



UNIDAD 11

- 1 La digestión en los animales
- 2 La circulación y el transporte en los animales
- 3 La respiración en los animales
- 4 La excreción en los animales

ACTIVIDADES DE CONSOLIDACIÓN Y SÍNTESIS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOSTENIBILIDAD SA

Alimentación sostenible

TÉCNICAS DE TRABAJO Y EXPERIMENTACIÓN.

Cálculo del CO₂ expirado

CONOCIMIENTOS BÁSICOS. EVALUACIÓN

Nutrición en los animales

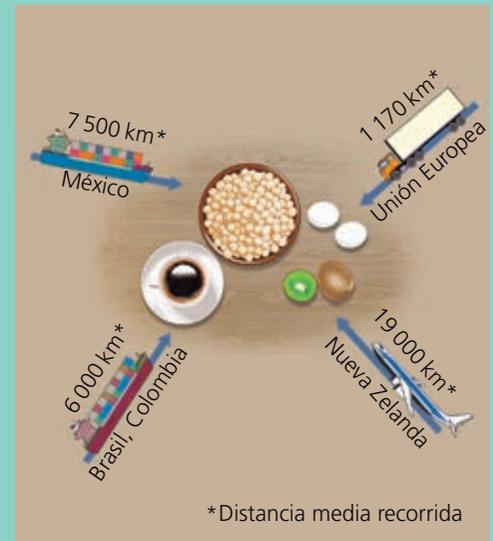




Enfoques

El Objetivo de Desarrollo sostenible n.º 12 plantea como meta una reducción del impacto ambiental de los sistemas de producción de alimentos mediante una gestión sostenible y eficiente de los recursos.

El modelo industrial de producción de alimentos genera diversos problemas ambientales a lo largo de la cadena de suministro, lo que incluye la producción, distribución y comercialización de los productos.



Los impactos ambientales más graves ocurren en la fase de producción y procesamiento de alimentos, pero también los consumidores influyen en estos impactos a través de sus hábitos y elecciones dietéticas.

Uno de los indicadores de progreso en la consecución de este objetivo es la valoración de la huella ecológica del producto final que consumimos. Según datos de Global Footprint Network, en España fue de 4,0 ha por persona durante 2017.



- 1 ¿Qué crees que puede significar el concepto *huella ecológica*?
- 2 ¿De qué manera nuestras decisiones dietéticas en los hogares pueden contribuir a rebajar los datos que aparecen en la imagen?
- 3 En la fase de producción de alimentos se generan los impactos más graves. ¿Qué modelos de producción agrícola y ganadera conocéis? ¿Cuáles son sus principales diferencias? ¿Qué modelo consideraréis más sostenible?
- 4 Según datos de la FAO, se pierde un 14% de los alimentos producidos antes de llegar al consumidor, pero también hay desperdicio de alimentos después de su comercialización. ¿Cuáles pueden ser las razones?
- 5 España tiene aproximadamente 23 millones de hectáreas de superficie agraria útil. ¿Qué significa que la huella ecológica de España en 2017 fue 4,0 ha por persona? ¿Qué valoración os merece este dato?
- 6 Proponed medidas para reducir la huella ecológica del consumo de alimentos en los hogares y recogedlas en un documento para compartirlas con el resto de la clase.
- 7 Debatid sobre las dificultades para concienciar a la población acerca de la necesidad de un consumo sostenible.



1 La digestión en los animales

Recuerda

Los animales necesitamos mantener un intercambio de **materia** y **energía** con el exterior para realizar las funciones vitales. Los animales somos **heterótrofos**, es decir, precisamos incorporar **materia orgánica** para transformarla en moléculas propias y obtener energía a partir de ella.

¿Tienen aparato digestivo todos los animales? ¿Qué crees que condiciona tenerlo?

La nutrición

El proceso mediante el cual los animales obtenemos los alimentos es la **alimentación**, y constituye el paso previo a la **nutrición**, que es el conjunto de procesos relacionados con la transformación de los alimentos en nutrientes y su utilización por parte de las células. A partir de los nutrientes, las células obtienen energía para llevar a cabo las funciones vitales, y materia para formar estructuras.

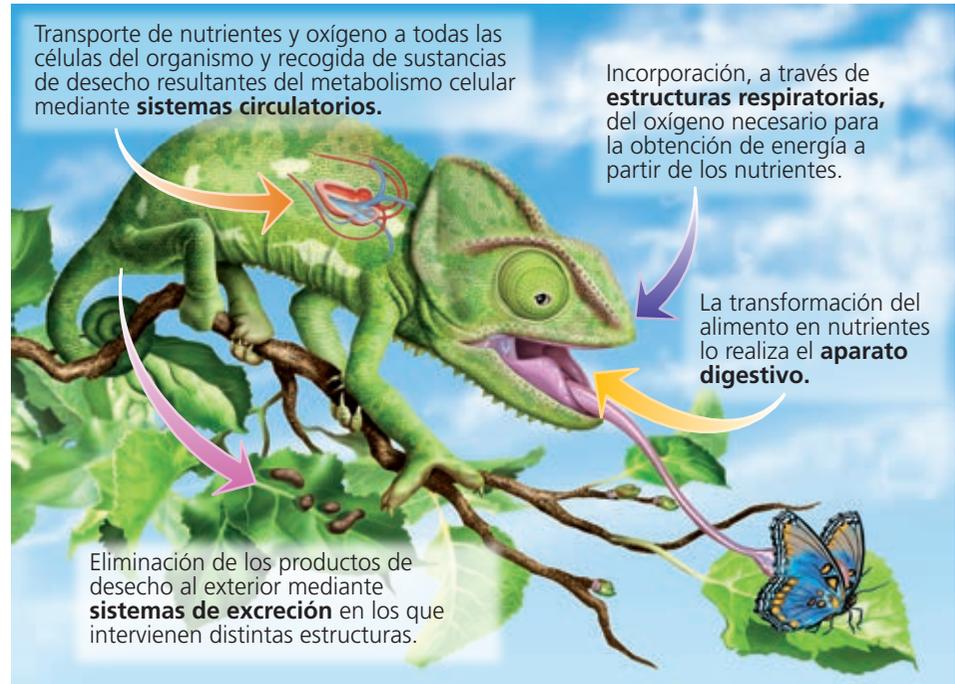


Figura 11.1. Procesos implicados en la función de nutrición en los animales.

La incorporación y transformación de los alimentos es el primer paso del proceso de nutrición. En algunos animales sencillos este proceso se lleva a cabo sin la participación de estructuras especializadas.

A medida que la complejidad de los animales se incrementa, las necesidades metabólicas también aumentan y se hace necesaria la participación de un aparato digestivo capaz de procesar y transformar grandes cantidades de alimento.

El aparato digestivo de los animales consiste, por lo general, en un tubo con un orificio de entrada y otro de salida, y está formado por varias regiones donde se llevan a cabo las distintas fases del proceso digestivo.

El proceso de digestión consta de cuatro fases: **ingestión**, **digestión**, **absorción** y **egestión**.

Ingestión

La **ingestión** es la forma en que los animales incorporan al organismo el alimento desde el exterior. Algunos animales acuáticos de vida sésil¹ filtran de forma **pasiva** partículas alimenticias que se encuentran en suspensión en el agua. Sin embargo, los animales que capturan el alimento de forma **activa** poseen en la parte anterior del tubo digestivo una cavidad bucal con unas estructuras especializadas que varían dependiendo del tipo de alimentación.

¹**sésil**: organismo que vive fijo al sustrato y que no se desplaza.



Figura 11.2. Los depredadores presentan en la boca poderosas dentaduras.

Digestión

La **digestión** es la transformación del alimento en moléculas sencillas que puedan ser utilizadas por las células.

La **digestión química** la llevan a cabo las **enzimas digestivas** y consiste en la transformación de grandes moléculas orgánicas en otras más sencillas para permitir su absorción. La digestión química puede producirse de tres formas:

Digestión intracelular. Tiene lugar dentro de las células. El alimento entra en la célula por medio de una vacuola digestiva en la que los lisosomas vierten su contenido enzimático. Tras la digestión, los nutrientes se incorporan al citoplasma. Es propia de animales sencillos, como los poríferos.

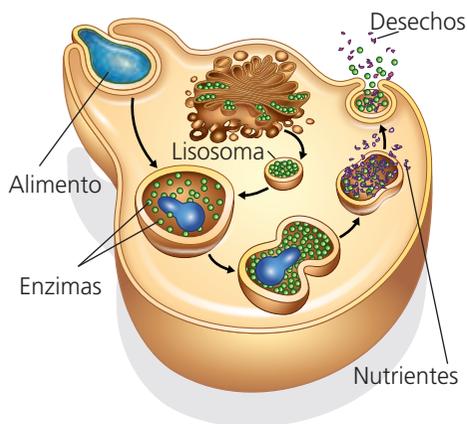


Figura 11.3. Digestión intracelular.

Digestión extracelular. Tiene lugar fuera de las células, en un tubo en el que se vierten las enzimas digestivas. Durante esta digestión los alimentos son sometidos a transformaciones químicas y mecánicas. Es propia de los vertebrados y de muchos invertebrados.

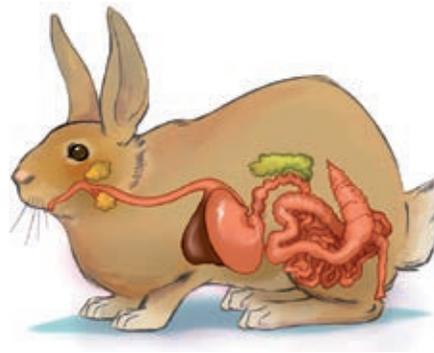


Figura 11.4. Digestión extracelular.

Digestión mixta. Este tipo de digestión se realiza en dos etapas: primero tiene lugar una digestión extracelular, dentro de una cavidad gástrica, que se completa con una digestión intracelular posterior. Es propia de los cnidarios y los platelmintos.

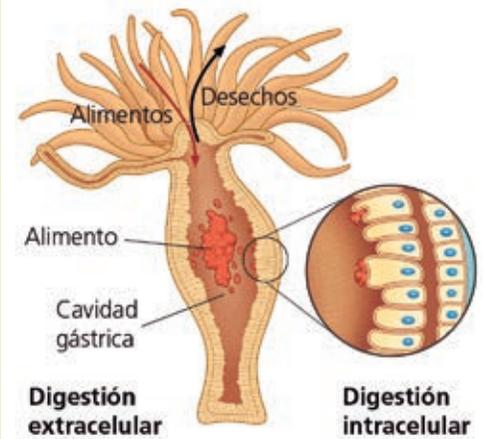


Figura 11.5. Digestión mixta.

Para facilitar el ataque de las enzimas, algunos animales realizan una **digestión mecánica** previa, que consiste en la fragmentación y trituración del alimento mediante estructuras especiales.

Absorción

La **absorción** consiste en la incorporación de los nutrientes al organismo. Los nutrientes obtenidos tras la digestión atraviesan la pared del tubo digestivo y pasan a los líquidos circulantes del animal, que los distribuyen a todas las células.

Egestión

La **egestión** es la expulsión de los productos no asimilados tras la digestión. En los animales con tubo digestivo se realiza a través del orificio de salida, el **ano**. En animales sencillos existe un único orificio para la ingestión y para la egestión.

Actividades

- 1 La mayoría de los animales llevan a cabo una digestión extracelular. ¿Cuál crees que es la razón?
- 2 Muchas especies de ballenas se alimentan de *krill*, un tipo de crustáceos planctónicos que flotan cerca de la superficie del agua. Las ballenas lo incorporan en grandes cantidades filtrándolo a través de unas estructuras llamadas barbas. ¿Se trata de alimentación activa o pasiva?
- 3 Observa la figura 11.3 y describe paso a paso la digestión intracelular.
- 4 ¿De qué manera facilita la digestión mecánica la digestión química posterior? Pon dos ejemplos.
- 5 Indica cuáles de las siguientes moléculas requieren de una digestión química para ser absorbidas: *agua*, *aminoácidos*, *almidón*, *proteínas*, *lípidos*, *glucosa*. Razona la respuesta.

1.1. El aparato digestivo en los invertebrados

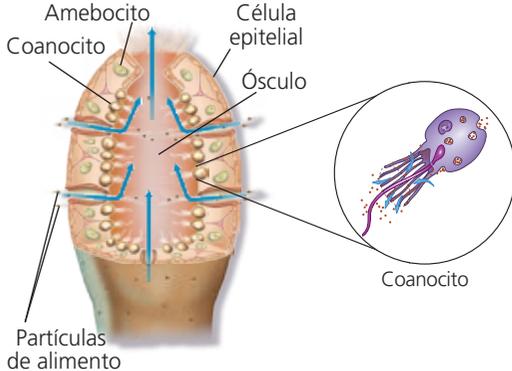
Muchos invertebrados acuáticos no se pueden desplazar porque viven adheridos al sustrato. ¿Cómo crees que capturan el alimento?

La primera tendencia evolutiva en la digestión fue el paso de la digestión intracelular a la extracelular, capaz de proveer más energía. La digestión extracelular de los animales más primitivos fue seguramente **micrófaga**, a partir de partículas de alimento en suspensión en el agua.

El paso a la alimentación **macrófaga**, a partir de partículas grandes de alimento que proporcionaban mayor cantidad de nutrientes, trajo consigo cambios en el tubo digestivo: desarrollo de estructuras especializadas en la captura de alimentos, alargamiento del tubo digestivo para facilitar un proceso digestivo complejo, diferenciación de secciones con funciones distintas, aparición de glándulas productoras de enzimas y aumento de la superficie de absorción de nutrientes.

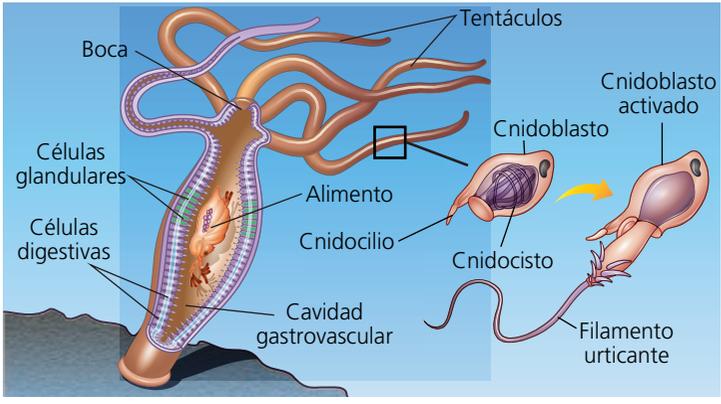
Sin embargo, a pesar de la diversidad morfológica de los animales, los distintos modelos de aparato digestivo llevan a cabo las mismas funciones básicas.

Poríferos



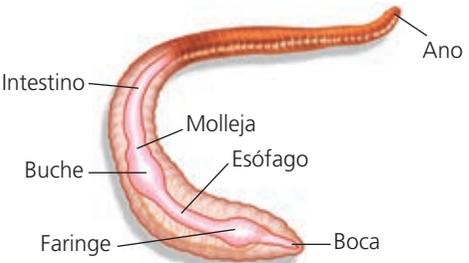
Las esponjas poseen una pared perforada por **poros inhalantes** por los que el agua con partículas de alimento entra a una cavidad general llamada **atrio**. El atrio está recubierto de unas células, los **coanocitos**, que con los movimientos de su flagelo atrapan estas partículas para llevar a cabo la digestión intracelular. Las esponjas expulsan el agua, junto con los productos de desecho, por un orificio situado en su parte superior, el **ósculo**.

Cnidarios



Los cnidarios poseen un único orificio que hace las veces de boca y ano. En torno a este se encuentran los tentáculos, cuyos movimientos crean corrientes de agua con las que atraen a las presas, a las cuales capturan gracias a unas células urticantes presentes en ellos, los **cnidoblastos**; estos contienen unos orgánulos denominados **cnidocistos**, que inyectan un líquido que paraliza o mata a las presas. Las células secretoras de enzimas de la cavidad gastrovascular llevan a cabo una digestión extracelular parcial, que otras células de la cavidad terminan mediante digestión intracelular. La digestión de estos animales es, por tanto, mixta.

Anélidos



Los anélidos presentan un tubo digestivo que recorre todo el cuerpo y está provisto de dos orificios: la boca y el ano. A lo largo del tubo se distinguen varias regiones: la **faringe**; el **buche**, donde almacenan el alimento; la **molleja**, con pequeños granos de arena para triturarlo, y el **intestino**, donde se producen la digestión y la absorción. Su digestión es extracelular.

