializador y éste es eliminado del organismo por un catéter.



Técnica de diálisis peritoneal.

Transplante renal

El **transplante renal** es un tratamiento terapéutico realizado universalmente para la insuficiencia renal crónica y/o terminal, que implica un deterioro extremo de la función renal que, de no iniciar algún tratamiento sustitutivo, conlleva a la muerte.

En el caso del riñón, un pariente directo vivo de una persona con insuficiencia renal puede donarle ese órgano, debido a que es posible vivir con uno solo.



En los trasplantes renales se reemplaza el riñón defectuoso por un riñón sano. Como en la mayoría de los trasplantes, la persona transplantada requiere medicamentos para disminuir la respuesta del sistema inmunitario y así, evitar el rechazo del nuevo órgano.

1. Copien la trama conceptual de la página 97 y agréguenle los conectores adecuados para relacionar los conceptos.





1. Después de la lectura del

artículo I:

- a.** busquen las explicaciones, escribanlas y analicenlas según las orientaciones de las páginas 94 y 95;
- b.** busquen información para explicar el tratamiento para la enuresis; y
- c.** establezcan relaciones entre la explicación del texto y el modelo de regulación hormonal de la página 107.
- d.** teniendo en cuenta la información del punto anterior, diseñen un modelo para la acción de la HAD en un chico enurético.

2. Después de la lectura del

artículo II:

- a.** busquen las explicaciones, escribanlas y analicenlas según las orientaciones de las páginas 94 y 95; y
- b.** establezcan relaciones entre la estructura del sistema urinario femenino y la probabilidad de desarrollo de infecciones.

3. Después de la lectura del

artículo III:

- a.** busquen las explicaciones, escribanlas y analicenlas según las orientaciones de las páginas 94 y 95;
- b.** elaboren un esquema conceptual para sistematizar la información.
- c.** diseñen un modelo para representar las causas de este desequilibrio en el organismo.

4 || LA RAZÓN || SALUD || 29 DE JUNIO DE 2005

artículo I

Enuresis: recomiendan tratarla en adolescentes

En Argentina hay más de 500 mil chicos de entre 5 a 15 años que sufren de un trastorno hormonal llamado enuresis: orinar inconscientemente durante la noche.

Es un problema que afecta psicológicamente a los chicos y provoca preocupación en los padres. Por eso, los especialistas advierten que es muy importante consultar al médico poco tiempo después de que surja.

“Hay que dejar en claro que no es una enfermedad, sino un síntoma. La culpable es la hormona antidiurética, la cual se encarga de pedirle al riñón que no mande orina a la vejiga durante el sueño. En cambio, en los chicos enuréticos, esto no pasa: la vejiga se llena de orina y descargará sin que el individuo se de

cuenta”, explicó a La Razón el responsable del servicio de enuresis del hospital Zubizarreta, doctor Clemente Berardi.

El común de la gente entiende que la enuresis es algo cotidiano, por lo cual los padres prefieren esperar a que el síntoma desaparezca solo. Los chicos que siguen amaneciendo mojados acumulan broncas, frustraciones y vergüenza que bajan inmensamente su autoestima y les causan secuelas psicológicas importantes.

Sin un tratamiento adecuado y al dejar que este trastorno desaparezca solo, el 1% de los chicos seguirá con la enuresis después de los 15 años, con lo cual puede afectar su iniciación sexual.

4 || LA RAZÓN || SALUD || 29 DE JUNIO DE 2005

artículo II

Infección del tracto urinario en mujeres

La infección del tracto urinario es una infección que se presenta en la vejiga, los riñones y en la uretra. Cuando la infección es en la vejiga recibe el nombre de cistitis y cuando se desarrolla en la uretra se denomina uretritis. Se llama pielonefritis si la infección se desplaza hacia los riñones. La infección del tracto urinario puede ser un problema frecuente, especialmente en aquellas mujeres que tienen relaciones sexuales.

La infección del tracto urinario es causada por gérmenes. Éstos ingresan generalmente a través de la uretra y se desplazan hacia el tracto urinario. Las bacterias pueden entonces infectar la uretra, la vejiga o los riñones. Limpiarse de atrás hacia delante después de hacer pis o caca, tener relaciones sexuales,

estar embarazada, sufrir diabetes, y retener la orina por mucho tiempo, son algunos factores que facilitan la adquisición de una infección urinaria.

Algunas mujeres afectadas por esta enfermedad pueden no presentar síntomas, pero es común que las personas consulten al médico por sentir ardor o dolor al orinar, orinar con frecuencia o tener la sensación de “quedarse con ganas” después de ir al baño. La infección en los riñones suele presentar dolor de espaldas o en el estómago.

Generalmente, este tipo de patología se diagnostica con un simple examen de laboratorio y es tratado con antibióticos. Es importante realizar la consulta a un médico para que se planifique y se lleve a cabo un tratamiento adecuado.

La litiasis en busca de su etiología

La observación microscópica de la orina revela que algunos cristales —como el oxalato o el fosfato de calcio y ciertos tipos de uratos, son excretados normalmente por sujetos sanos; se trata del fenómeno conocido como cristalluria.

