



5

La nutrición de los animales (I). El aparato digestivo

- 1 La nutrición heterótrofa
- 2 El aparato digestivo en invertebrados
- 3 El aparato digestivo en vertebrados (I).
El tubo digestivo
- 4 El aparato digestivo en vertebrados (II).
Las glándulas digestivas
- 5 La digestión en vertebrados
- 6 La absorción y la egestión
en vertebrados
- 7 La digestión en los rumiantes

Los animales somos organismos heterótrofos, necesitamos alimentarnos de materia orgánica ya elaborada. Esta materia orgánica proviene de diferentes fuentes y la ingerimos de distintas formas, pero en cualquier caso debe ser ingerida, digerida y procesada para convertirla en pequeños nutrientes que las células puedan aprovechar. Esta función se lleva a cabo en el aparato digestivo, que en cada especie está adaptado a su tipo de alimentación.

Los koalas de Madrid tienen un menú con treinta especies de eucaliptos

Desde mayo de 2001, el Zoo Aquarium de Madrid acoge tres koalas, los únicos de su especie en toda España. Su alimentación se basa exclusivamente en hojas de eucalipto traídas diariamente desde Huelva.

Brisbane, Zoar y Caloundra son los nombres de los tres koalas que viven en el zoo de Madrid. Estos marsupiales australianos miden entre 60 y 90 centímetros y pesan 15 kilogramos como máximo.

Una de sus características más llamativas tiene que ver con la alimentación. Su menú diario consiste exclusivamente en hojas de eucalipto, de las que solo son capaces de digerir los brotes más tiernos de 30 de las 500 variedades de esta especie. Estos brotes son

recogidos a la caída de la tarde en un vivero de Huelva y enviados diariamente al zoológico en un camión climatizado.



Este alimento les aporta muy pocos nutrientes y gran cantidad de fibra, además de una proporción de veneno intolerable para la mayoría de los animales.

Para sobrevivir con semejante dieta, los koalas poseen unas adaptaciones especiales; entre ellas, un metabolismo extremadamente lento, que les hace pasar entre 18 y 20 horas diarias durmiendo y les permite retener el alimento en su aparato digestivo durante largos periodos de tiempo, lo que favorece su diges-

tión. Cada koala come de 200 a 500 gramos de hojas por día, las seleccionan mediante unos agudos incisivos frontales y las cortan y trituran gracias a la forma especial de sus molares. El sistema digestivo de estos marsupiales, especialmente adaptado para eliminar los componentes tóxicos de las hojas, está formado por un intestino ciego de dos metros de largo donde se alojan millones de bacterias que transforman las fibras en sustancias fácilmente asimilables.

Recuerda y contesta

Los nutrientes aportan la materia y energía necesarias para el funcionamiento de los seres vivos, y son utilizados por todas las células.

Los animales han de tomar los nutrientes de los alimentos, pues no pueden fabricarlos ellos mismos.

Los animales tienen aparatos y sistemas para que el proceso de la nutrición sea eficiente.

- ¿Qué entiendes por nutrición?
- ¿Es lo mismo nutrición que alimentación?
- Cita los tipos de nutrientes que conozcas.
- ¿Cuáles son los aparatos y sistemas que están implicados en la nutrición de un animal?
- ¿Tienen todos los animales el mismo tipo de alimentación?

1 La nutrición heterótrofa

Todos los seres vivos mantienen con el medio un intercambio de materia y energía, necesario para realizar sus funciones vitales. El conjunto de procesos relacionados con la toma de sustancias del exterior, y su transformación y utilización, se denomina **nutrición**.

La **alimentación** es uno de los procesos de la nutrición, y corresponde a la toma de alimentos, a partir de los cuales se obtendrán los **nutrientes**.

Los nutrientes pueden ser orgánicos: glúcidos, lípidos y proteínas; o inorgánicos: agua y sales minerales. Estas sustancias son incorporadas al interior de las células, donde, mediante complejas reacciones químicas, se obtiene **energía**, necesaria para el mantenimiento de las funciones vitales, y **materia**, empleada para crecer y renovar los componentes estructurales.

La nutrición de los animales es de tipo **heterótrofa**, y se caracteriza por la necesidad de tomar materia orgánica elaborada en forma de alimentos, ya que son incapaces de elaborarla a partir de materia inorgánica.

***Metabolismo aerobio:** Conjunto de reacciones en las que se obtiene energía a partir de materia orgánica, y es necesario el oxígeno para que se realicen.

Actividades

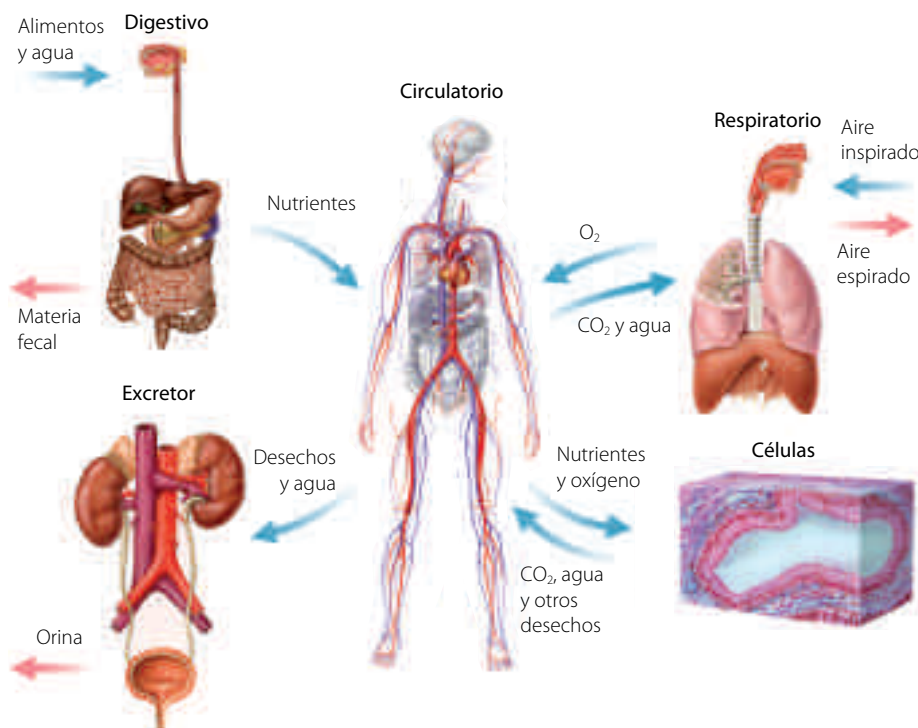
- 1 Define la nutrición heterótrofa. Además de los animales, ¿qué otros seres vivos tienen nutrición heterótrofa?
- 2 ¿Qué diferencias existen entre alimentación y nutrición?, ¿son lo mismo alimentos que nutrientes?

1.1. Procesos de la nutrición

En los organismos unicelulares, como los protozoos, el intercambio de materia y energía es directo con el medio que les rodea. En animales sencillos, como poríferos y cnidarios, la nutrición no requiere de estructuras muy especializadas, pues prácticamente todas las células que constituyen el animal tienen contacto con el medio circundante.

En los animales pluricelulares más complejos existen sistemas de incorporación y transporte, gracias a los cuales todas las células reciben los nutrientes. En estos animales se realizan varios procesos relacionados con la nutrición:

- **Digestión.** Es el proceso por el cual los alimentos son transformados en sustancias sencillas, aptas para poder entrar en las células. Los procesos de digestión se realizan en el **aparato digestivo**.
- **Respiración.** Incluye el intercambio de gases con el medio, tomando oxígeno y cediendo dióxido de carbono. El oxígeno es necesario en el metabolismo aerobio*, y el dióxido de carbono se produce en el mismo proceso. El encargado en esta función es el **aparato respiratorio**.
- **Transporte.** Es necesario para llevar el oxígeno y los nutrientes a todas las células. También se transportan los productos de desecho, entre ellos el dióxido de carbono. Esta función la realiza el **aparato circulatorio**.
- **Metabolismo.** Es el conjunto de transformaciones químicas que se producen en el interior celular para obtener energía y elaborar componentes propios.
- **Excreción.** Es el proceso por el cual se eliminan sustancias de desecho, la mayoría procedentes del metabolismo celular. Lo realiza el **aparato excretor**.



1.2. Procesos en el aparato digestivo

En el aparato digestivo se realizan los procesos que preparan los nutrientes para su incorporación al sistema circulatorio, que los distribuirá a todas las células.

- **Ingestión.** Es el proceso de incorporación del alimento al organismo. Los mecanismos de captura del alimento son muy diversos y dependen del tipo de alimentación.

Algunos animales, como los acuáticos de vida sésil, no tienen órganos de captación, y el alimento se incorpora de **forma pasiva** o por difusión. Otros animales inmóviles, o que se mueven muy lentamente, disponen de cilios o de una red de filtración de agua, donde queda atrapado el alimento.

Las esponjas presentan unas células llamadas coanocitos*, que con sus flagelos originan corrientes de agua, mediante las cuales captan las partículas alimenticias.

Los moluscos bivalvos presentan unos cilios en el borde de sus branquias, que al moverse dirigen la corriente de agua con partículas alimenticias hacia la boca. Algunos crustáceos son filtradores y tienen, en sus apéndices, unas mallas en las que se retienen las partículas alimenticias.

Otros muchos animales capturan el alimento de **forma activa**, utilizando estructuras diferenciadas. En el caso de los carnívoros pueden ser garras y dientes. En los moluscos cefalópodos son tentáculos. En los cnidarios, los tentáculos tienen células urticantes o cnidoblastos que paralizan las presas y facilitan su captura.

- **Digestión.** Es la degradación de los alimentos en moléculas sencillas que puedan ser absorbidas y pasar al aparato circulatorio.

Puede ser de dos tipos:

- **Mecánica.** Es una degradación física y consiste en la masticación, trituración y fragmentación del alimento, lo que facilita su digestión química.

Existen órganos especiales que realizan esta función, como los dientes de los mamíferos, la rádula de los moluscos, las mandíbulas córneas (tipo «pico de loro») de los cefalópodos, o la linterna de Aristóteles de los equinodermos.

- **Química.** Se produce mediante enzimas digestivas que transforman las grandes moléculas orgánicas en otras más sencillas que pueden ser absorbidas. Se diferencian tres tipos:

- **Intracelular.** Se realiza en el interior de las células y es propia de organismos unicelulares y animales sencillos, como los poríferos. El alimento entra en la célula en una vacuola digestiva a la que los lisosomas vierten su contenido enzimático. Tras la digestión, los productos pasan al citoplasma.
- **Extracelular.** Se realiza fuera de las células. Es propia de animales con tubo digestivo. Las enzimas digestivas son vertidas al interior del aparato digestivo. A veces es necesaria una trituración previa.
- **Mixta.** Se realiza en dos etapas, primero una digestión extracelular, segregando enzimas a una cavidad, y posteriormente se completa en el interior de las células. Es típica de animales sencillos, como los cnidarios.
- **Absorción.** Es el paso de los productos de la digestión hacia el medio interno. En animales con aparato digestivo, las moléculas de pequeño tamaño atraviesan las paredes del tubo digestivo y pasan al aparato circulatorio, que las transporta a todas las células.
- **Egestión.** Es la eliminación de los productos no asimilados tras la digestión. También se llama **defecación**. En los animales con aparato digestivo se realiza a través del **ano**.



Las ballenas se alimentan de *krill*, un tipo de plancton, que captan filtrándolo por medio de unas estructuras llamadas «barbas» que tienen en la boca.

***Coanocitos:** Células propias de los poríferos, que se caracterizan por tener un flagelo rodeado de una membrana a manera de collar.

Actividades

- 3 Cita las dos formas de ingestión del alimento que tienen los animales.
- 4 Señala las diferencias entre la digestión extracelular e intracelular.
- 5 Algunos animales, como las moscas o las arañas, vierten jugos digestivos fuera de su cuerpo con los que digieren a sus presas. ¿De qué tipo de digestión se trata?
- 6 Razona por qué tienen que ser degradadas las moléculas complejas en sencillas en la digestión. ¿Qué aparato realiza esa función?

2 El aparato digestivo en invertebrados

Conforme los invertebrados han evolucionado a formas estructurales más complejas, se ha producido un aumento de la complejidad, tanto anatómica como funcional del aparato digestivo, caracterizada por:

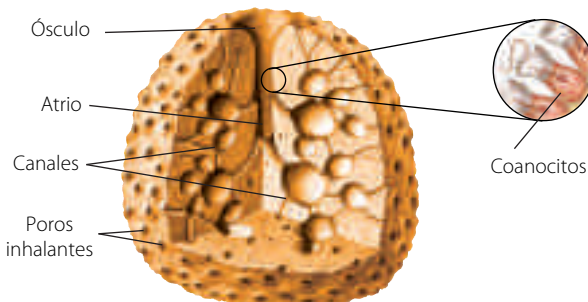
- El paso de una digestión intracelular a una **extracelular**, con mecanismos intermedios de digestión mixta.
- La aparición, junto a la digestión extracelular, de **estructuras** con función **trituradora** que realizan una digestión física previa a la digestión química.
- La formación de dos aberturas en el tubo digestivo: la **boca**, de entrada de alimentos, y el **ano**, de salida de los residuos no digeridos ni absorbidos.
- La regionalización del tubo digestivo en **órganos especializados** en funciones concretas, como la ingestión, la masticación, la digestión química o la absorción.
- La formación de **glándulas digestivas**, como el hepatopáncreas, que elaboran jugos con enzimas hidrolíticas* para la digestión química.

*Enzimas hidrolíticas: Enzimas que rompen enlaces moleculares, con ayuda de agua.

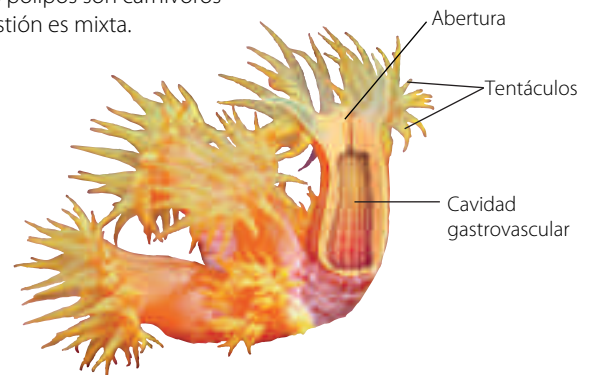
2.1. Diferentes aparatos digestivos de invertebrados

El digestivo más sencillo es el de los poríferos y cnidarios. En realidad, no se puede hablar de un aparato digestivo propiamente dicho, sino de sistemas de captación de alimento e incorporación directa. En el resto de grupos de invertebrados sí aparece un verdadero tubo digestivo.

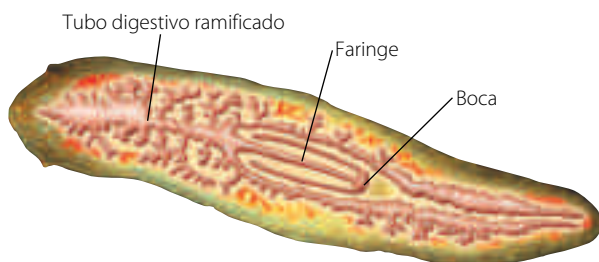
Poríferos. Están provistos de una epidermis con orificios o **poros inhalantes** por los que entra el agua con partículas de alimento a una cavidad general o **atrio**, donde las partículas son captadas por las células mediante fagocitosis. El agua sale por una cavidad mayor, el **ósculo**. La digestión es intracelular.



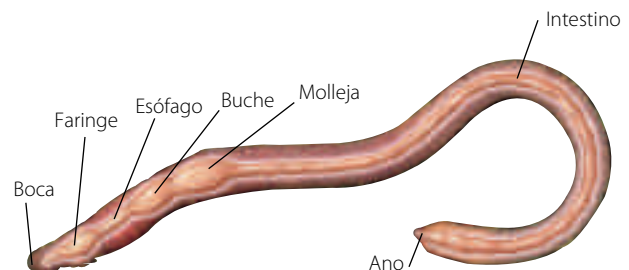
Cnidarios. Hay una **cavidad gastrovascular** con una única abertura, que hace de boca y de ano. Alrededor de la abertura hay tentáculos con células urticantes que ayudan a la captura de presas. Todos los pólipos son carnívoros y su digestión es mixta.



Platelmintos. Tienen solo una boca ventral y central, faringe muscular, y un **tubo digestivo ciego** muy ramificado. Poseen una digestión mixta y los desechos no digeridos se expulsan por la boca. Los platelmintos parásitos, como la tenia, carecen de aparato digestivo y absorben los nutrientes directamente del animal que parasitan a través de la piel.



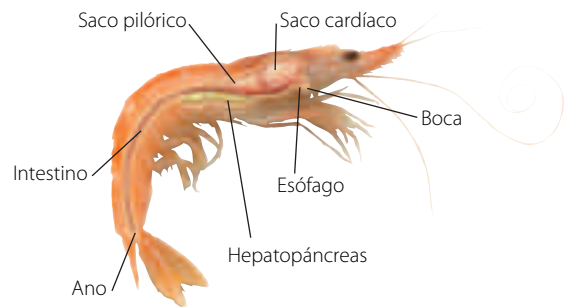
Anélidos. Poseen un tubo digestivo regionalizado, que en la lombriz de tierra presenta las siguientes partes: boca, faringe muscular, esófago, buche, molleja, intestino y ano. En algunos anélidos la faringe tiene función de succión.



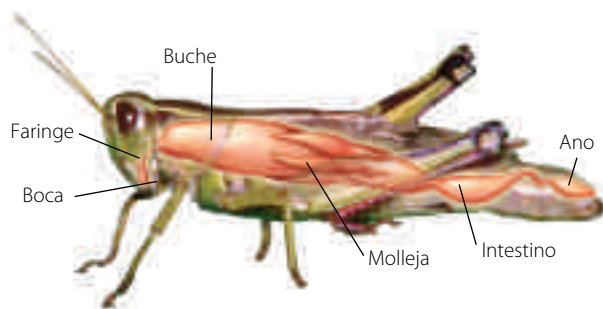
Moluscos. Tienen un tubo digestivo con glándulas anejas. Algunos grupos poseen **rádula** como órgano raspador. En la faringe desembocan las glándulas salivales; el esófago tiene cilios; el estómago es voluminoso y está conectado al hepatopáncreas, que vierte enzimas digestivas, y termina en el intestino, que desemboca en el ano.



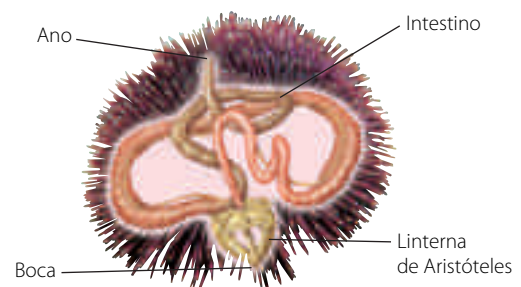
Artrópodos crustáceos. Tienen boca, un esófago corto y un estómago con dos partes, una masticadora, el **saco cardíaco**, y otra con funciones digestivas, el **saco pilórico**; el intestino es largo y termina en el ano. Tienen un voluminoso hepatopáncreas, que se abre al saco pilórico.



Artrópodos insectos. Tienen boca, faringe, buche, molleja o «molinillo gástrico», estómago con unos ciegos gástricos en su parte anterior, intestino y ano. La mayor parte de insectos poseen glándulas salivales. Presentan adaptaciones al tipo de alimentación que tienen, por lo que sus **apéndices bucales** están sumamente modificados para obtener el alimento, y así pueden masticar, chupar, perforar, lamer, etc.

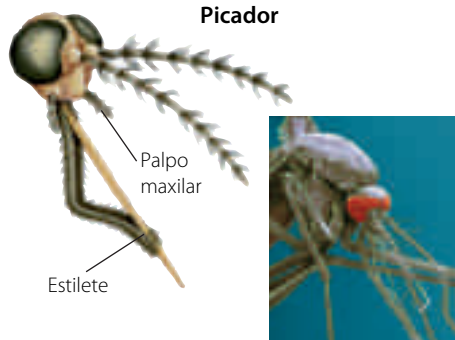


Equinodermos. La boca se encuentra en posición ventral, con un corto esófago y un estómago, que en las estrellas de mar penetra en los brazos, formando los ciegos pilóricos. El intestino termina en el ano en posición dorsal. Los erizos poseen un complejo aparato masticador llamado **linterna de Aristóteles**.

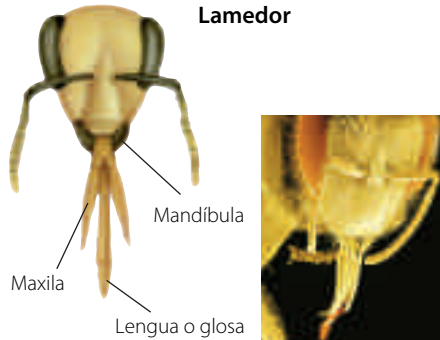


Aparatos bucales de insectos

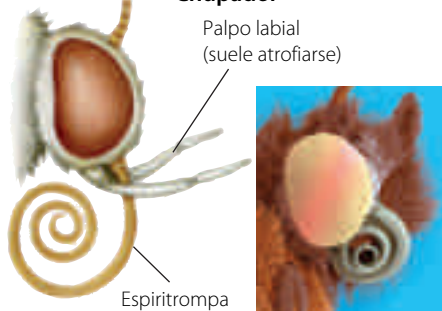
Picador



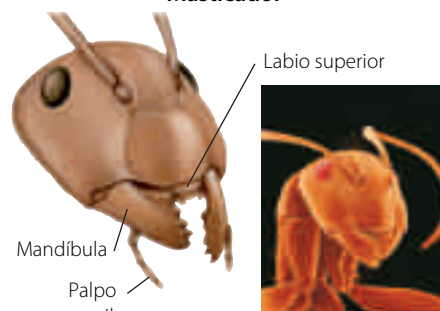
Lamedor



Chupador



Masticador



Actividades

- 7 ¿Qué función desempeñan las glándulas digestivas?
- 8 ¿Qué función predomina en el estómago de invertebrados?
- 9 ¿Cuáles son las glándulas digestivas de los invertebrados?

3 El aparato digestivo en vertebrados (I). El tubo digestivo

En los vertebrados, el aparato digestivo es más complejo que en los invertebrados, y sus órganos están más especializados.

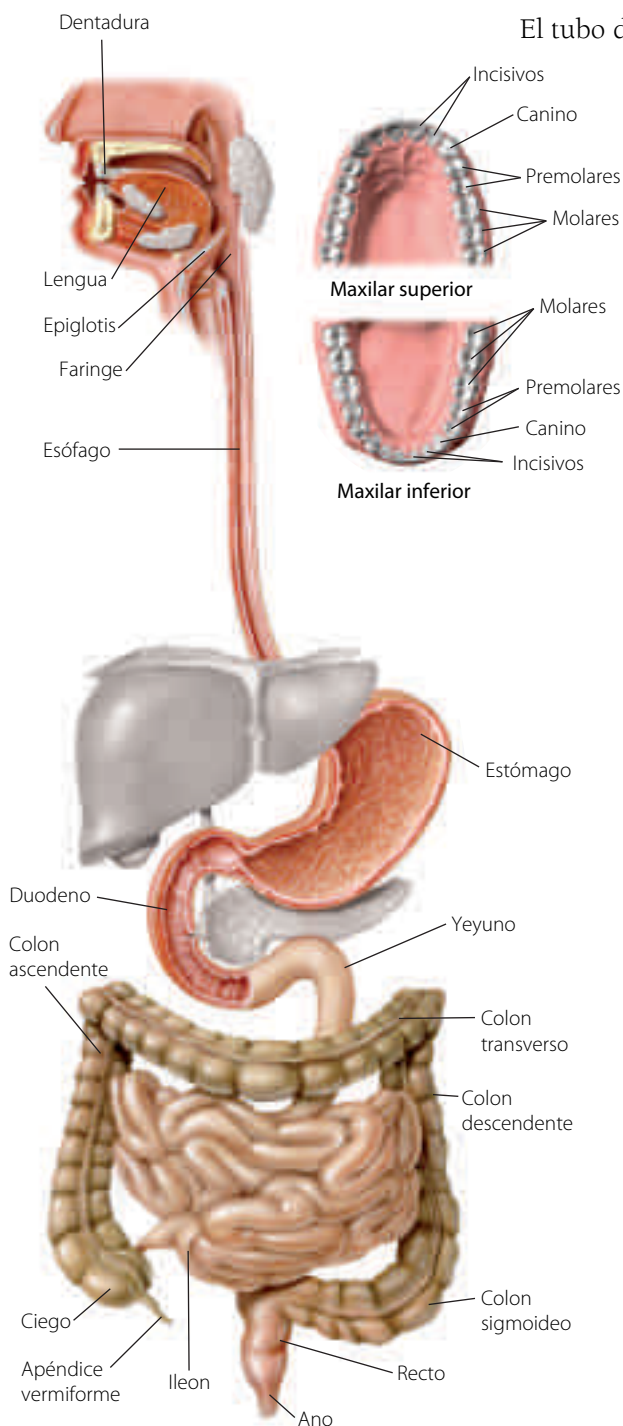
Está constituido por un **tubo digestivo**, que se extiende desde la boca hasta el ano, y las **glándulas digestivas**, que facilitan la digestión de tipo químico. En determinadas zonas del tubo digestivo existen unos anillos musculares, llamados **esfínteres**, que controlan el paso de sustancias de una región a otra.

3.1. Órganos del tubo digestivo

El tubo digestivo está constituido por varios órganos, que son:

- **Boca.** En ella podemos encontrar diferentes elementos, según el grupo: pico, dentadura, glándulas salivales y lengua. En muchos mamíferos limita al exterior por los labios, que se especializan en la succión.
 - **Pico.** Es característico de las aves y los quelonios (tortugas, galápagos...). El pico es de naturaleza córnea, y su forma y tamaño dependen del tipo de alimentación.
 - **Dentadura.** Está formada por varias piezas dentales que son distintas en cada grupo de vertebrados. En mamíferos, su función es la masticación. En peces, anfibios y reptiles, los dientes carecen de función masticadora y sirven para impedir que las presas capturadas se salgan de la boca, por lo que la inserción de los mismos suele ser inclinada y hacia atrás. Las aves no tienen dientes.

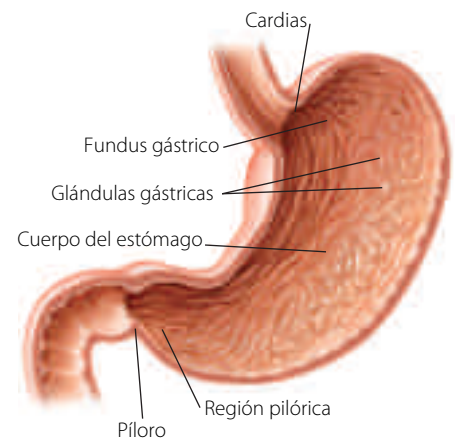
En los mamíferos, los dientes están adaptados a la función que realizan según el tipo de alimentación que posean. En la especie humana son los siguientes: **incisivos**, en forma de cuña, son utilizados para cortar; **caninos**, de forma cónica, se utilizan para desgarrar; **premolares** y **molares**, más ensanchados, empleados para triturar los alimentos.
- **Glándulas salivales.** Existen en todos los vertebrados menos en peces.
- **Lengua.** En mamíferos es un órgano musculoso, en peces es inmóvil y en aves es de naturaleza córnea. En ella están situadas las papilas gustativas, y sirve para mover y distribuir el alimento en la boca durante la masticación en mamíferos, o para capturar presas en algunos anfibios y reptiles.
- **Faringe.** Se encuentra en la parte posterior de la boca y está rodeada de músculos para empujar la comida. La faringe es un órgano común al aparato digestivo y al respiratorio. Comunica con el esófago y la laringe y, en su parte superior, con las fosas nasales a través de las coanas. Posee un repliegue, llamado **epiglotis** que cierra la laringe para evitar que al tragar, el bolo alimenticio penetre en las vías respiratorias.
- **Esófago.** Es un tubo musculoso, encargado de conducir el alimento desde la faringe hasta el estómago, facilitando el tránsito con **movimientos peristálticos** de sus paredes. Comunica con el estómago a través de un esfínter llamado **cardias**. En las aves posee una dilatación lateral, llamada **buche**, que sirve para almacenar el alimento.



- **Estómago.** Es una dilatación del tubo digestivo en la que el alimento se almacena un cierto tiempo. En sus paredes se encuentran las **glándulas gástricas** encargadas de segregar jugos gástricos, responsables de la digestión química en el estómago. También poseen potentes músculos que mezclan el alimento ingerido con los jugos gástricos, formando una papilla acuosa llamada **quimo**. A la salida del estómago se encuentra el **píloro**, un esfínter que deja pasar poco a poco el quimo hacia el intestino delgado.

Según el número de cavidades que tenga, el estómago puede ser **monogástrico**, con una sola cavidad, o **digástrico** con más de una cavidad. El estómago de aves está dividido en una primera parte llamada proventrículo, que es un estómago glandular, y una parte especializada en la trituration de los alimentos, que se llama molleja. Los mamíferos ruminantes poseen cuatro cavidades.