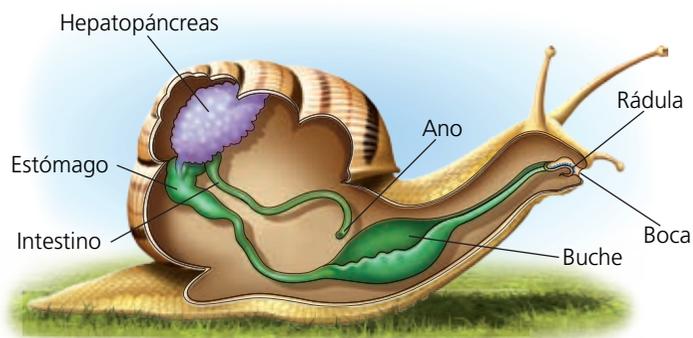
Moluscos

Los moluscos tienen un aparato digestivo que consta de esófago, estómago e intestino, y presentan glándulas anejas, como el **hepatopáncreas**, que colaboran en la digestión mediante la secreción de enzimas. La digestión es extracelular.

Los gasterópodos poseen un órgano en la boca, la **rádula**, que les permite raspar el alimento.

Los cefalópodos atrapan las presas con sus tentáculos y las trituran con unas mandíbulas en forma de pico.

Los bivalvos filtran las partículas alimenticias que se encuentran en el agua mediante los finos filamentos de las branquias.



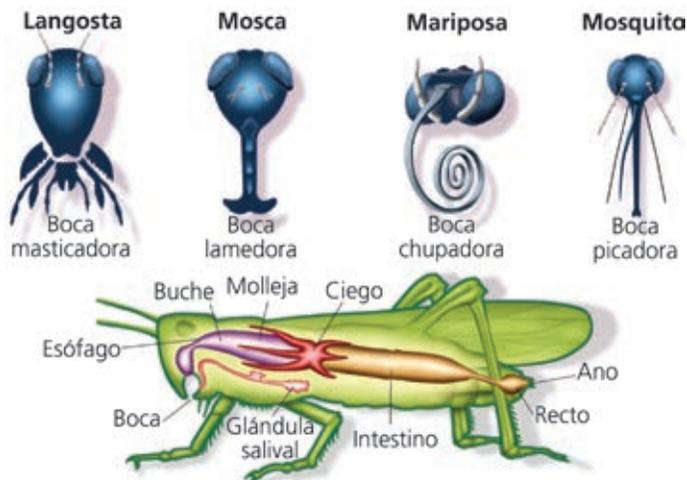
Artrópodos

El aparato digestivo de los artrópodos consta de boca, esófago, buche, molleja o estructura trituradora, estómago, intestino y ano.

Los artrópodos constituyen un grupo muy numeroso que incluye animales adaptados a ambientes diversos y con pautas alimentarias muy variadas, por lo que han desarrollado diferentes estructuras para la captura de alimento.

Los artrópodos terrestres, como los insectos, han desarrollado **glándulas salivales** para humedecer los alimentos.

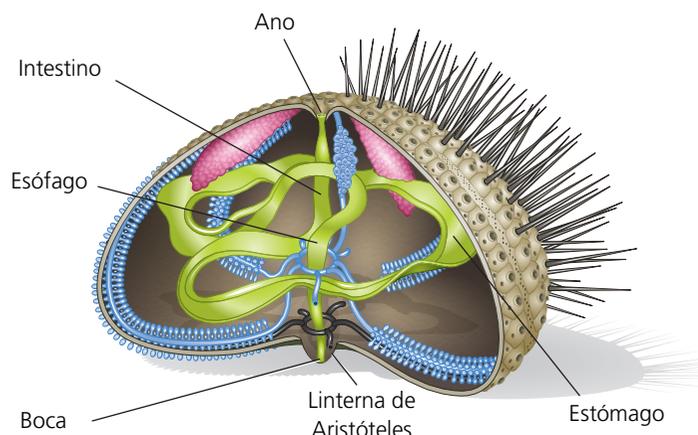
Algunos insectos carecen de aparato digestivo en estado adulto, ya que viven muy poco tiempo y no necesitan alimentarse. El estómago de algunos crustáceos contiene dientes quitinosos que forman el **molinillo gástrico**, con función trituradora.



Equinodermos

Su boca se encuentra en posición ventral. En los erizos de mar está provista de un aparato masticador llamado **linterna de Aristóteles**, formada por cinco piezas de carbonato de calcio movidas por músculos. Las estrellas de mar carecen de este aparato y tragan las piezas enteras. Algunas tienen la capacidad de volver hacia fuera el estómago para verter enzimas sobre su presa y tragárselas una vez realizada una digestión parcial. Esto les permite alimentarse de presas de gran tamaño.

Su esófago es corto y se comunica con un estómago que en las estrellas de mar se prolonga por el interior de los brazos, formando ciegos. El intestino es corto y termina en un orificio anal situado dorsalmente.



Actividades

- 6 ■ ¿Qué diferencia la digestión de las esponjas de la de los cnidarios?
- 7 ■ ¿Qué insectos conoces que tengan un aparato bucal picador-chupador? ¿Qué te sugiere este tipo de aparato bucal respecto a su dieta?
- 8 ■ ¿Qué son los cnidocistos? ¿Qué tipo de alimentación tienen los cnidarios?
- 9 ■ Algunos anélidos, como las sanguijuelas, son hematófagos. ¿Qué significa esto? ¿Qué modificación de su aparato bucal facilita este tipo de nutrición?

1.2. El aparato digestivo en los vertebrados

El aparato digestivo de los vertebrados presenta diferentes adaptaciones dependiendo del tipo de dieta. *Cita algún ejemplo.*



Figura 11.6. Ejemplos de diferentes tipos de picos en aves.

Los vertebrados tienen un aparato digestivo formado por un tubo digestivo y una serie de glándulas anejas que segregan sustancias que colaboran en la digestión.

El **tubo digestivo** de los vertebrados consta de cavidad bucal, faringe, esófago, estómago, intestino medio, intestino posterior y ano (o cloaca). Los procesos digestivos tienen lugar a lo largo de todo el tubo digestivo.

La cavidad bucal

La cavidad bucal interviene en el proceso de ingestión del alimento y, en ella se inician, en algunos casos, la digestión mecánica y la química. La **boca** de los vertebrados presenta estructuras adaptadas a diferentes tipos de dieta:

- **Pico.** Es una estructura externa de naturaleza córnea con la que algunos animales capturan y desgarran sus presas. Es característico de aves y quelonios (tortugas).
- **Dientes.** La mayoría de los vertebrados presentan piezas dentarias. En los peces, anfibios y reptiles los dientes carecen de función masticadora, solo sirven para capturar y retener las presas; en los mamíferos tienen una función masticadora, por lo que presentan distintos tipos de piezas dentarias especializadas: incisivos, para cortar; caninos, para desgarrar; premolares y molares, para triturar. Los dientes realizan la digestión mecánica del alimento.



Figura 11.7. Ejemplos de diferentes tipos de mandíbulas.

- **Glándulas salivales.** Los vertebrados terrestres presentan glándulas salivales, que segregan saliva, formada por agua, mucina, amilasa y lisozima. El agua y la mucina humedecen y lubrican el alimento para facilitar su deglución. La amilasa es una enzima que inicia la digestión del almidón. La lisozima destruye las bacterias actuando como defensa contra las infecciones. Algunas especies hematófagas², como garrapatas, sanguijuelas o algunos murciélagos, poseen sustancias anticoagulantes en su saliva.
- **Lengua.** En la base de la boca los peces tienen un elemento óseo que carece de movimiento. Las aves tienen una lengua córnea y poco móvil. Los vertebrados terrestres tienen una lengua móvil que facilita la deglución. Algunos anfibios y reptiles la utilizan para capturar presas. En los mamíferos sirve para colocar el alimento entre las piezas dentarias durante la masticación.

La faringe

Se encuentra en la parte posterior de la cavidad bucal. Es un conducto musculoso que empuja el **bolo alimenticio** hacia el esófago mediante la **deglución**, que es el último acto voluntario del proceso digestivo. La faringe es un órgano común a los aparatos digestivo y respiratorio. En los peces presenta hendiduras donde están las branquias. En los vertebrados terrestres, un repliegue llamado **epiglotis** obtura la vía respiratoria durante la deglución, obligando al alimento a seguir la vía digestiva.

²hematófago: que se alimenta de sangre.

El esófago

Después de la deglución, el alimento avanza mediante los **movimientos peristálticos**³ a través del esófago, y accede, a través de un orificio llamado **cardias**, al estómago, donde continuará el proceso digestivo. En algunas aves el esófago tiene una dilatación lateral llamada **buche**, donde almacenan el alimento.

El estómago

Es una dilatación del tubo digestivo en la que el alimento queda retenido un tiempo para facilitar la acción de las sustancias segregadas en él. Está constituido por capas musculares cuyas contracciones contribuyen a mezclar el alimento con el jugo gástrico.

Internamente está tapizado por una capa mucosa que contiene glándulas que segregan **mucina**, una sustancia protectora de la mucosa; **pepsina**, una enzima que rompe las proteínas en polipéptidos de menor tamaño; y **ácido clorhídrico**, que genera un pH ácido que permite la acción de la pepsina y destruye las bacterias que entran con el alimento. Tras las transformaciones sufridas en el estómago, el bolo alimenticio se convierte en una papilla líquida llamada **quimo**.

El estómago más sencillo consta de una sola cámara y tiene forma de huso, como en los peces. En los vertebrados terrestres, sin embargo, el estómago presenta modificaciones en función del tipo de alimentación.

³**movimientos peristálticos:** contracciones y relajaciones sucesivas a lo largo del tubo digestivo que facilitan el avance de los alimentos.

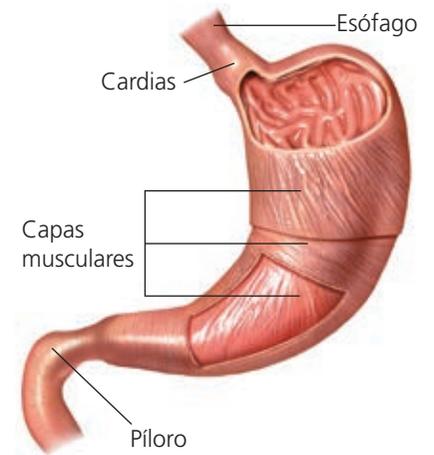
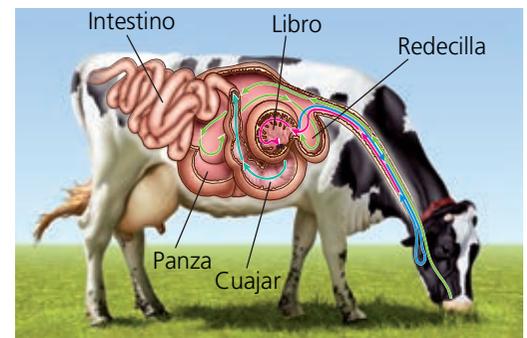


Figura 11.8. Estructura del estómago.

Estómago de los rumiantes

El estómago de los rumiantes está dividido en cuatro cámaras:

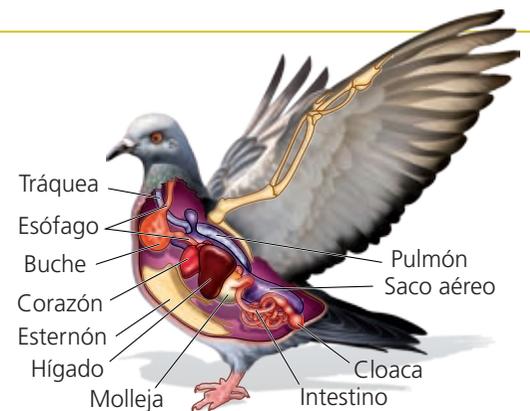
- **Panza**, donde el alimento llega casi sin masticar. En él hay microorganismos simbióticos que descomponen la celulosa (flechas verdes).
- **Redecilla**, desde donde el alimento fermentado se devuelve a la boca para la rumia (flechas azul oscuro).
- **Libro u omaso**, que recibe el alimento ya triturado por la rumia y donde se absorbe gran cantidad de agua (flechas rosas).
- **Cuajar o abomaso**, donde actúan las enzimas digestivas (flechas azul claro).



Estómago de las aves

El estómago de las aves está dividido en dos regiones: una anterior **glandular**, donde se produce la digestión química, y otra **trituratora** llamada **molleja**, un órgano musculoso con repliegues internos y cuya mucosa está recubierta por una capa córnea.

Las contracciones de la musculatura de la molleja contribuyen a la trituración del alimento procedente del estómago glandular. La molleja está más desarrollada en las aves granívoras debido a la dureza de las semillas.



Actividades

- 10 Observa la figura 11.7. ¿Cuál de las mandíbulas representadas corresponde a un carnívoro y cuál a un herbívoro? Razona la respuesta.
- 11 ¿Por qué algunos animales, como los ratones, los castores y las ardillas, roen constantemente alimentos duros u otros objetos?
- 12 Algunas aves granívoras ingieren de vez en cuando granos de arena. ¿Con qué finalidad lo hacen?
- 13 El estómago de los rumiantes es muy complejo. ¿Cuál puede ser la razón?
- 14 ¿Por qué las aves han desarrollado molleja y sin embargo los mamíferos no?

El intestino medio

¿Crees que todos los alimentos pueden ser digeridos? ¿Por qué?

El **intestino** es un tubo que comunica con el estómago a través de un esfínter llamado **píloro**. La porción anterior es el intestino delgado, que en los mamíferos recibe el nombre de intestino delgado. El intestino medio tiene una longitud variable y desempeña dos funciones: digestión y absorción.

La digestión en el intestino

En el intestino medio finaliza la digestión química de los alimentos gracias a sus propias secreciones y a las que recibe de dos glándulas anejas: el **hígado** y el **páncreas**.

En la digestión participan, por tanto, tres jugos digestivos:

- **Jugo intestinal.** Producido por las glándulas de la mucosa intestinal, que segregan enzimas digestivas y mucina.
- **Jugo pancreático.** Segregado por el páncreas, que lo vierte en el intestino a través del conducto pancreático. Contiene enzimas digestivas y sales, como el bicarbonato de sodio, que neutralizan la acidez del ácido clorhídrico segregado en el estómago.
- **Jugo biliar o bilis.** Producido por el hígado y almacenado en la **vesícula biliar**, no contiene enzimas, sino sales biliares que emulsionan las grasas, dividiéndolas en partículas pequeñas, más fáciles de digerir por las lipasas. La bilis y el jugo pancreático alcanzan el duodeno mediante los conductos colédoco y pancreático, que desembocan juntos en él a través de la ampolla de Vater.

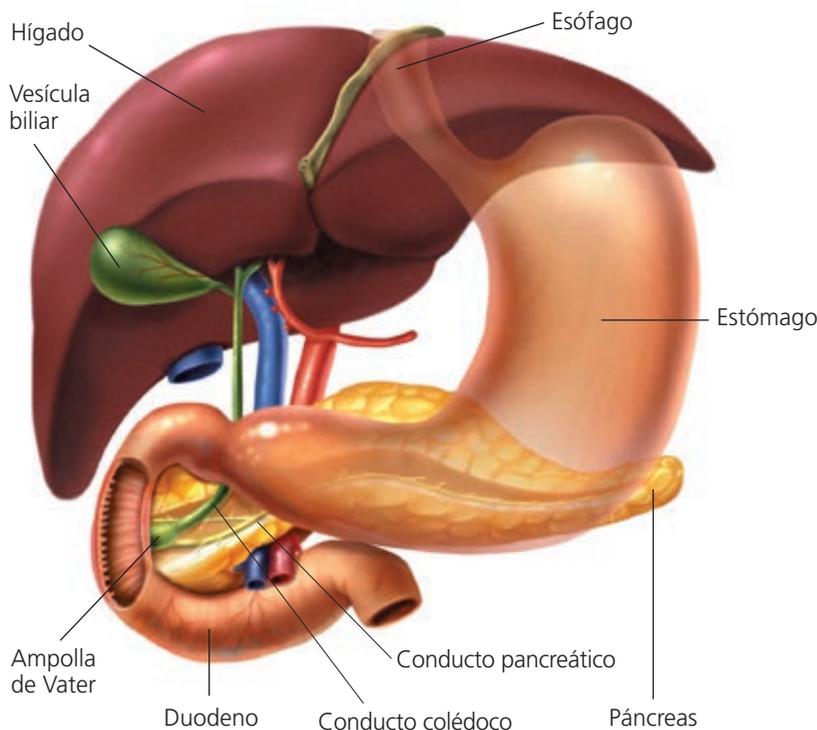


Figura 11.9. Intestino medio.

Composición y función de los principales jugos digestivos

Jugo digestivo	Segregado por	Enzimas	Actúan sobre...	Producto
Saliva	Glándulas salivales	Amilasa	Almidón	Oligosacáridos
Jugo pancreático	Páncreas	Tripsina Amilasa Nucleasas Lipasas	Polipéptidos Almidón Ácidos nucleicos Grasas	Aminoácidos Oligosacáridos/ disacáridos Nucleótidos Ácidos grasos/glicerina
Jugo intestinal	Intestino	Disacaridasas Peptidasa	Disacáridos Polipéptidos	Monosacáridos Aminoácidos
Jugo biliar	Hígado		Grasas	Grasas emulsionadas

Herbívoros y carnívoros

El intestino de los herbívoros suele ser más largo que el de los carnívoros. Esto permite aumentar la superficie de absorción, ya que sus dietas son energéticamente más pobres.

