¿Cómo incorporan el alimento los animales?

Los animales somos seres heterótrofos, lo que significa que, además de sustancias inorgánicas, nuestra nutrición exige obtener sustancias orgánicas para mantener el medio interno. El alimento orgánico, sólido o líquido, lo utilizamos con dos finalidades:

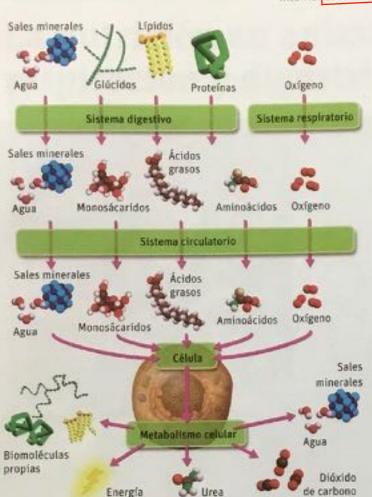


Figura 7.2. Los sistemas digestivo y respiratorio captan sustancias del exterior y el circulatorio las lleva a las células, donde se metabolizan.

- Como materia con la que construir nuestras propias biomoléculas para crecer, reparar tejidos y sustituir células.
- Como energía para contraer los músculos, sintetizar nuevas sustancias, generar calor interno, realizar transporte activo a través de membranas, etcétera.

El alimento está formado por biomoléculas orgánicas de gran tamaño (polisacáridos, lípidos, proteínas), e inorgánicas (agua y sales minerales). Para "desmontar" las grandes moléculas orgánicas es preciso realizar un primer proceso digestivo que las reduzca a sus componentes moleculares más sencillos, los nutrientes: monosacáridos, ácidos grasos y aminoácidos.

Con ellos, las células organizan sus propias biomoléculas, mientras que al romper los enlaces químicos obtienen la energia necesaria para llevar a cabo sus funciones vitales. Este proceso es el catabolismo celular y en los animales incluye las fermentaciones y la respiración celular. Dado que la respiración celular necesita oxígeno, es necesario llevarlo hasta la célula (Fig. 7.2).

Por todo esto, un animal, para alimentarse, debe obtener del exterior sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. Para ello presenta dos sistemas o aparatos (Fig. 7-3):

- El sistema digestivo, con el que capta líquidos y sólidos.
- El sistema respiratorio, para captar gases.

Además, en la mayoría de los animales existe un mecanismo interno de transporte, el **sistema circulatorio**, que comunica los dos anteriores sistemas con todas las células del organismo.

Finalmente, las células devuelven al sistema circulatorio los productos de excreción de su metabolismo: el gas CO, viaja al exterior a través del sistema respiratorio, mientras que los sólidos –disueltos en agua– salen por el sistema excretor.

- 4. Las células musculares pueden utilizar dos rutas catabólicas para obtener energía: la fermentación táctica y la respiración celular. ¿En cuál de estos casos es más probable que se produzca una u otra: al realizar un movimiento brusco o durante una carrera de fondo? ¿Por qué?
- 5. ¿En qué sentido puede decirse que el sistema respiratorio cumple funciones parecidas a las de los sistemas digestivo y excretor?

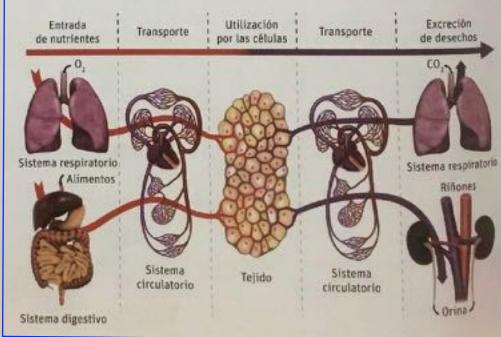


Figura 7.3. Esquema general de los sistemas implicados en la nutrición animal.

¿Cómo se produce el intercambio gaseoso?

Los gases ejercen presión sobre las paredes del compartimento que los contiene y, en la atmósfera, sobre los objetos con los que están en contacto: es la llamada presión atmosférica. Como el aire es una mezcla de gases, cada uno de ellos ejerce una parte de la presión total de acuerdo a su proporción de volumen en la mezcla. Esa presión se llama presión parcial.