En la especie humana, el estómago tiene una sola cavidad en forma de saco, con una capacidad de 1,3 litros. Posee una primera porción cercana al cardias, llamada **fundus**; una zona central, denominada **cuerpo**, y una **región pilórica** anterior al intestino delgado.



- **Intestino delgado.** Es un tubo plegado de unos dos centímetros de anchura y siete metros de longitud. En mamíferos hay tres regiones: **duodeno**, **yeyuno** e **ileon**. En la primera porción se realiza una digestión química de los alimentos, gracias a la **bilis**, producida en el hígado y acumulada en la vesícula biliar, y al **jugo pancreático**, producido por el páncreas.

La mucosa interior presenta un aspecto aterciopelado debido a que tiene millones de prolongaciones en forma de dedo, llamadas **vellosidades intestinales***. Estas vellosidades incrementan la superficie de la pared, lo que favorece la absorción de los nutrientes que se realiza en el intestino delgado.

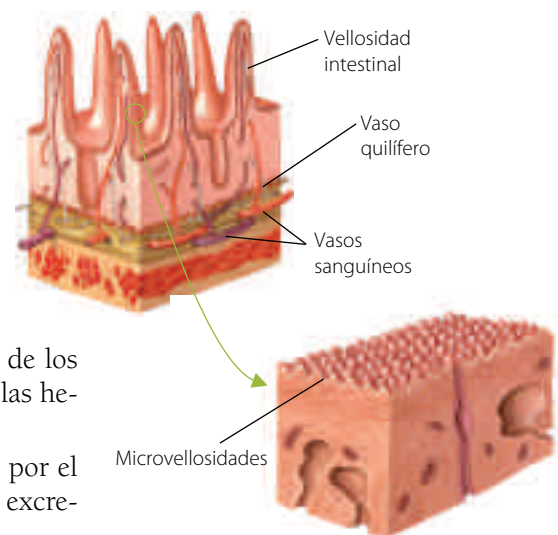
La membrana de las células epiteliales de la mucosa tiene también prolongaciones llamadas **microvellosidades**, lo que aumenta la superficie de absorción.



- **Intestino grueso.** Es un tubo con un diámetro mayor que el intestino delgado. En la especie humana comienza con la **válvula ileocecal**. El primer tramo es un **ciego** que comunica con el **apéndice vermiforme**. Le sigue el tramo más largo, llamado **colon**, que está dividido en: colon ascendente, transverso, descendente y sigmoideo. Al igual que en el intestino delgado, sus paredes presentan pliegues para aumentar la superficie de absorción. El tramo final es el **recto**, que desemboca en el ano.

- **Ano.** Es el orificio final por donde se produce la egestión o eliminación de los productos no asimilados. Tiene unos **esfínteres** que regulan la salida de las heces fecales.

En anfibios, reptiles y aves existe una **cloaca**, que es un órgano formado por el ensanchamiento del recto, en la que terminan los conductos del aparato excretor y del aparato reproductor.



Actividades

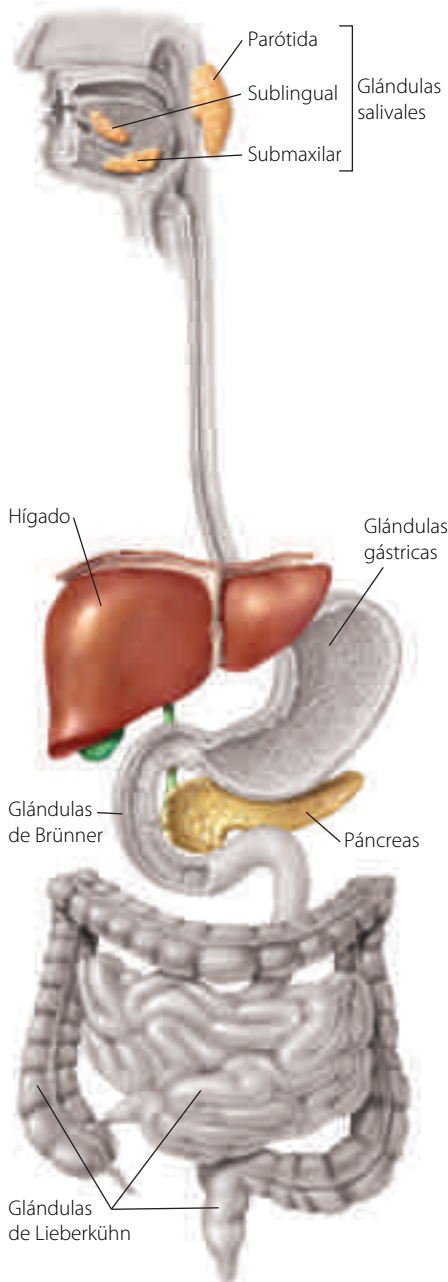
- 10 ¿Existe alguna comunicación entre el aparato digestivo y el respiratorio? ¿A qué nivel?
- 11 ¿Cómo se favorecen las funciones de digestión y absorción en el tubo digestivo?
- 12 ¿Es igual en todos los vertebrados la terminación del tubo digestivo?

*Vellosidades intestinales:

Prolongaciones de la mucosa intestinal. En las personas existen unos diez millones de vellosidades, lo que produce una superficie de absorción de unos 50 m².

4 El aparato digestivo en vertebrados (II). Las glándulas digestivas

En los vertebrados, a lo largo del tubo digestivo, se han desarrollado una serie de **glándulas** especializadas en la secreción de enzimas digestivas y otras sustancias que favorecen el proceso de digestión.



- **Glándulas salivales.** Están situadas alrededor de la boca y en la especie humana hay tres pares: dos **parótidas**, en el maxilar superior por debajo de las orejas; dos **submaxilares**, en la cara interna de la mandíbula, y dos **sublinguales**, debajo de la lengua. Fabrican saliva, que segregan a la boca.

La saliva está formada principalmente por agua, mucina y amilasa. La mucina hidrata, ablanda y lubrica la comida para facilitar la deglución y la amilasa es una enzima que digiere el almidón. La composición de la saliva incluye lisozima, una sustancia con acción bactericida.

- **Glándulas gástricas.** Se encuentran dispersas en la mucosa de las paredes del estómago. Son glándulas de forma tubular que tienen dos tipos de células secretoras: las **células parietales**, que producen ácido clorhídrico, y las **células principales**, que sintetizan la enzima pepsina.

Además, en toda la superficie de la mucosa existen **células caliciformes** (en forma de copa), que segregan mucina, una sustancia que lubrica y protege las paredes del medio ácido en el que se encuentran.

- **Glándulas intestinales.** Se localizan en la capa mucosa de las paredes del intestino. Existen dos tipos:

- **Glándulas de Brunner** cuyas células producen mucina.
- **Glándulas de Lieberkühn**, que se encuentran en el fondo de las vellosidades intestinales y producen el jugo intestinal formado por enzimas digestivas: **disacaridasas** (degradan disacáridos), **peptidasas** (degradan proteínas) y **nucleasas intestinales** (degradan ácidos nucleicos).

- **Hígado.** Situado debajo del diafragma. Está formado por células llamadas **hepatocitos**, que poseen una gran actividad metabólica. Sus funciones son:

- Producir y segregar bilis.
- Convertir glucosa en glucógeno y almacenarlo.
- Transformar los aminoácidos excedentes en ácidos grasos y urea.
- Almacenar hierro y vitaminas.
- Destoxificar* sustancias que entran en los alimentos, como toxinas, alcohol y fármacos.

- **Páncreas.** Se encuentra situado detrás del estómago. Tiene forma de hoja y está recorrido en toda su longitud por el conducto pancreático. Es una glándula mixta, con función exocrina* y endocrina*. Como órgano exocrino, sus **glándulas alveolares** fabrican el jugo pancreático que se vierte al duodeno y está formado por: tripsina, quimotripsina, nucleasas pancreáticas, amilasa pancreática, lipasa pancreática y bicarbonato sódico, que neutraliza la acidez del quimo. Como órgano endocrino fabrica las hormonas* insulina y glucagón, que segrega a la sangre.

***Destoxificar:** Eliminar productos tóxicos.

***Exocrina:** Que segrega las sustancias al exterior del organismo.

***Endocrina:** Que segrega las sustancias a la sangre.

***Hormona:** Sustancia orgánica sintetizada en glándulas, transportada a otros lugares, donde produce efectos fisiológicos.

Actividades

13 ¿Qué diferencias existen entre el páncreas y las glándulas del estómago y del intestino?

14 Señala las enzimas que se producen en las glándulas digestivas.

5 La digestión en vertebrados

Existen pequeñas diferencias en la digestión de vertebrados. En los mamíferos se produce en la boca, el estómago y el intestino.

5.1. Digestión en la boca

Una vez ingerido el alimento, se realizan los siguientes procesos:

- **Digestión mecánica.** Se realiza con la dentadura e implica la masticación y trituración de alimento.
- **Digestión química.** La **amilasa** salival rompe los enlaces glucosídicos del almidón, produciendo el disacárido maltosa.

La mucina hidrata y lubrica la comida masticada, formando un bolo alimenticio que es empujado por la lengua hacia la faringe y facilita su deglución*. De la faringe el bolo alimenticio pasa al esófago, a partir del cual se mueve lentamente gracias a **movimientos peristálticos** de las paredes de todo el tubo digestivo.

5.2. Digestión en el estómago

El bolo alimenticio entra al estómago por el cardias y se denomina **quimo**. En el estómago actúan los jugos gástricos, formados por una mezcla acuosa de pepsina y ácido clorhídrico.

La **pepsina** es una enzima que actúa a un pH muy ácido (1,5-2), rompiendo los enlaces peptídicos de las proteínas.

El **ácido clorhídrico** proporciona el medio ácido que necesita la enzima para actuar. También tiene acción bactericida, eliminando microorganismos que podrían producir putrefacción.

Las paredes musculosas del estómago ayudan a la digestión al mezclar los jugos gástricos con el alimento mediante movimientos peristálticos.

5.3. Digestión en el intestino

El quimo pasa poco a poco a través del píloro hacia el duodeno, donde se completa la digestión gracias al jugo intestinal y a las secreciones del hígado y el páncreas. La papilla que se forma se llama **quilo**.

La bilis, producida en el hígado, se almacena en la vesícula biliar. Con la presencia de lípidos, la vesícula se contrae y vierte su contenido al duodeno. La bilis emulsiona* las grasas, lo que facilita la acción de las lipasas. Las principales enzimas son:

- **Amilasa pancreática.** Digiere el almidón, y da lugar a moléculas de maltosa.
- **Disacaridasas.** Actúan sobre la maltosa, la lactosa y la sacarosa, y producen monosacáridos, principalmente glucosa.
- **Lipasas.** Rompen los triglicéridos, para formar glicerina y ácidos grasos.
- **Tripsina y quimotripsina.** Rompen enlaces peptídicos, para dar péptidos.
- **Peptidasas.** Actúan sobre los péptidos y producen aminoácidos libres.
- **Nucleasas.** Actúan sobre los ácidos nucleicos separándolos en ácido fosfórico, pentosas y bases nitrogenadas.

Los alimentos permanecen en el intestino delgado unas ocho horas. Posteriormente pasan al intestino grueso a través de la **válvula ileocecal**.

	Glúcidos	Grasas	Proteínas	Ácidos Nucleicos
Boca				
Estómago				
Intestino				

***Deglución:** Paso del alimento de la boca al estómago.

***Emulsionar:** Hacer que una sustancia (en este caso, una grasa) adquiera el estado de emulsión, en el que sus partículas son de pequeño tamaño.

Actividades

- 15** Indica qué papel desempeña la bilis en la digestión.

6 La absorción y la egestión en vertebrados

Actividades

- 16** ¿En qué partes del tubo digestivo se produce la absorción de los nutrientes?
- 17** ¿Se pueden absorber las grasas directamente? ¿Por qué? Describe qué procesos sufre una molécula de grasa desde el intestino delgado hasta que llega a la sangre.
- 18** Durante la absorción, ¿pasan todos los nutrientes a la sangre o hay diferencias?

A la vez que se produce la digestión en el intestino, se van absorbiendo las moléculas sencillas que se producen. Los nutrientes tienen diferentes mecanismos de absorción:

- **Difusión simple.** Paso de sustancias a favor de gradiente de concentración.
- **Difusión facilitada.** Paso a través de la membrana con ayuda de proteínas transportadoras.
- **Transporte activo.** Paso en el que, además de proteínas de transporte, se produce un alto gasto energético.

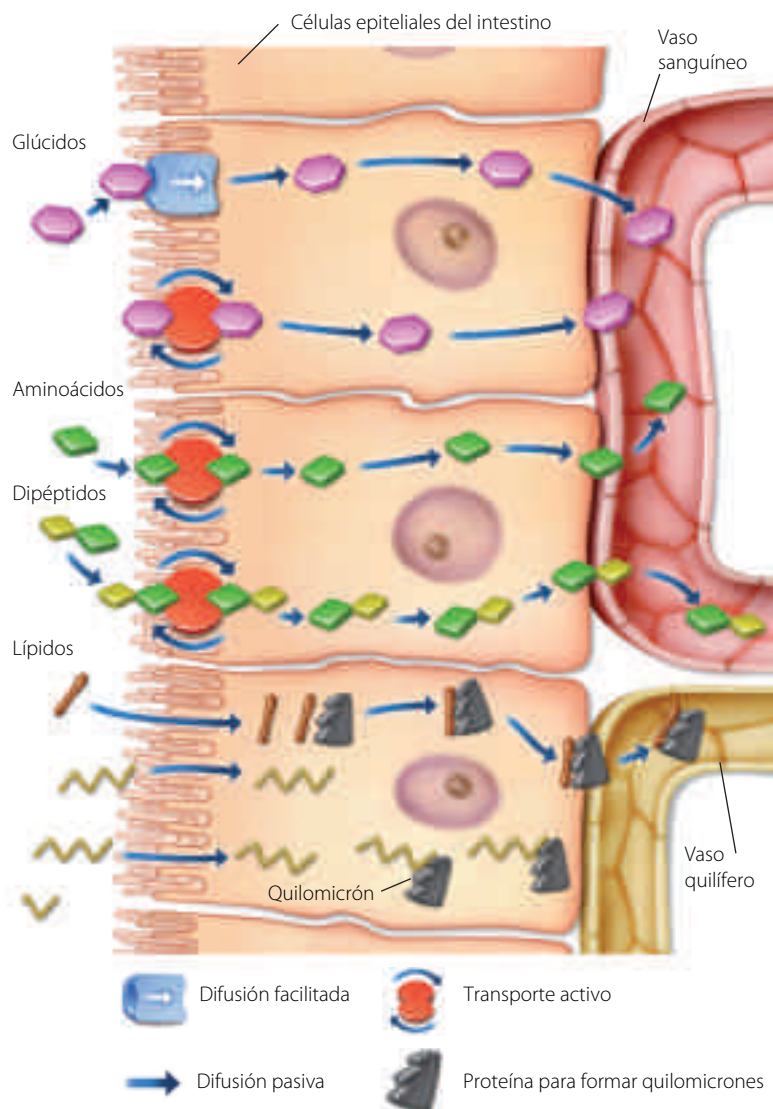
La absorción de moléculas es un proceso que se realiza a lo largo de todo el tubo digestivo. En la boca se absorbe el alcohol, que también se absorbe en el estómago junto con parte del agua y las sales minerales. En el intestino delgado son absorbidas la mayoría de moléculas producidas tras la digestión. En el intestino grueso se absorben gran cantidad de agua y sales minerales.

En el caso del alcohol, su absorción completa puede requerir entre dos y seis horas, dependiendo fundamentalmente de la cantidad, del tipo de alcohol y de la comida ingerida.

6.1. Absorción en el intestino delgado

En este tramo del tubo digestivo se lleva a cabo la absorción de la mayoría de los nutrientes. Dependiendo de la naturaleza de cada tipo de molécula, esta se realiza de diferentes maneras.

- Los **glúcidos sencillos**, liberados de la digestión de moléculas como el almidón, son absorbidos rápidamente por transporte activo y difusión facilitada.
- Los **aminoácidos** y los **dipéptidos** son absorbidos por mecanismos de transporte activo. Tanto los glúcidos como los derivados peptídicos pasan a los capilares sanguíneos de las vellosidades intestinales, que convergen en la vena porta. Esta vena lleva la sangre desde el intestino hasta el hígado, donde se procesan los nutrientes recién absorbidos.
- Los **ácidos grasos**, la **glicerina**, el **colesterol** y las **vitaminas liposolubles** (A, D, E y K) viajan por una ruta indirecta a través del sistema linfático. Estas moléculas entran en las células de la mucosa por difusión pasiva. Dentro de ellas se unen a proteínas, formando complejos de lipoproteínas, llamados **quilomicrones**. También el **colesterol** y resto de lípidos son empaquetados en este tipo de complejos. Los quilomicrones pasan a los vasos quilíferos de las vellosidades intestinales, y de ahí, a vasos linfáticos mayores que vierten finalmente su contenido al torrente sanguíneo.
- La **vitaminas hidrosolubles** (complejo de vitaminas B y C) se absorben a lo largo del intestino delgado, excepto la **vitamina B₁₂**, que tiene sistemas específicos de absorción en la parte final del íleon.



6.2. Absorción en el intestino grueso

La absorción de **agua, sodio y sales minerales** es un proceso que comienza en el intestino delgado y sigue en el colon del intestino grueso.

Poco a poco, a lo largo del intestino grueso, los residuos de la digestión se hacen más consistentes, ya que llegan a perder un 70 % de agua por absorción.

El intestino grueso aloja un gran número de bacterias simbióticas que producen aminoácidos y vitaminas (como la vitamina K). Estas moléculas pasan por absorción al torrente sanguíneo desde el intestino.

En el trayecto final del intestino grueso, las bacterias simbiotes, como *Escherichia coli*, también degradan las sustancias alimenticias que no habían sido digeridas antes, y llevan a cabo procesos de putrefacción, responsables del olor característico de las heces fecales.

La irritación del colon, por ejemplo por infecciones, ocasiona un tránsito más rápido de las heces y provoca diarreas, en las que se pierde gran cantidad de agua, ya que no se realiza su absorción.

6.3. Egestión

Tras la digestión y la absorción, los restos no digeridos, transformados ya en **heces fecales**, son expulsados mediante la **egestión o defecación**. Es un proceso involuntario que comienza cuando se relaja el esfínter anal interno al llegar las heces, pudiendo el esfínter externo de manera voluntaria retener la heces de forma temporal.

Actividades

- 19 Explica cómo se forman las heces fecales.
- 20 En una diarrea se pierde gran cantidad de agua. Explica por qué.

Rincón para el debate

Alimentos transgénicos

Los alimentos transgénicos son los que proceden de organismos modificados genéticamente (OMG). Las técnicas actuales de ingeniería genética permiten obtener genes de una célula e introducirlos en otra, por tanto, se pueden tomar genes de virus, bacterias, hongos, plantas o animales e introducirlos en cualquier especie vegetal o animal.

Con estas técnicas se pueden conseguir, por ejemplo, frutas más resistentes a la putrefacción, lo que facilita su transporte, o modificar el ganado para que aumente su producción de leche. Por ejemplo, en España se cultiva maíz transgénico con genes de una bacteria gracias a los que la planta produce una sustancia insecticida.

La legislación europea obliga a etiquetar los productos que deriven de cosechas transgénicas. Cualquier alimento que contenga OMG o derivados debe especificarlo en su etiqueta.

Algunas personas creen que estos alimentos no deben ser consumidos, ya que no se conoce su efecto a medio y largo plazo, y podrían presentar riesgos, tales como: alteraciones genéticas o alergias, o incluso, la alteración del equilibrio natural de los ecosistemas.

¿Qué se entiende por alimento transgénico?

¿Qué ventajas pueden tener para los consumidores los alimentos transgénicos?
¿Y a nivel mundial?

¿Crees que merece la pena su utilización?



7 La digestión en los rumiantes

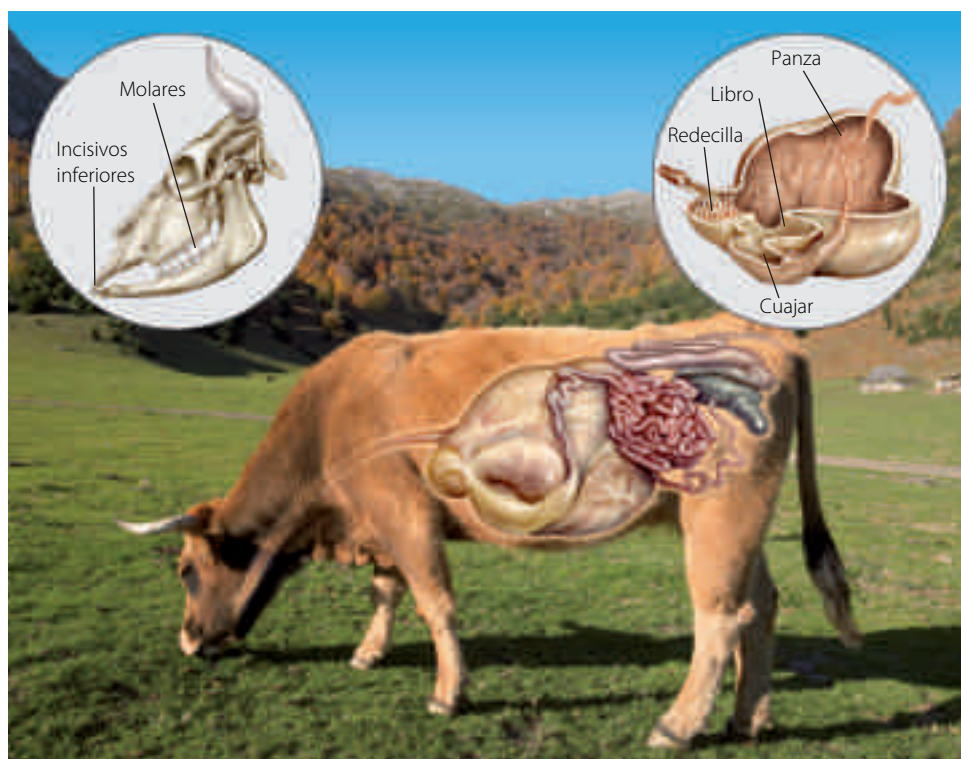
Los rumiantes son mamíferos herbívoros que realizan un proceso digestivo diferente al resto de mamíferos. Tras realizar una primera masticación breve, tragan el alimento, que llega al estómago; después lo regurgitan a la boca para masticarlo de nuevo y volver a tragarlo para continuar la digestión.

Los rumiantes poseen estómagos complejos y de gran volumen, que en el caso del ganado vacuno puede tener una capacidad total de 120 a 200 litros. Están formados por **cuatro cavidades**:

- **Panza** o **rumen**, que es la cavidad de mayor tamaño.
- **Redecilla** o **retículo**, con una superficie interna en forma de alveolos.
- **Libro** u **omaso**, que lleva en su interior láminas longitudinales que recuerdan las páginas de un libro.
- **Cuajar** o **abomaso**, con ligeros pliegues en sus paredes, es la única cavidad que posee glándulas digestivas.

Proceso de digestión en rumiantes

1. La comida, apenas masticada, pasa desde la boca hasta la **panza**.
2. En la panza se digiere la celulosa gracias a **bacterias simbiotes**, que producen **celulasa**, enzima capaz de degradar la celulosa a moléculas de glucosa. Mediante esta simbiosis, el rumiante tiene una digestión más eficaz, pues aprovecha la celulosa como fuente de energía.
3. De la panza, el alimento pasa a la **redecilla**, que poco a poco se va vaciando al enviar pequeñas cantidades de comida hacia la boca, donde se tritura y mastica de nuevo.
4. La comida muy triturada y parcialmente digerida va al libro, donde se produce una gran absorción de agua.
5. Por último, pasa al **cuajar**, donde se completa una digestión química mediante enzimas.



La dentición de los rumiantes crece continuamente, lo que compensa su gran desgaste.

Debido al tipo de alimentación, la **dentición** de los herbívoros es totalmente diferente a la de los carnívoros. En los rumiantes, los incisivos superiores han desaparecido. La hierba, arrancada por la lengua, es cortada con los incisivos inferiores chocando contra la encía superior, que se encuentra cornificada. Carecen de caninos en el maxilar superior, y los del maxilar inferior están junto a los incisivos. Los molares están adaptados a la trituración de hojas, tallos, frutos o semillas. La superficie de la corona es amplia y está dividida por crestas de esmalte en forma de media luna.

Actividades

- 21 ¿Qué diferencias existen entre el estómago de un rumiante y un no rumiante?
- 22 Explica el proceso digestivo de los rumiantes.

Digestión salival del almidón

La digestión química de los alimentos comienza en la boca a cargo de la amilasa que compone la saliva. Esta enzima rompe las moléculas de almidón, que se descompone en maltosa, un glúcido de menor tamaño.

Objetivos

- Comprobar la acción de la amilasa salival.
- Reconocer la presencia de maltosa después de la digestión del almidón por la amilasa.

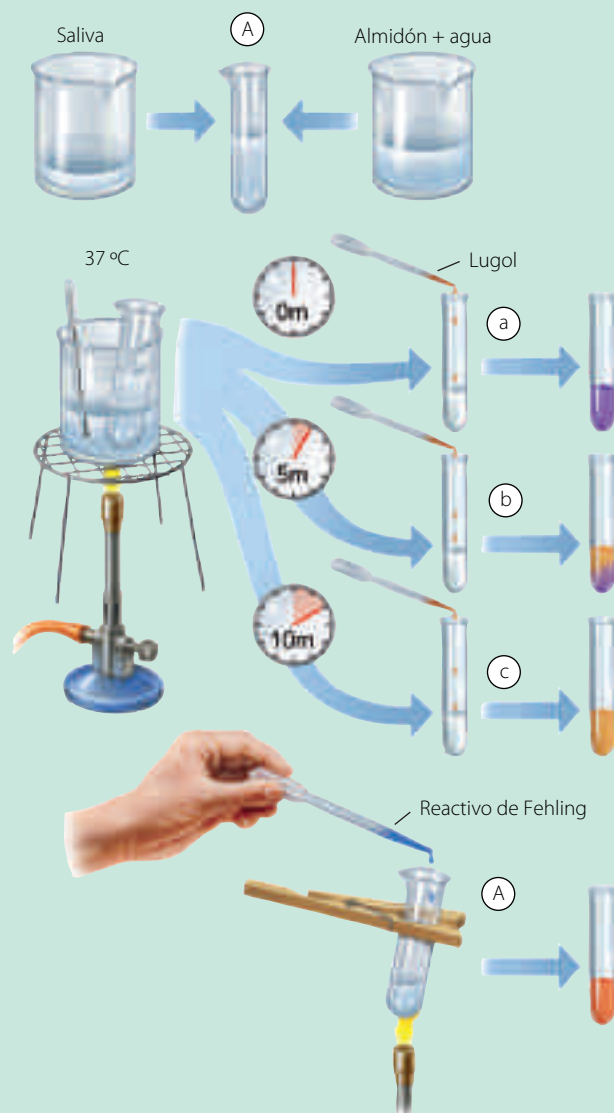
Material necesario

- Agua destilada
- Almidón
- Gradilla
- Tubos de ensayo
- Varilla de agitar
- Pipeta de 1 mL
- Termómetro
- Mechero de gas
- Vaso de precipitados de 250 mL
- Vaso de precipitados de 100 mL
- Reactivo de Fehling
- Lugol

Desarrollo

1. Necesitamos varios mililitros de saliva, para ello activamos su secreción oliendo un limón, y mantenemos la boca hacia abajo para recoger la saliva en un vaso de precipitados pequeño.
2. Realizamos una mezcla de agua con almidón en un vaso de precipitados de 100 mL. Calentamos 40 mL de agua destilada y añadimos lentamente 2 g de almidón, agitando con la varilla hasta que la mezcla sea homogénea.
3. Mezclamos 4 mL de saliva y 5 mL de agua con almidón en un tubo de ensayo (A), agitando bien. Introducimos el tubo en un vaso de precipitados de 250 mL con agua al baño maría a unos 37 °C y mantenemos la temperatura constante.
4. Tomamos 1 mL del contenido del tubo de la mezcla almidón-saliva (A), y lo ponemos en otro tubo de ensayo (a) con unas gotas de lugol.
5. Dejamos pasar 5 minutos, tomamos 1 mL del tubo de la mezcla almidón-saliva (A), lo pasamos a otro tubo de ensayo (b) y añadimos lugol.
6. Transcurridos 10 minutos hacemos la misma operación que en el apartado anterior en un tercer tubo de ensayo (c). Así hasta que el color del lugol cambie, lo que nos indicará que ya no hay más almidón en la mezcla.
7. Al líquido sobrante le añadimos reactivo de Fehling, calentamos a la llama ligeramente y observamos los resultados.

Sugerencia: Si disponemos de tiempo, podemos realizar la misma experiencia a otras temperaturas (por ejemplo, a temperatura ambiente), para comprobar a cual de ellas se realiza más rápidamente la digestión.