Las enzimas contenidas en los jugos digestivos pueden variar dependiendo del tipo de dieta del animal, pero su acción conjunta hace que los glúcidos se transformen en monosacáridos, las proteínas en aminoácidos y las grasas en glicerina y ácidos grasos. Las vitaminas, el agua y las sales minerales no requieren digestión y se van a absorber, posteriormente, de manera directa.

Al finalizar la digestión en el intestino, el quimo se ha transformado en un líquido llamado **quilo**, compuesto por agua, los productos resultantes de la digestión y restos del alimento no digeridos.

La absorción

Los nutrientes obtenidos tras la digestión del alimento son absorbidos a través de la pared del intestino para incorporarse al torrente circulatorio, que los distribuirá por el organismo hasta los tejidos.

Para aumentar la superficie de absorción, la mucosa intestinal tiene una serie de pliegues y vellosidades intestinales, recorridas interiormente por capilares sanguíneos y linfáticos.

Las células de la mucosa poseen, además, una membrana celular con repliegues llamados **microvellosidades**, que incrementan aún más la superficie de absorción.

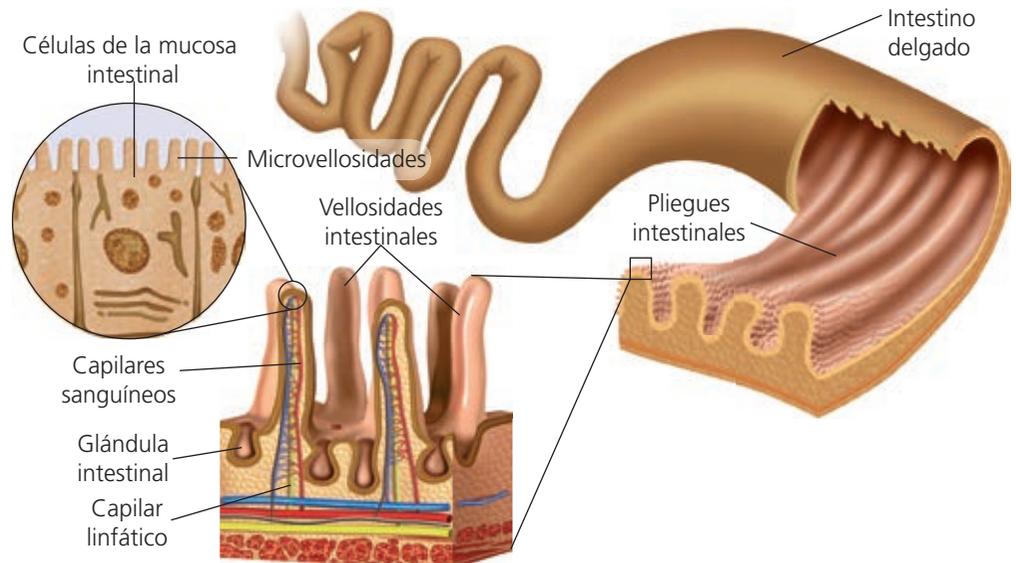


Figura 11.10. Estructura del intestino delgado.

La absorción de los nutrientes puede llevarse a cabo a través de varios mecanismos:

Tipo de mecanismo	Requiere...	Sustancias que transporta
Transporte activo	Energía.	Glucosa, aminoácidos.
Difusión facilitada	Proteína transportadora y gradiente de concentración.	Fructosa.
Difusión simple	Gradiente de concentración.	Sales minerales, vitaminas, ácidos grasos y glicerina.

La mayoría de los nutrientes son recogidos por los capilares que convergen en la vena porta y esta los transporta hasta el hígado, donde son procesados. En el interior de las células de la mucosa intestinal, los ácidos grasos y la glicerina forman complejos lipoproteicos llamados **quilomicrones**, que pasan al interior de los capilares linfáticos de las vellosidades, los cuales convergen en vasos linfáticos mayores, que, finalmente, vierten dichos complejos en el torrente sanguíneo.

El intestino posterior

El intestino posterior tiene un diámetro mayor que el intestino medio, con el que se comunica a través de la **válvula ileocecal**. En la especie humana corresponde al **colon** y el **recto**. La mucosa del intestino grueso presenta también repliegues, aunque no vellosidades.

El material que llega al intestino posterior es muy líquido y contiene los restos no asimilados por el organismo. La función principal de este tramo del intestino es absorber agua. Los residuos, a medida que son empujados hacia el tramo final, por medio de los movimientos peristálticos, van compactándose. Por último, son expulsados al exterior en el proceso de **egestión** o **defecación**.

No estamos solos

El tubo digestivo humano aloja más de 38 billones de microorganismos que constituyen nuestra **microbiota intestinal**.

La proporción de las diferentes especies que conforman la microbiota es diferente en cada individuo, ya que depende de los hábitos alimenticios y de su historial de exposición a los microorganismos.

Fibra vegetal

La fibra vegetal no se digiere, pero favorece la expulsión de las heces, ya que absorbe agua y aumenta, así, el volumen de los residuos, lo que facilita los movimientos peristálticos para su expulsión.

Actividades

15 ¿Qué diferencia hay entre el quimo y el quilo?

16 ¿Qué función desempeña la bilis en el proceso digestivo? ¿Dónde actúa?

17 Busca información acerca de la función de la válvula espiral en el intestino de los tiburones y escribe un breve resumen sobre ello.

18 ¿Por qué es necesario neutralizar la acidez del quimo cuando llega al intestino?

19 ¿Qué enzimas digestivas son responsables de la obtención de glucosa?

20 ¿Qué diferencia hay entre la absorción por difusión simple, por difusión facilitada y por transporte activo?

¿Por qué es necesario un aparato circulatorio?

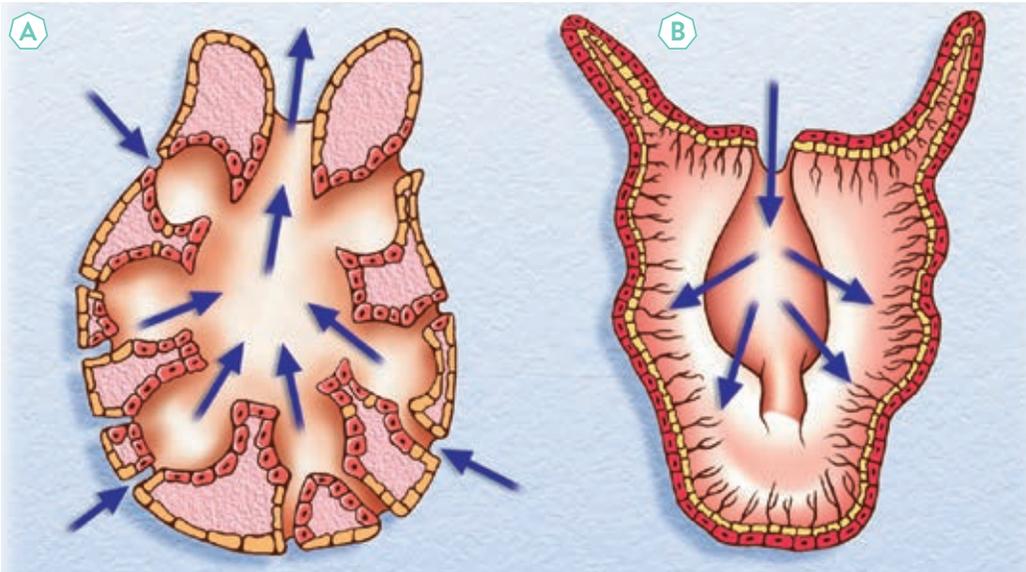


Figura 11.11. Transporte por difusión en las esponjas (A) y en los cnidarios (B).

Las células de los tejidos animales están bañadas por líquido intercelular o intersticial, de donde toman los nutrientes y el oxígeno que necesitan y donde vierten los productos de desecho del metabolismo celular. Este líquido constituye el **medio interno** del cuerpo, que debe ser renovado continuamente.

Los animales acuáticos de organización más sencilla, como las esponjas o los cnidarios, no necesitan estructuras especializadas para renovar el medio interno, ya que el intercambio con el medio externo se realiza directamente por **difusión**.

Los animales más complejos tienen más necesidades metabólicas y, al mismo tiempo, menor superficie de contacto con el exterior en comparación con su volumen, por lo que el mecanismo de difusión es insuficiente para renovar el medio interno. Por ello, estos animales renuevan el líquido intersticial por medio de un aparato circulatorio.

El **aparato circulatorio** está formado por un sistema de tubos por cuyo interior circula un líquido que forma parte del medio interno. Constituye un sistema de transporte que recorre todos los tejidos.

La mayoría de las sustancias se transportan disueltas en los fluidos circulantes, aunque algunas que presentan baja solubilidad son transportadas por proteínas. Ese es el caso del oxígeno, que es transportado por complejos proteicos denominados **pigmentos respiratorios**, cuya estructura molecular cuenta con un átomo metálico que permite la unión al oxígeno.

Para que las células funcionen con normalidad se precisa el mantenimiento del volumen y la composición química del medio interno. Esto se consigue mediante la **homeostasis**, un conjunto de mecanismos en los que participan diversos aparatos de manera coordinada:

- **Aparato digestivo.** Incorpora al organismo los nutrientes que las células necesitan para llevar a cabo sus funciones vitales.
- **Aparato excretor.** Elimina los productos de desecho resultantes del metabolismo celular y regula la cantidad de agua e iones que necesita el organismo en cada momento.
- **Aparato respiratorio.** Proporciona el oxígeno necesario para llevar a cabo la respiración celular y elimina el CO_2 .
- **Aparato circulatorio.** Además de distribuir todas las sustancias hasta su lugar de destino, participa en otras funciones, como la defensa del organismo o la regulación de la temperatura en los animales homeotermos.

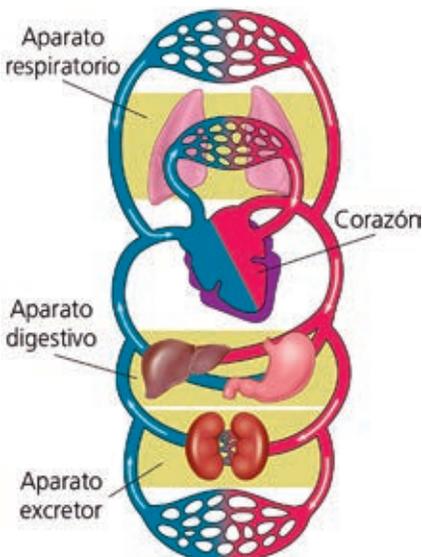


Figura 11.12. El aparato circulatorio conecta todos los aparatos relacionados con la función de nutrición.

2.1. Componentes del aparato circulatorio

¿Tienen sangre todos los animales?

En la mayoría de los animales el aparato circulatorio está formado por unos componentes básicos: un fluido circulante, un corazón y unos vasos circulatorios.

- **Fluido circulante.** Es el líquido en el que se transportan las sustancias. Está formado por agua, sales y otras moléculas. Puede ser de varios tipos:

Hidrolinfa. Su composición es similar al agua del mar. Contiene también unas células fagocitarias que presentan función defensiva. No contiene pigmento respiratorio. Es propia de equinodermos.

Hemolinfa. Su composición es parecida a la del líquido intersticial y contiene células defensivas y un pigmento respiratorio llamado **hemocianina**. Es característica de muchos invertebrados.

Sangre. En los vertebrados está formada por plasma y diferentes células (glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas). El pigmento respiratorio es la **hemoglobina**. Es propia de anélidos y vertebrados.

Linfa. Es un líquido amarillento que circula por los vasos linfáticos. Está compuesta por plasma y unas células con función defensiva denominadas linfocitos. Es exclusiva de los vertebrados.

- **Corazón.** Es el órgano encargado de impulsar los fluidos mediante movimientos de contracción y dilatación.
- **Vasos.** Son los tubos por los que circulan los fluidos. Pueden ser de tres tipos:
 - **Arterias.** Llevan la sangre desde el corazón a los demás órganos.
 - **Venas.** Llevan la sangre de retorno al corazón.
 - **Capilares.** Son muy finos y a su través se realiza el intercambio de sustancias.

Tipos de corazones

En los animales existen varios tipos de corazones:

- **Tubulares.** Son alargados y tienen una sola cámara. Están presentes en los artrópodos.
- **Accesorios.** Se localizan en zonas concretas del cuerpo. Están presentes en los cefalópodos.
- **Tabicados.** Están divididos internamente en varias cámaras. Están presentes en los moluscos y los vertebrados.

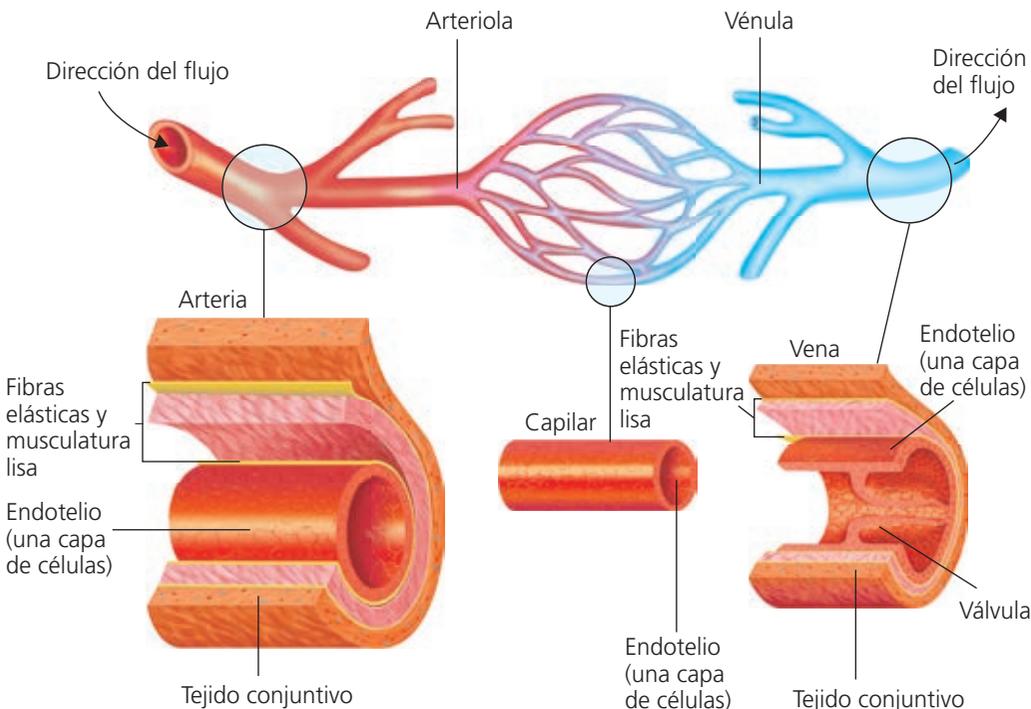


Figura 11.13. Estructura de los vasos sanguíneos.

Actividades

- 21 **■** ¿Cuáles son las funciones de cada una de las células de la sangre?
- 22 **■** La capa muscular de los vasos sanguíneos está formada por tejido muscular liso. ¿Cómo se lleva a cabo la contracción de este tejido?
- 23 **■** Observa la figura 11.13: ¿qué diferencias observas entre las venas y las arterias?
- 24 **■** ¿Qué es la hemeritrina? Busca información sobre ella y explica brevemente en qué organismos aparece y qué la caracteriza.

2.2. Modelos de sistema circulatorio

¿Tienen corazón todos los animales?

Existen dos grandes modelos de sistema circulatorio: **abierto** y **cerrado**.

Aparato circulatorio abierto

En el sistema circulatorio abierto los vasos no se conectan entre sí por medio de capilares, por lo que no forman un circuito (figura 11.14).

Los animales con sistema circulatorio abierto presentan una cavidad general del cuerpo, denominada **hemocele**, llena de hemolinfa procedente del corazón. Este bombea la hemolinfa a las arterias, que están abiertas en su extremo terminal al hemocele, donde la vierten, bañando así los órganos.

Del hemocele, la hemolinfa regresa al corazón por las venas o por aberturas de la cavidad pericárdica que lo rodean. Es propio de la mayoría de los moluscos y de los artrópodos.