Curiosamente, la mayoría de los cálculos renales propios de la enfermedad litiasica —del griego lithos, piedra, así como en latín, calculus, piedrecilla— están compuestos por estos mismos minerales.

La existencia de una fase mineral sólida en la orina, que en algunos casos es normal o fisiológica y en otros se transforma en patológica, es, probablemente, la causa por la que la litiasis ha fascinado a la profesión médica desde la antigüedad.

El cálculo más grande de que se tenga noticia es un cálculo vesical de casi un kilogramo de peso. Indudablemente un cálculo de estas características es memorable, pero si lo que queremos es aprender algo sobre la litiasis, para poder así tratarla, lo que hemos de preguntarnos es, en realidad, qué tan pequeño puede ser un cálculo o, en otras palabras, cuándo la cristalluria se transforma en enfermedad litiasica.

En los últimos veinte años se han realizado notables avances en el conocimiento de la fisiopatología de esta enfermedad, avances que han resultado en el desarrollo de protocolos para el diagnóstico de alteraciones metabólicas asociadas a la formación de cálculos, en el estudio y comprensión de los mecanismos físico-químicos de la cristallización urinaria, y en la existencia de los llamados inhibidores de la cristallización.

Se han logrado así nuevas y mejores alternativas terapéuticas para el tratamiento de la litiasis renal, lo que transformó una patología de incumbencia casi totalmente quirúrgica en un problema de tratamiento médico clínico, circunstancia de incalculable significación ya que la enfermedad litiasica está signada por el concepto de recidiva. En efecto, la persona que ha desarrollado un cálculo renal no resuelve su problema por el hecho de que se lo haya extirpado quirúrgicamente o eliminado por medio de las nuevas técnicas de

litotricia extracorpórea, ya que casi fatalmente formará un nuevo cálculo, a menos que sea evaluado metabólicamente y se instaure una terapéutica que neutralice la alteración que lo originó.

Para comprender cómo las diferentes alteraciones metabólicas pueden dar lugar a la enfermedad litiasica, es preciso conocer el proceso de formación de los cálculos renales.

Los mecanismos detallados de esta formación aún no se conocen, pero cualesquiera que estos sean, no pueden escapar a los mecanismos generales de toda transformación de fase líquida (la orina) en sólida (el cálculo).

Ejemplo ilustrativo son los cálculos de oxalato de calcio, habida cuenta de que el 70% de los cálculos formados tienen esta composición.

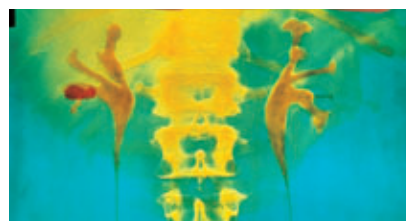
El oxalato de calcio es una sal de calcio. Pero aun sin conocimientos de físico-química, sabemos empíricamente que cuando agregamos una sal soluble a un líquido, llega un momento en que ésta no se disuelve más. Este estado se conoce como supersaturación.

Cuando una orina está hiposaturada con respecto a la sal que forma los cálculos, estos se disolverán; cuando está saturada no se formarán nuevos cálculos pero los preexistentes no sólo no se disolverán sino que podrán crecer por agregación de cristales; cuando está supersaturada los cálculos presentes podrán crecer y pueden ocurrir nuevas precipitaciones en el caso de que se supere un límite experimental llamado "límite metaestable".

Los mecanismos generales de transformación de fase líquida a sólida están presentes en la formación de un cálculo: iniciación de la precipitación, crecimiento cristalino y agregación de los cristales.

Como vimos anteriormente, la supersaturación es función de la concentración del soluto, en nuestro ejemplo, de la concentración urinaria de calcio y de oxalato.

Cualquier alteración que conduzca a un aumento de la concentración de calcio u oxalato en la orina está favoreciendo, entonces, la formación de un cálculo. De este



Radiografía que muestra litiasis renal



Cálculos renales

modo tenemos definidas las alteraciones metabólicas más frecuentemente diagnosticadas en los pacientes formadores de cálculos de oxalato de calcio: la hipercalciuria y la hiperoxaluria.

Otras alteraciones trabajan en sentido inverso. La orina es un líquido muy complejo y contiene en solución numerosos iones que se pueden combinar para formar complejos solubles. Por lo tanto, el déficit en orina de ciertos iones puede conducir a tener más calcio u oxalato libre o iónico; tal es el caso del citrato y el magnesio que compiten con el oxalato por la unión con el calcio y con el calcio por el oxalato, respectivamente. Este es el modo de acción de la hipocitraturia y la hipomagnesuria, alteraciones metabólicas de hallazgo frecuente.

Similares apreciaciones pueden hacerse respecto a las litiasis no cálcicas, como en el caso de alteraciones en el metabolismo del ácido úrico, que conducen a la litiasis úrica mediante el aumento de la excreción urinaria de este ácido orgánico.

José R. Zanchetta y César E. Bogado
Facultad de Medicina,
Universidad de Buenos Aires

Ciencia Hoy Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy, Vol.1, N° 1, diciembre-enero, 1989.