Practica

23 Haz una tabla en la que se reflejen los resultados de los pasos 4, 5, 6 y 7.

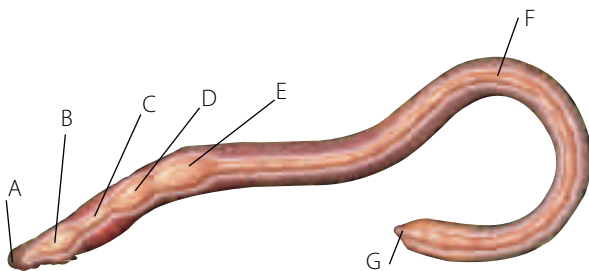
24 ¿Qué utilidad tiene el lugol? ¿Qué sustancia tiñe? ¿Cómo interpretas los resultados al añadir lugol?

25 ¿Qué utilidad tiene el reactivo de Fehling? ¿Qué sustancia tiñe? ¿Qué es lo que investigas al utilizar este tinte?

26 Explica cuál es la acción de la amilasa salival sobre el almidón. ¿Actúa también sobre otros glúcidos más sencillos?

Actividades de repaso

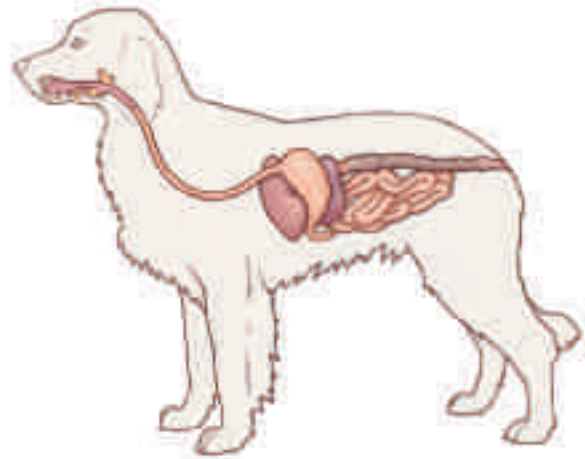
- 27** Explica en qué consiste la nutrición heterótrofa y señala las diferencias con la nutrición autótrofa.
- 28** Mediante un esquema relaciona los aparatos que intervienen en la nutrición animal, así como las funciones de cada uno.
- 29** Los seres vivos necesitamos nutrientes, señala para qué los utilizamos. Pon varios ejemplos de sustancias que sean nutrientes y de otras que no lo sean.
- 30** El aparato digestivo de los animales realiza una serie de acciones, ¿cuáles son?, explica cada una de ellas.
- 31** Indica ejemplos de animales con:
- Digestión extracelular
 - Digestión intracelular
 - Digestión mixta
- 32** Indica las diferencias entre:
- Deglución e ingestión del alimento
 - Nutrientes y alimento
 - Digestión y absorción de nutrientes
 - Excreción y egestión
- 33** ¿Qué finalidad tiene la digestión mecánica del alimento? Indica varios mecanismos encargados de realizarla.
- 34** Diferencia las partes del aparato digestivo del siguiente anélido.



- 35** ¿Qué misión tienen los esfínteres que separan los diferentes tramos del tubo digestivo?
- 36** Copia y rellena el siguiente cuadro indicando el tipo de digestión que tiene cada grupo animal.

	Tipo de digestión
Crustáceos	
Anélidos	
Platelmintos	
Vertebrados	
Poríferos	
Moluscos	
Cnidarios	
Equinodermos	

- 37** Copia este dibujo del aparato digestivo de un vertebrado:



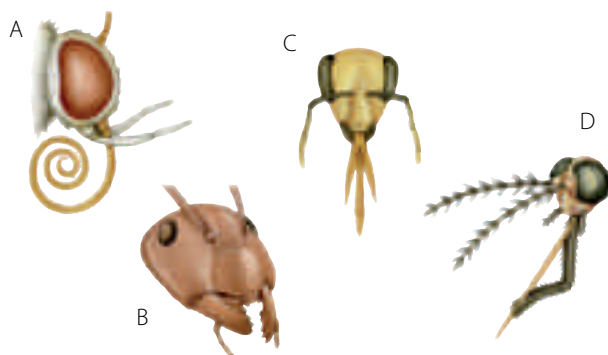
- Localiza y nombra los diferentes esfínteres o válvulas indicando los órganos que comunican.
 - Comenta los procesos que tienen lugar en cada uno de los órganos.
- 38** Describe alguna adaptación del aparato digestivo en vertebrados al tipo de alimentación. ¿Por qué crees que las aves tienen estómago triturador? Los rumiantes tienen el intestino grueso más corto que el resto de mamíferos. Razona por qué.
- 39** Señala en qué lugar del tubo digestivo se digieren cada una de las siguientes moléculas orgánicas:
- Almidón
 - Maltosa
 - Grasas
 - Disacáridos
 - Proteínas
 - Péptidos
- 40** Copia y completa la tabla con las enzimas que se encargan de la digestión de las siguientes moléculas:

	Enzima correspondiente
Polisacáridos	
Disacáridos	
Grasas	
Proteínas/péptidos	
Ácidos nucleicos	

- 41** ¿Cómo se absorben los nutrientes en el tubo digestivo? Indica la localización de la absorción de los diferentes nutrientes.
- 42** Establece las diferencias entre egestión y excreción. ¿Se realizan en los mismos aparatos?, ¿los productos tienen el mismo origen?
- 43** Señala la función que realizan las bacterias que viven simbiotes en el intestino grueso de la especie humana. ¿Es la misma función que la realizada por las bacterias que hay en la panza de los rumiantes?
- 44** Explica cómo se produce la digestión en los rumiantes, detallando cuál es la función de cada una de las cavidades de su estómago.

Actividades de ampliación

- 45** Crees que la regionalización y especialización del tubo digestivo en invertebrados está relacionada con una mayor complejidad funcional de los mismos? Razona la respuesta.
- 46** Explica cómo podrías deducir el tipo de alimentación de un animal si no conoces lo que come.
- 47** Realiza una clasificación sencilla de los animales fijándote en el aparato digestivo que poseen.
- 48** ¿Qué dientes empleas cuando comes un bocadillo? Indica qué función realiza cada tipo de diente en cada momento de la masticación.
- 49** ¿Qué es la epiglotis? Señala qué problemas podrían presentarse si no funcionara correctamente.
- 50** En los siguientes dibujos se aprecian los apéndices bucales de varios tipos de insectos. Explica las características de cada tipo de boca en relación con la clase de alimentación.



- 51** Indica la función de los siguientes órganos y el grupo animal que lo posee:

	Función	Grupo animal a que pertenece
Linterna de Aristóteles		
Hepatopáncreas		
Rádula		
Buche		
Cloaca		

- 52** En relación con el tubo digestivo de vertebrados:
- ¿Qué defensa posee para no digerir sus propias células?
 - ¿Cómo se favorece la digestión de los lípidos por enzimas que son hidrosolubles?
 - Señala las modificaciones que tiene para aumentar la absorción de nutrientes.
- 53** Haz un resumen de lo que le ocurre a una molécula de almidón en su digestión y absorción final. Indica: las enzimas que la atacan, dónde se producen, en qué órgano actúan y los productos finales de la digestión, señalando la forma de absorción de los mismos. Realiza el mismo esquema con una molécula de grasa y otra de proteína.

- 54** Señala diferentes modificaciones o adaptaciones del cuerpo de invertebrados para la captura de alimento.
- 55** Señala las diferencias que existen entre la absorción intestinal de una molécula de grasa y la absorción de una molécula de glucosa.
- 56** Copia la siguiente tabla e indica los principales componentes de cada uno de los jugos digestivos.

Saliva	Jugo gástrico	Jugo intestinal	Jugo pancreático

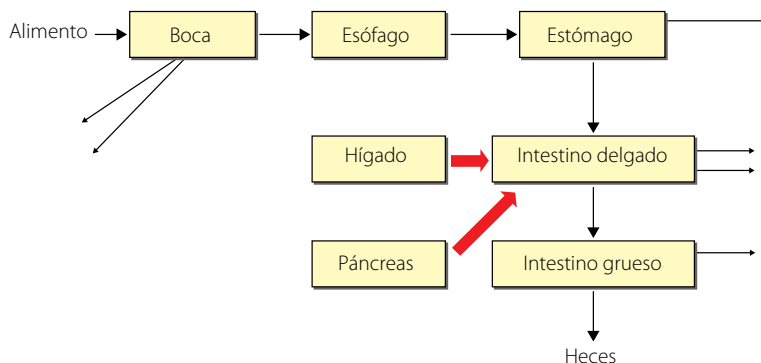
- 57** Indica las principales funciones del hígado y señala cuáles están relacionadas directamente con la función de nutrición.
- 58** Describe el recorrido que hace la comida en el aparato digestivo de un rumiante.
- 59** Cita las enzimas digestivas que se segregan de forma inactiva. Razona por qué se segregan de esta manera.
- 60** ¿Qué le ocurre, desde el punto de vista de la nutrición, a la celulosa cuando es utilizada como alimento por el ser humano? Normalmente, la fibra es en su mayor parte celulosa, piensa por qué es tan recomendada en la dieta humana. ¿Qué función puede tener?
- 61** Algunas personas presentan malestar en el estómago e intestino, acompañado de cólicos y diarreas cuando beben leche. ¿Cuál piensas que puede ser la causa de ese trastorno llamado «intolerancia a la lactosa»? Documentate y expón otras anomalías relacionadas con la nutrición que se dan en la especie humana.
- 62** Realiza un informe de dos trastornos alimentarios que se producen a veces en la adolescencia: bulimia y anorexia. Indica cuáles pueden ser las causas, cómo se desarrolla la enfermedad, qué efectos tiene para la persona y cómo puede curarse.
- 63** Copia el siguiente cuadro y rellena los huecos.

Glándulas	Enzimas que producen	Sustrato sobre el que actúan	Productos liberados	Lugar de actuación
Salivales				
De la mucosa del estómago				
Páncreas				
De la mucosa intestinal				

Orientaciones para un examen

El esquema relaciona diferentes elementos del aparato digestivo de los mamíferos. En él se indican los principales órganos de este aparato.

Completa el esquema, añadiendo en cada una de las flechas los procesos fisiológicos más importantes que llevan a cabo cada uno de los órganos.



Interpretación de los procesos fisiológicos del aparato digestivo

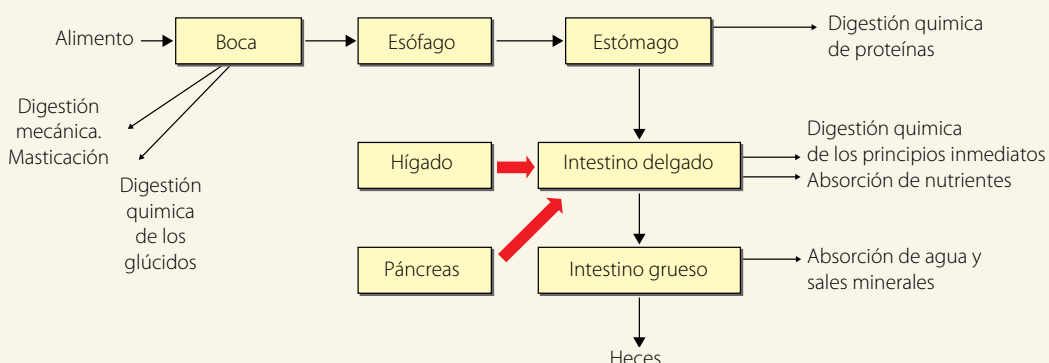
En el esquema están señalados únicamente los principales órganos del aparato digestivo, y se indica, tanto la entrada de alimento al tubo digestivo como la salida de las heces.

Para contestar a lo que se pregunta y completar bien el esquema, hay que tener una visión general de lo que ocurre en el tubo digestivo.

A lo largo del trayecto, el alimento sufre una serie de transformaciones en algunos de los órganos. Dichas transformaciones están encaminadas a desmenuzar el alimento y a prepararlo para su posterior digestión química, así los nutrientes podrán ser absorbidos y pasar al aparato circulatorio.

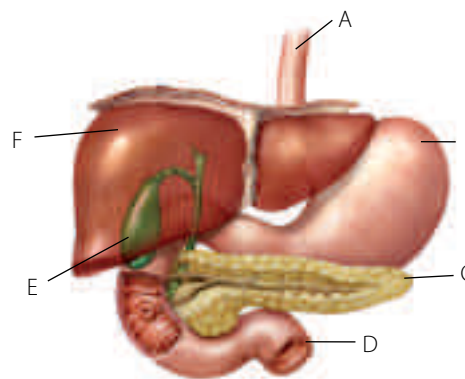
- En la boca están señaladas dos flechas, ya que en ella se producen dos procesos importantes: la **digestión mecánica**, realizada mediante la masticación, y la **digestión química** de los glúcidos, debida a una amilasa que contiene la saliva.
- En el estómago está señalada otra flecha, sobre la que se debe indicar: **digestión química** de proteínas mediante los jugos gástricos.
- En el intestino delgado se deben colocar dos funciones importantes:
 - La **digestión química** de todos los principios inmediatos, ya que al duodeno se vierten el jugo intestinal y el jugo pancreático, que contienen enzimas digestivos de glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
 - La **absorción de los nutrientes**, realizada tras la completa digestión de los alimentos, con un tamaño de sus moléculas más pequeño.
- En el intestino grueso se produce también **absorción**, principalmente de la mayor parte de agua y sales minerales.

Las flechas que relacionan el hígado y el páncreas con el intestino delgado se refieren a que ambas glándulas vierten al mismo la bilis y el jugo pancreático, necesarios para la digestión que se realiza en el intestino delgado.



Practica

- 64 Explica qué procesos fisiológicos relacionados con el aparato digestivo se verían afectados en una persona por:
- La extirpación del páncreas.
 - La sobreproducción de la secreción de las células parietales del estómago.
 - El descenso de formación de bilis.
- 65 El dibujo adjunto representa una región del aparato digestivo.
- Identifica los elementos señalados.
 - Explica la funciones que realiza cada uno de ellos.



Gastritis y úlcera péptica

En 2005 el premio Nobel de Fisiología y Medicina fue concedido a los doctores Barry J. Marshall y J. Robin Warre, a quienes se les reconocía sus trabajos sobre la bacteria *Helicobacter pilory* y su implicación en el proceso de la gastritis y la úlcera péptica. Pero ¿qué son estas enfermedades?

La gastritis es la inflamación de la mucosa que reviste interiormente el estómago, si persiste durante años, puede llegar a producir úlcera péptica.

La úlcera es una llaga abierta en la luz del estómago por la acción de los ácidos, al faltar o disminuir el revestimiento protector de mucina que existe en las paredes del tubo digestivo. Si se extiende hacia la capa muscular de las paredes, puede ocasionar hemorragias graves. Es frecuente en el duodeno y en la parte inferior del estómago.

Las causas

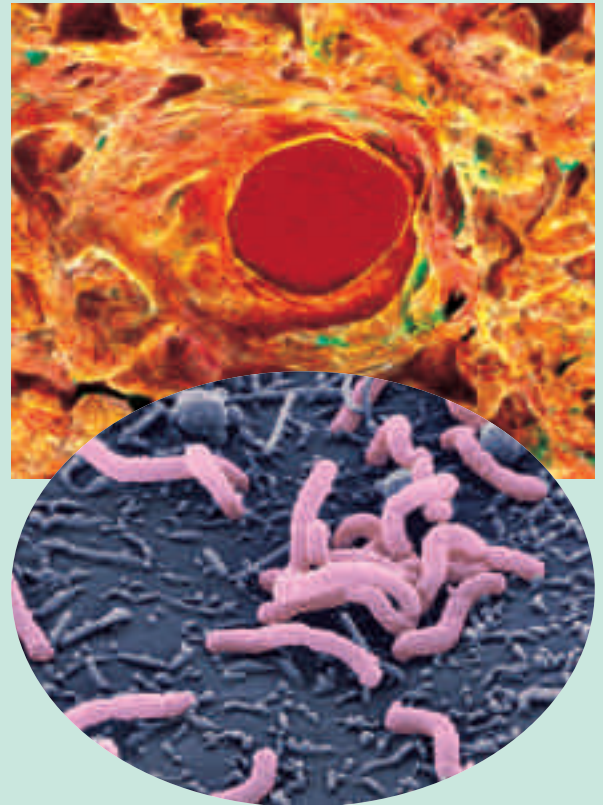
Clásicamente se acudía a numerosos factores para explicar el desarrollo de la gastritis, como los medicamentos analgésicos y antiinflamatorios, el estrés, tanto psíquico como físico, el alcohol, etc. Pero los trabajos realizados por estos investigadores en los últimos años no dejan dudas del papel de una bacteria como principal agente causal de la gastritis crónica. Sus estudios han demostrado que la infección por *Helicobacter pilory* causa más del 90 % de las úlceras de duodeno y hasta el 80 % de las gástricas.

Aunque en un principio la comunidad científica criticó sus investigaciones y puso en duda los resultados de ambos médicos, en la actualidad se aceptan claramente.

Sus investigaciones comenzaron en 1982 cuando descubrieron en biopsias de las paredes del estómago una bacteria que, sorprendentemente, está adaptada a vivir en un medio muy ácido. *Helicobacter pilory* es una bacteria de forma espiral y con varios flagelos en uno de sus extremos. Se cree que la bacteria infecta a las células secretoras de mucina y eso hace que se segreguen menor cantidad en determinadas regiones, que quedan expuestas a los jugos gástricos muy ácidos.

Alrededor del 50 % de los seres humanos tienen en su estómago esta bacteria, que se transmite de madres a hijos en los primeros años de vida. Solo entre el 10 y el 15 % de las personas que la tienen desarrollan a lo largo de su vida una úlcera. Es muy probable que la infección dependa de las características de la persona infectada, del tipo de *Helicobacter pylori* y de otros factores que aún se desconocen.

Se sabe que al eliminar la bacteria mediante antibióticos, los individuos afectados curan rápidamente.



Fotografía superior: Úlcera gástrica al microscopio electrónico.

Fotografía inferior: *Helicobacter pilory* al microscopio electrónico de barrido.

Recomendaciones ante una gastritis o una úlcera:

- Llevar una alimentación lo más variada posible, eliminando temporalmente aquellos alimentos que crean molestias.
- Distribuir la alimentación en al menos cuatro comidas.
- No hacer comidas abundantes, pesadas o copiosas, y comer lentamente, masticando bien.
- Evitar alimentos que estimulan la secreción gástrica, como café, té o alcohol.
- No tomar bebidas con gas.

No te lo pierdas

Libros

- F. H. MARTINI. *Atlas de anatomía humana*. Ed. Pearson educación. Con 160 fotografías anatómicas y otras de radiografías.

En la red

- www.visiblebody.com
Atlas de anatomía humana, que permite seleccionar los aparatos y sistemas que queramos observar.



6

La nutrición de los animales (II). El aparato circulatorio

- 1 El transporte de sustancias en animales
- 2 Tipos de aparatos circulatorios
- 3 Los líquidos circulatorios
- 4 Los vasos circulatorios
- 5 Los aparatos circulatorios abiertos
- 6 Los aparatos circulatorios cerrados en invertebrados
- 7 Los aparatos circulatorios cerrados en vertebrados
- 8 El sistema linfático
- 9 El corazón y su funcionamiento
- 10 El latido cardíaco
- 11 El control de la actividad cardíaca

Todas las células del cuerpo de cualquier animal necesitan un aporte permanente de nutrientes y de oxígeno. Así mismo, deben eliminar todos los desechos que se producen en su metabolismo. Pero, la mayoría de ellas no están en contacto con el medio externo del que reciben y al que expulsan estas sustancias, por lo que es imprescindible un sistema que se encargue de su transporte. El aparato circulatorio realiza este transporte. Gracias a él y a sus distintas adaptaciones, las células tienen asegurado un aporte de oxígeno, sea cual sea el medio y el tipo de vida del animal.

Un estudio analiza la fisiología de las focas dentro del agua

Un estudio realizado en 2006 por un equipo de científicos de la Universidad de Tromsø, ha descubierto algunos de los secretos que permiten a las focas permanecer largos periodos de tiempo bajo el agua helada.

Los investigadores han empleado un tanque experimental relleno de agua a una temperatura de entre 2 y 3 °C, en el cual se monitorizó el ritmo cardíaco y la temperatura corporal de un grupo de focas durante sus inmersiones. Uno de los hechos que se han comprobado es que las focas no tiritan mientras están sumergidas, pero una vez que asoman a la superficie y entran en contacto con el aire, comienzan a tiritar inmediatamente.

Bajo el agua, la temperatura del cuerpo de las focas y su ritmo cardíaco disminuyen, en lo que se conoce como «reflejo de buceo». Al comenzar la inmersión,

las focas exhalan casi todo el aire, con lo que el oxígeno no se acumula en los pulmones, sino en la sangre y los músculos, concretamente en la hemoglobina de los glóbulos rojos y en la mioglobina de los miocitos.

Una proporción de glóbulos rojos superior a la de los seres humanos y una mioglobina más concentrada, permiten a las focas almacenar hasta cuatro veces más oxígeno en la sangre y en los músculos y bucear durante más de una hora a profundidades de hasta mil metros. Durante la inmersión derivan la mayor parte del oxígeno al corazón y al cerebro, cuyas células serían las primeras en morir

después de unos cuatro minutos sin recibir el aporte de oxígeno necesario.

Lars P. Folkow, uno de los científicos, ha declarado que cuando las focas tiritan, sus músculos se contraen de forma involuntaria, produciendo calor y aumentando la temperatura corporal. Dejar de tiritar constituye otro de los factores

principales de supervivencia de estos animales, ya que la temperatura del cuerpo disminuye (hipotermia), su metabolismo se ralentiza y el consumo de oxígeno disminuye (hipoxia). El grupo de científicos ha manifestado que este tipo de estudios permitirá comprender mejor cómo se producen los fenómenos de hipotermia e hipoxia en el ser humano.



Recuerda y contesta

Todas las células de un organismo necesitan nutrientes y oxígeno, y producen sustancias que hay que eliminar.

Los nutrientes y el oxígeno deben ser transportados a todas las células.

Los productos de desecho del metabolismo celular deben ser retirados por un sistema de transporte.

- ¿Cómo se llama, en los animales, el aparato encargado del transporte de sustancias?
- ¿Crees que su estructura es igual en todos los animales?
- ¿Cuáles son los principales componentes de este aparato? ¿Cómo se llama el medio de transporte que tienen los vertebrados?

1 El transporte de sustancias en animales

Todas las células necesitan un aporte continuo de nutrientes y oxígeno para realizar sus funciones. El transporte de estos y la retirada de productos de desecho se realiza mediante el **aparato circulatorio**.

1.1. El medio interno

El medio interno es el conjunto de líquidos extracelulares que hay en un organismo. En los invertebrados muy sencillos solo hay **plasma intersticial** que baña directamente todas las células.

En los invertebrados de mayor tamaño y complejidad existe un **sistema de transporte** que mueve el medio interno para hacer llegar a todas las células los nutrientes y el oxígeno y retirar los productos de desecho. Este sistema de transporte está formado por el aparato circulatorio, en cuyo interior circula la **hemolinfa**, líquido interno que se mezcla con el líquido intersticial.

En algunos invertebrados y en todos los vertebrados existe plasma intersticial y **sangre**, que discurre por el interior de los vasos del sistema sanguíneo. Además de la sangre, los vertebrados tienen **linfa**, que circula por el sistema linfático.

1.2. El aparato circulatorio

En los animales más sencillos, como poríferos, cnidarios y platelmintos, los nutrientes y el oxígeno se incorporan a las células directamente desde el plasma intersticial.

En los animales más complejos existe un **aparato circulatorio** que realiza el transporte de sustancias. En los vertebrados, este aparato está constituido por el **sistema circulatorio sanguíneo** y el **sistema circulatorio linfático**, y realiza las siguientes funciones:

- Transporta oxígeno desde las superficies respiratorias hasta las células, y dióxido de carbono de las células a las superficies respiratorias.
- Lleva nutrientes desde el aparato digestivo hacia todas las células.
- Retira y transporta los productos de excreción de las células.
- Lleva hormonas desde las glándulas endocrinas hasta los órganos donde actúan.
- Transporta anticuerpos y células especializadas en la defensa del cuerpo.
- Mantiene la temperatura corporal constante en los animales homeotermos.

1.3. Componentes del aparato circulatorio

En general, el aparato circulatorio de la mayoría de animales está formado por:

- **Líquido circulatorio.** Es el medio líquido en el que se transportan las diferentes sustancias, bien en disolución o unidas, como en el caso de los gases, a determinados **pigmentos respiratorios***.
- **Vasos.** Son tubos de diferente calibre, por cuyo interior circulan los líquidos de transporte a todas las partes del organismo. Existen varios tipos: **arterias**, **venas**, **capilares** y **vasos linfáticos**.
- **Corazón.** Es un órgano muscular que impulsa los líquidos circulantes por todo el sistema. Existen varios tipos de corazón: **tubulares**, son los más sencillos, están formados por vasos pulsátiles que impulsan los líquidos gracias a ondas de contracción peristáltica; **tabicados**, con cavidades llamadas aurículas y ventrículos, separadas por válvulas, y **corazones accesorios**, que suelen situarse cerca de las branquias.

***Pigmentos respiratorios:** Son proteínas pigmentadas (con color) que aumentan la capacidad de transporte de gases en los líquidos circulatorios. Entre ellas destacan:

- **Hemoglobina:** Proteína formada por cuatro cadenas, cada una con un grupo «hemo», que contiene un átomo de hierro al que se fija una molécula de O_2 . Es la responsable del color rojo de la sangre. La tienen anélidos y vertebrados.
- **Hemocianina:** Proteína formada por numerosas subunidades cada una con dos átomos de cobre. Tiene color azul al unirse al O_2 . La presentan los crustáceos, algunos arácnidos y los moluscos.
- **Hemeritrina:** Proteína con hierro, pero sin grupo «hemo», es de color rojo violeta al combinarse con el O_2 . La tienen algunos anélidos poliquetos.
- **Clorocruorina:** Proteína parecida a la hemoglobina, con hierro unido a un grupo «hemo», es de color verdoso. La presentan algunos anélidos poliquetos.

Actividades

- 1 ¿Qué necesitan las células para realizar sus funciones?
- 2 ¿Cómo llegan las sustancias necesarias hasta cada una de las células del organismo?
- 3 ¿Tiene vasos sanguíneos una medusa? ¿Por qué?

2 Tipos de aparatos circulatorios

El circuito del aparato circulatorio está constituido por una red de vasos, en los que se distinguen principalmente tres tipos:

- **Arterias.** Llevan el líquido circulatorio desde el corazón hacia los demás órganos.
- **Venas.** Llevan el líquido circulatorio hacia el corazón.
- **Capilares.** Son vasos muy finos que ponen en contacto las arterias y las venas. Son los que llegan a cada una de las células del organismo.

Según el tipo de conexión entre los vasos, se distinguen dos variedades de aparatos circulatorios: **abierto** y **cerrado**.

2.1. Aparato circulatorio abierto

También se llama **lagunar**. En este tipo de aparato circulatorio, el líquido que se mueve por los vasos se vierte a lagunas y espacios intercelulares, el **hemocele**. De esta forma, el líquido entra en contacto con todas las células y se realiza el intercambio de nutrientes y gases. Posteriormente, el líquido vuelve al circuito a través de otros vasos que lo recogen de esas lagunas.

Es propio de muchos invertebrados, como artrópodos y moluscos no cefalópodos.

2.2. Aparato circulatorio cerrado

En este tipo de aparato, el líquido circula siempre por el interior de los vasos. Las arterias y venas se comunican por una red de **capilares** con paredes muy finas, a través de las cuales se produce el intercambio de sustancias: nutrientes, gases o productos de excreción.

Es propio de anélidos, moluscos cefalópodos y vertebrados.

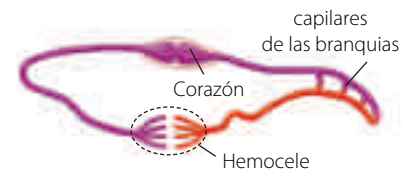
Existen dos tipos de aparatos circulatorios cerrados, según el modo de circulación que presentan:

- **Circulación simple.** El circuito es único y la sangre pasa una sola vez por el corazón al dar una vuelta completa al circuito a lo largo del cuerpo. Se presenta, por ejemplo, en peces.
- **Circulación doble.** El circuito es doble y la sangre pasa dos veces por el corazón al dar una vuelta recorriendo los dos circuitos (menor y mayor):
 - **Circuito menor** o **pulmonar**. En él la sangre sale del corazón hacia los pulmones, donde se oxigena y vuelve de nuevo al corazón.
 - **Circuito mayor** o **sistémico**. En él la sangre rica en oxígeno sale del corazón y se distribuye por todos los órganos, a los que cede el oxígeno y de los que toma el dióxido de carbono. Después, la sangre retorna al corazón para iniciar nuevamente la circulación menor.