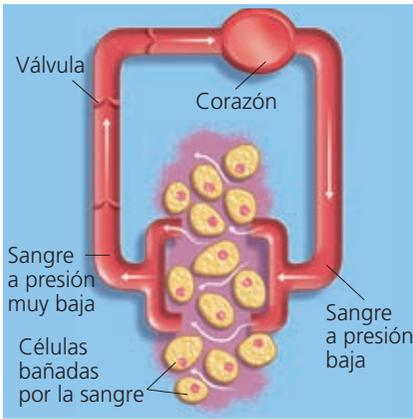
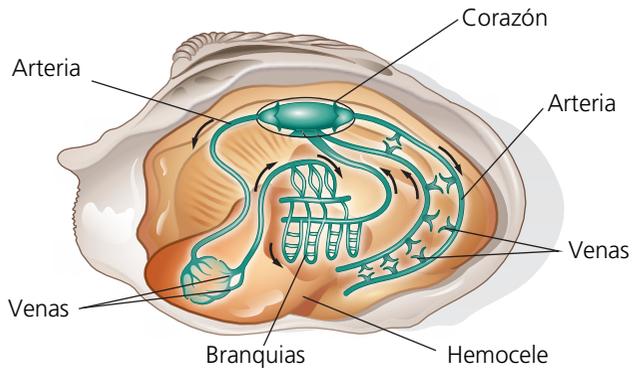


Figura 11.14. Sistema circulatorio abierto.

Moluscos

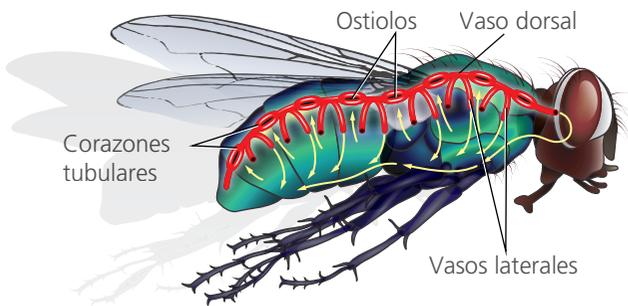


En los moluscos (excepto en los cefalópodos) el corazón se encuentra en una cavidad pericárdica y está tabicado en tres cámaras: dos aurículas y un ventrículo.

El ventrículo bombea la hemolinfa, que viaja por los vasos hasta el hemocele, donde baña todos los órganos. De ahí es recogida por las venas, que la conducen a las branquias (o pulmones en el caso de los moluscos terrestres), donde se oxigena y regresa al corazón.

Dado que la circulación a través de las branquias es muy lenta, los cefalópodos cuentan con **corazones branquiales** que facilitan el retorno de la hemolinfa.

Artrópodos



El corazón se encuentra en la cavidad pericárdica y es un engrosamiento tubular del **vaso dorsal**. Está tabicado en varias cámaras, de las que salen pares de arterias que llevan la hemolinfa hasta los espacios tisulares. Después, la hemolinfa regresa al corazón a través de unos pequeños orificios llamados **ostiolos**.

En los crustáceos, la hemolinfa se oxigena en las branquias, desde donde regresa al corazón.

Los artrópodos terrestres carecen de pigmentos respiratorios, ya que el sistema respiratorio distribuye directamente el oxígeno.

Los **equinodermos** presentan un sistema de lagunas conectado con el **sistema ambulacral**, por el que circula la hidrolinfa. No constituye un auténtico sistema circulatorio, ya que carece de corazón. Tiene una disposición radial y consta de dos anillos, uno inferior, alrededor del esófago, y otro superior, alrededor del intestino, de los que parten cinco vasos.

Estos vasos desembocan en un doble sistema de sacos o cámaras llamadas **senos** (sistema perihemal) y **lagunas** (sistema hemal), que discurren paralelamente al sistema ambulacral. El movimiento de los cilios que tapizan estas cavidades mantiene la hidrolinfa en circulación.

Sistema circulatorio cerrado

Los vasos sanguíneos están conectados por una red de capilares y forman un circuito en el que la circulación tiene lugar de la siguiente forma:

1. El corazón bombea la sangre hacia las arterias, que se ramifican en vasos de menor tamaño (arteriolas) hasta llegar a los capilares, que forman una red que irriga todos los tejidos.
2. Los capilares son vasos muy finos, formados por una sola capa de células, lo que facilita que el plasma se filtre a través de ellos por difusión y tenga lugar el intercambio de gases, nutrientes y productos de desecho.
3. Los capilares se reúnen en venas cada vez mayores (vénulas), que confluyen en las venas y vierten de nuevo la sangre en el corazón para empezar un nuevo ciclo.

El sistema circulatorio cerrado es propio de anélidos, moluscos cefalópodos y vertebrados

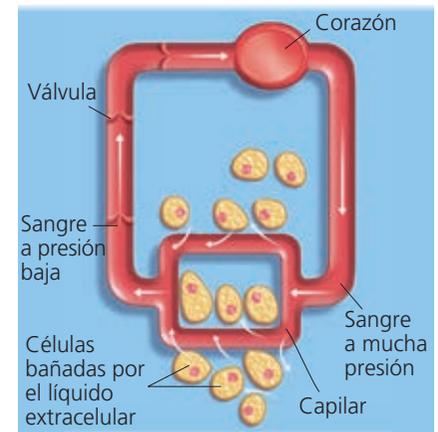


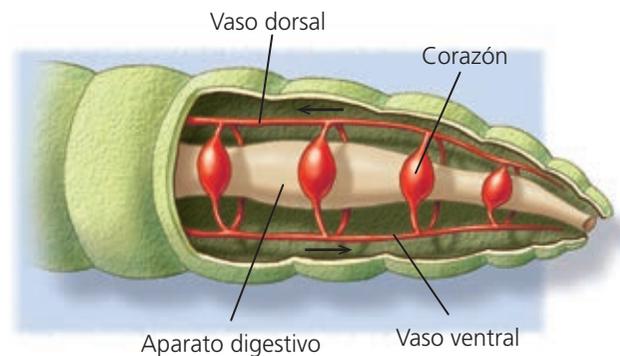
Figura 11.15. Sistema circulatorio cerrado.

Anélidos

Consta de un vaso dorsal contráctil, que hace las veces de corazón, y de un **vaso ventral**, conectados por pares de vasos transversales.

La sangre circula hacia la parte anterior por el vaso dorsal, y hacia la parte posterior por el vaso ventral.

En la región anterior existen cinco pares de **vasos transversales contráctiles** que actúan como corazones accesorios.

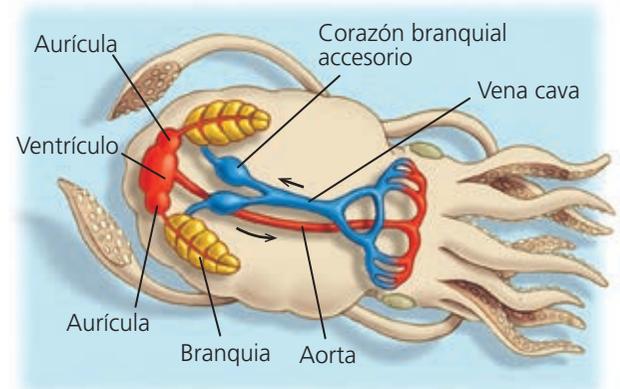


Moluscos cefalópodos

En los cefalópodos, el **corazón** está tabicado en dos o cuatro aurículas y un ventrículo. La sangre es impulsada por el ventrículo y circula por todo el cuerpo. Finalmente llega a las branquias, donde se oxigena.

Las branquias tienen **corazones branquiales** accesorios que colaboran en el impulso, dado que la circulación en las branquias se ralentiza mucho.

Una vez oxigenada en las branquias, la sangre regresa al corazón.



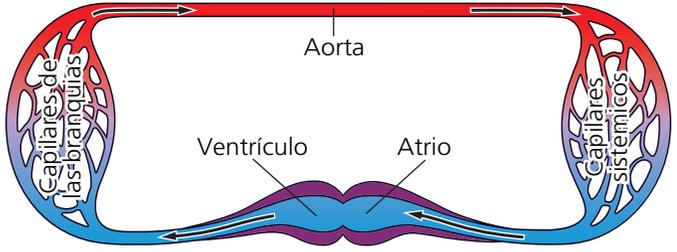
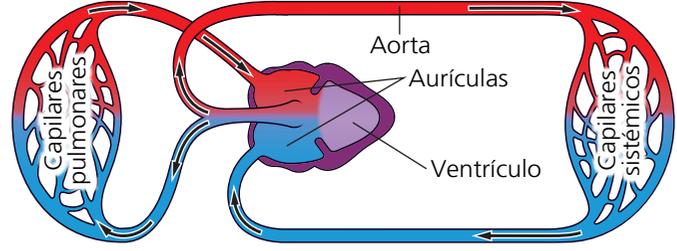
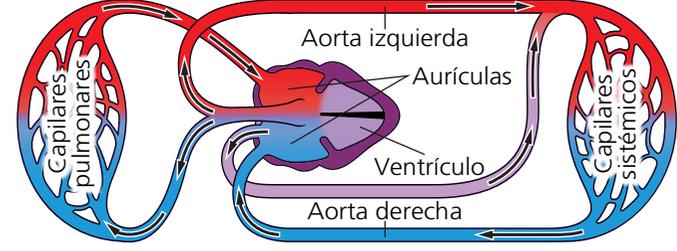
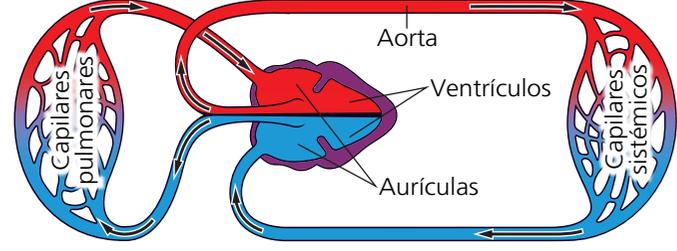
Evolución del sistema circulatorio

La evolución ha incrementado la complejidad del **corazón** en los distintos grupos de vertebrados. Ocupa una posición ventral y está tabicado en dos, tres o cuatro cámaras, lo que guarda relación con dos tipos de **circulación**:

- **Circulación simple.** Hay un único circuito y la sangre pasa una sola vez por el corazón (corazón bicameral).
- **Circulación doble.** Existen dos circuitos y la sangre pasa dos veces por el corazón a fin de hacer un recorrido completo. Este tipo de circulación puede ser **incompleta**, si en el corazón se mezcla la sangre oxigenada y no oxigenada (corazón tricameral), o **completa**, si no hay mezcla de ambas (corazón tetracameral).

El sistema circulatorio en los vertebrados

Nuestra circulación sanguínea es doble y completa. ¿Qué significa esto?

<p>Peces</p> <p>Su circulación es simple y completa. El corazón consta de una aurícula o atrio y un ventrículo. La sangre proveniente de los tejidos del cuerpo entra en la aurícula, pasa al ventrículo y es bombeada a las branquias, donde se oxigena. Desde aquí, la sangre confluye en la aorta dorsal, que la distribuye por todo el organismo. La sangre regresa por una única vena que la vierte en una cámara alargada, el seno venoso, anterior a la aurícula.</p>	
<p>Anfibios</p> <p>Su circulación es doble e incompleta. El corazón consta de dos aurículas y un ventrículo. A la aurícula derecha llega la sangre desoxigenada proveniente de los tejidos del cuerpo, y a la izquierda llega la sangre oxigenada proveniente de los pulmones. Ambas se mezclan en el único ventrículo. Desde ahí la sangre pasa a una arteria que se bifurca en ramas: una lleva la sangre hasta los pulmones, donde se oxigena, y la otra al resto de los tejidos del cuerpo.</p>	
<p>Reptiles</p> <p>Su circulación es doble e incompleta. El corazón presenta dos aurículas y un ventrículo con un esbozo de tabique intraventricular que reduce las posibilidades de que la sangre oxigenada y la no oxigenada se mezclen. El ventrículo envía la sangre a los circuitos pulmonar y general o sistémico. En los cocodrilos el ventrículo está completamente tabicado: la circulación es completa.</p>	
<p>Aves y mamíferos</p> <p>En las aves y los mamíferos la circulación es doble y completa y el corazón consta de dos aurículas y dos ventrículos. En estos animales existen, por tanto, dos circuitos circulatorios independientes (pulmonar y sistémico) en los que la sangre nunca se mezcla.</p>	

La circulación en el corazón de los mamíferos

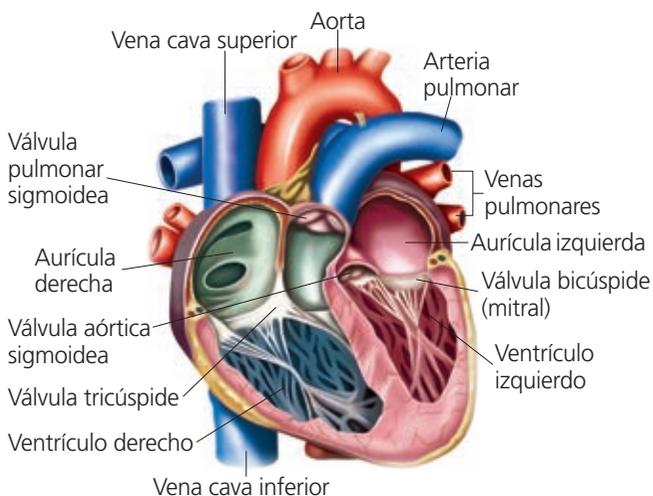


Figura 11.16. Esquema de un corazón humano.

La aurícula derecha recibe la sangre desoxigenada, que pasa al ventrículo derecho y de ahí, a través de las arterias pulmonares, al circuito pulmonar, donde se oxigena. La sangre oxigenada regresa por cuatro venas pulmonares a la aurícula izquierda, desde donde pasa al ventrículo izquierdo, que la impulsa, a través de la arteria aorta, al resto del cuerpo. Una vez producido el intercambio de gases en los tejidos, la sangre regresa de nuevo a la aurícula derecha.

El **ciclo cardíaco** es la alternancia entre el movimiento de contracción o **sístole** y el de relajación o **diástole**. Durante la sístole auricular ambas aurículas se contraen simultáneamente, bombeando la sangre a los ventrículos, que se encuentran en diástole. A continuación, la sístole ventricular envía la sangre a las arterias pulmonar y aorta, mientras que las aurículas se relajan para recibir de nuevo la sangre. Las válvulas aurículo-ventriculares impiden el retroceso de la sangre.

2.3. Sistema linfático

¿Cómo se relacionan el sistema circulatorio sanguíneo y el linfático?

El **sistema circulatorio linfático** está constituido por la linfa, los vasos linfáticos y los ganglios linfáticos. Es propio de los vertebrados.

- **Linfa.** Es un líquido similar al plasma sanguíneo, aunque con menor contenido de proteínas y mayor contenido de lípidos. Carece de plaquetas y glóbulos rojos, pero contiene una gran cantidad de glóbulos blancos.
- **Vasos linfáticos.** Están constituidos por capilares terminales, cerrados en un extremo, que confluyen en vasos mayores, parecidos a las venas, que desembocan en el sistema sanguíneo. La función de los capilares linfáticos es recuperar parte del fluido extracelular filtrado desde los capilares sanguíneos. Los capilares linfáticos, además, absorben las grasas en el intestino delgado.
- **Ganglios linfáticos.** Son agrupaciones celulares que se encuentran situadas a lo largo de los vasos linfáticos. Su función es defensiva, ya que en ellos se encuentran los macrófagos, capaces de fagocitar agentes patógenos, y los linfocitos, un tipo de glóbulos blancos encargados de producir anticuerpos y desarrollar la respuesta inmune.

La circulación de la linfa es unidireccional, desde los capilares hasta las venas subclavas. El movimiento de la linfa se produce por la contracción de los músculos que rodean a los vasos, los cuales, además, poseen unas válvulas en su interior que impiden el retroceso de la linfa.