Si se ponen en contacto dos masas de aire de distinta composición, se produce un intercambio gaseoso: los gases pasan de la masa donde su presión parcial es mayor a la masa donde es menor. Esto mismo sucede cuando se ponen en contacto un gas presente en el aire y en una sustancia líquida como el agua o la sangre. Ese paso se denomina difusión.

En los animales con sistema circulatorio hay dos lugares en los que se produce un intercambio de gases (Fig. 7-4):

- En el órgano respiratorio, ya sean branquias o pulmones. Aquí el oxígeno pasa desde el aire o el agua al líquido circulatorio, mientras que el dóxido de carbono sigue el camino contrario.
- En la zona de contacto entre el líquido circulatorio y las células del organismo. Aquí el exigeno sale del líquido circulatorio hacia el interior de las células y llega hasta sus mitocondrias. El dióxido de carbono hace el viaje en sentido contrario.

En ambos casos, los gases atraviesan finas láminas o endotelios, siempre cumpliendo la ley general de difusión de los gases: se mueven desde donde la presión parcial es mayor hacia donde es menor. •En la Web

Observa cómo se produce el intercambio de gases en los alvéolos.

*www.e-sm.net/svbg1bach07_01

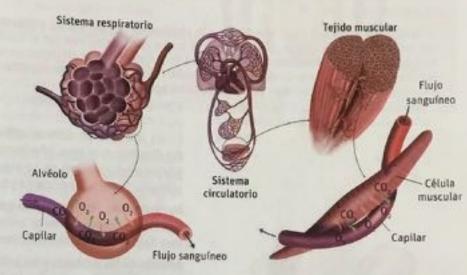


Figura 7.4. El intercambio gaseoso en un vertebrado terrestre tiene lugar en dos lugares: en el pulmón y entre la sangre y las células.

En los animales sencillos que no presentan sistema circulatorio, el intercambio de gases se produce directamente entre el aire o el agua y el medio interno o intercelular del animal.

INTERPRETAR

6. La presión parcial explica casí todo

La presión parcial de los gases del aire viene determinada por su concentración en volumen. La tabla muestra valores en el aire inspirado y en el espirado.

- a) la presión se puede medir en milímetros de mercurio (mmHg). La presión atmosférica normal es de 760 mmHg. ¿Qué presión parcial tendrá el oxígeno en el aire normal? ¿Y en el espirado?
- b) Algunos alpinistas pueden presentar síntomas asociados a una deficiencia en el suministro de oxígeno (hipoxia). Para aliviar esta alteración se recurre a la oxígenoterapia: se suministra a estas personas aire enriquecido en oxígeno. ¿Por qué puede producirse hipoxia en eslos deportistas?
- c) Observa la tabla y responde: ¿por qué crees que un local público donde se detecta un 4 % de dióxido de carbono debe ser evacuado por riesgo para la salud?

Gas	Aire inspirado	Aire espirado
N,	79 %	79 %
0,	20,9 %	16,2 %
00,	0,04 %	4,1%



ACTIVIDADES

7. Cuando una persona asciende una montaña por encima de cierta altura, experimenta tambios en su proceso de ventilación pulmonar. ¿En qué consisten esos cambios? ¿A qué son debidos?

Los tipos de respiración en animales

La respiración es un proceso indispensable en los animales. A lo largo de la evolución. los animales han dado respuesta a esa necesidad con distintos mecanismos y sistemas.

3.1. Animales sin sistema respiratorio

¿Y cómo respiran?

Es făcil observar medusas en las costas. Son animales que hay que evitar al nadar, ya que tienen células urticantes, pero a veces quedan varadas en las playas, muertas, semejando un montón de gelatina.

Si lleváramos una medusa al laboratorio y la abriéramos con un bisturí, veríamos entre sus tentáculos una boca que comunica con el hueco que se extiende por el interior del animal, pero no encontrariamos ninguna estructura con la que pudiéramos pensar que respira. De hecho, carecen de sistema respiratorio. Sin duda, sus células necesitan oxígeno, como cualquier otro animal. ¿Qué hacen, pues, para respirar?



Medusa

En los animales sin sistema respiratorio, las células obtienen el oxígeno directamente del disuelto en el agua, eliminando también su dióxido de carbono al agua. Eso es así porque ninguna célula de su organismo se encuentra alejada del exterior, ya que son animales pequeños y presentan estructuras corporales muy simples y de poco espesor.

Naturalmente, su intercambio gaseoso no es muy eficiente y disponen de menos cantidad de oxígeno que otros animales más complejos, por lo que su metabolismo es muy bajo y sus movimientos, lentos.