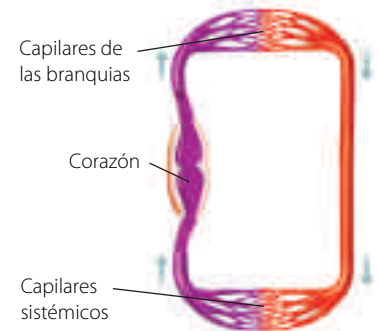
Este tipo de circulación es característico de vertebrados terrestres de respiración pulmonar. Según si ocurre o no mezcla de sangre de ambos circuitos, se diferencian dos tipos:

- **Circulación incompleta.** La sangre rica en oxígeno y la sangre pobre en oxígeno se mezclan parcialmente en el corazón, al existir un solo ventrículo. Se presenta en los anfibios y en los reptiles, menos en cocodrilos.
- **Circulación completa.** La sangre rica en oxígeno no se mezcla con la sangre pobre en oxígeno proveniente de la circulación mayor, pues existen dos ventrículos. Es propio de aves y mamíferos.

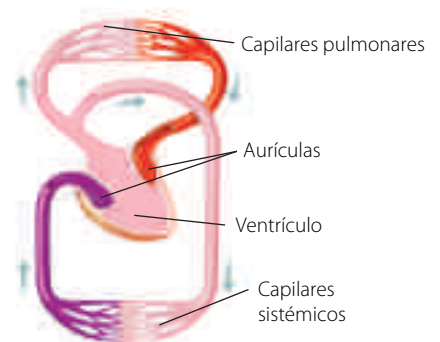
Aparato circulatorio abierto



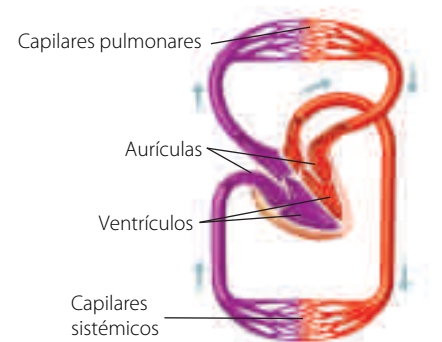
Circulación simple



Circulación doble incompleta



Circulación doble completa



Actividades

- 4 ¿Qué diferencia hay entre la circulación simple y la circulación doble? ¿Qué animales tienen cada tipo?
- 5 ¿Por qué se produce mezcla de sangre procedente de ambos circuitos en la circulación incompleta?

3 Los líquidos circulatorios

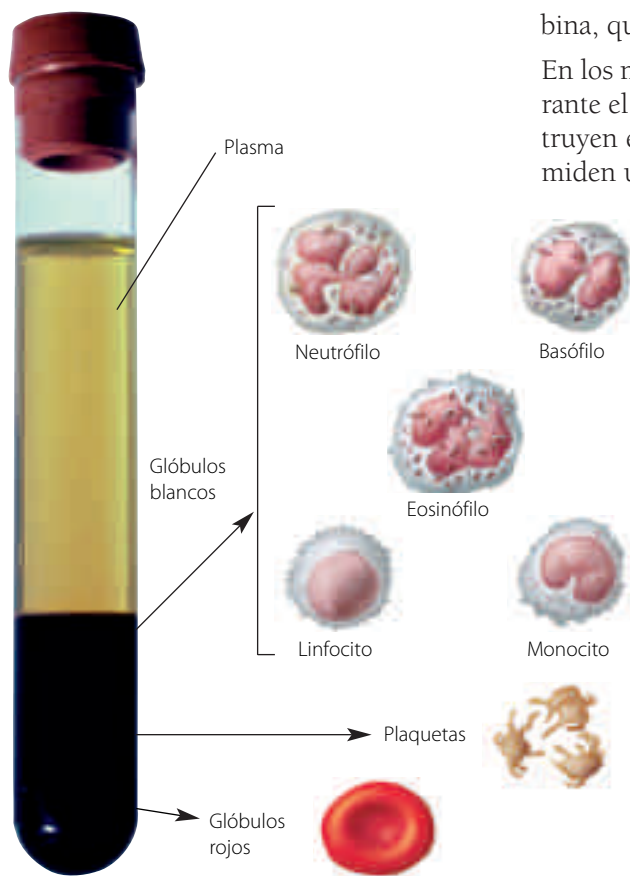
Dependiendo del grupo animal, existen diferentes líquidos de transporte:

- **Hidrolinfa.** Característica de equinodermos. Es incolora, posee una composición en sales muy parecida al agua de mar, contiene algunas células fagocitarias como **amebocitos**. Carece de función transportadora de gases respiratorios.
- **Hemolinfa.** Típica de artrópodos y moluscos con aparatos circulatorios abiertos. Contiene **hemocianina**, como pigmento respiratorio y también amebocitos con función defensiva.
- **Sangre.** Característica de animales con sistemas circulatorios cerrados, como anélidos y vertebrados. En anélidos, la sangre posee hemoglobina, hemeritina y clorocruorina como pigmentos respiratorios. En vertebrados, la hemoglobina se encuentra en el interior de unas células especializadas, llamadas **eritrocitos**.
- **Linfa.** Líquido exclusivo de vertebrados, que entre otras funciones drena los líquidos intersticiales.

***Anticuerpo:** Proteína producida en las reacciones de inmunidad, que neutraliza microorganismos o cuerpos extraños.

Actividades

- 6** De todas las células que hay en la sangre, ¿cuáles son las que participan en el proceso de nutrición?



3.1. Composición de la sangre en vertebrados

La sangre de los vertebrados está formada por dos fracciones: el **plasma sanguíneo**, y los elementos formes constituidos por **células sanguíneas**.

- **Plasma sanguíneo.** Es un líquido acuoso de color ambarino. Está compuesto por agua, proteínas plasmáticas (albúmina, fibrinógeno, globulinas...), enzimas, anticuerpos*, hormonas, glucosa, aminoácidos, compuestos de excreción, sales minerales y pequeñas cantidades de oxígeno y dióxido de carbono.
- **Células sanguíneas.** Se distinguen tres tipos de células sanguíneas:
 - **Glóbulos rojos, eritrocitos o hematíes.** En su interior contienen hemoglobina, que transporta oxígeno y dióxido de carbono.

En los mamíferos se forman en la médula ósea roja de los huesos largos, y durante el proceso de formación desaparece el núcleo y otros orgánulos. Se destruyen en la médula ósea, bazo e hígado. Tienen forma de disco bicóncavo y miden unas siete micras de diámetro.

- **Glóbulos blancos o leucocitos.** Actúan como sistema de defensa frente a bacterias y otros microorganismos. Son más grandes y menos abundantes que los eritrocitos. Hay varios tipos:
 - **Granulocitos.** Tienen grandes núcleos lobulados y gránulos muy marcados en el citoplasma. Existen tres variedades: **neutrófilos** (fagocitan partículas y microorganismos), **basófilos** (actúan en reacciones alérgicas) y **eosinófilos** (intervienen en alergias y algunas infecciones).
 - **Agranulocitos.** Carecen de gránulos en su citoplasma. Hay dos variedades: **linfocitos** (especializados en la formación de anticuerpos) y **monocitos** (se convierten en macrófagos, con misión fagocitaria).
- **Plaquetas.** Son pequeños fragmentos celulares sin núcleo. Se forman a partir de células más grandes en la médula roja ósea y actúan en el proceso de coagulación de la sangre y en el taponamiento de los vasos sanguíneos para evitar hemorragias. Estos fragmentos celulares son característicos de los mamíferos, mientras que en el resto de los vertebrados, en lugar de plaquetas, tienen pequeñas células ovaladas con núcleo que se llaman **trombocitos**.

4 Los vasos circulatorios

En los animales con aparatos circulatorios cerrados se distinguen tres tipos de vasos sanguíneos: **arterias**, **venas** y **capilares**.

Las arterias y las venas tienen paredes más o menos gruesas y su estructura, del interior al exterior, está dividida en tres capas:

- **Túnica íntima.** Formada por tejido epitelial llamado **endotelio**, que reviste el vaso por el interior.
- **Túnica media.** Es una capa elástica de tejido conjuntivo y tejido muscular liso.
- **Túnica adventicia.** Es la más externa. Está formada por una capa de tejido conjuntivo, rico en fibras elásticas, y de colágeno.

4.1. Arterias

Las arterias son los vasos sanguíneos que llevan sangre desde el corazón hacia los demás órganos del cuerpo. Pueden llevar tanto sangre rica en oxígeno, por ejemplo, la arteria aorta, como sangre pobre en oxígeno, por ejemplo, las arterias pulmonares.

Sus paredes son gruesas y están reforzadas con tejido conjuntivo que contiene abundantes fibras elásticas, lo que les permite resistir las altas presiones de salida de la sangre del corazón.

A medida que las arterias se van ramificando, su calibre disminuye y sus paredes se estrechan, convirtiéndose en **arteriolas**, que continúan ramificándose y forman los capilares.

4.2. Capilares

Los capilares son vasos de tamaño microscópico, con un calibre de unas pocas micras. Forman una extensa red que se distribuye por todo el cuerpo del animal, de forma que, todas las células del organismo están próximas a algún capilar. A través de sus paredes se produce el intercambio de sustancias.

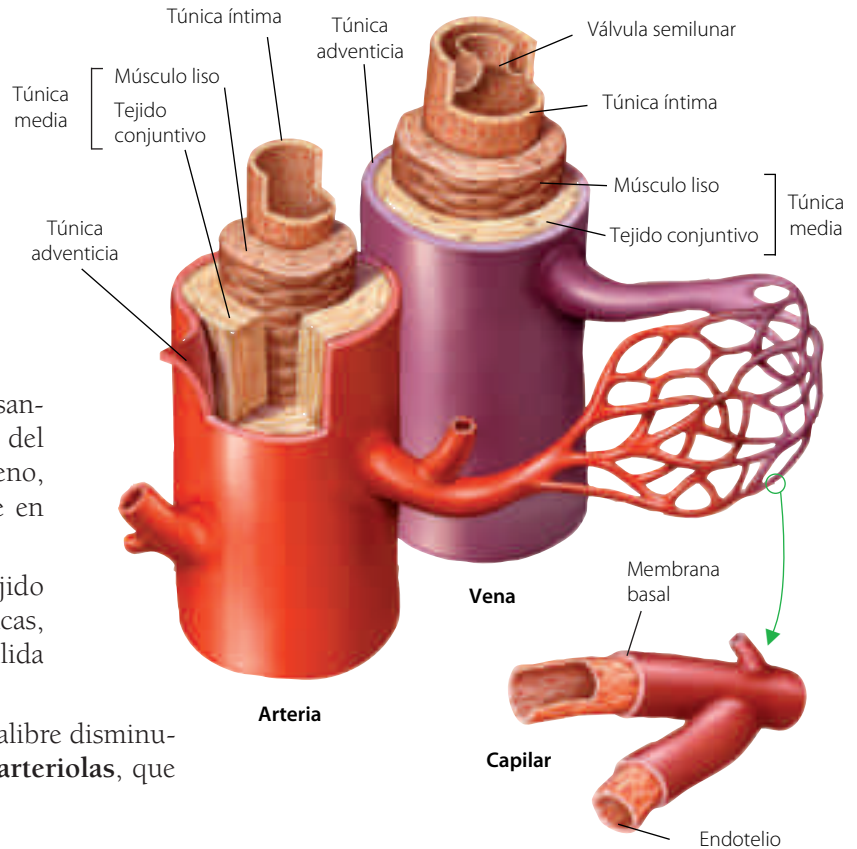
Las paredes capilares son delgadas, formadas por una capa endotelial con una sola célula de espesor, una lámina basal y una red de fibras reticulares.

4.3. Venas

Las venas son los vasos sanguíneos que llevan la sangre de vuelta al corazón. Se forman por la unión de capilares que, poco a poco, van aumentando de diámetro constituyendo **vénulas**, que confluyen formando venas.

Las paredes de las venas son menos elásticas que las de las arterias, pues tienen una capa muscular más delgada y menor número de fibras elásticas. Las venas de mayor calibre suelen tener en su interior unos repliegues membranosos, o **válvulas semilunares**, que impiden el retroceso de la sangre y facilitan la circulación de retorno.

La circulación de retorno al corazón se conoce como **circulación venosa**. En las venas la sangre se mueve por la presión residual, que es baja, por contracciones musculares de las propias venas, y se ve favorecida por la presencia de las válvulas semilunares, que evitan el retroceso.



Actividades

- 7 ¿Cuál es la función de cada tipo de vaso sanguíneo?
- 8 Indica las diferencias estructurales entre arterias, capilares y venas.

5 Los aparatos circulatorios abiertos

Este tipo de aparato circulatorio se llama también **lagunar**, y es característico de muchos invertebrados, como artrópodos y moluscos no cefalópodos.

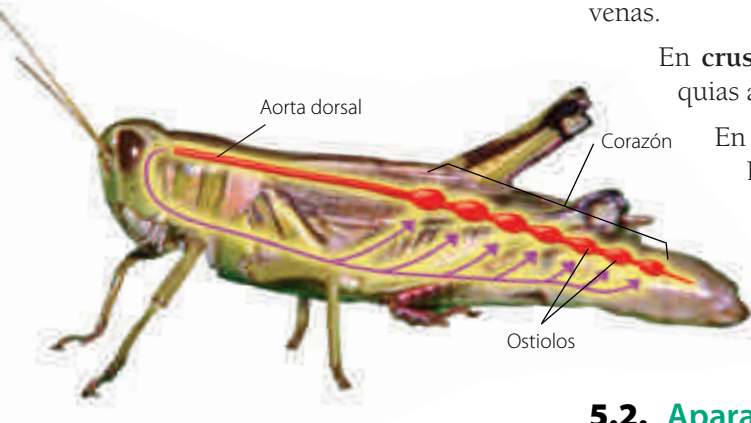
El líquido circulatorio es la **hemolinfa**, y carece de un circuito de vasos sanguíneos completo. No hay un sistema de capilares, sino que los vasos vierten el líquido circulatorio a senos o lagunas que constituyen el **hemocoele**. La hemolinfa baña así todas las células y se produce el intercambio de nutrientes y gases.

5.1. Aparato circulatorio de artrópodos

Los artrópodos poseen un **corazón tubular**, con paredes musculosas, situado en posición dorsal, y rodeado de una **cavidad pericárdica**. La hemolinfa entra primero en la cavidad y después en el corazón mediante succión, a través de una serie de orificios u **ostiolos** provistos de válvulas que impiden su retorno. Las contracciones del corazón impulsan la hemolinfa hacia las arterias, que la distribuyen por todo el cuerpo para verterse en el hemocoele y luego volver al corazón por las venas.

En **crustáceos** con respiración branquial, la hemolinfa pasa por las branquias antes de entrar en la cavidad pericárdica.

En **insectos**, la hemolinfa sale del corazón por una única aorta dorsal. El flujo del líquido circulatorio se produce por movimientos peristálticos del corazón, favorecido por los movimientos de los músculos corporales. Existen órganos contráctiles accesorios para facilitar el paso del líquido circulante hacia patas y alas. La hemolinfa no tiene función de transporte de gases, ya que estos son obtenidos directamente por los tejidos a través de tráqueas.



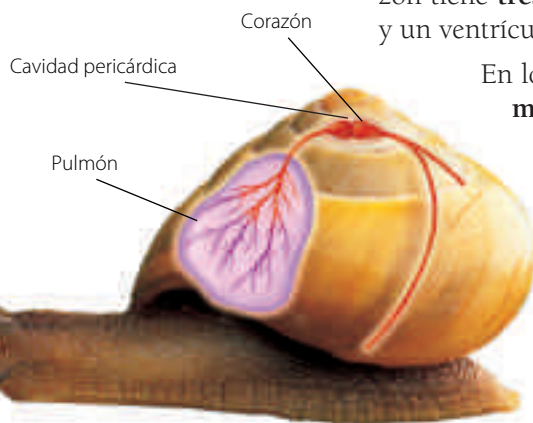
5.2. Aparato circulatorio de moluscos

Los moluscos presenta un corazón, situado dentro de una **cavidad pericárdica**, y vasos que permiten que la hemolinfa entre y salga de él. Habitualmente, el corazón tiene **tres cámaras**, dos aurículas que reciben hemolinfa desde las branquias y un ventrículo que la bombea a los otros órganos corporales.

En los moluscos terrestres, como el caracol, el corazón tiene solo **dos cámaras** en el interior de la cavidad pericárdica.

Excepto los cefalópodos, todos los moluscos tienen circulación abierta, y la hemolinfa pasa desde el hemocoele, que es muy reducido, hacia las branquias, o el pulmón en el caso de los moluscos terrestres, y luego al corazón.

No se desarrollan grandes presiones, pues la hemolinfa se saldría de los vasos. Por esto, la circulación a través de las branquias es muy lenta y es auxiliada a veces por **corazones branquiales**.



Actividades

- 9 ¿Cuál es la principal característica de un aparato circulatorio abierto? ¿Qué animales tienen este tipo de aparatos?
- 10 ¿Qué función tienen los corazones branquiales? ¿Por qué se llaman también accesorios?

6 Los aparatos circulatorios cerrados en invertebrados

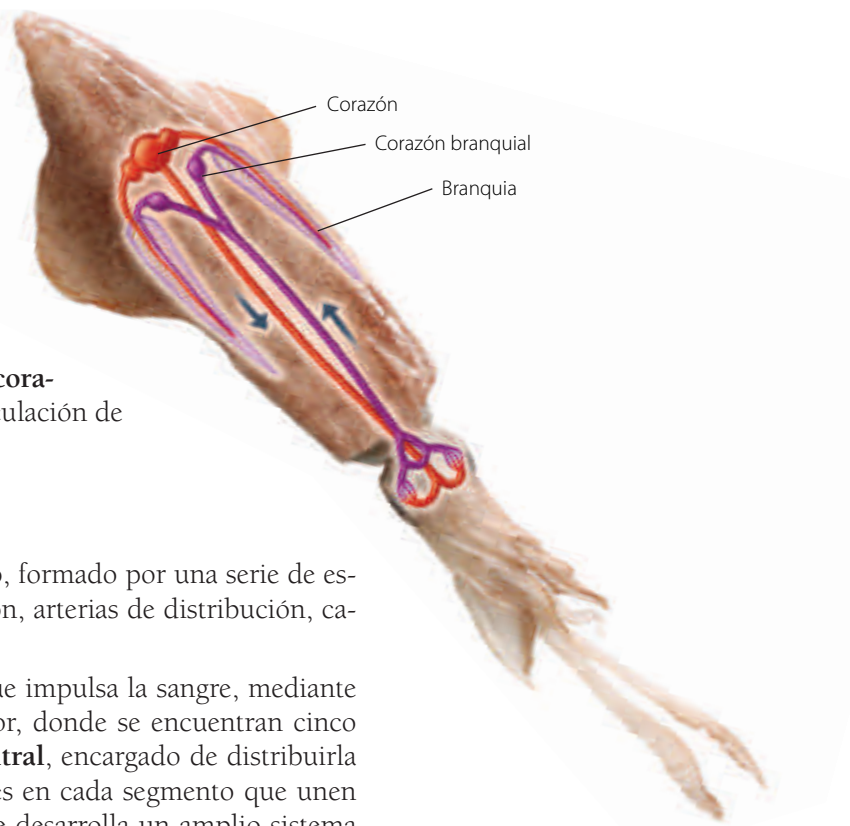
Los anélidos, los moluscos cefalópodos y los vertebrados tienen un aparato circulatorio cerrado. El líquido circulatorio es la sangre, que siempre fluye en el interior de un sistema de vasos que se distribuyen por todo el cuerpo. Existen capilares a través de los cuales se produce el intercambio de nutrientes y gases.

6.1. Aparato circulatorio de moluscos cefalópodos

Los cefalópodos, como pulpos y calamares, tienen tamaños mayores que el resto de moluscos y también un metabolismo más intenso. Debido a esto requieren nutrientes y oxígeno de manera regular y en grandes cantidades.

Presentan un corazón con tres cámaras y un importante sistema capilar a nivel de las branquias, donde se efectúa el intercambio gaseoso con el medio.

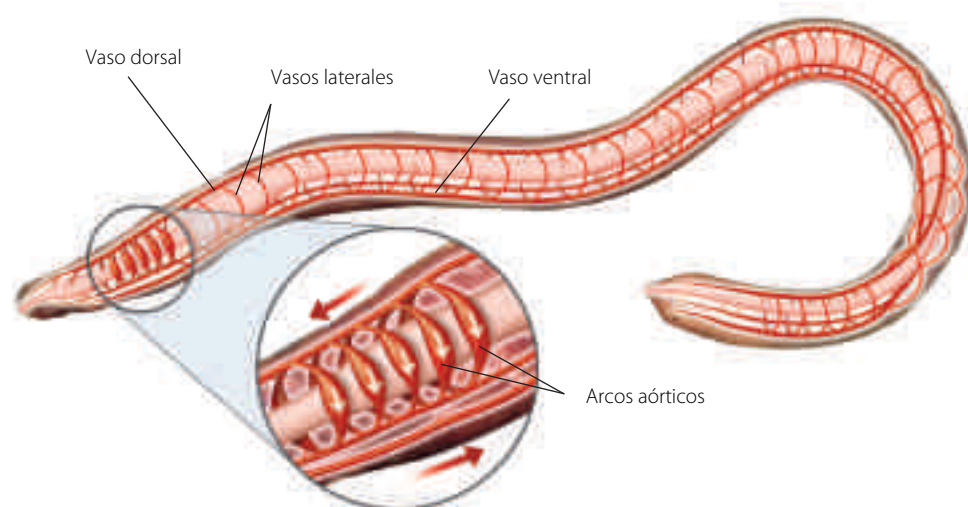
Después de pasar por los órganos, la sangre llega a las branquias con poca presión, por lo que existen **corazones branquiales** que aumentan la presión de circulación de la sangre que vuelve al corazón.



6.2. Aparato circulatorio de anélidos

Los anélidos poseen un sistema circulatorio cerrado, formado por una serie de estructuras diferenciadas, como órganos de propulsión, arterias de distribución, capilares de intercambio, venas de retorno y sangre.

En las lombrices de tierra existe un **vaso dorsal** que impulsa la sangre, mediante movimientos peristálticos, hacia el extremo anterior, donde se encuentran cinco **arcos aórticos** que envían la sangre a un **vaso ventral**, encargado de distribuirla por todo el cuerpo. Entre ambos hay vasos laterales en cada segmento que unen los dos vasos principales. A partir de estos vasos se desarrolla un amplio sistema capilar. No existe un órgano propiamente impulsor de la sangre, sino que esta se distribuye por todo el cuerpo gracias a los vasos contráctiles.



Actividades

- 11 ¿Cuál es la principal característica de un aparato circulatorio cerrado? ¿Qué animales tienen este tipo de aparatos?
- 12 ¿Qué diferencias encuentras entre el corazón de un pulpo y el de una lombriz de tierra?

7 Los aparatos circulatorios cerrados en vertebrados

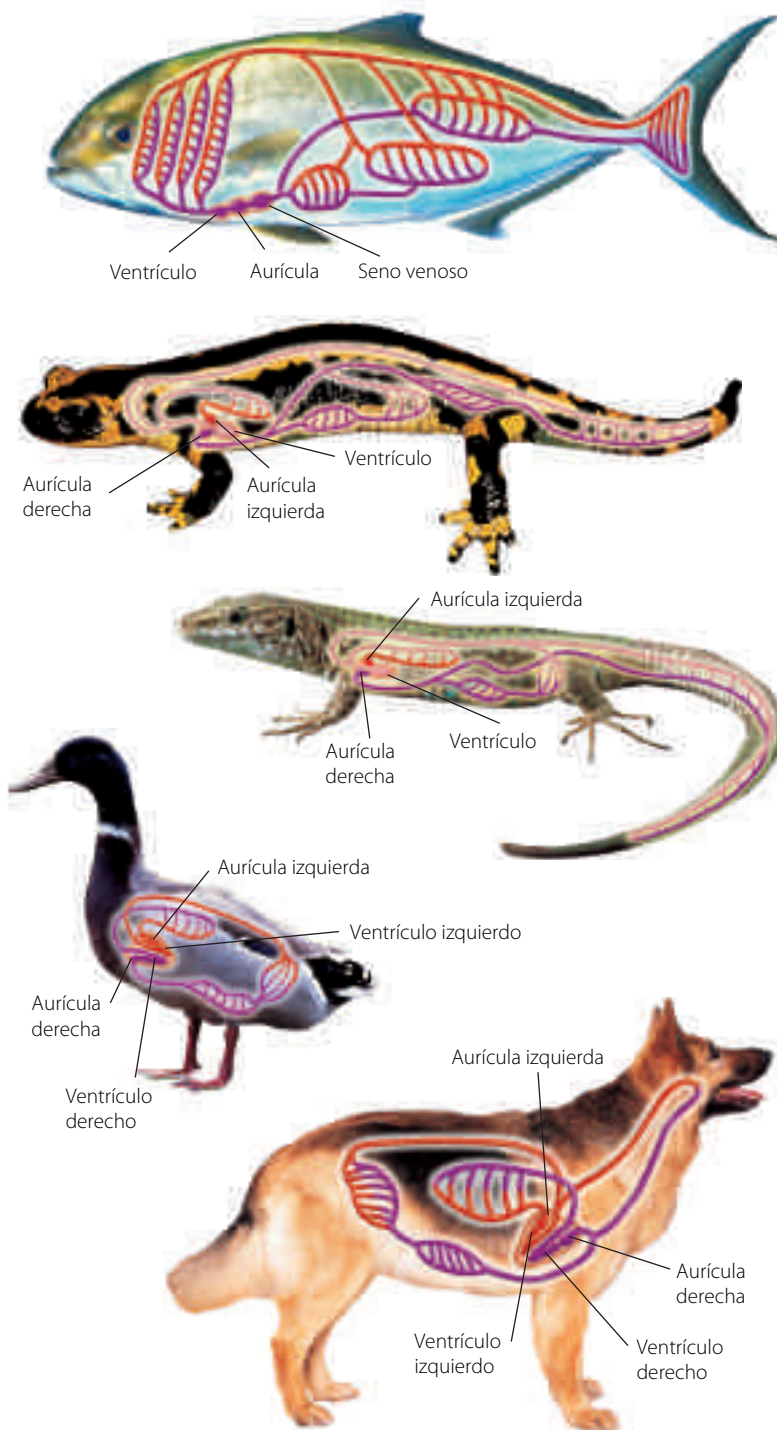
Actividades

13 ¿Cuántas cavidades tiene el corazón de los peces, el de los anfibios, los reptiles, las aves y los mamíferos?

14 ¿Qué significa que la circulación sanguínea es cerrada, doble y completa?

En los vertebrados, la sangre realiza un gran recorrido por el interior de los vasos. En estos animales, el corazón está desarrollado como un fuerte órgano impulsor que genera mucha presión. El corazón de los vertebrados está formado por potentes paredes musculares y se encuentra en posición ventral, al contrario de la situación característica de los invertebrados.

La principal diferencia que hay entre los distintos aparatos circulatorios de vertebrados radica en el número de cavidades del corazón.



- Los **peces** tienen **circulación simple**. El corazón está dividido en dos cámaras: una **aurícula**, cavidad de recepción de la sangre, y a continuación, un **ventrículo** que impulsa la sangre hacia las branquias. En estas la sangre se oxigena y cede dióxido de carbono, después recorre la arteria aorta dorsal hacia los órganos. El retorno al corazón se hace por venas que dan a una cámara alargada, el **seno venoso**, anterior a la aurícula.
- Los **anfibios** poseen una **circulación doble e incompleta**. El corazón está dividido en **dos aurículas** y un **ventrículo**. La aurícula izquierda recibe sangre rica en oxígeno desde los pulmones, y la aurícula derecha recibe sangre pobre en oxígeno que proviene de los demás órganos. De las aurículas la sangre pasa al único ventrículo, que, aunque no está tabicado, por su estructura interna especial, impide la mezcla completa de sangre en su interior. Los vasos que van hacia los pulmones tienen ramas que se dirigen a la piel, donde también se realiza intercambio de gases con el medio.
- Los **reptiles** presentan **circulación doble e incompleta**. El corazón tiene **tres cavidades**, igual que en los anfibios. En este grupo, el ventrículo tiene una ligera separación en dos mitades; incluso, en el caso de los cocodrilos, ya existe un corazón con dos aurículas y dos ventrículos totalmente separados.
- Las **aves** y los **mamíferos** tienen **circulación doble y completa**. El corazón está dividido en cuatro cavidades, **dos aurículas** y **dos ventrículos**. La zona derecha recibe sangre pobre en oxígeno de los órganos y la envía a los pulmones. La parte derecha recibe sangre rica en oxígeno de los pulmones y la envía a todo el cuerpo. Este sistema proporciona una alta presión sanguínea en todo el recorrido, ya que funciona como si fueran dos bombas independientes. Una de las principales diferencias entre el aparato circulatorio de aves y mamíferos es que en las aves el arco que forma la arteria aorta se dirige al lado derecho del cuerpo, y en los mamíferos se dirige hacia el izquierdo.

8 El sistema linfático

En los vertebrados, además del sistema sanguíneo, el aparato circulatorio está formado por el sistema circulatorio linfático, constituido por **vasos linfáticos**, **ganglios** y **linfa**.