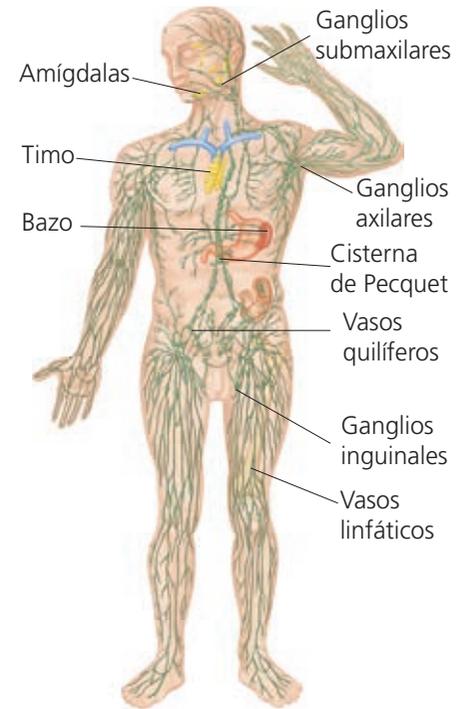
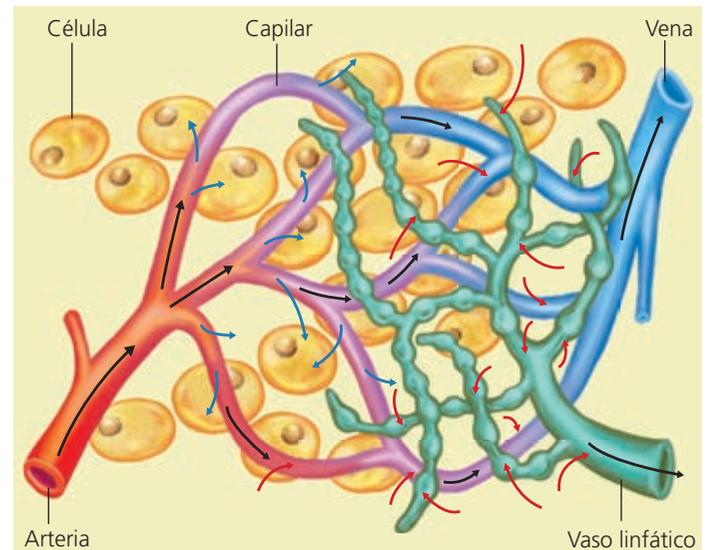
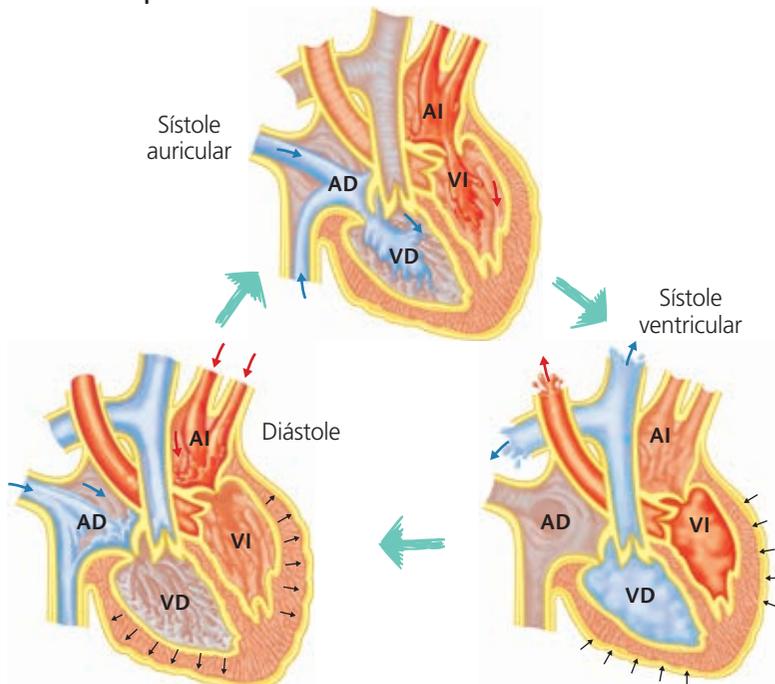


Figura 11.17. Sistema linfático y órganos productores de linfocitos.

Actividades

- 25 ■ ¿Qué adaptaciones, en relación con el aparato circulatorio, fueron necesarias como consecuencia del paso de la vida acuática a la vida terrestre?
- 26 ■ La pared muscular de los ventrículos es más gruesa que la de las aurículas, y la del ventrículo izquierdo es más gruesa que la del derecho. Explica estas diferencias.
- 27 ■ Observa lo que ocurre en el corazón durante un latido. Explícalo.
- 28 ■ ¿Por qué decimos que el sistema linfático tiene función de drenaje?
- 29 ■ ¿Qué diferencias hay entre la linfa y el plasma sanguíneo?
- 30 ■ El siguiente esquema representa la relación entre los sistemas circulatorios sanguíneo y linfático. Explica en qué consiste esa relación.



- 31 ■ ¿Por qué crees que el sistema circulatorio de los mamíferos consigue una oxigenación más eficiente de los tejidos que el de los anfibios?

3 La respiración en los animales

A lo largo de la evolución, los sistemas de respiración en los animales han experimentado cambios. *Indica, al menos, uno de ellos.*

El término *respiración* se suele aplicar a dos procesos biológicos diferentes, pero relacionados entre sí:

- **Respiración celular.** Es el conjunto de reacciones químicas que permite la obtención de energía y que tiene lugar en el interior de las células. Este proceso es común a todos los animales y se produce a partir del catabolismo de moléculas complejas con la participación del oxígeno.
- **Respiración externa.** Es el proceso de intercambio de gases con el medio, que tiene como finalidad la captación de O_2 del medio externo y la expulsión del CO_2 resultado de la respiración celular, desde el medio interno.

En animales sencillos, como esponjas o cnidarios, este intercambio gaseoso se produce directamente entre las células y el medio externo gracias a la **difusión**. Sin embargo, la evolución ha desarrollado distintas estructuras anatómicas especializadas en la respiración, que comparten una serie de características:

- Están constituidas por una superficie de intercambio de gases amplia.
- Poseen paredes delgadas para favorecer la difusión.
- La superficie está siempre húmeda, ya que los gases difunden disueltos en agua a ambos lados de las membranas celulares.
- Presentan una gran capilarización interna para que los gases del medio externo e interno puedan intercambiarse con la mayor eficiencia.
- El fluido circulatorio suele presentar pigmentos respiratorios que aseguran la distribución de los gases con eficiencia, pues el O_2 y el CO_2 son poco solubles.

La difusión

El intercambio de una molécula entre el aire o el agua y los fluidos circulantes se produce por difusión desde la zona donde su concentración es mayor hasta aquella donde su concentración es menor.

- La concentración de oxígeno es mayor en el exterior que en el interior del cuerpo de los animales, por lo que el oxígeno se incorpora a los fluidos circulantes atravesando las paredes de las estructuras respiratorias y de los capilares.
- Como resultado del metabolismo celular, la concentración de dióxido de carbono en el interior de los animales es mayor que en el exterior, por lo que saldrá al exterior atravesando las paredes de los capilares y las estructuras respiratorias.

3.1. Modelos de respiración animal

Los modelos de respiración animal están determinados por las necesidades metabólicas de los animales y el medio en el que viven.

Los principales modelos de respiración son **cutánea, branquial, traqueal y pulmonar**.

Respiración cutánea

Es propia de animales que viven en ambientes acuáticos o muy húmedos, como ciertos anélidos, artrópodos o larvas acuáticas.

El intercambio de gases se lleva a cabo **directamente a través de la piel**, que se encuentra siempre húmeda, gracias a una serie de glándulas mucosas situadas en ella. Por debajo de la piel se extiende una gran cantidad de capilares sanguíneos que posibilitan el intercambio de gases.

En general, este tipo de respiración es propia de animales de pequeño tamaño, con una superficie corporal grande y con poca demanda de oxígeno. Los anfibios presentan respiración cutánea como complemento a la respiración pulmonar.

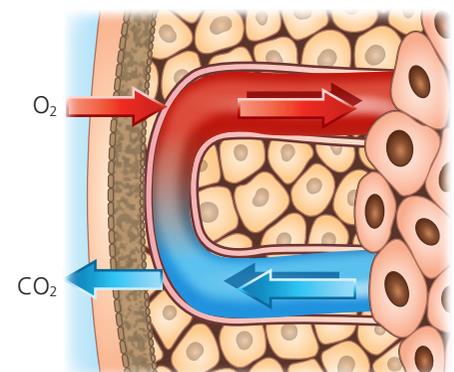


Figura 11.18. Intercambio gaseoso en la respiración cutánea.

El oxígeno del agua

El contenido de O_2 en el agua es considerablemente menor que en la atmósfera.

El oxígeno del agua proviene de la fotosíntesis del fitoplancton y las algas, y de su entrada desde la atmósfera, por lo que, generalmente, las aguas más agitadas están más oxigenadas que las aguas remansadas.

Respiración branquial

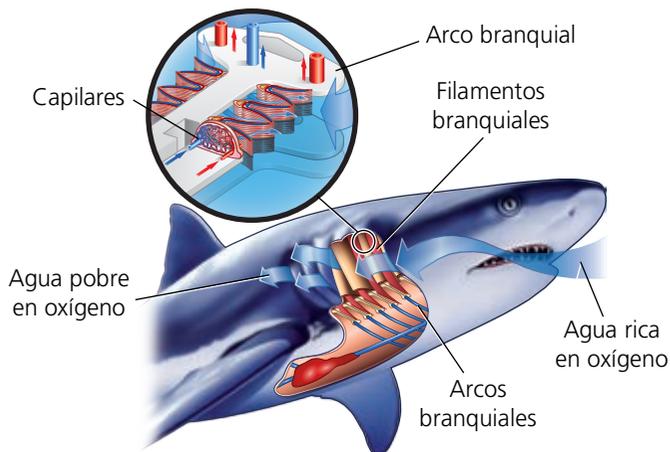
Este tipo de respiración es propio de animales acuáticos y supone una adaptación para captar el O_2 del agua. Las **branquias** son estructuras respiratorias compuestas por expansiones laminares o filamentosas con una amplia red de capilares en su interior. Según su localización, pueden ser internas o externas.

- **Branquias externas.** Son más primitivas. Están formadas por evaginaciones de la superficie corporal. Los animales con branquias externas deben desplazarse constantemente o batirlas para crear corrientes de agua que renueven el medio, ya que carecen de sistema de ventilación. Además, las branquias externas están desprotegidas, por lo que pueden dañarse, dificultan el desplazamiento del animal y son llamativas para los depredadores. Presentan branquias externas los anélidos marinos, algunos crustáceos, moluscos y las larvas de anfibios.
- **Branquias internas.** Evolutivamente las branquias de los animales acuáticos han ido replegándose hacia el interior. Esto originó la aparición de un mecanismo de ventilación que hiciera circular el agua entre las branquias.
 - Los **moluscos acuáticos** tienen las branquias protegidas en la cavidad paleal. En los bivalvos, las laminillas branquiales poseen cilios que son batidos constantemente para renovar el agua. Los cefalópodos hacen circular el agua dentro de la cavidad paleal mediante los sifones.
 - En los **crustáceos** las branquias están protegidas por cámaras que forman parte del caparazón. El movimiento de algunos apéndices crea corrientes de agua que renuevan el medio.
 - En los **peces** el mecanismo es diferente según sean cartilagosos u óseos:

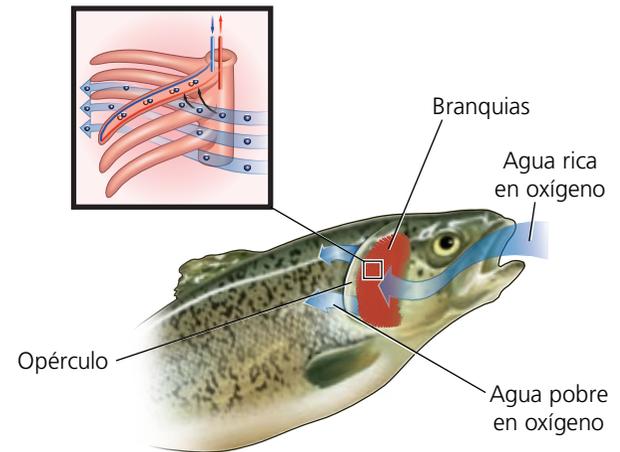


Figura 11.19. Branquias externas en el ajolote (anfibio).

Peces cartilagosos. El agua entra por la boca o por unos orificios llamados espiráculos y sale a través de cinco o siete **hendiduras branquiales** situadas a ambos lados de la cabeza. El oxígeno disuelto en el agua difunde hacia los capilares del interior de las branquias. Carecen de mecanismos de ventilación, por lo que estos peces deben moverse continuamente para garantizar la circulación del agua.



Peces óseos. Las branquias están protegidas por una placa ósea llamada **opérculo**, que con sus movimientos de apertura y cierre permite la circulación del agua, aunque el pez no esté en movimiento. El agua entra por la boca y sale a través de las branquias. La sangre circula en las branquias en sentido contrario al del agua, mediante un **mecanismo de contracorriente** que hace que la difusión sea más eficiente.



Actividades

- 32 ■ ¿De qué depende que un organismo, como los cnidarios, pueda incorporar oxígeno al medio interno?
- 33 ■ La sangre circula por las branquias mediante un mecanismo contracorriente. Investiga en qué consiste y explícalo apoyándote en una presentación.

- 34 ■ ¿Por qué la superficie corporal de los anélidos es tan grande en comparación con el tamaño del animal?
- 35 ■ Un exceso de nutrientes en el agua provoca la proliferación de algas en la superficie y la muerte de los animales ¿Cuál es la razón?

⁴**invaginación:** repliegue hacia el interior de una membrana o capa celular.

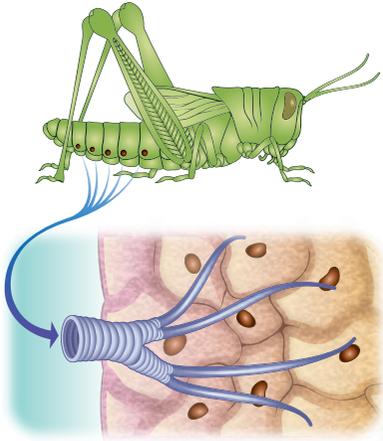


Figura 11.20. Respiración traqueal en artrópodos.

Adaptaciones a la falta de oxígeno

Los animales que viven a grandes altitudes presentan adaptaciones para mejorar la eficacia de la captación de oxígeno. Algunos ejemplos son el incremento de las superficies respiratorias, el aumento de la frecuencia respiratoria o el de la velocidad del transporte del oxígeno gracias a corazones más grandes y un mayor número de glóbulos rojos.

Peces con pulmones

Los dipnoos son un grupo de peces pulmonados que pueden respirar oxígeno atmosférico introduciéndolo en la boca y tragándolo.

Suelen vivir en aguas poco oxigenadas o enterrados en el fango.

Respiración traqueal

Es un sistema respiratorio muy especializado, propio de artrópodos terrestres. Consta de una serie de tubos llamados **tráqueas** producidos por invaginaciones⁴ del tegumento. Estos tubos están reforzados con quitina y se comunican con el exterior por unos orificios llamados **espiráculos**, situados a ambos lados del cuerpo. Las tráqueas, a medida que se ramifican, disminuyen su grosor hasta convertirse en vasos muy finos, las **traqueolas**, constituidas por una membrana muy fina.

El intercambio gaseoso tiene lugar sin necesidad del sistema circulatorio, pues las traqueolas conducen y recogen directamente los gases de los tejidos. La ventilación se realiza mediante un sistema de apertura y cierre de los espiráculos regulado por contracciones musculares.

Respiración pulmonar

¿Son los pulmones de los invertebrados terrestres como los de los vertebrados?

Esta respiración se lleva a cabo por medio de **pulmones**, cavidades internas muy vascularizadas donde tiene lugar el intercambio gaseoso. El aire entra del exterior a través de orificios o conductos.

La respiración pulmonar es propia de anfibios adultos, reptiles, aves y mamíferos, aunque algunos invertebrados terrestres también respiran mediante cámaras internas llamadas también **pulmones**.

Existen dos tipos principales de pulmones: **de difusión**, propios de los invertebrados, y **de ventilación**, propios de los vertebrados.

- **Pulmones de difusión.** Estos pulmones carecen de mecanismos de ventilación. Son propios de invertebrados terrestres como los arácnidos y algunos gasterópodos.

En los caracoles tienen forma de saco y se comunican con el exterior por un orificio que está siempre abierto. En los arácnidos existen unas laminillas en el interior de la cavidad que aumentan la superficie de intercambio, por lo que se denominan pulmones en libro. Se comunican con el exterior a través de dos ranuras.

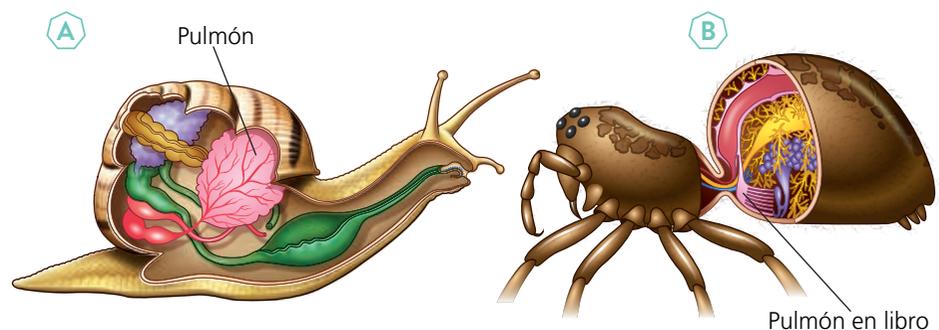


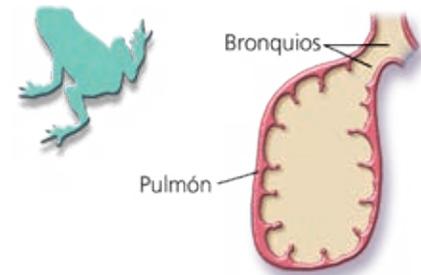
Figura 11.21. Pulmones de difusión en moluscos gasterópodos (A) y en arácnidos (B).