Además de las medusas y los pólipos, las esponjas también carecen de sistema respiratorio. De hecho, son el grupo de animales pluricelulares más sencillo y antiguo.

Sin embargo, en la gran diversificación de grupos animales que se produjo en la lla mada "explosión cámbrica" -hace unos 540 Ma-, aparecieron grupos de animales con estructuras más complejas, entre ellas, los sistemas respiratorios.

3.2. La invención de las branquias externas

El agua es más viscosa que el aire, por lo que cuesta más moverla. Eso es un problema para un pequeño animal marino. Además, el oxígeno disuelto es escaso en el agua de mar, sobre todo en profundidad, debido a que procede en su mayoría del intercambio con la atmósfera, donde si es abundante. Por ello, cuanto más oxígeno necesita an animal, más debe buscar aguas agitadas y poco profundas. Como muchos animales marinos viven sobre el fondo, (estrellas y erizos de mar, bivalvos, etc.), su hábitat se sitúa cerca de las costas, donde hay oleaje y poca profundidad.

Una forma de mejorar el intercambio gaseoso en el mar consiste en crear superficies corporales especializadas que se extiendan fuera del cuerpo y puedan agitarse. Aparecen así las branquias externas, que mejoran el intercambio gaseoso gracias a 54 gran vascularización. Pero esas expansiones blandas son también una atracción para los predadores. Para evitar riesgos, el animal puede retraerlas y esconderlas en caparazones, tubos o estructuras duras. Las branquias externas son frecuentes en inverte brados marinos como moluscos, gusanos (Fig. 7.5) y algunos crustáceos.

En la Web .

Observa un gusano tubícola que usa las branquias para respirar y para capturar

www.e-sm.net/svbg1bach07_02 *



Figura 7.5. El gusano tubicola expande sus branquias externas para captar oxígeno del agua y las retrae ante cualquier amenaza.

- 8. Busca y cita ejemplos de especies de moluscos, anélidos y crustáceos con branquist externas.
- 9. ¿Qué ventaja tiene para la respiración el movimiento de las medusas, frente a la importante de la medusas. movilidad de los pólipos? ¿Mejora este movimiento su capacidad metabólica?

3.3. La solución de las branquias internas

Un paso más en la mejora evolutiva de los sistemas branquiales consiste en protegerus permanentemente en alguna cámara del interior del cuerpo o taparlos con alguna estructura. Para que ese sistema funcione es necesario generar una corriente de agua constante que atraviese la cámara o cavidad.

Las branquias internas son frecuentes en moluscos y crustáceos. Al abrir un mejinon, por ejemplo, vemos unas expansiones laminares situadas entre la parte del manto que se une a las valvas y la masa visceral central; son las branquias (Fig. 7.6). Para respirar, entreabre las valvas y hace que el agua atraviese las branquias. Para favorecer el movimiento del agua, utiliza unos cilios que tienen las células branquiales.

Aún más protegidas están las branquias de los cangrejos y las langostas, ya que se sitúan dentro del caparazón.

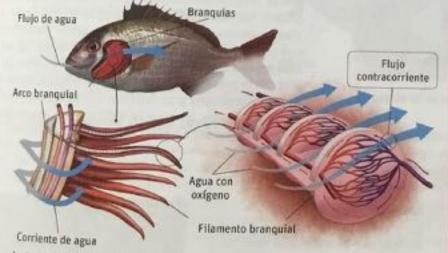
Todos estos animales viven fijos al sustrato o se desplazan lentamente por los fondos, por lo que suelen vivir en aguas agitadas o usan mecanismos para mover el agua en su interior. El funcionamiento de las branquias internas mejora cuando lo que genera la corriente de agua en la cavidad branquial es el propio desplazamiento del animal: es lo que hacen las sepias y los calamares y, sobre todo, los peces.

Las branquias internas alcanzan su mayor grado de eficacia en los peces, y se encuentran en las hendiduras branquiales. En la mayoría de los peces, el agua penetra por la boca y sale por estas hendiduras. En los tiburones y rayas, se abren al exterior de forma independiente, mientras que en los peces óseos están protegidas debajo de un recubrimiento óseo llamado opérculo.