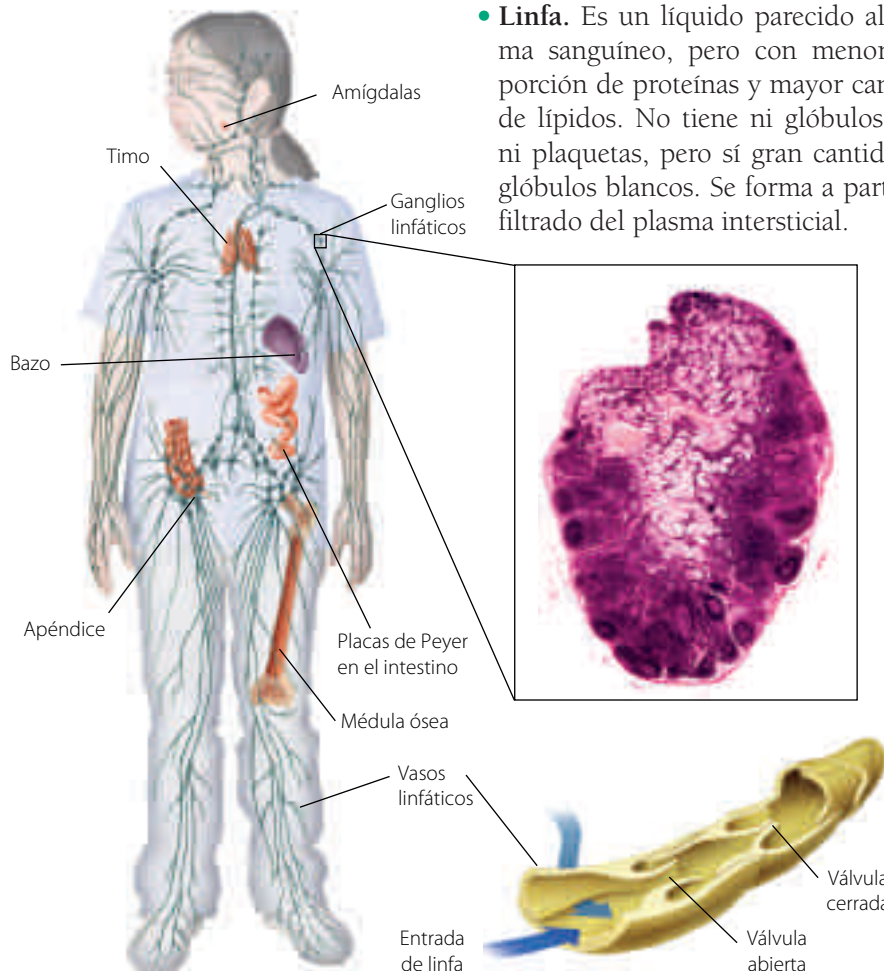
El sistema linfático recoge y drena el plasma intersticial formado en exceso, mediante filtración desde el plasma sanguíneo en los capilares, llevándolo de retorno al sistema sanguíneo. También transporta las grasas absorbidas en las vellosidades intestinales por los **vasos quilíferos**.

- **Vasos linfáticos.** Son conductos con paredes delgadas, que terminan en capilares ciegos, distribuidos por la gran mayoría de los tejidos corporales. Los capilares linfáticos se van reuniendo en vasos linfáticos de mayor calibre, y estos, en vasos linfáticos aun mayores, que desembocan finalmente en las venas subclavias a través del **conducto torácico** y del **conducto linfático derecho**.

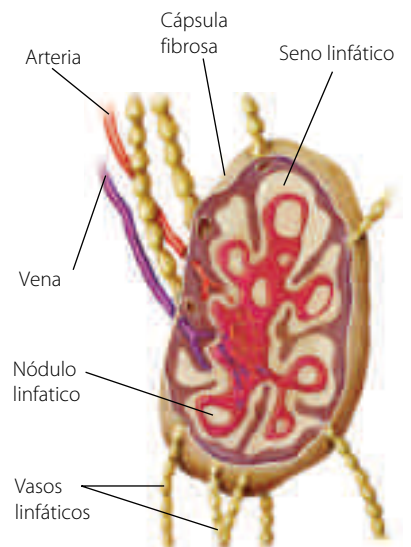
El movimiento de la linfa se produce por la contracción de las propias paredes de los vasos linfáticos. Además, estos vasos tienen válvulas internas que impiden el retroceso de la linfa.

- **Ganglios linfáticos.** Son agrupaciones celulares que se encuentran a lo largo de los vasos linfáticos. Estos ganglios tienen un importante papel en el sistema de defensa, pues las células que almacenan, tales como los macrófagos, se encargan de eliminar de los tejidos partículas extrañas, incluso bacterias, engulléndolas mediante fagocitosis. Además, junto con la médula ósea y el timo, los ganglios son los productores de los linfocitos, glóbulos blancos encargados de producir anticuerpos y desarrollar la respuesta inmune.

- **Linfa.** Es un líquido parecido al plasma sanguíneo, pero con menor proporción de proteínas y mayor cantidad de lípidos. No tiene ni glóbulos rojos ni plaquetas, pero sí gran cantidad de glóbulos blancos. Se forma a partir del filtrado del plasma intersticial.



Ganglio linfático



Actividades

- 15 ¿Cuáles son las diferencias entre la sangre y la linfa?
- 16 Describe el sentido en que se mueve la linfa en el cuerpo humano. ¿Existe algún órgano propulsor de la linfa?

9 El corazón y su funcionamiento

El corazón estructuralmente más complejo es el de los mamíferos. Es un órgano situado en la cavidad torácica, entre los pulmones. Se encuentra envuelto por un saco de tejido conjuntivo llamado **pericardio**, en cuyo interior hay un líquido que baña el propio corazón y reduce la fricción del mismo con el exterior.

Sus paredes están constituidas principalmente por tejido muscular cardíaco que constituye el **miocardio**. Dependiendo de la zona, el miocardio es más ancho o más delgado y posee más o menos elasticidad.

Las cavidades internas están tapizadas por una fina capa de tejido endotelial llamada **endocardio**.

El corazón de los mamíferos se compone de cuatro cavidades, dos aurículas y dos ventrículos. La aurículas están situadas en la parte superior, y los ventrículos, en la parte inferior.

Entre las aurículas y entre los ventrículos existe un tabique de separación. La aurícula y el ventrículo de cada lado están conectados por una válvula, que obliga a circular la sangre desde la aurícula hasta el ventrículo, evitando su retorno. En el lado derecho se encuentra la **válvula tricúspide**, y en el lado izquierdo, la **válvula mitral**.

9.1. Funcionamiento del corazón

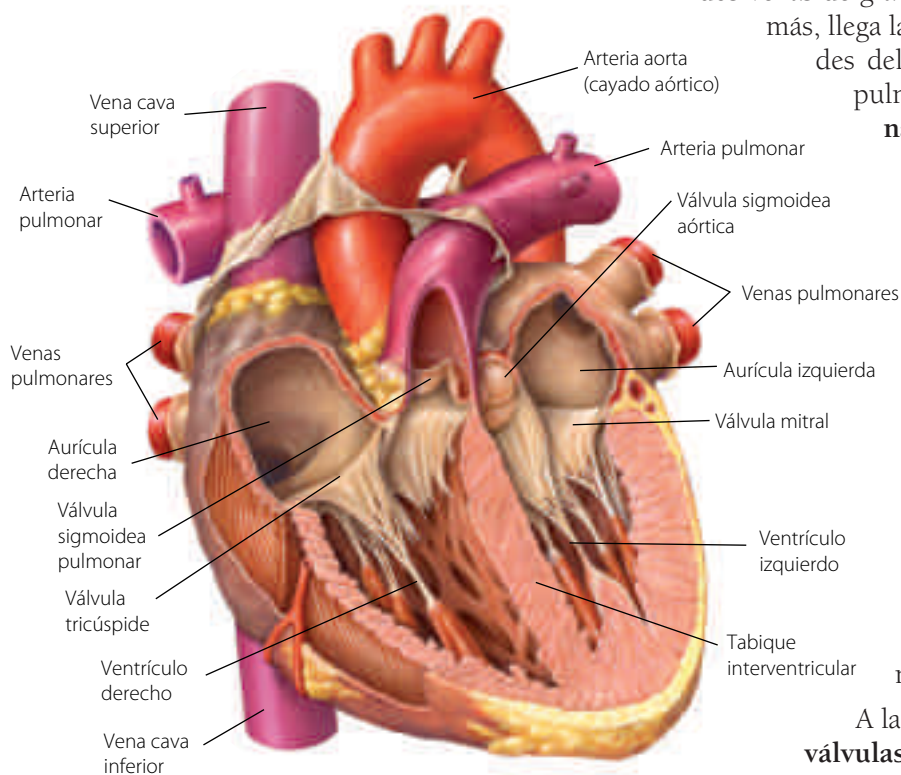
La sangre que proviene de los órganos llega a la aurícula derecha, a través de dos venas de gran grosor: las **venas cavas** superior e inferior. Además, llega la **vena coronaria**, que recoge la sangre de las paredes del propio corazón. La sangre que proviene de los pulmones entra en la aurícula izquierda por cuatro **venas pulmonares**, dos de cada pulmón.

Las aurículas se dilatan al recibir sangre de las venas, a continuación se contraen y envían sangre a los ventrículos a través de las válvulas.

Cuando los ventrículos reciben sangre de las aurículas, se dilatan; posteriormente se contraen para bombear sangre hacia las arterias. El ventrículo derecho envía sangre hacia los pulmones por las **arterias pulmonares**; el ventrículo izquierdo envía sangre hacia los órganos por la **arteria aorta**.

Las válvulas que comunican las aurículas con los ventrículos se cierran en el momento que los ventrículos se contraen para bombear la sangre por las arterias, de esta forma se evita el retorno de la sangre nuevamente a las aurículas.

A la salida de las arterias del corazón se encuentran las **válvulas sigmoideas** que impiden el retroceso de la sangre a los ventrículos.



Actividades

- 17** ¿Cómo se llaman los vasos de entrada y los de salida del corazón?
¿Qué tipo de sangre lleva cada uno, rica en oxígeno o rica en dióxido de carbono?

10 El latido cardíaco

El corazón tiene la propiedad de contraerse rítmicamente. El movimiento del corazón produce el **latido cardíaco** y consta de dos tipos de movimientos: **contracción**, o **sístole**, y **relajación**, o **diástole**.

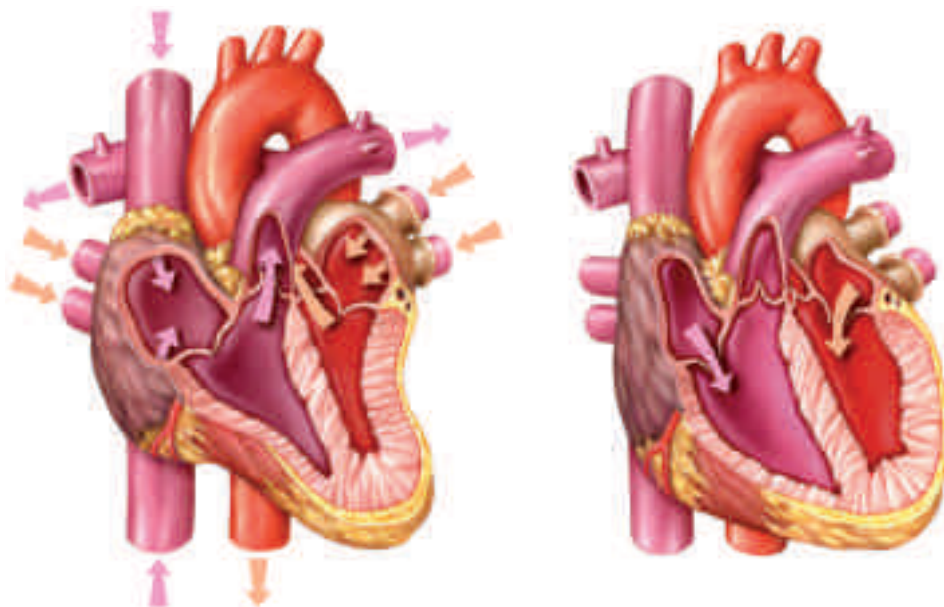
Estos dos movimientos se producen en las aurículas y en los ventrículos, de la siguiente manera:

- **Diástole auricular.** Las aurículas se relajan y entra sangre que proviene de las venas.
- **Sístole auricular.** Las aurículas se contraen y pasa sangre a los ventrículos.
- **Diástole ventricular.** Los ventrículos se relajan y entra sangre en ellos.
- **Sístole ventricular.** Los ventrículos se contraen e impulsan sangre fuera del corazón por las arterias. Con la contracción, se cierran las válvulas tricúspide y mitral, evitando el retorno de sangre a las aurículas.

Los movimientos de sístole y diástole son simultáneos, de manera que al mismo tiempo que se contraen las aurículas se dilatan los ventrículos, y viceversa.

Diástole auricular y sístole ventricular

Sístole auricular y diástole ventricular



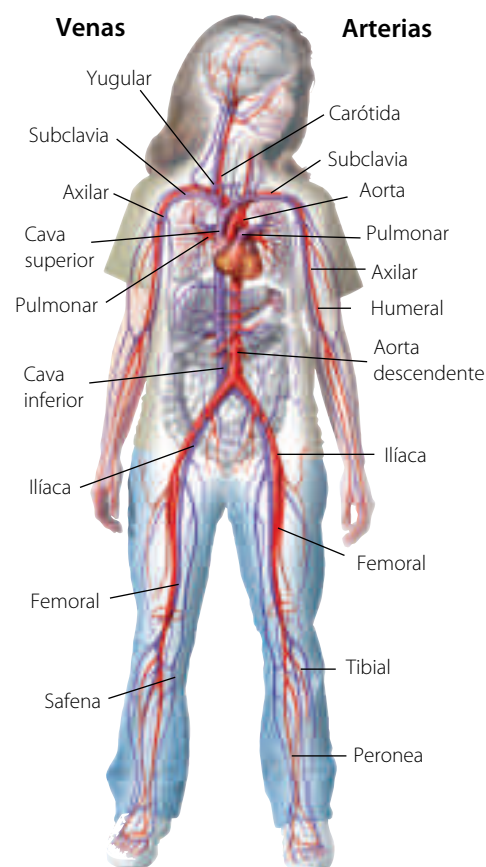
En situación de reposo, la frecuencia del latido cardíaco es de unas 70 veces por minuto, pudiendo subir al doble en condiciones de ejercicio intenso.

Se llama **gasto cardíaco** al volumen total de sangre que el corazón bombea por minuto, y se calcula multiplicando la frecuencia cardíaca (en número de latidos por minuto) por el volumen sistólico (litros de sangre bombeados en cada latido).

Gasto cardíaco = frecuencia cardíaca (latidos/min) \times volumen sistólico(L/latido)

Actividades

- 18 Describe cómo es cada uno de los movimientos que constituyen un ciclo cardíaco.
- 19 ¿Cuál es el gasto cardíaco de una persona que tiene una frecuencia cardíaca de 72 latidos por minuto y un volumen sistólico de 0,07 L?
- 20 Al realizar ejercicio físico la frecuencia cardíaca se incrementa, ¿aumentará también el gasto cardíaco? Razona tu respuesta.



11 El control de la actividad cardíaca

A diferencia de otros músculos del cuerpo, el corazón no depende de impulsos nerviosos externos para iniciar su contracción. Las contracciones rítmicas del corazón se inician en el propio músculo cardíaco como consecuencia de un estímulo eléctrico.

La contracción se inicia en un área especial llamada **nódulo sinoauricular**, localizado en la aurícula derecha. Esta región está formada por células cardíacas especiales que funcionan como un marcapasos.

El impulso nervioso se inicia en el nódulo sinoauricular y se extiende a través de las aurículas derecha e izquierda, llegando a una segunda área de excitación, el **nódulo aurículo-ventricular**, que, con un ligero retraso, transmite el impulso nervioso por fibras musculares especiales que forman el **fascículo de His** hacia la punta inferior de los ventrículos, y a continuación por una red de fibras, llamada **red de Purkinje**, asciende por las paredes de los ventrículos.

La disposición de estas fibras hace que la contracción de los ventrículos se inicie en el ápice y se continúe hacia arriba de forma que el bombeo sea más eficaz, consiguiéndose también la contracción simultánea de los dos ventrículos.

El automatismo del corazón mantiene sus movimientos sin necesidad de estímulos externos. Pero aunque el sistema nervioso autónomo* no inicia el latido cardíaco, sí es capaz de regular su frecuencia. La regulación del ritmo cardíaco se lleva a cabo por el **centro de control cardíaco** que se encuentra en el encéfalo; de él parten nervios que aceleran o deceleran el ritmo, conectando directamente con el nódulo sinoauricular. El centro de control recibe información sensorial de receptores del aparato circulatorio, pudiendo variar el ritmo cardíaco y, por tanto, el gasto cardíaco, según las circunstancias corporales.

***Sistema nervioso autónomo:** Parte del sistema nervioso que controla las funciones viscerales y las fibras musculares lisas. Se divide en simpático y parasimpático.

11.1. Electrocardiograma (ECG)

La corriente eléctrica generada durante el latido cardíaco en la superficie del corazón se transmite por los fluidos del cuerpo y llega a la superficie de la piel. Con unos electrodos situados en la piel y conectados a un aparato de registro, llamado electrocardiógrafo, se puede medir la corriente generada.

El registro de esta corriente se representa en una gráfica, el **electrocardiograma** (ECG), con una serie de ondas que se repiten rítmicamente, y registran la actividad eléctrica del corazón durante sus movimientos.

El examen y análisis del ECG aporta mucha información sobre el funcionamiento del corazón.



Actividades

- 21** Describe cómo comienza y se desarrolla el impulso eléctrico que produce el latido cardíaco.

El electrocardiograma es una gráfica que se obtiene del electrocardiógrafo, aparato que mide las corrientes eléctricas del corazón.

Disección de un corazón de cordero

El corazón de todos los mamíferos tiene la misma estructura, diferenciándose únicamente en el tamaño. El corazón de los corderos tiene un tamaño similar al humano y la compartimentación en cuatro cavidades y los vasos de entrada y salida son exactamente iguales.

Objetivos

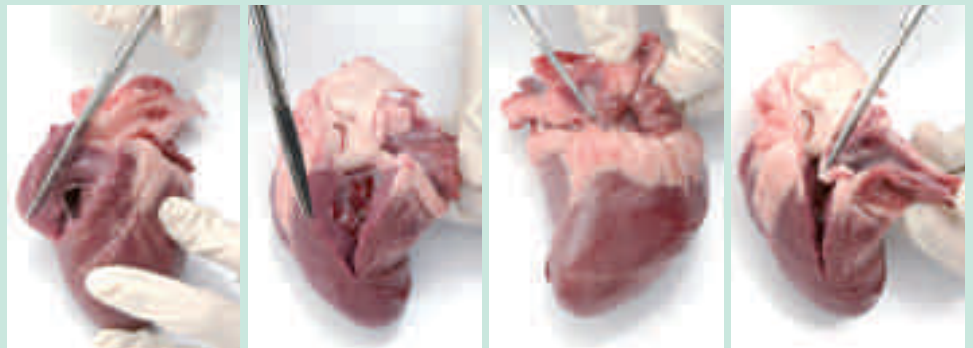
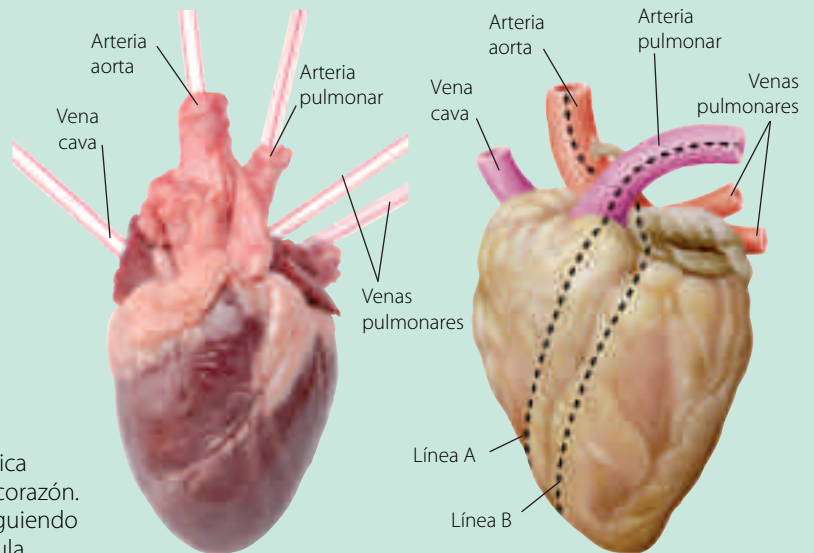
- Conocer la morfología externa del corazón, diferenciando sus partes.
- Comprender el movimiento de la sangre en el interior del corazón.

Material necesario

- Un corazón de cordero (debe estar completo y no tener cortes en sus paredes)
- Bandeja de disección
- Tijeras gruesas
- Pinzas
- Aguja enmangada
- Bisturí
- Pajitas de refresco

Desarrollo

1. Limpiamos los restos de grasa que suelen cubrir el corazón. Si tienen algún coágulo, lo lavamos debajo del grifo. En ocasiones puede todavía conservar a su alrededor la bolsa del pericardio, que cortaremos.
2. Ponemos el corazón en la bandeja de disección con la cara ventral (zona más abombada) hacia arriba, y tratamos de identificar las distintas partes. Damos la vuelta y hacemos lo mismo pero por la cara dorsal, más plana.
3. Identificamos los distintos vasos de entrada y salida del corazón: venas cavas, arterias pulmonares y venas pulmonares y aorta.
4. Introducimos una pajita por cada uno de los vasos anteriores para localizar las cavidades con las que se comunican.
5. Con unas tijeras gruesas cortamos con precaución como se indica en el dibujo. Comenzando desde los vasos hacia el interior del corazón. Introducimos la punta de las tijeras por la arteria pulmonar, y siguiendo la línea A llegaremos al ventrículo derecho. Observamos la válvula tricúspide, la válvula sigmoidea y las paredes del ventrículo.
6. Después, siguiendo la línea B, cortamos en toda su longitud por la aorta, con cuidado para no cortar la aurícula izquierda. Así, llegaremos al ventrículo izquierdo. Observamos la válvula mitral, la sigmoidea, y las paredes del ventrículo. Justo a la salida de la aorta se puede ver el inicio de la arteria coronaria.
7. Cortamos ahora por las venas cavas y venas pulmonares, para ver el interior de la aurícula derecha e izquierda, respectivamente.



Ventrículo derecho

Ventrículo izquierdo

Aurícula derecha

Aurícula izquierda

Practica

- 22** ¿Qué función desempeñan los vasos sanguíneos que se observan rodeando al corazón?
- 23** Localiza externamente la posición de cada una de las cavidades cuando el corazón está sobre la cara dorsal.
- 24** ¿A qué cavidades cardíacas llegas al introducir una pajita por la arteria aorta, por la arteria pulmonar, por las venas pulmonares y por las venas cavas?
- 25** ¿Por qué razón las paredes de los ventrículos son más gruesas que las de las aurículas?
- 26** ¿Cuál de las dos cavidades ventriculares es más grande?, ¿cuál de las dos tiene las paredes más gruesas? ¿Tiene alguna relación esta estructura con la función de los ventrículos?
- 27** ¿Qué diferencias se pueden observar entre la válvula mitral y la tricúspide?

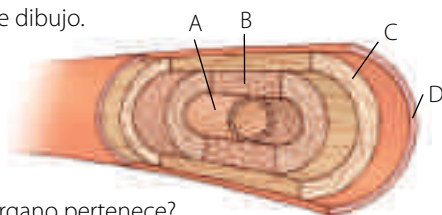
Actividades de repaso

- 28** ¿Cómo definirías un sistema de transporte?
¿Piensas que es necesario en todos los animales?
- 29** ¿Cómo realizan los poríferos, cnidarios y platelmintos la distribución de los nutrientes entre sus células?
- 30** Indica qué componente de la sangre distribuye los nutrientes, cuál el oxígeno y cuál los productos de excreción.
- 31** Copia y completa la siguiente tabla referente a los pigmentos respiratorios que llevan diferentes animales.

Pigmento respiratorio	Grupo animal
Clorocruorina	
Hemoglobina	
Hemeritrina	
Hemocianina	

- 32** ¿Cómo se llaman los glóbulos blancos capaces de atravesar los capilares sanguíneos y pasar al plasma intersticial?, ¿qué función realizan?
- 33** ¿Cómo diferenciarías un trombocito de una plaqueta?, ¿qué diferencia un eritrocito de reptil de uno de mamífero?, ¿cómo interpretas esa diferencia?
- 34** Copia las columnas y relaciona mediante flechas los elementos.
- | | |
|--|---|
| a) Monocito | 1. Célula defensiva con núcleo lobulado |
| b) Linfocito | 2. Célula con gran núcleo esférico |
| c) Célula sin núcleo, que transporta oxígeno | 3. Trombocito |
| d) Intervienen en la coagulación sanguínea | 4. Eritrocito |
| e) Granulocito | 5. Célula defensiva con núcleo arriñonado |
- 35** Señala las diferencias entre un corazón de tipo tubular y otro tabicado. Indica dos ejemplos de animales que tengan corazones accesorios, corazones tabicados y corazones tubulares.
- 36** Señala un grupo de animales que presente cada uno de los siguientes tipos de aparatos circulatorios.
- Aparato circulatorio cerrado y sencillo.
 - Aparato circulatorio cerrado, doble y completo.
 - Aparato circulatorio abierto.
 - Aparato circulatorio cerrado, doble e incompleto.

- 37** Fíjate en el siguiente dibujo.

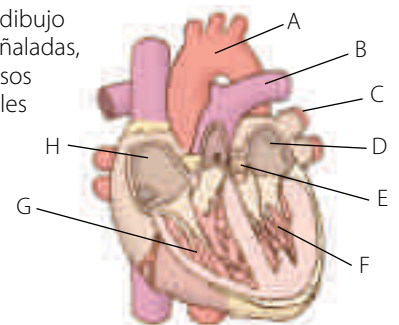


- ¿A qué tipo de órgano pertenece?
- Señala las distintas capas que forman el órgano.
- Indica la función de cada una de las capas.

- 38** Señala al menos tres diferencias que pueden ser estructurales, morfológicas y/o funcionales entre venas y arterias.
- 39** ¿Cómo se llaman las dos cavidades del corazón entre las que se encuentra la válvula tricúspide?, ¿y entre cuáles se encuentra la válvula mitral?
- 40** Di el tipo de sangre que circula por cada uno de los siguientes vasos sanguíneos.
- Venas pulmonares
 - Arteria aorta
 - Arterias pulmonares
 - Venas cavas
- 41** ¿Qué tipo de aparato circulatorio tienen los anélidos?, ¿y los insectos? Haz un dibujo esquemático del aparato circulatorio de los anélidos e insectos, señalando los principales componentes.
- 42** Copia y completa el siguiente cuadro referente al aparato circulatorio de vertebrados.

	N.º aurículas	N.º ventrículos	Circulación doble/simple	Circulación incompleta/completa
Peces				
Anfibios				
Reptiles				
Aves				
Mamíferos				

- 43** Identifica en el siguiente dibujo cada una de las partes señaladas, e indica cuáles son los vasos de salida de sangre y cuáles los de entrada diciendo su nombre. Copia el dibujo y marca con flechas el sentido de entrada y salida de la sangre y del flujo en su interior.

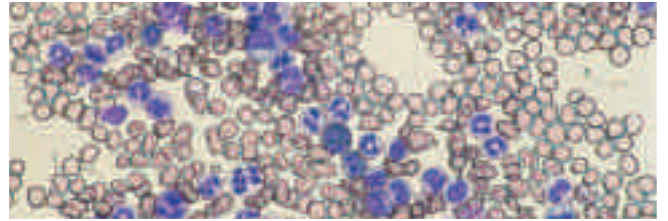


- 44** Copia y rellena el siguiente cuadro, referente a las células sanguíneas de la especie humana.