- **Pulmones de ventilación.** Los vertebrados presentan dos pulmones en forma de saco que se comunican con el exterior a través de las vías respiratorias, las cuales comienzan en las fosas nasales y continúan por la faringe, la laringe, la tráquea y los bronquios. La ventilación se lleva a cabo mediante movimientos de inspiración y espiración que introducen y expulsan el aire, respectivamente. En los vertebrados la eficacia del intercambio gaseoso se ha incrementado debido al aumento de la compartimentación interna y de la superficie de intercambio.

Anfibios

A lo largo de su vida, los anfibios presentan varios mecanismos de respiración. En estado larvario respiran por **branquias**, y en estado adulto presentan **pulmones**, que son sacos sencillos irrigados por capilares. La entrada de aire se produce por movimientos de ascenso y descenso de la base de la boca (como si tragaran). Durante este proceso, a veces también se produce intercambio de gases en la mucosa de la cavidad bucal, lo que se conoce como **respiración bucofaríngea**.

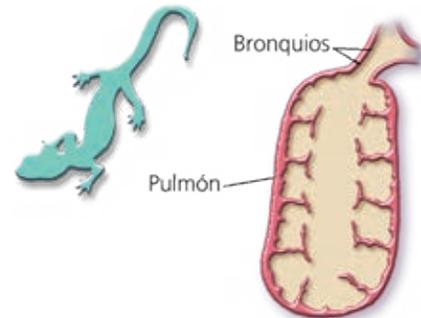
Los pulmones de los anfibios son muy primitivos y la superficie de intercambio es insuficiente, por lo que utilizan también la **respiración cutánea** para cubrir sus demandas de oxígeno. La respiración cutánea se puede llevar a cabo tanto dentro como fuera del agua.



Reptiles

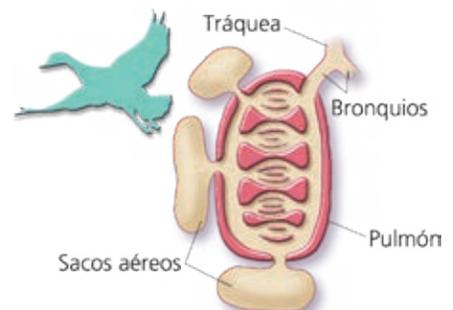
Los pulmones de los reptiles son esponjosos y aumentan su superficie de intercambio gracias a unos tabiques o plegamientos del interior de la cavidad. No son muy eficaces.

La entrada y salida del aire se produce por movimientos de la caja torácica. Algunos lagartos complementan la ventilación pulmonar con el **bombeo bucal**. En las tortugas, el caparazón dificulta la expansión pulmonar, por lo que se ayudan de los movimientos de las extremidades, hacia fuera para expandirlos y hacia dentro para contraerlos. Algunas serpientes presentan un único pulmón y son capaces de proyectar la faringe hacia fuera durante el momento de la deglución para no ahogarse. Los cocodrilos tienen un segundo paladar que separa la boca de las fosas nasales, lo que les permite respirar, aunque tengan la boca abierta bajo el agua.



Aves

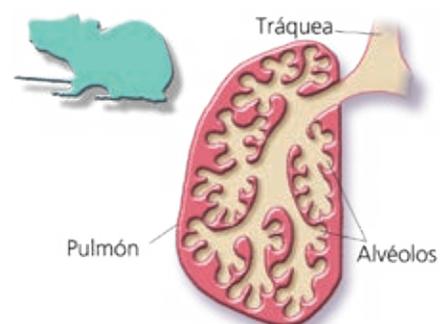
Los pulmones de las aves presentan unas expansiones denominadas **sacos aéreos**, situados en distintas zonas del cuerpo y que funcionan como reservorios de aire. Los bronquios terminan en unos tubos muy finos, los **parabronquios**, donde tiene lugar el intercambio respiratorio. Los parabronquios se comunican con los sacos aéreos de manera que el aire pasa a través de ellos, tanto durante la inspiración como durante la espiración, en una sola dirección, al hincharse alternativamente los sacos aéreos anteriores y posteriores. Este eficiente sistema permite que tomen oxígeno incluso durante la espiración.



Mamíferos

Los pulmones de los mamíferos están formados por multitud de pequeñas vesículas muy vascularizadas, llamadas **alvéolos**, que aumentan enormemente la superficie respiratoria. En ellos tiene lugar el intercambio respiratorio.

Los **alvéolos** son el extremo final de ramificaciones muy finas de los **bronquios**, denominadas **bronquiolos**. Los alvéolos se reúnen formando los **sacos alveolares**. Durante la inspiración, la contracción de ciertos músculos (intercostales, diafragma y accesorios) ensancha la caja torácica, reduce la presión interior y provoca la entrada del aire. Durante la espiración, el volumen de la caja torácica disminuye, expulsando el aire.



Actividades

- 36 ■ ¿Por qué las aves precisan una respiración tan eficiente?
- 37 ■ ¿Por qué las tráqueas de los insectos están reforzadas con quitina?
- 38 ■ Señala tres características que deben tener las estructuras respiratorias para que se produzca un intercambio de gases eficiente.
- 39 ■ ¿Por qué los pulmones de los mamíferos tienen mayor superficie respiratoria que los de los reptiles?
- 40 ■ El oxígeno es necesario para llevar a cabo la respiración celular. Completa la siguiente reacción:
$$\text{Glucosa} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energía}$$
- 41 ■ Investiga qué adaptaciones han desarrollado frente a la falta de oxígeno el ratopín, el yak tibetano y las ballenas.
- 42 ■ Los peces de hielo viven en las aguas frías de la Antártida y carecen de glóbulos rojos y hemoglobina, por lo que su sangre es transparente. ¿Cómo consiguen que llegue suficiente oxígeno a sus tejidos?

Recuerda

La **homeostasis** es el conjunto de procesos de autorregulación que los organismos llevan a cabo para mantener constantes las condiciones del medio interno, como la composición, el volumen o el pH.

Adaptaciones a la escasez de agua

La orina de los animales del desierto suele ser muy concentrada, lo que les permite minimizar la pérdida de agua. La rata canguro no necesita beber porque extrae el agua de las semillas que come. Sus riñones producen una orina 14 veces más concentrada que su propia sangre, hasta alcanzar una consistencia casi cristalina.



Figura 11.22. Rata canguro.

En los animales acuáticos más sencillos la excreción se produce por difusión directa hacia el medio externo. En cambio, en los animales complejos existen estructuras especializadas en eliminar los distintos tipos de sustancias de desecho que se originan en el organismo.

Estas estructuras participan, además, en los procesos de homeostasis porque regulan el volumen y la concentración de los fluidos que componen el medio interno.

4.1. Productos de desecho en los animales

¿Qué sustancias de desecho producimos los animales?

Los principales productos de desecho son el dióxido de carbono, el agua, las sales minerales y los derivados nitrogenados.

- **Dióxido de carbono.** Es producto de la respiración celular y se expulsa por medio de las estructuras respiratorias.
- **Agua y sales minerales.** Aunque no son propiamente productos de desecho, el organismo necesita eliminar su exceso para mantener el equilibrio homeostático.
- **Productos nitrogenados.** Son producto del metabolismo de las proteínas y los ácidos nucleicos. Atendiendo al producto de excreción, los animales pueden clasificarse de la siguiente manera:
 - **Amoniotéticos.** Expulsan **amoníaco** directamente al exterior (en forma de ion amonio). El amoníaco es un producto muy tóxico, por lo que se requieren grandes cantidades de agua para diluirlo. Esta forma de excreción es propia de animales acuáticos con gran disponibilidad de agua, como los peces, los crustáceos, los moluscos y otros invertebrados acuáticos.
 - **Ureotéticos.** Excretan los productos nitrogenados en forma de **urea**. Aunque la urea es menos tóxica que el amoníaco, también se expulsa diluida en agua. Son ureotéticos los tiburones, los anfibios, los quelonios y los mamíferos.
 - **Uricotéticos.** Excretan el nitrógeno en forma de **ácido úrico**, sustancia muy poco soluble que expulsan en forma semisólida. Esta forma de excreción supone una ventaja para los animales que viven en ambientes secos, pues supone un ahorro considerable de agua. Además, este compuesto no es muy tóxico y puede almacenarse durante cierto tiempo. Son uricotéticos los insectos, la mayor parte de los reptiles y las aves.

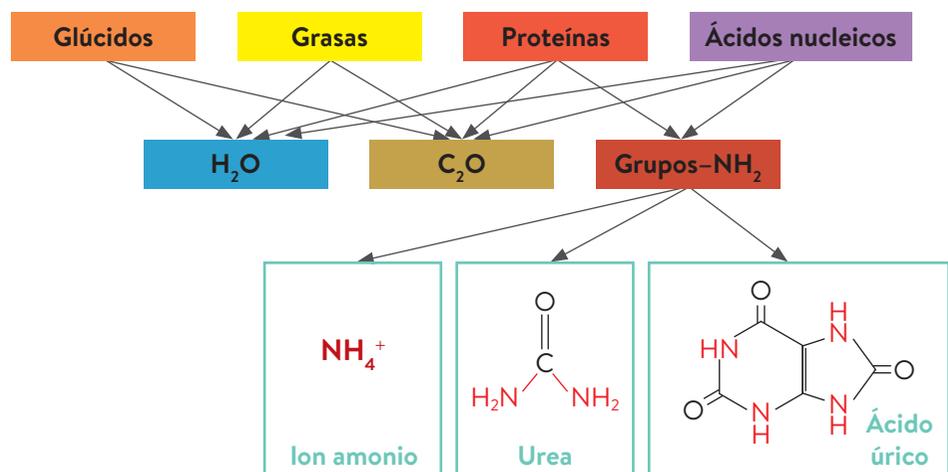


Figura 11.23. Principales productos de excreción del metabolismo de las biomoléculas orgánicas.

4.2. Sistemas de excreción en los invertebrados

¿Crees que los aparatos excretores tienen como única función eliminar los productos de desechos procedentes del metabolismo? ¿Se te ocurre alguna otra función?

Los animales más sencillos, como las esponjas o los cnidarios carecen de estructuras especializadas para la excreción, por lo que vierten por **difusión** sus productos de desecho en el agua. Los demás invertebrados poseen órganos especializados para la filtración de los fluidos corporales y la eliminación de los productos de excreción.

- **Protonefridios.** Son tubos muy ramificados, cerrados en un extremo, donde se encuentran unas células con cilios (**células flamígeras**) o flagelos (**solenocitos**). El agua y los productos de desecho entran en el tubo desde el medio interno y son empujados por los cilios o flagelos hasta el poro excretor. Durante el recorrido se reabsorben las sustancias útiles. Son propios de los platelmintos.
- **Metanefridios.** Son estructuras tubulares abiertas por los dos extremos. Uno, el **nefrostoma**, con forma de embudo ciliado, se abre a la cavidad interna (celoma) y filtra las sustancias de desecho; el otro se abre al exterior a través del **nefridioporo**. A lo largo del tubo se reabsorben las sustancias útiles y los desechos se expulsan por el nefridioporo. Son propios de los anélidos y los moluscos.
- **Tubos de Malpighi.** Son una serie de tubos cerrados en un extremo y abiertos por el otro al intestino. Los productos de excreción son absorbidos en el extremo ciego y se eliminan a través del intestino con los restos de los alimentos sin digerir. En el intestino posterior existen unas **glándulas rectales** donde se reabsorben las sustancias aprovechables. Son propios de los insectos.

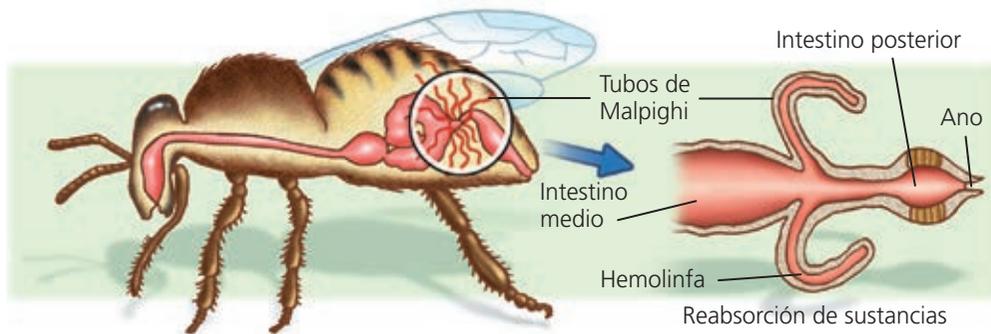


Figura 11.26. Tubo de Malpighi de un insecto.

- **Glándula verde.** Está formada por un saco ciego que filtra las sustancias de desecho, un túbulo donde se reabsorben las sustancias útiles y una vejiga de almacenamiento desde donde los desechos salen por un poro.

Es un órgano propio de los crustáceos, que poseen un par situado en la base de las antenas.

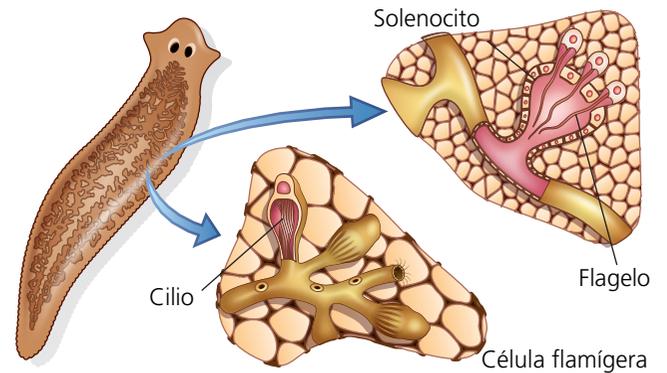


Figura 11.24. Protonefridios de platelmintos.

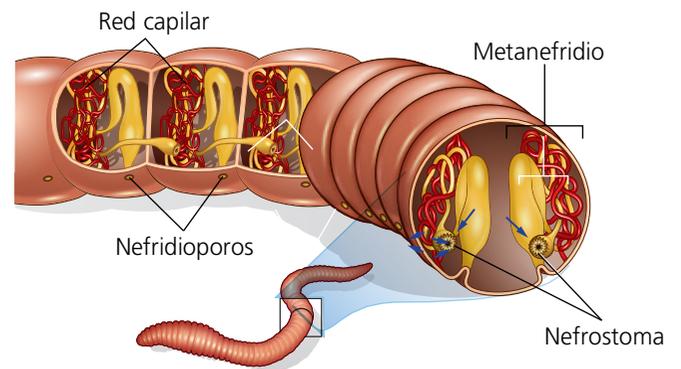


Figura 11.25. Metanefridios de un anélido.

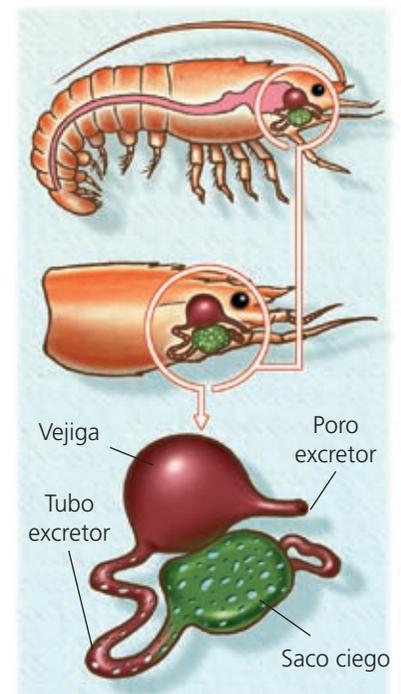


Figura 11.27. Glándula verde de un crustáceo.

Actividades

43 ■ ¿Qué diferencia existe entre la excreción y la egestión? ¿Son procesos equivalentes?

44 ■ ¿De qué compuestos orgánicos proceden los productos nitrogenados? ¿Y el CO₂?

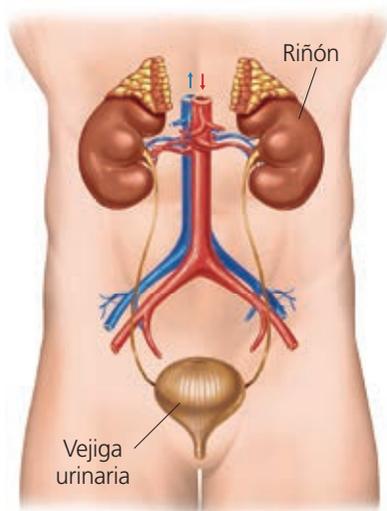


Figura 11.28. Ubicación del aparato excretor en humanos.

4.3. La excreción en los vertebrados

Los principales órganos de excreción de los vertebrados son los **riñones**, que contienen millones de unidades filtrantes llamadas **nefronas**.