ARGUMENTAR

10. Intercambio contracorriente

En la mayoría de los peces, las branquias se disponen de tal modo que en el interior de cada una de las láminas, la sangre desoxigenada circula en sentido contrario a la corriente de agua, como puedes ver en este esquema:



- a) ¿Que ventaja adicional tiene el sentido de circulación de la sangre en la branquia?
- b) En algunas charcas y estanques se pueden ver carpas que "boquean" en la superficie, abriendo la boca entre el agua y el aire. ¿Por qué hacen eso?

ACTIVIDADES

11. ¿Qué relación puede existir entre la mejora de la capacidad de nadar velozmente y la capacidad de obtener más oxígeno y poseer un metabolismo más activo?

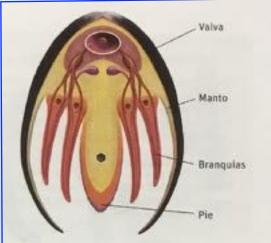


Figura 7.6. Corte transversal del cuerpo de un mejillón, donde se aprecian las branquias internas

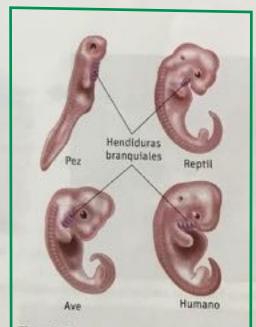


Figura 7.7. Hendiduras branquiales en embriones de algunos vertebrados. En los terrestres desaparecen de adultos, mientras que en los acuáticos alojarán las branquias.

· En la Web

Observa el movimiento de los cilios de las branquias de un bivalvo.

 www.e-sm.net/svbg1bach07_03 Observa el funcionamiento de una branquia.

*www.e-sm.net/svbg1bach07_04

3.4. La conquista del medio terrestre: la respiración cutánea

Los primeros exploradores terrestres

Las planarias o gusanos planos fueron, con toda probabilidad, los pioneros en aventurarse al medio terrestre y, por ello, quienes primero se enfrentaron a la necesidad de respirar aire. Pero son animales carentes de un órgano respiratorio diferenciado: intercambian oxígeno a través de toda su superficie corporal, para lo cual su piel debe estar siempre húmeda. Esto les obliga a vivir en medios húmedos y, especialmente, en bosques tropicales.

Los gusanos planos, además, "inventaron" la cefalización en el proceso evolutivo, es decir, fueron los primeros en los que la porción anterior del cuerpo se dotó de órganos sensoriales, formando una cabeza, algo muy útil cuando se avanza y se necesita reconocer lo que hay delante.



Planaria terrestre

En la Web •

Descubre cómo es una planaria.

www.e-sm.net/svbg1bach07_05 •

En algún momento de la historia de la vida, probablemente en el Devónico (408-360 Ma), unos gusanos planos de cuerpo blando comenzaron la invasión del medio terrestre, un escenario que les exigía respirar aire.

Esta nueva situación tenía una ventaja: el aire contiene mucha más cantidad de oxígeno que el agua. Pero requería una serie de adaptaciones anatómicas: una piel fina, permeable a los gases y siempre humedecida, un medio interno muy próximo al exterior, ausencia de protección de su superficie corporal, que debe ser muy amplia en relación con el volumen del animal.

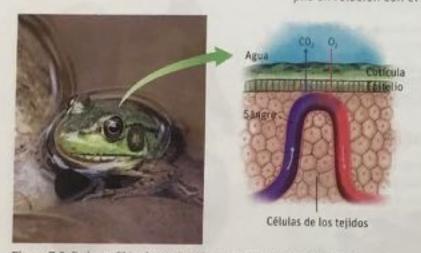


Figura 7.8. En los anfibios la respiración cutánea es un complemento de la pulmonar.

La respiración cutánea supone que la piel es el órgano respiratorio. Respiran así algunos invertebrados acuáticos y este es el sistema que utilizan algunos de los primeros animales terrestres: las planarias y las lombrices de tierra, por ejemplo.

Entre los vertebrados, los anfibios adultos también presentan respiración cutánea (Fig. 7.8). De entre los vertebrados, fue este grupo el que inició la conquista de los medios aéreos, por lo que existe un cierto paralelismo con el caso de los gusanos planos. Sin embargo, los anfibios adultos complementan su respiración a través de la piel con la presencia de pulmones. Se trata de animales que mantienen una gran dependencia de los medios búmedos; de hecho, las crías de anfibios –los renacuajostienen vida acuática y presentan branquias externas.