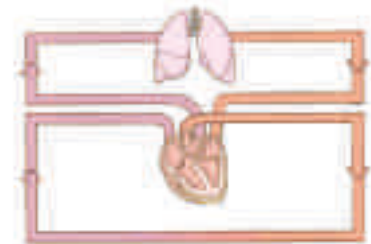
Células sanguíneas	Función	Con o sin núcleo	Con o sin gránulos en citoplasma	Lugar de formación
Linfocitos				
Eosinófilos				
Neutrófilos				
Monocitos				
Eritrocitos				
Basófilos				
Plaquetas				

Actividades de ampliación

- 45** Enumera tres funciones del aparato circulatorio que estén relacionadas con la nutrición animal y tres funciones que no lo estén.
- 46** Explica por qué los moluscos cefalópodos tienen aparato circulatorio cerrado, y no abierto como el resto de moluscos.
- 47** Señala las diferencias entre los aparatos circulatorios abiertos y cerrados; completos e incompletos, y sencillos y dobles.
- 48** ¿Cómo podrías distinguir al microscopio un capilar de una arteria o una vena? ¿Se podrían diferenciar venas de arterias?
- 49** ¿Cómo puedes explicar el hecho de que las personas que viven a gran altitud, en los Andes o en el Himalaya, tengan un mayor número de glóbulos rojos?
- 50** ¿A qué puede deberse que en un análisis de sangre, el número de glóbulos blancos sea muy superior al normal?, ¿qué puede indicar?
- 51** Copia y relaciona los términos de las dos columnas.
- | | |
|-------------------|----------------|
| a) Glóbulos rojos | 1. Fagocitosis |
| b) Linfocitos | 2. Coagulación |
| c) Neutrófilos | 3. Hemoglobina |
| d) Plaquetas | 4. Anticuerpos |
| e) Monocitos | |
- 52** Describe el itinerario que realizará un glóbulo rojo de un mamífero desde el ventrículo izquierdo hasta la aurícula izquierda.
- 53** ¿Qué consecuencia directa tiene el descenso de glóbulos rojos?, ¿y si el número de los glóbulos rojos no varía, pero disminuye la cantidad de hemoglobina transportada?
- 54** ¿Qué animales suelen tener corazones accesorios?, ¿qué función realizan?
- 55** Explica la función que desempeñan las válvulas semilunares de las venas, y cómo la realizan.
- 56** Calcula el gasto cardíaco de los siguientes casos.
- Persona con bradicardia de 45 latidos/min, y volumen sistólico de 0,08 L/latido.
 - Persona con taquicardia de 110 latidos/min y volumen sistólico de 0,07 L/latido.
 - Persona con 65 latidos/min, y volumen sistólico de 0,07 L/latido.
- 57** Calcula la frecuencia cardíaca de una persona en reposo, si su gasto cardíaco es de 5 litros y el volumen sistólico de 70 mL.
- 58** Señala las diferencias entre:
- Sangre y plasma
 - Venas y arterias
 - Hemolinfa y sangre
 - Sangre venosa y sangre arterial
 - Diástole y sístole
- 59** Realiza un dibujo esquemático que resuma, de manera sencilla, la relación entre plasma intersticial, sangre y linfa en vertebrados.
- 60** Copia y relaciona los términos de las dos columnas, y di dónde se localizan cada una de las sustancias.
- | | |
|----------------|--|
| a) Albúminas | 1. Coagulación sanguínea |
| b) Hemoglobina | 2. Reacción inmune |
| c) Globulinas | 3. Mantenimiento del equilibrio osmótico |
| d) Fibrinógeno | 4. Transporte de oxígeno |
- 61** Haz un dibujo de cada una de las células sanguíneas y di el tipo de función que realiza cada una.



- 62** La hidrolinfa de los equinodermos carece de función de transporte de gases respiratorios. Investiga cómo se realiza el transporte de oxígeno y dióxido de carbono en estos animales.
- 63** En qué consiste la función que podemos llamar termorreguladora del aparato circulatorio. Investiga cómo la lleva a cabo. Ayúdate de libros de consulta, o busca información en internet.
- 64** Realiza la siguiente experiencia. Tómate el pulso en reposo en la muñeca, utilizando los dedos índice y corazón sobre la arteria radial. Con ello averiguarás el número de latidos por minuto. Ahora realiza un ejercicio físico ligero y cuando termines, vuelve a tomarte el pulso.
- ¿Existe diferencia entre el pulso tomado en reposo y después del ejercicio?
 - ¿Qué explicación puedes dar a la diferencia que se produce en el latido cardíaco en las dos circunstancias?
 - Calcula tu gasto cardíaco en ambos casos, considerando un volumen sistólico de 0,07 L/latido.
- 65** Realiza un esquema del recorrido de una molécula de glucosa desde su ingestión en una bebida azucarada, hasta la llegada a una célula.
- 66** Copia el siguiente dibujo y señala:



- Las arterias y venas más importantes que entran y salen del corazón.
- El circuito mayor y el circuito menor.

Orientaciones para un examen

Una persona realiza un ejercicio físico durante 20 minutos, y se mide su frecuencia cardíaca cada 5 minutos. Si el volumen sistólico es de 0,07 L/latido, calcula el gasto cardíaco en cada uno de los momentos.

La frecuencia cardíaca de los vertebrados depende de la tasa metabólica (oxígeno consumido por gramos de peso corporal) y del tamaño del cuerpo.

¿Qué conclusión puedes obtener a la vista de las frecuencias cardíacas de los siguientes mamíferos?: gato 125 latidos/min, elefante 25 latidos/min, musaraña pigmea 800 latidos/min, humano 70 latidos/min, ratón 400 latidos/min.

Tiempo	Frecuencia cardíaca	Gasto cardíaco
Inicio	70	
5 minutos	85	
10 minutos	104	
15 minutos	120	
20 minutos	131	

Cálculos matemáticos sobre el gasto cardíaco y el latido cardíaco

El gasto cardíaco es el volumen de sangre que bombea el corazón por minuto. Para calcularlo, hay que multiplicar la frecuencia cardíaca (latido por minuto) por el volumen sistólico, que es la cantidad de sangre que expulsa en cada latido, en este caso: 0,07 L/min.

Gasto cardíaco = frecuencia cardíaca × volumen sistólico

Realizando la operación podemos calcular el gasto cardíaco de esa persona en los diferentes momentos después del inicio del ejercicio.

En la segunda pregunta sobre la frecuencia cardíaca debemos tener en cuenta que uno de los factores que influye en dicha frecuencia es el tamaño del cuerpo de los vertebrados.

Si nos fijamos en la lista de animales, vemos que podemos establecer una graduación en tamaño, que sería la siguiente de mayor a menor tamaño:

Elefante (25 latidos/min) → humano (70 latidos/min) →
→ gato (125 latidos/min) → ratón (400 latidos/min) →
→ musaraña pigmea (800 latidos/min)

Tiempo	Frecuencia cardíaca	Gasto cardíaco
Inicio	70	4,9 L/min
5 minutos	85	5,95 L/min
10 minutos	104	7,28 L/min
15 minutos	120	8,4 L/min
20 minutos	131	9,17 L/min

Vemos que esta graduación coincide con que los animales tienen una frecuencia cardíaca cada vez mayor.

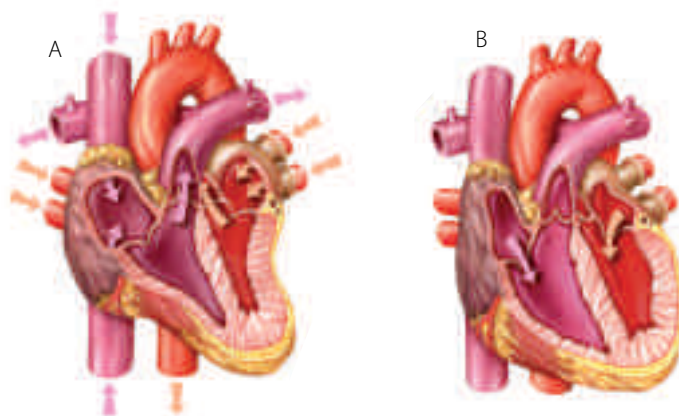
Por lo que podemos concluir que la frecuencia cardíaca aumenta según disminuye el tamaño de los animales vertebrados.

Practica

67 Los siguientes dibujos representan dos momentos del recorrido de la sangre durante el latido cardíaco en un corazón de mamífero.

- Indica qué movimientos se producen en cada caso.
- Nombra los vasos de salida y entrada, las cavidades del corazón y las válvulas cardíacas.
- Indica cuándo se produce la abertura y el cierre de válvulas.
- ¿Qué evita el reflujo de sangre hacia las aurículas cuando se contraen los ventrículos?

68 Realiza unos diagramas del corazón de peces, anfibios, reptiles, y aves, indicando las cavidades que tienen cada uno y señalando el sentido de la circulación de la sangre en cada uno de los dibujos.



La cirugía cardiovascular

El buen funcionamiento del corazón depende, en gran medida, de los vasos que riegan el propio corazón, como las arterias coronarias y su red vascular.

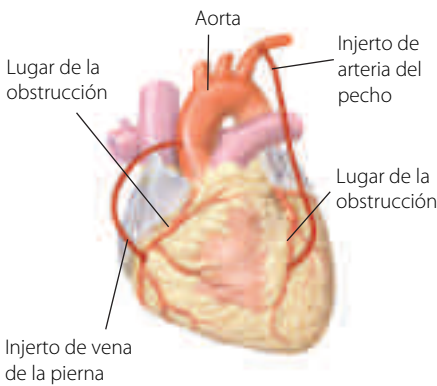
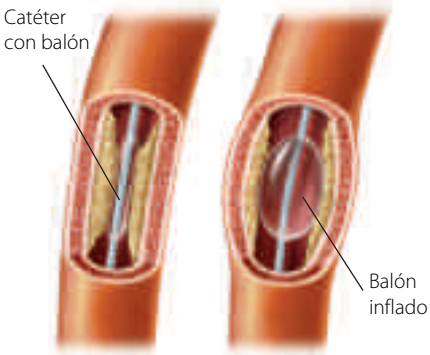
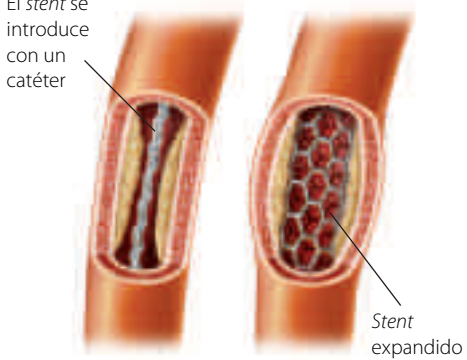
Las enfermedades cardiovasculares son aquellas que afectan a los vasos que riegan el corazón. Algunas de ellas, como la angina de pecho y el infarto de miocardio, representan la primera causa de muerte en España. Se piensa que incluso podría haber un incremento en los próximos años, por lo que, su prevención es fundamental.

La causa más frecuente de dichas enfermedades es la aterosclerosis, que se produce cuando se forma una «placa de ateroma» constituida por colesterol, compuestos grasos y fibrina. La placa puede llegar a ser lo bastante grande como para obstruir por completo la arteria coronaria y

provocar una isquemia, descenso brusco del aporte de oxígeno al corazón, lo que puede ocasionar un ataque cardíaco.

Son factores de riesgo, además de los genéticos, la hipertensión arterial, el elevado colesterol en sangre, el tabaquismo, el estrés y el sedentarismo. Una dieta con un alto contenido en colesterol y grasas animales puede influir sobre los factores de riesgo, y sobre la formación y desarrollo de la placa de ateroma.

Como los medicamentos no pueden despejar las arterias ocluidas, se necesitan técnicas especiales para recuperar el riego sanguíneo en aquellas áreas que lo perdieron a consecuencia de esas obstrucciones. Entre los tratamientos existentes con resultados satisfactorios están: cirugía de *bypass* coronario, angioplastia convencional y angioplastia con *stent*.

Cirugía de <i>bypass</i> coronario	Angioplastia convencional	Angioplastia con <i>stent</i>
<p>El <i>bypass</i> aorto-coronario consiste en desviar el flujo sanguíneo alrededor de los vasos ocluidos, lo que permite crear una nueva ruta o derivación alrededor de una sección obstruida de la arteria.</p> <p>La operación consiste en colocar un segmento de vena (safena de la pierna o alguna del pecho), que en un extremo se une a la aorta ascendente, y en el otro extremo se une a la arteria coronaria por debajo de la zona obstruida.</p> 	<p>La angioplastia dilata las arterias estrechadas y es una solución mecánica. Consiste en introducir un tubo largo y delgado, llamado catéter, que lleva un diminuto balón en el extremo, el cual se infla a la altura de la obstrucción para comprimir la placa contra la pared interna de la arteria y hacer fluir la sangre normalmente.</p> <p>El catéter se introduce en la arteria femoral a nivel de la ingle, y se lleva hasta el lugar donde se encuentra el ateroma.</p> 	<p>La angioplastia se puede complementar con la colocación de una prótesis metálica en forma de malla tubular llamada <i>stent</i>. Esta se implanta en la zona de la arteria obstruida por la placa y mantiene el vaso dilatado, permitiendo el flujo sanguíneo adecuado.</p> <p>El <i>stent</i> se introduce en la arteria dañada también con un catéter. El <i>stent</i> puede ser autoexpandible o expandible por medio de un balón.</p> 

No te lo pierdas

Libros

- LIEBICH KÖNIG. *Anatomía de los animales domésticos. Tomo II. Órganos, sistema circulatorio y sistema nervioso.* Ed Médica Panamericana

En la red

- www.kalipedia.com/ciencias-vida/tema/function-nutricion/circulacion-animales.html?x=20070417klpcnavid_120.Kes



7

La nutrición de los animales (III). El aparato respiratorio y el excretor

- 1 El proceso de la respiración en animales
- 2 Modalidades de respiración y aparatos respiratorios
- 3 El aparato respiratorio humano
- 4 La ventilación pulmonar y el intercambio de gases
- 5 La función de excreción
- 6 Los órganos de excreción en invertebrados
- 7 El aparato excretor en vertebrados
- 8 Las nefronas y la formación de la orina
- 9 Otros mecanismos de excreción

Para cualquier animal, respirar es esencial. El aporte de oxígeno es imprescindible para vivir, de él depende que el organismo pueda realizar todas sus funciones. Pero la dependencia del oxígeno va más allá de su necesidad fisiológica, incluso el tamaño de los organismos guarda relación con este gas.

Un equipo de científicos afirma que podrían existir insectos gigantes, si hubiera más oxígeno en la atmósfera

Un grupo de científicos ha presentado evidencias de que los insectos paleozoicos eran sustancialmente más grandes que los actuales porque tenían un suministro más rico de oxígeno.

Un artículo científico presentado en octubre de 2006, en la conferencia de fisiología de Virginia Bay, en Estados Unidos, ha demostrado que si en nuestra atmósfera hubiese mayores concentraciones de oxígeno, podrían volver a existir insectos gigantes como los que poblaron la Tierra durante el último periodo Paleozoico.

El artículo explica que los insectos no utilizan sangre

para transportar oxígeno, sino que lo ingresan a través de unos orificios en sus cuerpos, por los que también expelen dióxido de carbono. Estos orificios tienen conexión con unos tubos interconectados y ramificados, llamados tráqueas, que transportan el oxígeno a todas las áreas de su cuerpo. En un insecto de gran tamaño, los tubos traqueales son muy largos, muy anchos y muy numerosos, resolviendo las demandas

adicionales de oxígeno de su cuerpo.

Sin embargo, los resultados del estudio han demostrado que el nivel actual de oxígeno en nuestra atmósfera limita el crecimiento de los insectos, debido a que el aumento en el tamaño traqueal alcanza un punto crítico en la abertura. Alexander Kaiser, autor principal del artículo, ha declarado que, hace 300 millones de años, la concentración de

oxígeno en la atmósfera era un 14 % más alta que la actual. Esto implicaría que los insectos antiguos necesitaban menores cantidades de aire para resolver sus demandas de oxígeno y, por tanto, esta abertura no limitaría el tamaño de los insectos. El diámetro traqueal podía ser más angosto y todavía suministrarle suficiente oxígeno. En consecuencia, en el Paleozoico, las libélulas tenían hasta 75 centímetros de envergadura.



Recuerda y contesta

Las células necesitan oxígeno para realizar sus funciones.

En las reacciones que se desarrollan en las células se producen productos de desecho que es necesario eliminar.

El intercambio de gases en los animales se realiza en el aparato respiratorio.

Los productos de desecho no gaseosos se eliminan en su mayoría a través del aparato excretor.

- ▶ ¿Qué sistema se encarga, en los animales más complejos, de transportar los gases desde los sistemas respiratorios hasta las células?
- ▶ ¿Cómo se llama el mecanismo por el cual los animales intercambian gases con el medio que les rodea?
- ▶ ¿Cómo se llama en los vertebrados el líquido mediante el cual se eliminan los productos de desecho?

1 El proceso de la respiración en animales

Como una parte integrante de la nutrición, los animales realizan el proceso de la respiración, que se lleva a cabo en el **aparato respiratorio**.

En los seres vivos aerobios* se diferencian dos procesos respiratorios distintos pero muy relacionados.

- **La respiración celular.** Es el conjunto de reacciones oxidativas que se realizan en el interior de la célula, para la obtención de la energía necesaria con que llevar a cabo las funciones vitales.
- **La respiración externa.** Corresponde al intercambio de gases entre el organismo y el medio ambiente que le rodea. El objetivo fundamental de la respiración externa es tomar el oxígeno necesario y eliminar el dióxido de carbono producido en las reacciones de oxidación de la respiración celular.

***Aerobio:** Organismo que necesita oxígeno molecular para vivir.

1.1. Superficies respiratorias

Se llaman superficies respiratorias aquellas en las que se produce el intercambio de gases. Este intercambio se realiza mediante **difusión pasiva**, por lo que, para que se pueda realizar, las superficies deben tener las siguientes características:

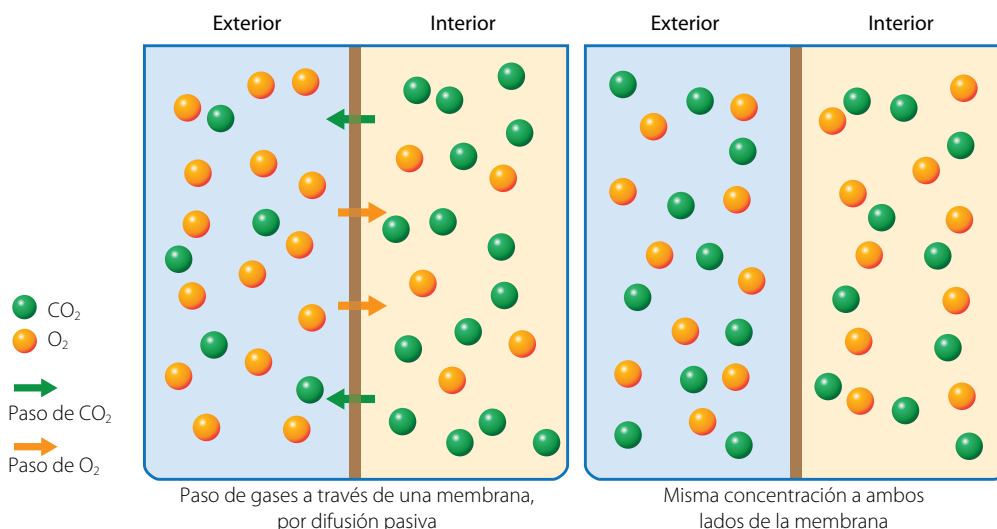
- Ser **extensas** y estar muy **vascularizadas**, para que la entrada de oxígeno a los capilares y la salida de dióxido de carbono sea suficiente.
- Ser bastante **delgadas**, para facilitar el paso de los gases a su través.
- Mantenerse constantemente **húmedas**, para que los gases puedan atravesar las membranas plasmáticas.

Este aspecto no es un problema para los animales acuáticos, pero en el caso de los animales terrestres se presentan superficies invaginadas en el cuerpo acompañadas de sistemas que facilitan la entrada y salida del aire, esto permite mantener las superficies húmedas y evitar su desecación.

Las superficies respiratorias están constituidas por **tejido epitelial** formado por una sola capa de células, y está en contacto con una extensa red capilar que se encarga de recoger el oxígeno absorbido a ese nivel y de transportar el dióxido de carbono a la superficie respiratoria para su eliminación.

1.2. Difusión pasiva

El paso de los gases a través de las superficies respiratorias de los animales se produce mediante difusión pasiva.



En el medio externo, ya sea la atmósfera o el agua, la concentración de oxígeno es mayor que en el interior de los animales, por tanto, el oxígeno difunde hacia el interior, a través de las superficies respiratorias, a favor de gradiente de concentración.

Con el dióxido de carbono, cuya presión parcial o concentración es mayor en el interior que en el exterior del organismo, ocurre lo mismo, por lo que difunde hacia el medio a través de las superficies respiratorias.

Actividades

- 1 ¿Para qué se utiliza el oxígeno obtenido en la respiración externa?
- 2 ¿Mediante qué proceso atraviesan los gases las superficies respiratorias? Explica el mecanismo de paso.

2 Modalidades de respiración y aparatos respiratorios

Los organismos unicelulares y los animales pluricelulares menos complejos, como poríferos, cnidarios y muchos gusanos, obtienen el oxígeno y eliminan el dióxido de carbono por un proceso de **difusión directa**, a través de la superficie de la membrana de sus células.

Los animales de mayor tamaño tienen estructuras especializadas que aumentan la superficie de contacto con el medio y a través de las cuales realizan el intercambio de gases necesario para su metabolismo. Estas estructuras forman los diferentes aparatos respiratorios, que, a su vez, necesitan del sistema circulatorio para distribuir el oxígeno absorbido y transportar el dióxido de carbono desde los tejidos hasta las superficies de intercambio.

El modelo de respiración y el tipo de aparato respiratorio dependen del medio en el que viven los animales y de su sistema de vida. Existen grandes diferencias entre el medio acuático y el terrestre, en cuanto a sus características físicas y químicas. Por ejemplo, el aire tiene unas 20 veces más oxígeno que el agua. Además, los gases se difunden unas 10 000 veces más rápidamente en la atmósfera que en el agua, por ello los animales acuáticos han desarrollado una serie de mecanismos muy eficientes para obtener oxígeno de este medio.

2.1. Respiración cutánea

Muchos animales pluricelulares pequeños y poco activos tienen cubiertas sus necesidades de oxígeno mediante un intercambio de gases a través de la piel: **respiración cutánea**. Esto es posible ya que la relación entre la superficie de su cuerpo y la masa corporal es muy grande. Los platelmintos poseen este tipo de respiración cutánea.

En animales de mayor tamaño y más actividad, la respiración cutánea es a veces complementaria de otros tipos de respiración. Esto ocurre en anfibios adultos y peces, en los que la respiración cutánea es complementaria con la pulmonar y la branquial, respectivamente.

En los anfibios, el intercambio de gases se puede realizar a través de la piel, ya que esta se encuentra muy vascularizada y tienen además una gran cantidad de glándulas mucosas que la mantienen muy húmeda.

En los peces la respiración cutánea se puede realizar en la mucosa bucal, parte del intestino, vejiga natatoria* y epidermis de las aletas.

2.2. Respiración traqueal

Los insectos y otros artrópodos terrestres, como los ciempiés, milpiés y algunas arañas, tienen una **respiración traqueal**. Se trata de un sistema respiratorio muy especializado que se forma a partir de invaginaciones tubulares de la superficie externa quitinosa del animal.

El sistema está constituido por tubos o **tráqueas** que, abiertos al exterior por unos orificios llamados **espiráculos**, se ramifican por el interior del cuerpo, haciéndose cada vez más estrechos y con paredes menos quitinizadas. Las tráqueas más finas y sin quitina se llaman **traqueolas**, y llegan a todas las células, de manera que se produce un intercambio de gases directo. De esta manera no es necesario ningún sistema de transporte de gases.

Para facilitar la ventilación, estos animales realizan movimientos con los músculos abdominales de su cuerpo, que facilitan la entrada y salida alternativa de aire por los espiráculos, que tienen mecanismos de cierre para evitar la desecación.

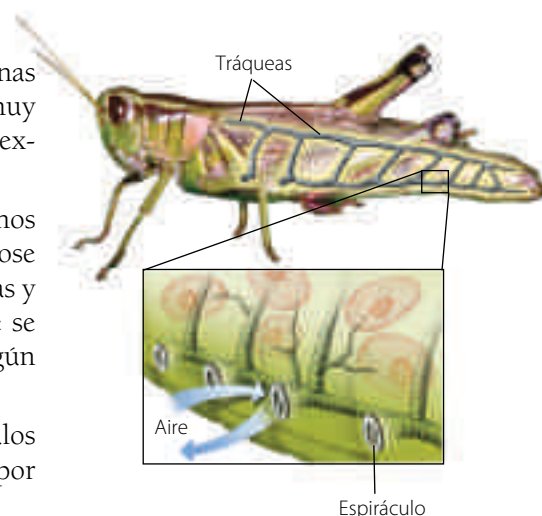


Un litro de aire contiene 209 mL de oxígeno (21 %), mientras que un litro de agua saturada a 5 °C contiene 9 mL (0,9 %). Esto determina grandes diferencias entre los aparatos respiratorios de las animales terrestres y los acuáticos.

***Vejiga natatoria:** Órgano de la mayoría de los peces óseos que se encuentra situado en la parte dorsal. Permite que el animal se mantenga a distintas profundidades en función del mayor o menor volumen de aire que haya en ella. En algunos peces primitivos la vejiga natatoria está abundantemente capilarizada, pudiendo actuar también como pulmón.

Actividades

- 3 Explica cómo funciona la respiración traqueal. ¿Qué animales la realizan?





Las branquias de las larvas de los anfibios son filamentos recubiertos por un epitelio ciliado y parcialmente rodeado de un opérculo carnoso.

***Cavidad paleal:** Cavidad hueca, rodeada por el manto en los moluscos, a la que vierten el tubo digestivo, el excretor y el reproductor. En ella se alojan los órganos respiratorios.

2.3. Respiración branquial

La respiración branquial es característica de animales acuáticos, que viven en un medio con una concentración de oxígeno disuelto en agua relativamente baja.

En este tipo de respiración, el intercambio de gases se realiza en las **branquias**, que son expansiones de la superficie corporal formadas por una capa de epidermis y con una amplia red de capilares. Dependiendo de su forma, pueden ser filamentosas, ramificadas o laminares. Según donde se localicen pueden ser externas o internas.

- **Branquias externas.** Sobresalen de la superficie del animal, no tienen protección y por ello suelen dañarse con facilidad. Este tipo de branquias las poseen los anélidos poliquetos marinos con penachos branquiales, muchos crustáceos, moluscos y larvas de anfibios.

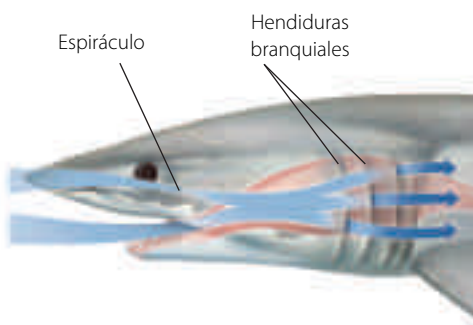
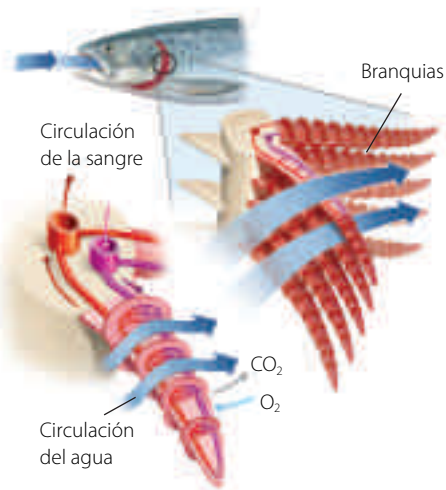
Las branquias de los crustáceos son expansiones laminares o filamentosas de los apéndices torácicos que, a veces, se encuentran cubiertas por el caparazón. En crustáceos decápodos los apéndices abdominales crean corrientes de agua que se dirigen hacia las branquias con objeto de renovar el medio.

En algunos moluscos gasterópodos y bivalvos las branquias se encuentran en la **cavidad paleal***, y se han desarrollado unas estructuras ciliadas para facilitar el movimiento continuo de agua.

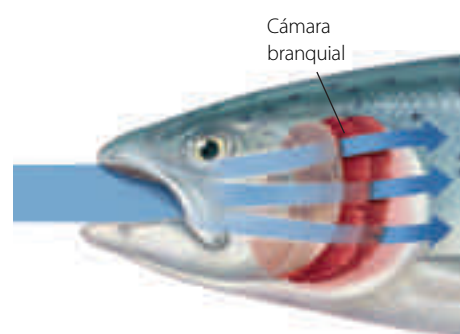
- **Branquias internas.** Quedan protegidas por estructuras corporales, tales como el opérculo en los peces óseos. Existen diversos mecanismos que producen el movimiento constante del agua que las rodea, para renovar los gases del medio. Las branquias internas más complejas son las de los peces. Se encuentran situadas en **hendiduras branquiales** que están a ambos lados de la faringe, y se desarrollan a partir de expansiones de esta.

Las branquias son estructuras filamentosas, delgadas, insertas en arcos branquiales. Su interior está muy vascularizado y los vasos sanguíneos se encuentran dispuestos de forma que el paso de agua a través de las branquias es opuesto a la circulación sanguínea. Este **mecanismo de contracorriente** permite un intercambio de gases muy eficiente con el agua.

El mecanismo por el cual se produce el movimiento de agua hacia las branquias es diferente en los grandes grupos de peces.



En peces cartilagosos el agua entra por la boca y por unos orificios, llamados espiráculos, pasa a la faringe y sale por las hendiduras branquiales.



En peces óseos el agua entra por la boca a una cámara branquial y sale al exterior por debajo del opérculo que protege las branquias.

Actividades

- 4 ¿Qué diferencias existen entre las branquias externas e internas?
- 5 Explica el movimiento de agua en los principales tipos de peces.