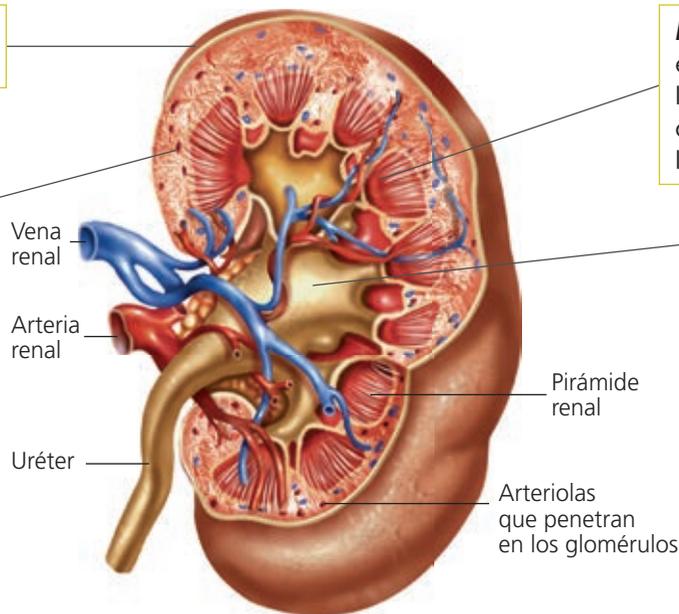
El aparato excretor

El aparato excretor está formado por los **riñones**, unos órganos muy vascularizados cuya función es filtrar la sangre que llega por la **arteria renal**. El filtrado u **orina** es excretado al exterior por medio de unos conductos llamados **uréteres**, aunque puede almacenarse transitoriamente en la **vejiga urinaria**. La sangre limpia de productos de desecho sale por la **vena renal**.

El aparato excretor varía en los distintos grupos de vertebrados: los peces y los anfibios tienen un riñón alargado en posición dorsal y pueden no presentar vejiga urinaria; los reptiles disponen de dos riñones de forma irregular con uréteres que desembocan en una vejiga urinaria; las aves tienen dos riñones con uréteres que desembocan en la cloaca y carecen de vejiga urinaria; los mamíferos tienen dos riñones y vejiga urinaria, de la que sale una uretra.

Cápsula renal. Capa de tejido conjuntivo que rodea al riñón.

Corteza. Región más externa, de aspecto granuloso, donde se encuentra la región filtrante de las nefronas.



Médula. De aspecto estriado, está dividida en sectores, llamados pirámides renales o de Malpighi, que confluyen en los cálices menores.

Pelvis renal. Zona en forma de embudo donde se recoge la orina. Se comunica con los uréteres.

Figura 11.29. Estructura anatómica del riñón humano.

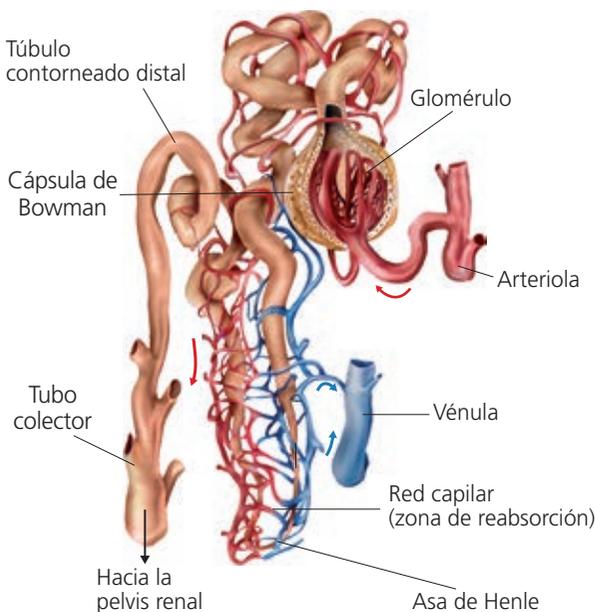


Figura 11.30. Estructura de una nefrona.

Estructura de la nefrona

Las nefronas son las unidades filtradoras de la sangre y, como resultado de este proceso, tiene lugar la formación de la orina. En un riñón de un mamífero hay más de un millón de nefronas.

La nefrona está formada por los siguientes elementos:

- **Corpúsculo de Malpighi.** Se sitúa en la corteza renal. Está formado por la **cápsula de Bowman**, que tiene forma de copa hueca y rodea a una red de capilares, el **glomérulo**, que conecta con una arteriola aferente (de entrada) y otra eferente (de salida).
- **Túbulo contorneado proximal.** Está en la corteza renal y sale de la cápsula de Bowman.
- **Asa de Henle.** Es la continuación del túbulo proximal y penetra en la médula renal.
- **Túbulo contorneado distal.** Está en la corteza renal y es la continuación del asa de Henle. Se prolonga hasta alcanzar la pelvis renal.

La formación de la orina

El proceso de formación de la orina consta de tres etapas:

- **Filtración glomerular.** Es el paso de la sangre, debido a la diferencia de presión, desde el interior de los capilares del glomérulo a la cápsula de Bowman. El líquido filtrado tiene una composición similar al plasma, pero no contiene células ni moléculas de gran tamaño.
- **Reabsorción tubular.** La mayor parte del agua del líquido filtrado es reabsorbida durante su recorrido por los túbulos de la nefrona y pasa nuevamente a la sangre a través de la red de capilares que los rodean. Además, se reabsorben la glucosa, los aminoácidos, las vitaminas y los iones sodio, cloro, potasio, bicarbonato y fosfato.
- **Secreción tubular.** Consiste en el paso de ciertos iones desde la sangre al interior de la nefrona, especialmente al túbulo distal, con el fin de regular el contenido de iones del medio interno.

La orina así producida se recoge en los túbulos colectores, que confluyen en la pelvis renal para salir, finalmente, por el uréter.

Del filtrado inicial solo se elimina el 1%, aproximadamente, pero la orina sirve también como mecanismo de **osmorregulación**, es decir, permite regular la presión osmótica modificando las concentraciones de soluto respecto al volumen de agua.

Los animales que tienen un exceso de agua en su interior, como ocurre con los peces de agua dulce, en los que el agua entra constantemente por ósmosis, eliminan una orina muy diluida. Los animales que viven en medios secos o hipertónicos producen, por el contrario, una orina muy concentrada porque reabsorben la mayor parte del agua.

4.4. Otros mecanismos de excreción

Además del aparato excretor, existen otros mecanismos que contribuyen al mantenimiento de la homeostasis:

- **Glándulas de la sal.** Constituyen un mecanismo por el que los animales marinos eliminan el exceso de sal.
- **Glándulas calcíferas.** Son propias de algunos anélidos que tienen que expulsar el exceso de calcio que toman del suelo.
- **Glándula coxal.** Es una glándula situada en el cefalotórax de algunos artrópodos, con la que filtran sustancias del hemocele.
- **Hígado.** Los vertebrados eliminan bilirrubina, un producto de la degradación de la hemoglobina, a través de la bilis, que se almacena y libera desde la vesícula biliar.
- **Glándulas sudoríparas.** Están situadas en la capa profunda de la piel de los mamíferos y contribuyen a la eliminación de algunas toxinas.

Actividades

45 ■ El filtrado glomerular contiene, entre otros productos, agua, sales minerales, glucosa, aminoácidos, vitaminas, urea y ácido úrico. ¿Cuáles de estos deben ser reabsorbidos y cuáles son sustancias de desecho?

46 ■ Las sustancias aprovechables solo pueden ser absorbidas en cierta cantidad; el excedente se elimina por la orina. ¿Qué nos indica la aparición de glucosa en la orina?

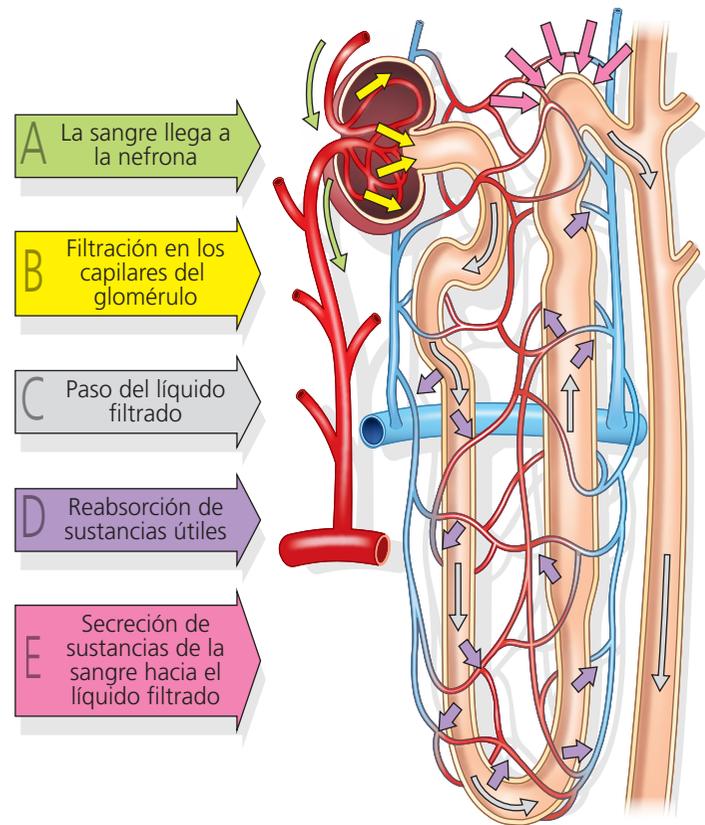


Figura 11.31. Formación de orina en la nefrona.

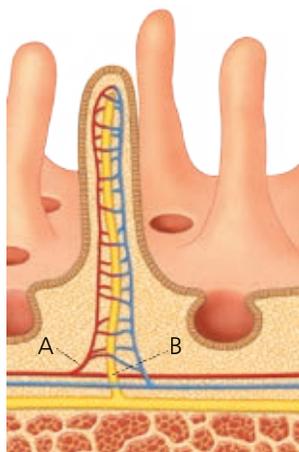
Actividades de consolidación y síntesis

La digestión en los animales

- 1 Pon un ejemplo de dos animales que tengan:

 - a) Digestión intracelular.
 - b) Digestión extracelular.
 - c) Digestión mixta.
- 2 Relaciona en tu cuaderno los términos de estas series:

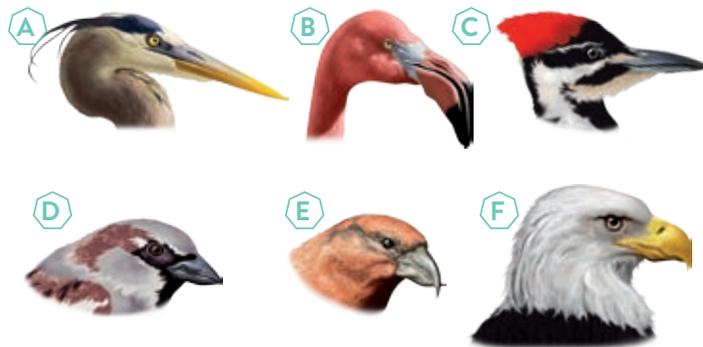
 - **Serie 1:** cnidoblastos, rádula, coanocitos, linterna de Aristóteles, glándulas salivales.
 - **Serie 2:** moluscos, equinodermos, cnidarios, artrópodos, poríferos.
- 3 Indica tres órganos de los aparatos digestivos de los invertebrados que tengan función trituradora.
- 4 Relaciona cada uno de los siguientes términos con un tramo del tubo digestivo: *quimo*, *vesícula biliar*, *válvula ileocecal*, *epiglotis*, *píloro*, *microvellosidades*.
- 5 Describe el recorrido que hace el alimento en el tubo digestivo de un rumiante.
- 6 Señala qué camino, A o B, seguirán las siguientes moléculas: *aminoácido*, *ácido graso*, *glucosa*. Razona la respuesta.



- 7 Algunos parásitos que viven en el interior del intestino de otros animales no tienen aparato digestivo. ¿Cuál es la razón?
- 8 Completa la siguiente tabla indicando las enzimas responsables de la digestión de cada molécula.

	Enzima
Polisacáridos	
Disacáridos	
Proteínas	
Polipéptidos	
Ácidos nucleicos	

- 9 Relaciona los picos de las siguientes aves con su hábito alimentario:

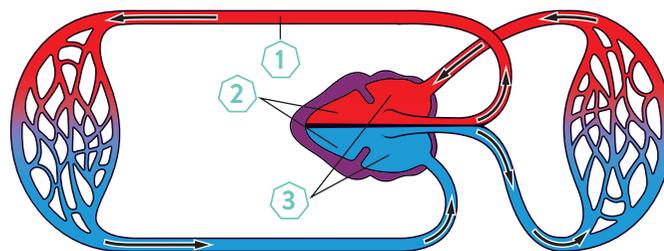


1. Frugívoro.
2. Cazador.
3. Insectívoro.
4. Granívoro.
5. Pescador.
6. Filtrador.

- 10 ¿Dónde llevan a cabo los mamíferos los siguientes procesos digestivos? a) Digestión química. b) Digestión mecánica. c) Absorción.

La circulación y el transporte en los animales

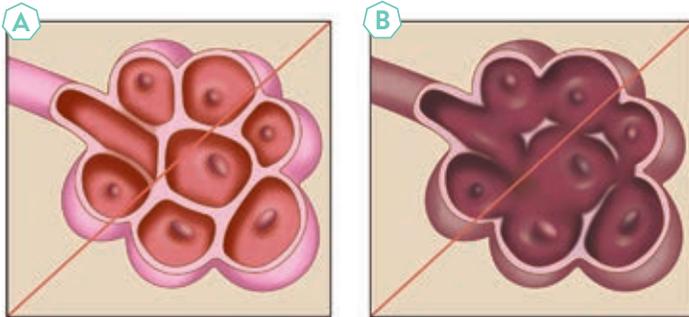
- 11 Pon los nombres que corresponden a las estructuras señaladas e indica a qué grupo de vertebrados corresponde este modelo de sistema circulatorio:



- 12 ¿Qué sistema de circulación presentan los siguientes animales? a) Lombriz de tierra. b) Caracol. c) Erizo de mar. d) Calamar. e) Escarabajo.
- 13 ¿Qué recorrido realiza un glóbulo rojo de un mamífero desde las venas cavas hasta la aorta?
- 14 ¿Qué son las células marcapasos? Investiga y describe cuál es su función.
- 15 Compara tu frecuencia cardíaca en reposo y tras un ejercicio anaeróbico (por ejemplo, una carrera de velocidad de 50 m). Para medir tus pulsaciones, presiona la arteria radial de la muñeca con los dedos índice y corazón. Puedes utilizar también un pulsómetro, aplicación que mide las pulsaciones utilizando la cámara de tu teléfono móvil. Recoge los datos de tu grupo de clase, calcula los valores medios y represéntalos en una gráfica de barras.

La respiración en los animales

- 16** ■ El enfisema pulmonar es una enfermedad causada por la exposición al humo del tabaco y otros contaminantes que dañan las paredes de los alvéolos pulmonares provocando su rotura. La siguiente imagen muestra los alvéolos pulmonares de un pulmón normal (A) y con enfisema pulmonar (B).



- a) Cuenta las veces que se corta una superficie respiratoria siguiendo la línea trazada en cada una de las imágenes. ¿Qué conclusión sacas?
- b) Sugiere algún síntoma que pueden presentar las personas que padecen esta enfermedad.
- 17** ■ Construye un modelo para ilustrar el mecanismo de ventilación pulmonar. Necesitarás una botella de plástico con tapón, dos pajitas de refresco, dos globos y un guante de goma. Puedes inspirarte en la siguiente ilustración:



- a) ¿A qué estructura anatómica corresponde cada uno de los componentes que has utilizado?
- b) ¿Entra aire en los globos si no manipulas el modelo?
- c) ¿Cómo consigues que entre aire en los globos y los infle?
- d) Fijándote en tu modelo, ¿cómo crees que el aire entra y sale de nuestros pulmones?
- 18** ■ ¿Por qué los insectos no presentan pigmentos respiratorios?

- 19** ■ ¿Qué ventajas suponen las branquias internas frente a las externas?

- 20** ■ ¿Por qué a veces nos atragantamos cuando intentamos hablar mientras tragamos?

- 21** ■ La siguiente imagen representa el intercambio de gases en los alvéolos pulmonares y en los tejidos. Señala con flechas en tu cuaderno el sentido en que difunden el O_2 y el CO_2 en cada caso.

Tejidos	Capilar sanguíneo	Pulmones
Células O_2 CO_2	O_2 CO_2	Alvéolos pulmonares O_2 CO_2

- 22** ■ ¿Qué diferencia hay entre la respiración branquial de los peces cartilaginosos y la de los óseos?

La excreción en los animales

- 23** ■ ¿Qué función desempeñan los órganos de excreción en los animales?

- 24** ■ ¿Qué tipo de aparato excretor presentan los siguientes animales?: *planaria*, *avispa*, *lombriz de tierra*, *caracol*, *cangrejo*.