BUSCAR INFORMACIÓN

12. Como pez fuera del agua

Las anguitas son peces de piel mucosa y escamas muy pequeñas, que nacen en el mar y llegan a los ríos como alevines (en esta fase reciben el nombre de angulas). Remontan los ríos y, de adultos, pueden pasar de unos cauces a otros serpenteando por tierras húmedas incluso durante largos trechos.



- a) ¿Cômo pueden desarrollar esa actividad fuera del agua si respiran por branquias?
- b) Investiga y cita otros ejemplos de animales que utilizan sistemas complementarios de respiración en determinadas ocasiones.

3.5. Las tráqueas de los artrópodos terrestres

Los artrópodos se originaron en el mar, pero varios de sus grupos evolucionaron, luego, en ambientes terrestres. Mientras que los artrópodos acuáticos (crustáceos, fundamentalmente) presentan una respiración branquial, los terrestres (insectos, arácnidos, miriápodos) tuvieron que enfrentarse también al reto de la respiración aérea. Como los artrópodos basan su diseño corporal en un esqueleto externo, la solución de la respiración cutánea no es adecuada para ellos. Así, apareció en ellos un nuevo sistema de respiración: las **tráqueas**.

El sistema traqueal de insectos y arácnidos consiste en una serie de tubos reforzados con anillos endurecidos, que se abren al exterior por unos orificios llamados **espiráculos**, se ramifican por el interior del animal y llegan a todas sus células (Fig. 7.9).

En muchos insectos voladores, que necesitan gran cantidad de oxígeno, los movimientos musculares del vuelo contribuyen a la ventilación de las tráqueas.

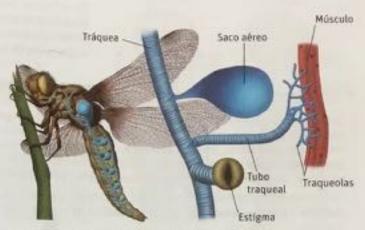


Figura 7.9. Sistema respiratorio traqueal de los Insectos.

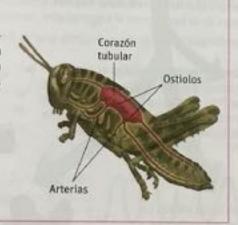
Sin embargo, los sistemas traqueales presentan una importante limitación debido a su poca eficiencia en la distribución de oxígeno a las células. Por este motivo, los insectos y los arácnidos no alcanzan el tamaño de la mayoría de los vertebrados.

FORMULAR UNA HIPÓTESIS

13. Una sangre extraña

Los insectos presentan un sistema circulatorio con un líquido denominado hemolinfa que carece de pigmentos respiratorios, ya que el oxígeno llega a las células a través del sistema traqueal.

- a) ¿Para qué crees que les sirve, entonces, el sistema circulatorio representado en el dibujo?
- b) justifica por qué el sistema traqueal de los insectos es un impedimento para alcanzar un tamaño corporal grande.



3.6. Los pulmones de los invertebrados

Algunos otros invertebrados limitaron su superficie de intercambio gaseoso al interior de una cavidad protegida dentro del cuerpo y comunicada con el exterior a través de algún orificio (Fig. 7.10). Dicha cavidad debe mantener cierta humedad para favorecer el intercambio y evitar que se pierda demasiada agua, por lo que está semicerrada. Además, al contrario de lo que ocurre con las tráqueas de los insectos, la superficie de intercambio cede el oxígeno a un sistema circulatorio que lo distribuye por las células.

Este sistema, propio de los caracoles terrestres y las babosas, entre los moluscos, es de tipo pulmonar, aunque muy sencillo. También las arañas complementan su sistema traqueal de los artrópodos con unos pequeños pulmones que se sitúan en el abdomen y se denominan "en libro", por su parecido a las hojas de un libro.

ACTIVIDADES

14. ¿Qué sistemas respiratorios pueden presentar los artrópodos? ¿De qué depende que tengan unos u otros? ¿Por qué no pueden presentar una respiración cutánea?

Observa el pneumostoma de un caracol.

*www.e-sm.net/svbg1bach07_06



Figura 7.10. El pneumostoma es el orificio de salida que presenta el pulmón de los gasterópodos terrestres, como esta babosa.