2.4. Respiración pulmonar

La respiración pulmonar es característica de anfibios adultos, reptiles, aves y mamíferos, así como de algunos invertebrados, arácnidos y varios moluscos, como los caracoles. El intercambio gaseoso se realiza en los **pulmones**.

- **Pulmones de invertebrados.** Los más primitivos se dan en arácnidos y moluscos, como el caracol. Estos pulmones no tienen mecanismos de ventilación, y los orificios que comunican con el exterior están siempre abiertos. Tienen forma de saco. En arácnidos se encuentran en la base del abdomen y se abren al exterior a través de dos ranuras. En su interior hay laminillas que aumentan la superficie de contacto con el aire.

En los caracoles, una zona de la cavidad paleal está muy vascularizada y puede funcionar como pulmón.

- **Pulmones de vertebrados.** Son órganos en forma de sacos pares. En ellos se produce **ventilación pulmonar**, o entrada y salida de aire de forma alternativa por movimientos de **inspiración** y **expiración**, respectivamente.

En los vertebrados terrestres se observa una tendencia al aumento de la superficie de contacto con el aire en los pulmones, desde los anfibios hasta los mamíferos, en los que se alcanza un máximo, con divisiones en millones de pequeñísimas cavidades llamadas **alvéolos pulmonares**. Los alvéolos tienen la pared muy fina y están rodeados de una amplia red de capilares que recogen el oxígeno y ceden el dióxido de carbono.

Los anfibios suelen tener pulmones muy simples en forma de saco. En los **reptiles** los pulmones son mayores que en los anfibios y presentan cavidades divididas en cámaras por tabiques que aumentan la superficie de intercambio gaseoso.

En las **aves** los pulmones son pequeños y se comunican con los **sacos aéreos**, que son expansiones de la propia pared de los pulmones. Estos son pares y se extienden por diversas partes del cuerpo del animal, incluso en el interior de los huesos largos. En estos animales los bronquios no terminan en alvéolos, sino que forman unos tubos muy finos o **parabronquios**, a través de los cuales pasa el aire hacia los sacos aéreos, y se produce el intercambio de gases. Los sacos aéreos se llenan de aire y al contraerse lo expulsan, volviendo a atravesar los parabronquios. Este sistema asegura un intercambio gaseoso tanto durante la inspiración como en la expiración.

En **mamíferos** los pulmones son órganos esponjosos situados en la cavidad torácica. Están constituidos por el árbol bronquial, conjunto de bronquios de distinto calibre, y por vesículas pulmonares divididas en alvéolos, así como vasos sanguíneos y tejido conjuntivo.

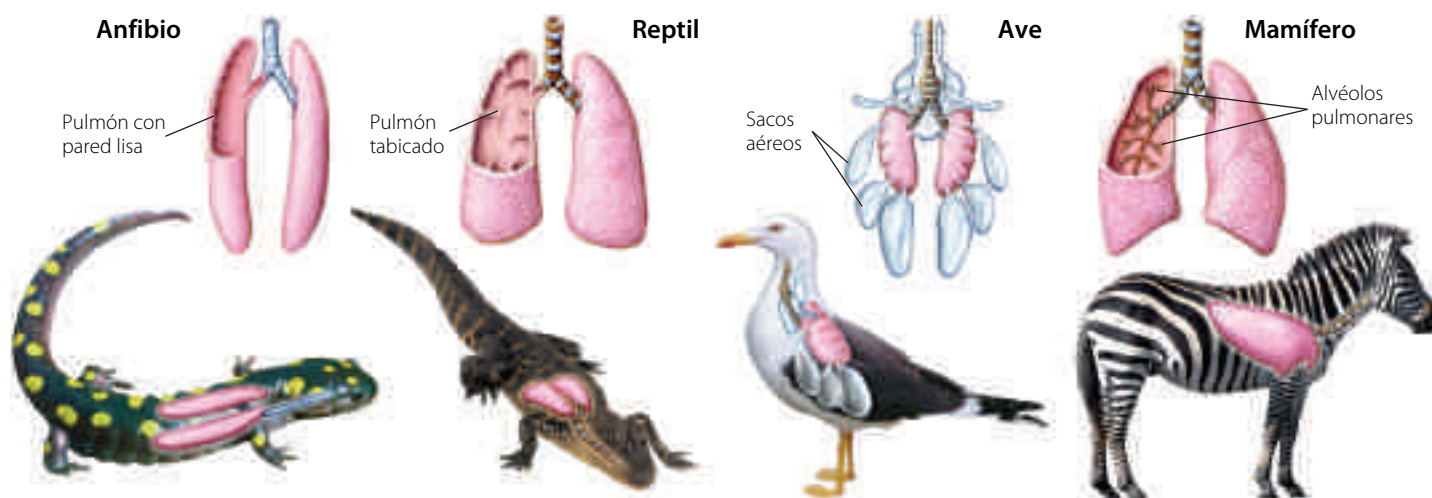


Los dipnoos*, tienen pulmones muy sencillos como órganos complementarios para respirar, aunque en momentos de sequía reemplazan totalmente a las branquias como órganos respiratorios.

***Dipnoos:** También llamados «peces pulmonados», están provistos de pulmones sencillos. Se conocen muy pocas especies en África, América del Sur y Australia. Son considerados fósiles vivientes.

Actividades

- 6 ¿Qué significado tiene el aumento de las superficies internas de los pulmones en vertebrados?, ¿crees que existe relación con el grado de actividad desarrollada en los distintos vertebrados?



3 El aparato respiratorio humano

El aparato respiratorio humano está formado por los pulmones y las vías respiratorias que conducen el aire hasta ellos.

3.1. Vías respiratorias

La entrada de aire se realiza a través de las ventanas de la nariz y llega a las **fosas nasales**, donde se calienta en la pituitaria roja, pared de la fosa nasal llena de vasos sanguíneos. Las fosas nasales desembocan en la **faringe**, que es un órgano común al aparato respiratorio y digestivo, y por su parte inferior está en comunicación con la **laringe**, vía por la que discurre el aire para entrar a la **tráquea**.

En la entrada de la laringe hay una lámina cartilaginosa llamada **epiglotis**, que la cierra en su parte superior para evitar que el bolo alimenticio entre en las vías respiratorias.

La laringe es un órgano rodeado de cartílagos que, además de servir de paso para el aire, es el **aparato fonador**. En el interior de la laringe existen unos repliegues elásticos de sus paredes, llamados **cuerdas bucales**, que vibran al paso del aire. El control de su tensión nos permite emitir sonidos con diferentes tonos.

La tráquea es un órgano exclusivamente respiratorio, se sitúa debajo de la laringe, en la parte anterior del cuello, delante del esófago. Sus paredes están reforzadas con cartílagos en forma de herradura, que la mantienen constantemente abierta. El interior está tapizado por un epitelio vibrátil*, rico en glándulas mucosas. Las partículas de polvo que penetran con el aire quedan retenidas por el moco y, con ayuda del movimiento de los cilios de las células, son expulsadas al exterior.

La tráquea se divide en dos **bronquios**, que tienen también cartílagos anulares y células ciliadas, y que se introducen en los pulmones. Dentro de ellos, los bronquios se ramifican en tubos de menor calibre, que en los mamíferos dan finísimos bronquiólos terminados en unos ensanchamientos llamados **vesículas pulmonares**.

3.2. Pulmones

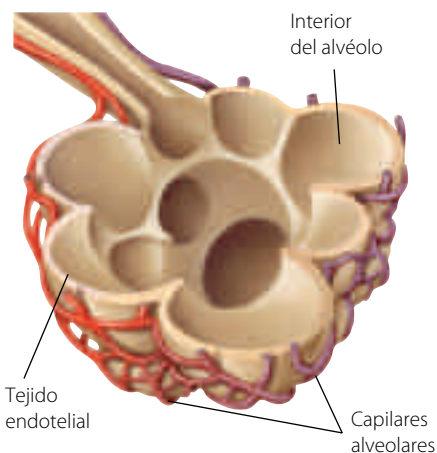
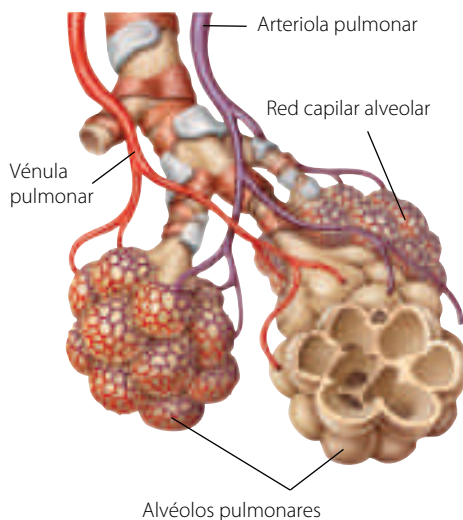
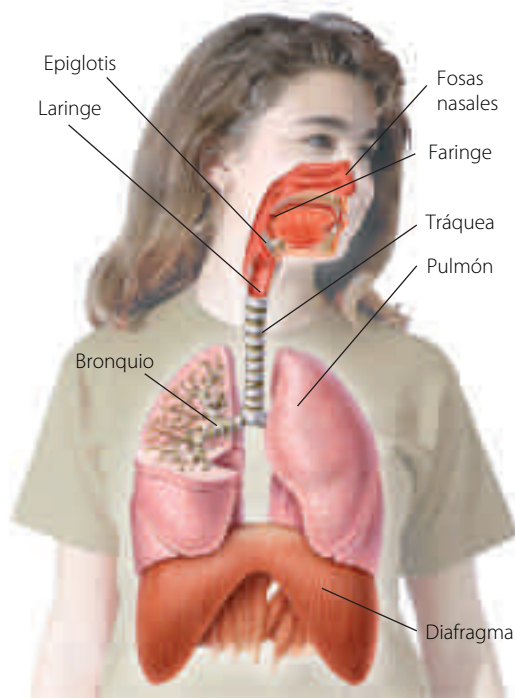
En la especie humana los pulmones están situados en el tórax, encima del diafragma y protegidos por el esternón y las costillas. Alrededor de los pulmones existe una doble capa serosa, denominada **pleura**, en cuyo interior hay un líquido pleural. La capa interna se adosa a los pulmones, y la externa, al interior de la cavidad torácica.

Están constituidos por el conjunto de bronquios de distinto calibre, o árbol bronquial, y vesículas pulmonares subdivididas en alvéolos, así como vasos sanguíneos y tejido conjuntivo.

La unidad anatómica y funcional son los **alvéolos pulmonares**. Existen unos trescientos millones en ambos pulmones. Cada alvéolo está formado por una capa de tejido endotelial, rodeada de una red de capilares sanguíneos, y el conjunto se encuentra envuelto en tejido conjuntivo, que rellena los espacios entre alvéolos.

Actividades

- 7 ¿Cuál es la localización de la epiglotis?, ¿qué función desempeña?
- 8 Realiza un esquema del trayecto que sigue el aire hasta llegar a los alvéolos, indicando los órganos por los que pasa.



4 La ventilación pulmonar y el intercambio de gases

La entrada y salida de aire en los pulmones se produce mediante movimientos respiratorios de inspiración y espiración, que están controlados por el sistema nervioso. El número de movimientos respiratorios en una persona adulta en reposo es de unos catorce por minuto, y puede aumentar mucho con ejercicio intenso.

- La **inspiración** introduce aire a los pulmones. El movimiento se realiza al contraerse los **músculos intercostales***, los pectorales, y el diafragma*. Los dos primeros elevan las costillas, y el diafragma desciende, lo que hace que se ensanche la caja torácica y aumente el volumen de los pulmones. Entonces la presión en el interior de los pulmones es menor, y el aire entra a las vías respiratorias por las fosas nasales y la boca hasta los alvéolos pulmonares.
- La **espiración** es un movimiento pasivo de los músculos que se habían contraído. Los músculos intercostales y pectorales se relajan y el diafragma se eleva, reduciendo el volumen torácico y pulmonar, lo que produce la expulsión del aire.

La capacidad total de los pulmones humanos es de unos **cinco litros**, pero por lo general en su interior solo hay 3,5 litros de aire. Normalmente con los movimientos de ventilación entran o salen 0,5 L.

4.1. Intercambio alveolar de gases

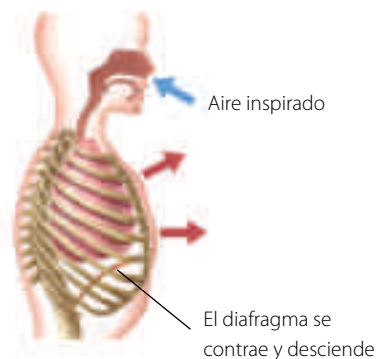
El intercambio de gases es un proceso físico-químico de **difusión simple** entre el aire inspirado, que se encuentra en los alvéolos pulmonares, y la sangre que circula por los capilares que rodean los alvéolos.

El aire alveolar inspirado tiene más cantidad de oxígeno que la sangre de los capilares que proceden de los tejidos, ya que se ha consumido en los procesos de respiración celular. Por tanto, existe un gradiente de presión positivo, y el oxígeno tiende a entrar al interior del capilar alveolar y después al interior del eritrocito para unirse a la hemoglobina y formar **oxi-hemoglobina***.

Del mismo modo, pero al contrario, ocurre con el dióxido de carbono. Este se libera en las células como producto de la respiración celular y pasa a la sangre, donde viaja hasta los pulmones. El aire inspirado en los alvéolos tiene menor concentración de dióxido de carbono que la sangre que llega a los alvéolos, por lo que este gas difunde desde la sangre hacia el interior de los alvéolos. En la espiración el aire cargado de dióxido de carbono sale al exterior, y en una nueva inspiración los alvéolos se llenan de aire con alta concentración de oxígeno.

Uno de los factores que interviene en la difusión de los gases es la permeabilidad de las membranas. La capacidad de difusión del oxígeno y el dióxido de carbono no es la misma, siendo la de este último veinte veces superior a la del oxígeno.

Inspiración



Espiración

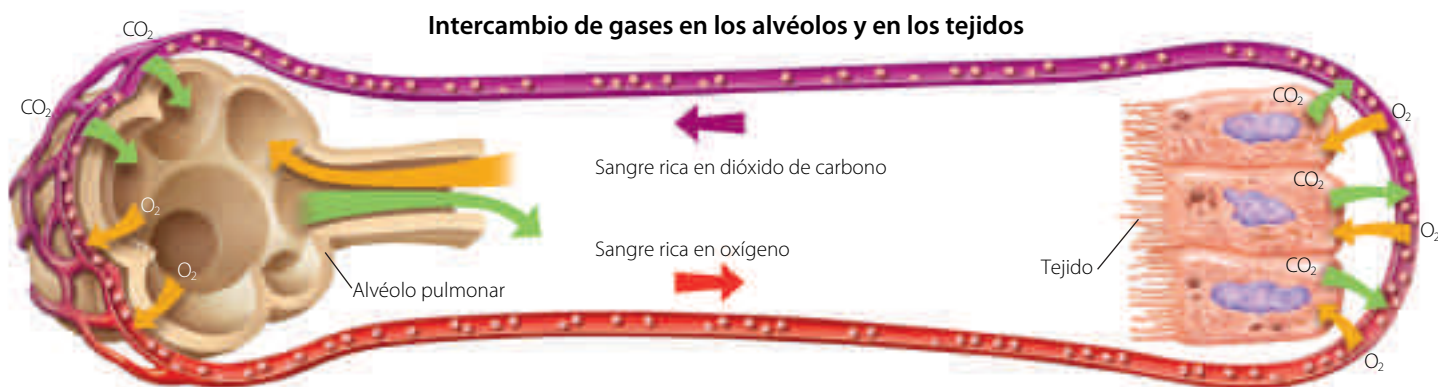


***Epitelio vibrátil**: Capa de epitelio provisto de cilios que se proyectan hacia la luz de la tráquea.

***Músculos intercostales**: Músculos que unen las costillas una con otra.

***Diafragma**: Músculo en forma de cúpula, que separa interiormente el tórax del abdomen.

***Oxi-hemoglobina**: Molécula de hemoglobina unida a oxígeno. Cada molécula de hemoglobina puede unirse a cuatro moléculas de oxígeno a través de los cuatro grupos hemo que posee.



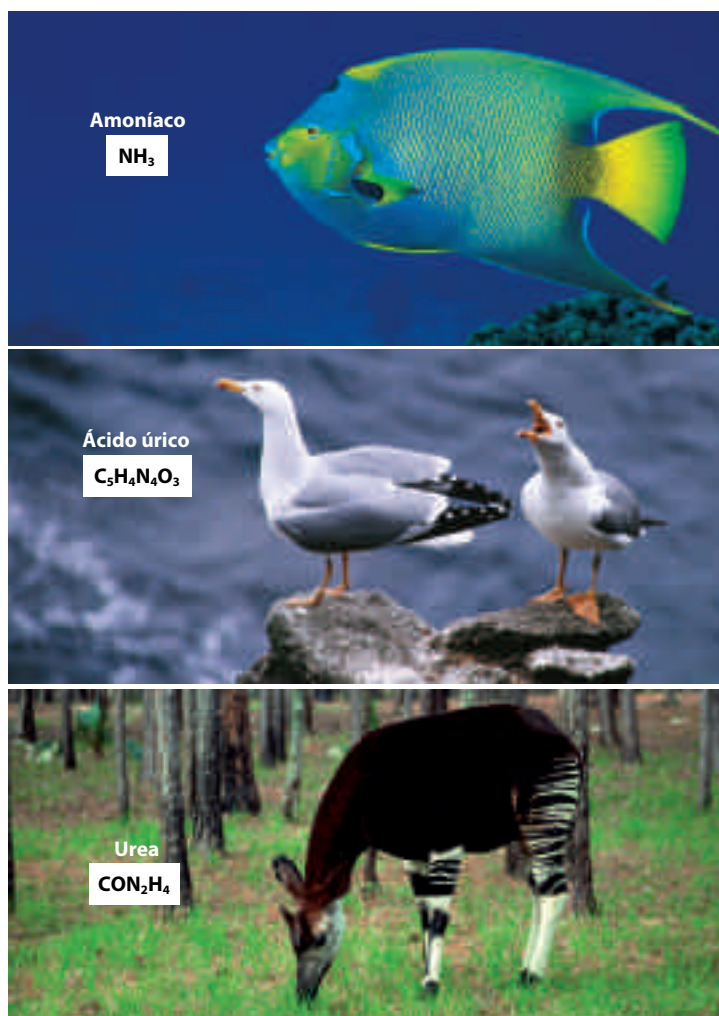
5 La función de excreción

El proceso de la nutrición se completa con la **excreción**, que corresponde a la eliminación de los productos de desecho procedentes del metabolismo celular. En la mayoría de los animales, las sustancias no gaseosas son eliminadas por órganos del aparato excretor, a los que son transportados por el aparato circulatorio.

En **vertebrados** la excreción se realiza a través de la piel, el aparato respiratorio, el aparato digestivo y, principalmente, por el sistema renal. El órgano principal del sistema renal es el **riñón**, que se encarga de retirar de la sangre los productos a excretar.

En **invertebrados** los órganos excretores son, básicamente, un sistema de tubos con modificaciones para la eliminación de sustancias desde los líquidos circulantes hacia el exterior.

El aparato excretor cumple también otra importante función, que es la **homeostasis**. Esto es la tendencia de los organismos a mantener constante las condiciones de su medio interno.



5.1. Productos de excreción en animales

Las principales sustancias que eliminan los animales son: derivados nitrogenados, sales minerales, agua y dióxido de carbono. Este último se expulsa a través del aparato respiratorio.

- **Derivados nitrogenados.** Son producidos en las reacciones de degradación de las proteínas y ácidos nucleicos:
 - **Amoníaco.** Aunque es muy tóxico, se diluye con rapidez en el agua. Es eliminado por los animales llamados **amoniotélicos**, como anélidos acuáticos, crustáceos, peces óseos, larvas de anfibios y moluscos y otros invertebrados acuáticos.
 - **Ácido úrico.** Este compuesto se forma en el hígado, a partir de amoníaco y otras sustancias nitrogenadas. Lo excretan animales llamados **uricotélicos**, que están adaptados a vivir en ambientes secos, como algunos insectos, reptiles y aves. Al no ser muy tóxico, su eliminación se realiza mediante una pasta blanca semisólida.
 - **Urea.** Se forma en el hígado a partir de restos nitrogenados de aminoácidos y dióxido de carbono. La excretan en gran cantidad los animales **ureotélicos**, como peces cartilaginosos, anfibios y mamíferos. Es poco tóxica y se expulsa disuelta en un líquido acuoso.
- **Agua y sales minerales.** Aunque no son considerados productos que haya que eliminar por su toxicidad, se excretan para regular una cantidad y concentración adecuada en el medio interno.

Actividades

- 9 Define lo que es excreción y relaciona este proceso con la función de nutrición.
- 10 ¿Existen otros órganos aparte de los riñones en los que se produce excreción de sustancias?, ¿cuáles?

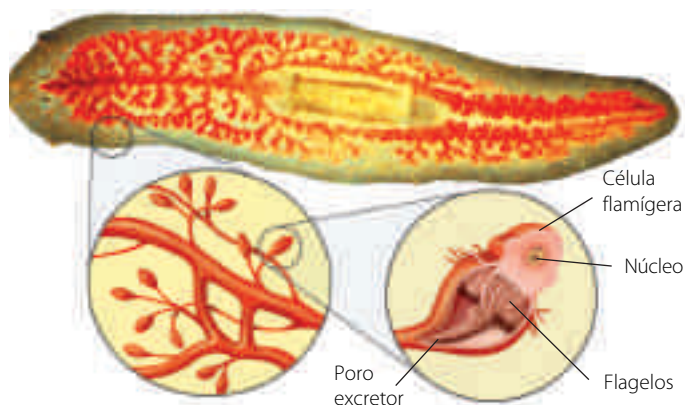
6 Los órganos de excreción en invertebrados

En los animales menos evolucionados, como poríferos y cnidarios, la eliminación de desechos se realiza directamente al exterior por difusión a través de la superficie de su cuerpo, y no hay estructuras especializadas en la excreción. Tampoco las tienen los equinodermos, que eliminan los compuestos nitrogenados, principalmente amoníaco, por difusión en estructuras especiales o en los pies ambulacrales. El resto de invertebrados posee distintos órganos especializados.

Actividades

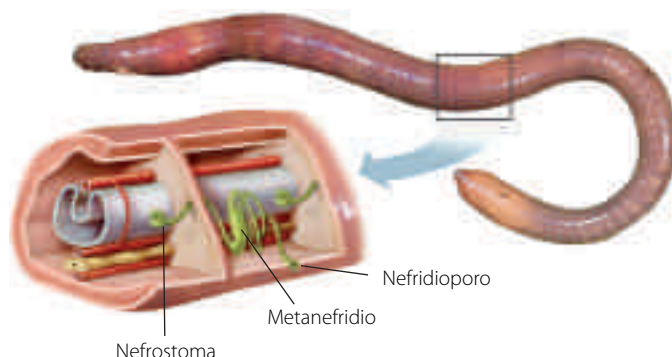
- 11** Indica el tipo de órgano excretor de los siguientes animales:
a) crustáceos, b) miriápodos, c) anélidos, d) insectos, e) platelmintos.

Protonefridios



Característicos de platelmintos. Son tubos muy ramificados cuyo extremo interno termina en una célula con flagelos, llamada **flamígera**, y el extremo exterior termina en un poro excretor. Las células flamígeras se encuentran entre los líquidos intercelulares. Las sustancias de desecho pasan por difusión a las células y de allí a los túbulos, donde el líquido sale al exterior con ayuda del movimiento de los flagelos.

Metanefridios



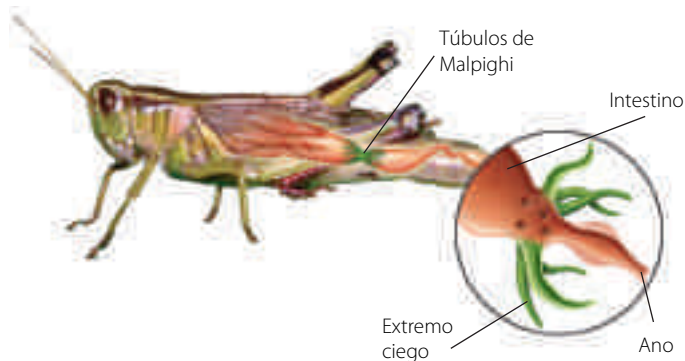
Propios de anélidos y moluscos. El metanefridio es un tubo largo con un extremo interno en forma de embudo (**nefrostoma**) que posee cilios y comunica con la cavidad celómica del segmento anterior. El movimiento de los cilios conduce el líquido hacia el interior del embudo. A lo largo del tubo se reabsorben las sustancias necesarias, quedando únicamente un líquido acuoso, con desechos que se eliminan al exterior a través de un poro excretor (**nefridioporo**).

Glándulas antenales y maxilares



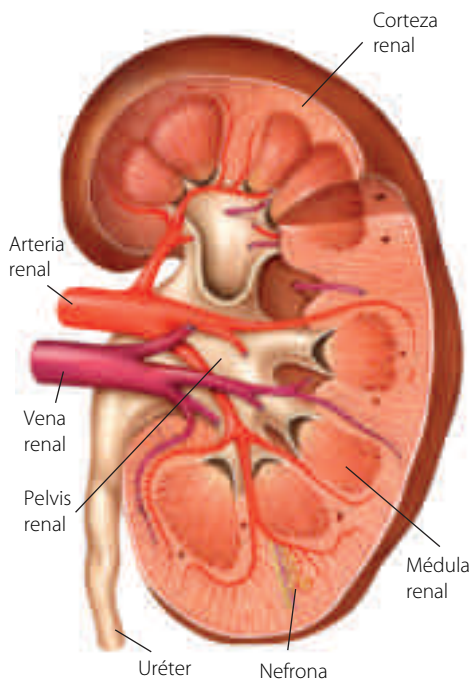
Son los órganos excretores de crustáceos. Se llaman antenales o maxilares, según terminen en la base de las antenas o en la maxilas. En los crustáceos decápodos, como el bogavante, son antenales y se llaman **glándulas verdes**. Las glándulas son pares y están rodeadas de capilares sanguíneos. Consisten en una cámara glandular, que recoge el filtrado, un tubo excretor, en el que se realiza la reabsorción de algunas sustancias, una vejiga muscular y un poro excretor que conecta al exterior.

Túbulos de Malpighi



Son los órganos excretores de insectos, miriápodos y algunos arácnidos. Son tubos delgados que se distribuyen por todo el cuerpo. Tienen un extremo ciego, y otro abierto al intestino, donde vierten los productos de desecho. En el saltamontes y otros muchos insectos los desechos nitrogenados se eliminan en forma de cristales de ácido úrico sin apenas agua. Lo que se interpreta como una adaptación a los ambientes secos para evitar la pérdida de agua.

7 El aparato excretor en vertebrados



Los procesos de excreción de vertebrados se desarrollan en órganos diversos, que constituyen el aparato excretor, en el que destaca el sistema renal, que también recibe el nombre de urinario.

El sistema urinario de los vertebrados está formado por dos **riñones** de los que parten dos conductos llamados **uréteres**.

Los riñones están formados por unidades anatómicas y funcionales denominadas **nefronas** que se encargan de filtrar la sangre y reabsorber después aquellas sustancias que son necesarias. Se produce así una **orina** en la que se encuentran los productos de desecho.

El sistema urinario de los distintos vertebrados tienen algunas particularidades:

- Los **peces** tienen un riñón generalmente alargado. En los peces óseos se encuentra encima de la vejiga natatoria, y los conductos que salen de él confluyen en una **vejiga urinaria**, que almacena la orina. Finalmente, el conducto urinario se abre detrás del ano.
- Los **anfibios** urodelos tienen un riñón alargado. En los anuros es más compacto y existe una vejiga urinaria primitiva, como parte de la cloaca.
- Los **reptiles** tienen dos riñones de forma irregular, con dos lóbulos cada uno. De cada riñón salen los uréteres, que terminan en una vejiga urinaria antes de la cloaca.
- Las **aves** poseen un par de riñones bien desarrollados, con uréteres que desembocan directamente en la cloaca. No presentan vejiga urinaria, a excepción de las avestruces. La mayoría de aves excretan ácido úrico mezclado con las heces fecales, formando una masa pastosa blanquecina.
- Los **mamíferos** tienen dos riñones compactos y más o menos ovales. Excepto en los mamíferos monotremas, que poseen cloaca, los uréteres confluyen en la vejiga urinaria, que comunica con el exterior por la **uretra**.

Rincón para el debate

Trasplantes de riñón

España es el país de la Unión Europea con mayor número de donantes de órganos, algo más de 34 por millón de habitantes.

La Organización Nacional de Trasplantes ha señalado que, en 2005, con los órganos de dichos donantes se pudieron realizar 3 828 trasplantes. De ellos, el riñón es uno de los órganos más trasplantados.

El trasplante de riñón se emplea en personas que tienen insuficiencia renal crónica. Para ellos supone una mejora de su autonomía y calidad de vida, al dejar de depender de la diálisis, y también un aumento de la supervivencia, al evitar las complicaciones de este tratamiento.