- 25** ■ ¿Por dónde vierten al exterior los insectos sus productos de desecho? ¿Y los crustáceos?

- 26** ■ Indica dónde tienen lugar los siguientes procesos relacionados con la excreción: *filtración de la sangre*, *secreción de iones*, *almacenamiento de orina*, *reabsorción de sustancias*.

- 27** ■ ¿Cuál es el origen de los siguientes productos de excreción? a) Dióxido de carbono. b) Productos nitrogenados.

- 28** ■ ¿Qué característica deben cumplir los animales amniotélicos? ¿Por qué?

- 29** ■ ¿Qué le ocurrirá a un pez de agua dulce si lo metemos en una pecera de agua salada? ¿Y si metemos uno de agua salada en agua dulce?

- 30** ■ Con lo que ya conoces sobre la formación de la orina, elabora una hipótesis sobre cómo se forma el sudor. Luego busca información y compruébala.

- 31** ■ Cuando dos soluciones con diferente concentración se ponen en contacto a través de una membrana semipermeable, el agua pasa de la menos concentrada a la más concentrada por medio del fenómeno de ósmosis. Aplica este concepto para explicar por qué a las personas hipertensas se les recomienda una dieta baja en sal.



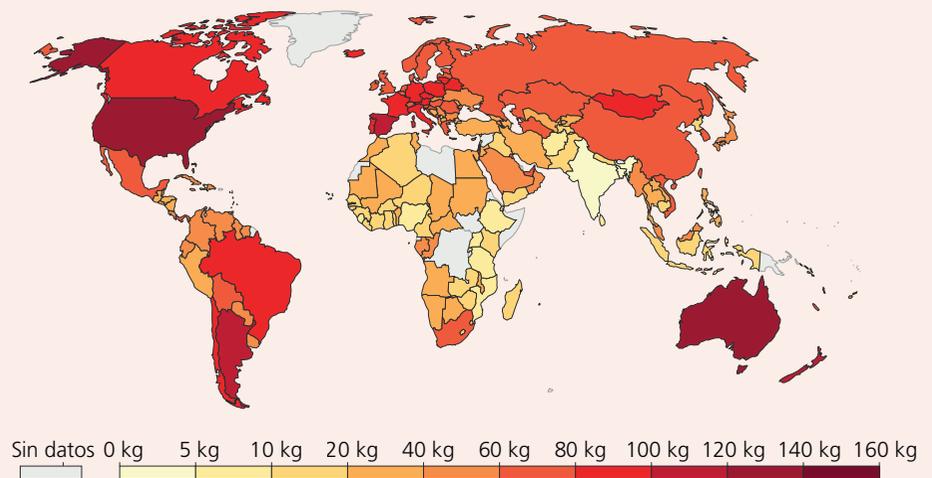
Alimentación sostenible

La transferencia de energía de un nivel trófico a otro es ineficiente, ya que la mayor parte de la energía que produce un nivel se utiliza en el mantenimiento de la vida de los organismos que lo componen y no es aprovechada por el siguiente nivel. La **tasa de conversión alimenticia** mide la eficacia con la que un animal es capaz de transformar el alimento que come, en incremento de masa corporal, y se obtiene dividiendo la masa de alimento ingerido en un período de tiempo entre el incremento de masa corporal durante ese tiempo.

En la actualidad, aproximadamente 690 millones de personas (el 10% de la población mundial) sufren desnutrición, mientras que 2300 millones padecen sobrepeso u obesidad. Se calcula que en 2030 seremos unos 8500 millones de personas en el planeta.

La producción de alimentos tiene un coste ambiental relacionado con la tasa de conversión alimenticia, pero también tiene un coste sanitario, que está relacionado con el tipo de dieta que seguimos. Una medida que puede contribuir a la sostenibilidad de la producción alimenticia y a reducir el coste sanitario es moderar el consumo de carne en favor de alimentos vegetales.

Consumo anual de carne por persona (2017)



Fuente: Our World in Data / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Media del consumo anual de carne por persona durante 2017.



Desarrollo de competencias



Tras leer el texto, contestad a las siguientes preguntas y realizad la tarea en grupo.

El **objetivo** de esta tarea es analizar el concepto de tasa de conversión alimenticia y su importancia en el establecimiento de un consumo sostenible de alimentos a nivel mundial.

1 La tabla de la derecha muestra la tasa de conversión alimenticia (TCA) de algunos animales de consumo, aunque las estimaciones pueden oscilar dependiendo de variables como la fuente del alimento o la edad del animal.

- ¿Qué significa que la carne de vacuno tiene una TCA de 7,5?
- ¿Cuál de las opciones de la tabla es más sostenible en términos de eficiencia alimentaria?
- ¿Cuál es la tasa de conversión alimenticia de un conejo, si ha engordado 3,5 kg con un consumo de alimento de 12 kg?

Producción de carne	TCA
Vaca	7,5
Cerdo	4,0
Cordero	5,5
Pollo	1,6
Salmón atlántico	0,2
Tilapia en acuicultura	1,5

2 Algunos países consumen de media 160 kg de carne por habitante y año.

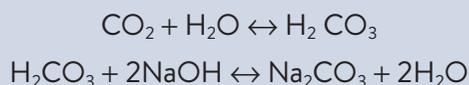
- ¿Cuánta carne consumen a diario estas personas?
- Observa el gráfico superior. ¿Qué conclusiones sacas de las diferencias que se observan entre las diferentes regiones del mundo?
- ¿Qué medidas podrían plantearse para tratar de reducir estas diferencias?

3 Para promocionar el consumo de los alimentos vegetales, diseñad un menú sin carne, basado en la utilización de verduras o frutas, aunque puede incluir otros alimentos de origen animal como leche o huevos. Poned un nombre a vuestro plato e incluid los ingredientes y la receta.

Traed los platos elaborados a clase y organizad una jornada gastronómica para la degustación de vuestras propuestas. Sed imaginativos: preparad platos de buena calidad nutricional y que resulten apetitosos y agradables a la vista.

Cálculo del CO₂ espirado

El CO₂ espirado durante la respiración reacciona con el agua formando ácido carbónico, el cual, en la cantidad necesaria, podría neutralizar una solución de NaOH. Al añadir ácido carbónico a una solución de NaOH de concentración conocida, podemos calcular la cantidad de CO₂ que hemos necesitado:



Objetivos

- Calcular la cantidad de CO₂ espirada.

Materiales

- Matraz Erlenmeyer.
- Balanza.
- Lentejas de NaOH.
- Agua.
- Agitador.
- Fenolftaleína.
- Reloj.
- Pajitas de refresco.

¡PRECAUCIÓN!

Usa gafas de protección, especialmente cuando estés llevando a cabo el paso 7 del procedimiento.

$$N.^{\circ} \text{ moles} = \frac{\text{masa (g)}}{M \text{ (g/mol)}}$$

Procedimiento

1. Pon 100 mL de agua en un matraz de Erlenmeyer.
2. Añade unas gotas de fenolftaleína.
3. Pesa una lenteja de NaOH, anota la masa y añádela al matraz agitando hasta su disolución. Observarás que la disolución adquiere un color rosa.
4. Calcula el número de moles de NaOH que has utilizado.
5. Calcula el número de moles de CO₂ necesarios para neutralizar la reacción fijándote en la reacción anterior (la reacción se neutralizará con la mitad de moles de CO₂ de los que hubiera de NaOH).
6. Calcula cuántos gramos de CO₂ son necesarios para neutralizar la reacción.
7. Anota el tiempo y comienza a respirar a través de una pajita de refresco, expulsando el aire al contenido del vaso. Inspira y espira con normalidad hasta que desaparezca el color rosa de la solución. Anota el tiempo de nuevo.



Análisis de los resultados

- 1 Calcula el CO₂ que produces por minuto dividiendo la cantidad que has necesitado para neutralizar la reacción entre el tiempo que has tardado en hacerlo.
- 2 Calcula la cantidad de CO₂ que produces al día.
- 3 Calcula la media de los datos obtenidos por toda la clase.
- 4 ¿Por qué vira a color rosa la solución de NaOH?
- 5 ¿Por qué pierde el color después de un tiempo respirando a través de la pajita?
- 6 A menudo los resultados que se obtienen en esta actividad son ligeramente inferiores a la cantidad de CO₂ que realmente producimos. ¿A qué puede deberse este resultado?



La digestión en los animales

La **nutrición animal** consiste en la transformación de los alimentos en nutrientes. El proceso digestivo consta de varias fases: **ingestión, digestión, absorción y egestión.**

- En los **invertebrados** la digestión puede ser **intracelular, extracelular** o **mixta.**
- En los **vertebrados** la digestión es extracelular. Esta, a su vez, puede ser **mecánica** (dientes, molleja, etcétera) y **química** (saliva, jugo gástrico, jugo intestinal y jugo pancreático; el jugo biliar, además, colabora en la digestión emulsionando las grasas) y se han desarrollado estructuras encargadas de la **absorción de los nutrientes** (vellosidades intestinales).

La circulación y el transporte en los animales

La **circulación** y el **transporte** en los animales consiste en la renovación del medio interno del cuerpo mediante el **sistema circulatorio**, constituido por un **fluido circulante**, un sistema de **vasos conductores** y el **corazón.**

En **animales**, el **sistema circulatorio** puede ser **abierto** (en la mayoría de los invertebrados) o **cerrado** (en anélidos y vertebrados).

- Puede ser **simple**, si hay un único circuito y la sangre pasa una sola vez por el corazón, o **doble**, si existen dos circuitos y la sangre pasa dos veces por el corazón.
- La **circulación doble** puede ser **incompleta**, si el corazón es tricameral, o **completa**, si el corazón es tetracameral e impide la mezcla de sangre oxigenada y desoxigenada.

Los **vertebrados** tienen, además del sanguíneo, un **sistema circulatorio linfático** cuyas funciones son de drenaje de los tejidos y de defensa del organismo.

La respiración en los animales

La **respiración celular** depende del aporte continuo de oxígeno del exterior, del que se encarga el aparato respiratorio. Las estructuras respiratorias deben ser amplias, húmedas y finas para facilitar el intercambio de gases.

- Los **animales acuáticos** tienen **respiración branquial.** Las branquias pueden ser externas, como en los anélidos marinos y algunos moluscos y crustáceos, o internas, como en la mayoría de los moluscos, en los crustáceos y en los peces.
- Los **animales terrestres** pueden tener respiración **cutánea, traqueal** o **pulmonar.**

La **respiración pulmonar** se realiza por pulmones, que pueden ser de difusión (carecen de sistema de ventilación) o de ventilación (propios de vertebrados).

En el **aparato respiratorio de los vertebrados terrestres**, las vías respiratorias conducen el oxígeno hasta los pulmones. El intercambio gaseoso se produce en los **alvéolos pulmonares.** Los pulmones de las aves presentan unas extensiones denominadas **sacos aéreos**, que actúan como reservas de aire.

La excreción en los animales

Según la forma en que se excreten los productos nitrogenados, los animales pueden ser **amoniotélicos, ureotélicos** o **uricotélicos.**

- En los **invertebrados** los **sistemas de excreción** pueden ser **protonefridios, metanefridios, tubos de Malpighi** o **glándulas verdes.**
- En los **vertebrados** el **aparato excretor** consta de uno o dos **riñones**, que contienen un elevado número de unidades filtrantes llamadas **nefronas**, la cuales producen la orina. El proceso de formación de la orina tiene lugar en tres etapas: **filtración glomerular, reabsorción tubular** y **secreción tubular.**

GLOSARIO

Elabora un glosario de términos científicos asociados a esta unidad: *coanocito, ósculo, cnidocito, hepatopáncreas, rádula, molinillo gástrico, linterna de Aristóteles, epiglotis, peristaltismo, mucina, cardias, píloro, quimo, omaso, abomaso, quilo, microvellosidades, quilomicrón, válvula ileocecal, hemocele, sistema ambulacral, opérculo, espiráculo, amoniotélico, ureotélico, uricotélico, nefridios, tubos de Malpighi, glándula verde, nefrona, corpúsculo de Malpighi, cápsula de Bowman, asa de Henle, osmorregulación.*

Completa tu glosario con otros términos que consideres oportunos.

1 Relaciona los siguientes términos con el aparato del que forman parte y el grupo de invertebrados al que pertenecen: *rádula*, *tubos de Malpighi*, *ostiolos*, *glándulas verdes*, *hemocele*, *linterna de Aristóteles*, *espiráculos*.

2 El espesor de la médula renal es mayor cuanto mayor es la longitud del asa de Henle. La siguiente tabla muestra el espesor relativo de la médula renal (EMR) respecto al tamaño de riñón de una serie de mamíferos, así como su concentración máxima de solutos en la orina (CMS) medida en miliosmoles. Los nombres científicos corresponden a roedores del desierto.

Especie	EMR	CMS (mOsm)
Perro	4,3	2 465
Gato	4,8	3 122
Cerdo	1,6	1 076
Humano	3,0	1 399
Castor	1,3	517
Rata	5,8	2 465
<i>Calomys musculinus</i>	12,3	8 773
<i>Octomys mimax</i>	6,1	2 071
<i>Eligmodontia typus</i>	11,4	8 612
<i>Salinomys delicatus</i>	14,0	7 440
<i>Notomys alexis</i>	7,9	9 370
<i>Psammomys obesus</i>	10,5	4 952
<i>Perognathus penicillatus</i>	11,6	7 500
<i>Dipodomys merriami</i>	8,5	5 540

- Utiliza una hoja de cálculo para realizar una gráfica de dispersión con los datos.
- Utiliza la «herramienta de gráficos» para insertar una línea de tendencia. ¿Qué conclusión sacas?

3 La tabla muestra el análisis de sangre de tres personas:

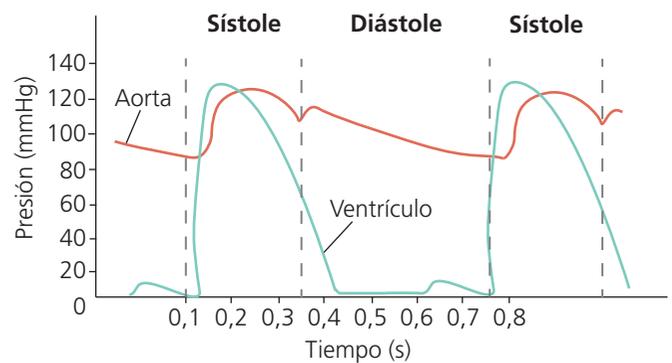
	Número / mm ³		
	A	B	C
Glóbulos rojos	820 000	5 000 000	2 200 000
Glóbulos blancos	500	8 000	5 000
Plaquetas	280 000	255 000	1 000

- ¿Cuál de las tres personas vive a gran altitud?
- ¿Cuál resistiría mejor una infección vírica?
- ¿Cuál podría tener anemia?
- ¿Quién toma una medicación para prevenir la coagulación?

4 El intestino delgado humano mide unos 6 m de longitud y 2,5 cm de diámetro aproximadamente y su superficie de absorción se calcula en unos 200 m².

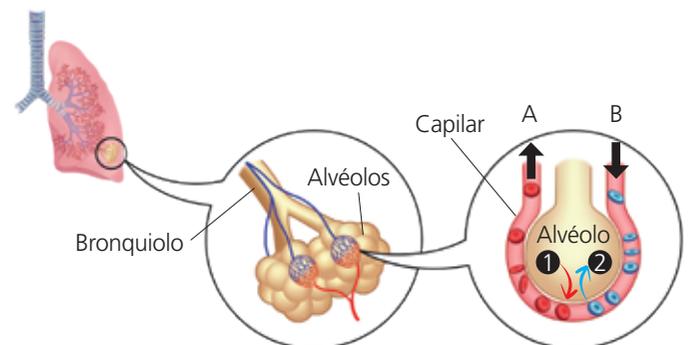
- ¿Cuál sería su superficie de absorción si la mucosa interna fuera lisa?
- ¿Cómo explicas esta diferencia?
- ¿En qué porcentaje aumenta la superficie de absorción real del intestino respecto a un intestino liso?

5 La siguiente gráfica representa las variaciones de presión en el ventrículo izquierdo y la aorta durante un ciclo cardíaco.



- ¿Cuánto dura un ciclo cardíaco completo?
- ¿Cuándo comienza a contraerse el ventrículo? ¿Cuánto tarda en vaciarse?
- ¿Cuándo se abre la válvula semilunar?
- ¿Cuál es la presión máxima de la aorta? ¿Y la mínima?

6 La imagen muestra el intercambio de gases en un alvéolo pulmonar. Las flechas indican la dirección de circulación de la sangre.



- ¿Qué gases representan los números 1 y 2?
- ¿Cuántas membranas celulares tendría que atravesar una molécula de oxígeno para entrar en un glóbulo rojo?
- ¿Qué vasos sanguíneos conectan con los extremos A y B del capilar?