El principal problema deriva del rechazo del órgano trasplantado, pues

el sistema inmune lo reconoce como extraño. Para evitar la pérdida del órgano, se han desarrollado tratamientos que disminuyen la acción del sistema inmune del receptor, para permitir que el órgano siga funcionando. En la actualidad, las personas trasplantadas son tratadas con inmunodepresores.

¿Por qué es tan importante para las personas, el funcionamiento correcto de los riñones?

Además del riñón, ¿qué otros órganos son donados y trasplantados actualmente?

¿Cuáles pueden ser las causas por las que no hay más donaciones de órganos?



8 Las nefronas y la formación de la orina

Las unidades funcionales de los riñones son las **nefronas**. En cada riñón hay aproximadamente un millón de nefronas, que constan de las siguientes partes:

- **Cápsula de Bowman.** Es el extremo de la nefrona, tiene forma de copa y rodea a una red de capilares llamada **glomérulo**, conectados con una **arteriola aferente**, de entrada, y una **arteriola eferente**, de salida.
- **Túbulo contorneado proximal.** Llamado así por su aspecto sinuoso.
- **Asa de Henle.** Zona estrechada del túbulo proximal, con una rama descendente que se adentra en la médula del riñón y gira 180 grados, volviendo hacia la corteza por una rama ascendente.
- **Túbulo contorneado distal.** Se encuentra a continuación del asa de Henle, comunica con el **tubo colector**, de mayor anchura, al cual van a parar los túbulos de otras nefronas. Desemboca en la pelvis renal.

8.1. Formación de la orina

El proceso de formación de la orina se desarrolla en tres etapas:

- **Filtración glomerular.** Se produce por el paso de la sangre desde los capilares del glomérulo hasta la cápsula de Bowman. No se filtran las células sanguíneas ni la mayoría de las proteínas del plasma. El líquido filtrado tiene una composición parecida al plasma, y contiene glucosa, aminoácidos, vitaminas, sales minerales, agua, y otros nutrientes, así como productos de desecho, principalmente urea, y en menor proporción ácido úrico y creatinina*. La cantidad filtrada en esta fase es de unos 125 mL/min.

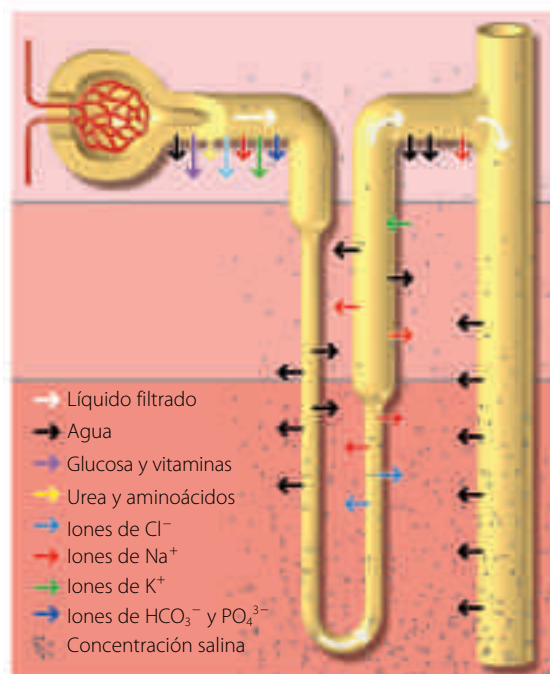
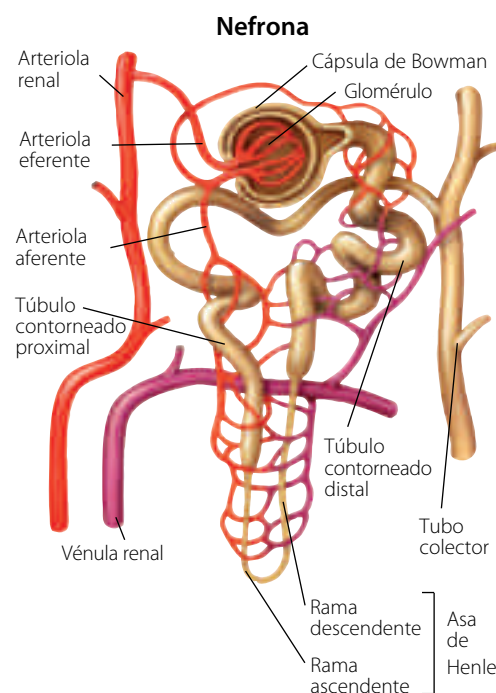
- **Reabsorción tubular.** La mayor parte del líquido filtrado se reabsorbe a lo largo de los túbulos de la nefrona, pasando a la red de capilares que los rodean. La reabsorción se realiza bien por difusión pasiva o por transporte activo.

A nivel del túbulo contorneado proximal se reabsorben agua, glucosa, vitaminas, urea, aminoácidos, iones de cloro, de sodio, de potasio, de bicarbonato y de fosfato, así como las proteínas de peso molecular bajo que se pudieran haber filtrado. En el asa de Henle se reabsorben agua, en la rama descendente, y sodio y cloro, en la rama ascendente. A nivel del túbulo contorneado distal se sigue reabsorbiendo agua y sodio.

Del total filtrado, se reabsorben 124 mL/min, por lo que nuestros riñones producen alrededor de 1 mL de orina por minuto.

- **Secreción tubular.** Una cierta cantidad de sustancias son secretadas desde los capilares hacia los túbulos de la nefrona, como iones de potasio, una pequeña proporción de creatinina y algunos fármacos.

El líquido producido pasa a los tubos colectores, en los que, en determinadas circunstancias, todavía se puede producir reabsorción de agua. De los tubos colectores la orina pasa a la pelvis renal y de ahí, a través de los uréteres, a la vejiga de la orina, donde se almacena hasta unos 0,5 L. La cantidad de orina producida al cabo del día es aproximadamente de 1,5 L.



Proceso de formación de la orina.

Actividades

- 12** ¿Qué cantidad de orina produce una persona en un día? ¿Cuál es su composición? ¿Crees que puede variar según las circunstancias?

***Creatinina:** Sustancia de desecho que procede de la degradación de la molécula de creatina que interviene en el metabolismo muscular.

9 Otros mecanismos de excreción

Además de la eliminación de productos tóxicos, el sistema excretor regula la cantidad de agua, iones y sales minerales disueltas en el medio interno, regulando la presión osmótica del medio interno.

***Narinas:** Aberturas de la cavidad nasal, tanto internas como externas, en la cabeza de un vertebrado.



El alcatraz es un ave marina que presenta glándulas de sal en el pico.

- En los **animales marinos** existen mecanismos especiales para eliminar el exceso de sales, ya que los riñones no pueden fabricar una orina tan concentrada como en los mamíferos. Esta función la realizan las **glándulas de la sal**.
 - En **reptiles** las glándulas de la sal están situadas cerca de las **narinas***; en las tortugas y algunos lagartos, cerca de los ojos, y en los cocodrilos marinos, en la lengua.
 - En los **peces óseos marinos** las branquias tienen células especializadas que se encargan también de eliminar sal. Debido a la alta concentración de sales en el agua de mar, el agua tiende a salir por ósmosis de su cuerpo hacia el medio externo y la mayor parte del amoníaco lo excretan por transporte activo en contra de gradiente a nivel de las branquias, por lo que toman agua continuamente. Algunos peces cartilagosos poseen glándulas de la sal situadas en el recto.
 - Las **aves marinas**, debido a su modo de vida, ingieren gran cantidad de sal en el alimento y en el agua que beben. Para solucionar esto, las gaviotas, y otras aves similares, poseen glándulas de la sal encima de los ojos y del pico, a través de las cuales se filtra la sangre con exceso de sal, eliminándose las sales en gotas muy concentradas a través del pico. La concentración de cloruro de sodio, en ocasiones, es casi el doble que la del agua del mar.
- En los **animales terrestres** hay otras estructuras relacionadas con la excreción:
 - Algunos **anélidos**, como la lombriz de tierra, absorben gran cantidad de calcio del suelo con el alimento. Para reducir sus niveles, tienen **glándulas calcíferas**, situadas a los lados del esófago, que segregan iones de calcio al intestino para ser eliminados de la sangre por el tubo digestivo.
 - Algunos **arácnidos** poseen la **glándula coxal** situada en el cefalotórax. Está formada por un sáculo al que se filtran sustancias del hemocele, y un túbulo excretor sinuoso que desemboca al exterior en un poro excretor. Muchos arácnidos, además de este tipo de glándulas, tienen tubos de Malpighi.
 - Los **vertebrados** producen bilis en el **hígado** que, además de facilitar la digestión de las grasas, contiene sustancias de excreción. El hígado degrada hemoglobina de los eritrocitos muertos y la transforma en **bilirrubina**, pigmento amarillo que se agrega a la bilis.
 - Los **mamíferos** tienen **glándulas sudoríparas**, situadas en la capa profunda de la piel, y que se abren al exterior a través de un poro. Segregan sudor, líquido con una composición similar a la orina, pero más diluido. Las glándulas sudoríparas están distribuidas por toda la piel del cuerpo. En la especie humana son más abundantes en las axilas, pies y palma de las manos. El sudor participa también en la regulación de la temperatura corporal.

Actividades

- 13 Haz un cuadro en el que se relacionen las glándulas de la sal y su localización en los diferentes animales que las tienen.
- 14 Explica cómo se produce el sudor, su composición y qué otra misión realiza además de contener sustancias de excreción.

Disección de un riñón de cordero

Los riñones son los órganos de excreción típicos de los vertebrados. Su estructura y funcionamiento son muy similares en todos ellos. La disección de un riñón de cordero nos acercará al conocimiento de la estructura y función de los riñones humanos.

Objetivos

- Conocer la morfología externa e interna de los riñones.
- Comprender el proceso de formación de la orina.
- Practicar técnicas de disección.

Material necesario

- Un riñón de cordero (procurando que los tubos que salen de él no estén muy cortados)
- Bandeja de disección
- Pipeta
- Agua oxigenada
- Pinzas
- Bisturí
- Tijeras gruesas
- Lanceta
- Material de dibujo

Desarrollo

1. Ponemos el riñón en la bandeja de disección y eliminamos la grasa que tenga alrededor. También quitamos el tejido conjuntivo que suele unir los vasos que salen del riñón.
2. Observamos la morfología externa. Identificamos el uréter, que suele ser color blanquecino, la arteria y la vena renal, que se pueden diferenciar por el grosor de sus paredes.
3. Con el bisturí cortamos longitudinalmente el riñón de modo que quede dividido en dos partes simétricas.
4. Observamos el interior, e identificamos cada una de sus partes. La parte central blanca es la pelvis renal, en la que se recoge la orina producida y que se continúa en el uréter. Lo comprobamos introduciendo la lanceta con cuidado por el extremo libre del uréter.
5. Observamos la zona de la médula renal, dividida en partes casi triangulares llamadas pirámides de Malpighi. Con una pipeta, ponemos unas gotas de agua oxigenada en la zona cortada y comprobaremos que se produce efervescencia. Pasados unos segundos, limpiamos con el dedo y podremos apreciar mejor los túbulos renales y los tubos colectores.

La zona más externa o corteza presenta un aspecto granular y es donde se produce la filtración.

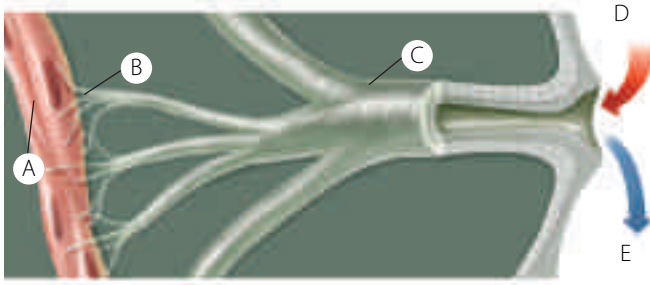


Practica

- 15 Dibuja el riñón sin abrir y nombra los distintos elementos que observes. Dibuja el riñón una vez abierto y nombra cada parte.
- 16 ¿Por qué crees que se produce efervescencia en la médula renal al añadir agua oxigenada?
- 17 ¿Qué es lo que produce la diferencia entre el tejido de la corteza y de la médula del riñón?

Actividades de repaso

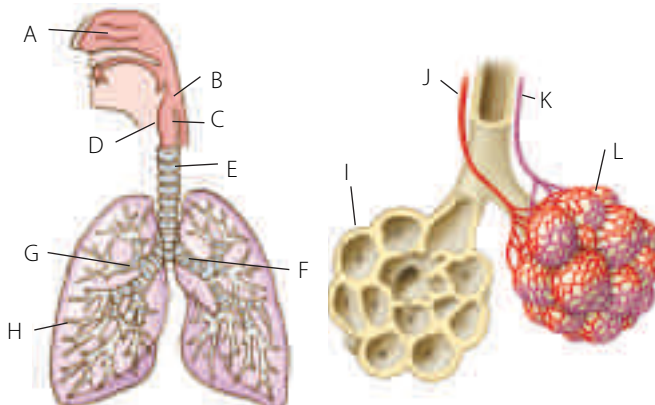
- 18** Indica qué características deben tener las superficies de intercambio de gases.
- 19** Explica en qué consiste el intercambio de gases por difusión directa y diferencíalo de la respiración cutánea. ¿Qué animales tienen cada uno de estos tipos de respiración?
- 20** Fíjate en el siguiente dibujo.



- a) ¿Qué tipo de estructura está representada?
- b) Pon nombre a cada uno de los elementos que la forman.
- c) Explica cómo funciona este sistema.
- d) ¿Qué animales son los que lo presentan?
- 21** Señala los tipos de branquias que tienen los animales respecto a su localización en el cuerpo. ¿Qué ventajas tienen unas con respecto a las otras?
- 22** En qué consiste el mecanismo de contracorriente de las branquias. ¿Qué ventajas proporciona?
- 23** Realiza un dibujo del aparato respiratorio de las aves y explica cómo se produce la ventilación. ¿Por qué se dice que las aves tienen el sistema de mayor eficacia de todos los vertebrados?
- 24** Copia y completa el siguiente cuadro:

	Esponjas	Peces óseos	Reptiles	Insectos	Moluscos
Tipo de respiración					

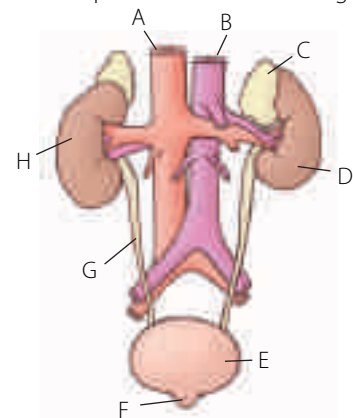
- 25** Observa y nombra las partes señaladas en el siguiente dibujo.



- 26** Haz un dibujo esquemático para explicar cómo se produce el intercambio de gases en las superficies respiratorias. ¿Hay alguna característica que facilite el intercambio?
- 27** Nombra tres animales que tengan los siguientes órganos respiratorios:
- Branquias internas
 - Branquias externas
 - Tráqueas
 - Respiración cutánea
 - Pulmones
- 28** Explica las ventajas e inconvenientes del medio aéreo y del medio acuático para el intercambio de gases.
- 29** Las branquias son órganos de respiración propios de los animales acuáticos. Cita los tipos de branquias que hay, indicando los animales que las tienen y razona las ventajas e inconvenientes de cada uno de los tipos.
- 30** Define lo que es homeostasis. Además del aparato excretor, ¿qué otros sistemas o aparatos están implicados en la homeostasis?
- 31** ¿Cuáles son los componentes principales de la orina humana? ¿Dónde se forman los desechos nitrogenados que expulsamos?
- 32** Copia y completa el siguiente cuadro:

	Anfibios	Platelmintos	Anélidos	Miriápodos	Crustáceos
Tipo de aparato excretor					

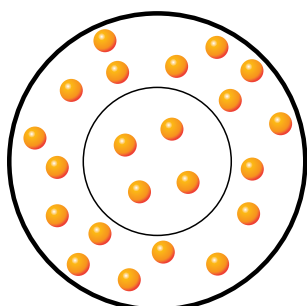
- 33** Observa y nombra las partes señaladas en el siguiente dibujo.



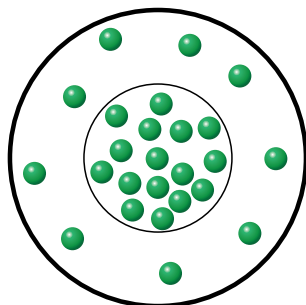
- 34** Indica qué parte de una nefrona se relaciona con los siguientes procesos y explica cada uno de ellos.
- Reabsorción
 - Filtración
 - Secreción
- 35** ¿Cuáles son los principales desechos nitrogenados? Pon un ejemplo de animal que mayoritariamente excrete cada uno de ellos.

Actividades de ampliación

- 36** Explica la necesidad, por parte de los animales, de obtener oxígeno y también la procedencia del dióxido de carbono que espiramos.
- 37** ¿Cómo se llama también la respiración externa? Señala la relación existente entre la respiración externa y la respiración celular.
- 38** Cuando realizamos algún deporte, la ventilación pulmonar aumenta con respecto a la de reposo. ¿Qué explicación puedes dar a este hecho?
- 39** Copia los siguientes esquemas e indica el sentido del movimiento de las moléculas de oxígeno y dióxido de carbono. ¿Mediante qué proceso pasan las moléculas de un lado a otro?



● Moléculas de oxígeno



● Moléculas de dióxido de carbono

- 40** ¿Qué características físico-químicas facilitan la difusión de gases en el medio terrestre en relación al medio acuático? ¿Qué desventaja tienen por su parte los animales terrestres con respecto a los acuáticos para el intercambio de gases?
- 41** Nombra algunos animales que realicen respiración cutánea. ¿Por qué para la mayoría de los grupos de animales la respiración cutánea es insuficiente?
- 42** Explica cómo se produce la respiración por tráqueas. ¿Qué diferencia a los animales con respiración traqueal, de los animales que tienen otros tipos de respiración?
- 43** ¿Crees que existe relación entre el tipo de aparato respiratorio de un animal y la actividad desarrollada por él? Razona tu contestación.
- 44** ¿Qué diferencias y semejanzas existen entre protonefridios y metanefridios? ¿Qué animales tienen cada uno de ellos?
- 45** Señala las diferencias y similitudes entre la orina y el sudor.
- 46** ¿Existe alguna relación entre el aparato respiratorio y el proceso de excreción? Pon algunos ejemplos.
- 47** Indica si las siguientes frases son verdaderas o falsas, y en este último caso formula la frase correcta.
- Las aves excretan una orina líquida con amoníaco como principal componente.
 - Los animales uricotelicos son aquellos que excretan principalmente ácido úrico, como los insectos.
 - La excreción de urea es común en mamíferos y anfibios llamados amoniotéticos.
 - Los peces excretan amoníaco, compuesto muy tóxico.
- 48** Asocia los siguientes procesos fisiológicos con los órganos donde se producen.
- Almacenamiento temporal de orina.
 - Fabricación del sudor.
 - Formación de orina.
 - Conducción de orina al exterior.
 - Formación de urea.
- 49** En el siguiente cuadro se puede apreciar la cantidad filtrada en la nefrona de distintos componentes de la sangre. También se expresa la cantidad excretada de los mismos.
- | Sustancia | Cantidad filtrada | Cantidad excretada |
|-----------|-------------------|--------------------|
| Agua | 180 L | 1,8 L |
| Glucosa | 180 g | 0 g |
| Urea | 56 g | 28 g |
| Sodio | 630 g | 3,2 g |
- Calcula el porcentaje reabsorbido de cada sustancia.
 - Localiza en qué parte de la nefrona se produce la reabsorción de cada sustancia.
- 50** La hemoglobina en la especie humana presenta una afinidad por el monóxido de carbono unas 200 veces mayor que la afinidad por el oxígeno. Por tanto, aunque el monóxido de carbono se encuentra en la atmósfera en cantidades muy bajas, se mezcla con la hemoglobina formando carboxihemoglobina. Un aire con el 0,2 % de monóxido de carbono puede ser mortal para una persona.
- El monóxido de carbono es uno de los gases contaminantes en las grandes ciudades, generalmente asociado a la utilización de combustibles fósiles.
- Explica cómo puede afectar a la respiración el aumento de este gas en la atmósfera.
 - Investiga o busca casos en los que se hayan producido este tipo de envenenamientos por mala combustión de los gases.
- 51** Señala qué problemas tendría un animal terrestre que tuviera branquias en lugar de pulmones. Los mamíferos acuáticos, como los delfines, focas y ballenas, entre otros, tienen pulmones. Busca información para explicar cómo pueden permanecer buceando durante largos periodos de tiempo.

Orientaciones para un examen

La tabla adjunta representa la concentración plasmática de algunos compuestos en la especie humana, así como de las cantidades filtradas y excretadas en los riñones. En los riñones entran aproximadamente 1,2 L/min de sangre, de los que 0,6 L corresponden a plasma sanguíneo.

Componentes	Concentración plasmática	Cantidad de plasma filtrado en 24 h	Cantidad en la orina en 24 h	% reabsorbido en 24 h	% eliminado en 24 h
Agua	93 %	180 L	1,5 L		
Glucosa	1 g/L	180 g	0 g		
Urea	0,3 g/L	56 g	30 g		
Na ⁺	3,65 g/L	560 g	5 g		
K ⁺	0,2 g/L	29 g	2,2 g		
Cl ⁻	3,65 g/L	560 g	9 g		

- a) ¿Dónde se produce la filtración del plasma en los riñones, y dónde la reabsorción del filtrado?
- b) Calcula el porcentaje de agua filtrado.
- c) Halla el porcentaje de cada uno de los componentes que ha sido reabsorbido en el riñón y el porcentaje que se ha eliminado en la orina.

Cálculo de la filtración y la reabsorción en los riñones

- a) La primera cuestión es directa y para contestarla debemos localizar concretamente las partes en las que se realiza cada proceso.

La filtración se produce en la cápsula de Bowman de cada una de las nefronas. La reabsorción se efectúa en diferentes lugares de los túbulos de la nefrona, e incluso en el tubo colector, dependiendo de las distintas sustancias que se reabsorben.

- b) Para responder a esta cuestión, primero calculamos la cantidad de agua que entra en los riñones. Sabemos que en el plasma hay aproximadamente un 93 % de agua, por lo que para averiguar la cantidad que entra en los riñones por minuto calculamos el 93 % de 0,6 L/min, que es **0,56 L/min**.

Como necesitamos conocer la cantidad en 24 horas, multiplicamos 0,56 L por 60 min y después por 24 h, lo que nos da un total aproximado de 806 L/día. Para calcular el porcentaje de agua dividimos la cantidad filtrada entre la cantidad de agua que entra y multiplicamos por 100.

$$\frac{180}{806} \times 100 = 22,3\%$$

- c) En el caso de la glucosa se han filtrado 180 g en 24 horas, y la orina carece de glucosa, luego el porcentaje eliminado es del 0%, y de glucosa reabsorbida es del 100%.

Para calcular el porcentaje de cada uno de los otros componentes que se han eliminado, dividimos la cantidad que hay en orina entre la cantidad filtrada y la multiplicamos por 100. Si se han filtrado 180 L/día de agua, y la orina de un día contiene 1,5 L, $1,5/180 \times 100 = 0,83\%$ eliminada, y el 99,17 % se ha reabsorbido.

En el caso de la urea se han filtrado 56 g, y la orina contiene 30 g, por lo que se elimina el 53,57 % de la cantidad de urea que se ha filtrado y el 46,43 % reabsorbido. Para el sodio sería $5/560 \times 100 = 0,89\%$ eliminado y el 99,11 % reabsorbido. Para el potasio sería $2,2/29 \times 100 = 7,59\%$ eliminado y 92,41 % reabsorbido. En el caso del cloro, sería $9/560 \times 100 = 1,61\%$ eliminado y 98,39 % reabsorbido.

Componentes	% reabsorbido en 24 h	% eliminado en 24 h
Agua	99,17	0,83
Glucosa	100	0
Urea	46,43	53,57
Na ⁺	99,11	0,89
K ⁺	92,41	7,59
Cl ⁻	98,39	1,61

Practica

52 Basándote en los datos de la tabla siguiente:

Gas	Aire atmosférico		Aire alveolar		Sangre rica en oxígeno	Sangre pobre en oxígeno
	%	Presión en mm Hg	%	Presión en mm Hg	Presión en mm Hg	Presión en mm Hg
O ₂	21	159	14	101	100	40
CO ₂	0,04	0,3	5,6	39	40	46

- a) Explica el sentido del movimiento del oxígeno y del dióxido de carbono en los alvéolos pulmonares.
- b) ¿Qué sucedería si la presión del oxígeno disminuyese como ocurre a medida que ascendemos en altitud?, ¿cómo pueden vivir los habitantes de Cuzco y La Paz que están a 3 400 y 3 600 m de altitud?

El buceo y la respiración

Aunque los mamíferos marinos, como delfines, focas, ballenas o marsopas, tienen respiración pulmonar, pueden resistir bajo el agua mucho tiempo y llegar a profundidades de hasta 500 m. Estos animales cuentan con adaptaciones especiales, como poseer el doble de volumen de sangre, con respecto a su peso corporal, que el de los mamíferos no buceadores. En ellos, además, actúa el **reflejo de buceo**, por el que cesa la respiración, se desacelera mucho la frecuencia del corazón (bradicardia), se desvía la sangre hacia órganos como cerebro y corazón, que resisten menos la falta de oxígeno y los músculos pasan a un metabolismo anaerobio. Incluso, antes de una inmersión no toman más cantidad de aire, todo lo contrario, exhalan todo el aire posible.

En el caso del ser humano, desde tiempos remotos se han explorado las profundidades marinas, existiendo referencias de distintos historiadores, incluso griegos y romanos. Pero siempre con ayuda de sistemas artificiales.

El nitrógeno, un enemigo del buceador

Durante una inmersión, uno de los mayores enemigos del buceador es el nitrógeno, que a altas presiones posee efecto narcótico y además puede producir la **enfermedad de descompresión**.

Lo que un buceador respira de las botellas es aire comprimido, cuyos gases mayoritarios son el oxígeno (21 %) y el nitrógeno (79 %). A medida que se desciende, la presión hidrostática aumenta proporcionalmente a los metros de profundidad que se alcanzan (1 atm por cada 10 m).



En condiciones atmosféricas normales (1 atm de presión), el nitrógeno del aire que respiramos no entra en los tejidos. En el buceador, el aumento de presión provoca una mayor solubilidad de nitrógeno, haciendo que este gas entre en la sangre y los otros tejidos. Al ascender, disminuye la presión y la solubilidad se hace menor. Si el ascenso es muy rápido, la descompresión puede formar burbujas de gran tamaño que viajan por la sangre y pueden obstruir los vasos sanguíneos, produciendo dolor en las extremidades, confusión, vértigos intensos y parálisis.

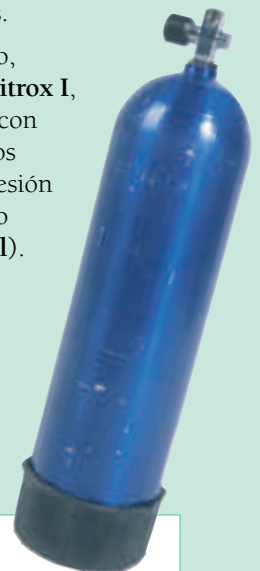
Para evitar esto, el ascenso se realiza lentamente, parando a determinadas profundidades y durante cierto tiempo. Así, las burbujas microscópicas se liberan en los pulmones con total normalidad. Las tablas de inmersión y los ordenadores de buceo indican la profundidad y el tiempo de las paradas que se deben realizar durante el ascenso.

Nitrox y trimix

Para evitar trastornos como los anteriores y poder aumentar el tiempo y la profundidad de inmersión, hoy día se utilizan unas mezclas especiales de aire en las botellas de buceo, llamadas **nitrox** y el **trimix**. Para poder utilizarlas son necesarios cursos de entrenamiento específicos.

El **nitrox** es una mezcla de nitrógeno y oxígeno, enriquecida en este último gas. Hay dos tipos: **Nitrox I**, con un 32 % de O_2 y 68 % de N_2 , y **Nitrox II**, con un 36 % de O_2 y un 64 % de N_2 . Al tener menos nitrógeno, se reduce el tiempo de la descompresión y disminuye la cantidad de ese gas en el cuerpo después de una inmersión (**nitrógeno residual**).

El **trimix** es una mezcla de oxígeno, nitrógeno y helio. Con ella se reduce la proporción de nitrógeno que se respira y aumenta la de helio, que no posee los efectos narcóticos de aquel.



No te lo pierdas

Libros

- ▶ **LA REBOTICA.** *El gran libro de los consejos médicos y de la vida saludable.* Ed. Temas de hoy
- ▶ **JUAN R. VILLAYERDE.** *Terapias para dejar de fumar.* Ed. Mandala

En la red

- ▶ www.cnpt.es/
Página del Comité Nacional para la Prevención del Tabaquismo.
- ▶ www.ont.es/Home?id_nodo=124
Organización Nacional de Trasplantes.