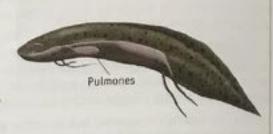
3.7. Los pulmones de los vertebrados

De entre los animales terrestres, fueron los vertebrados los que perfeccionaron el modelo pulmonar como mecanismo de intercambio de gases con el aire. Este hecho, junto a otros avances, les permitió alcanzar los mayores tamaños y los metabolismos más activos de todos los organismos del reino animal.

LOS PULMONES EN LA EVOLUCIÓN

Los primeros vertebrados con sistemas pulmonares fueron un grupo de peces que respiraban por branquias de forma habitual. A partir de las paredes de su faringe desarrollaron unos sacos, en cuya superficie interior se podía producir el intercambio gaseoso con el aire. Eso les permitía resistir algún tiempo fuera del agua, lo que es útil para vivir en medios que se desecan temporalmente y para atravesar zonas entre ríos.

Hoy existen descendientes de esos peces, que siguen presentando pulmones. Son los dipnoos o peces pulmonados, un grupo reducido de especies que habitan en medios tropicales.







Anfibios. Fueron los primeros vertebrados terrestres. Sin embargo, continúan dependiendo de medios húmedos o de la presencia de agua, especialmente las larvas, que viven en el agua y tienen respiración pranquial. Tras la metamorfosis, los adultos (ranas, sapos o tritones) desarrollan un sistema pulmonar que complementan con respiración cutánea, lo que les permite intercambiar oxígeno por la piel bajo el agua.

Los pulmones de los anfibios son simples sacos que apenas contienen repliegues interiores, por lo que su superficie de intercambio gaseoso es reducida. Además, el mecanismo de ventilación de una rana se basa en movimientos de la boca, como si tragaran aire, un método poco eficiente.

Reptiles. Surgieron evolutivamente de los anfibios. Presentan mejoras en los sistemas pulmonares y en la ventilación o forma de inspirar y soltar al aire. Sus pulmones tienen repliegues internos que aumentan la superficie de intercambio. La ventilación depende de movimientos torácicos que la hacen mucho más eficiente; la respiración es plenamente aérea y no hay ya dependencia de medios húmedos o acuáticos.







Aves. Presentan sacos aéreos comunicados con los pulmones y situados entre las visceras y dentro de los huesos. Se consigueasí un flujo unidireccional de aire en los pulmones desde los sacos posteriores hacia los anteriores. Esto, y la gran superficie de intercambio -a pesar del reducido tamaño de los pulmones-, permite a las aves mantener el elevado gasto metabólico del vuelo y aligerar peso.



Mamíferos. Tenemos un sistema de bronquiolos ramificados que finaliza en cientos de alvéolos, pequeños sacos donde se produce el intercambio gaseoso. En el pulmón humano, por ejemplo, hay unos 300 millones de alvéolos.

La ventilación se realiza por la musculatura torácica y abdominal, lo que permite forzar la inspiración y la espiración.

ACTIVIDADES

15. Muchos vertebrados terrestres de respiración pulmonar (aves y mamíferos, sobre todo) han vuelto a colonizar el medio acuático como predadores de peces. ¿Qué ventajas e inconvenientes tiene esa adaptación?

sm**Savia**digital.com PRACTICA Trabaja con los distintos tipos de pulmones de los vertebrados.

La ventilación pulmonar

Existen dos procesos o momentos en la ventilación pulmonar (Fig. 7.11):

La inspiración. En reposo, se observa que la inspiración es un proceso activo: los músculos amplían el volumen de la caja torácica y, en consecuencia, el de los pulmonés. El aire entra por la nariz o la boca y recorre las vias respiratorias (faringe → traquea → bronquios → bronquiolos) hasta llegar a los alvéolos.

para ampliar la caja torácica, hay dos mecanismos de actuación sobre los pulmones: el movimiento del **diafragma**, un músculo que se sitúa por debajo de los pulmones y delimita la cavidad abdominal por arriba, y el de los **músculos intercostales**, que separan las costillas entre sí.

La espiración. Se trata, por lo general, de un mecanismo pasivo: al relajarse los músculos, el volumen pulmonar se reduce por la flexibilidad de la caja torácica y el aire sale fuera, aunque siempre queda dentro una cantidad importante. Se puede forzar la espiración actuando sobre la musculatura intercostal o sobre la del diafragma. No obstante, siempre queda aire en los pulmones, pues si no fuera así, las mucosas de los alvéolos se adherirían entre sí.

La ventilación pulmonar responde a las necesidades de oxígeno de las células, por lo que es lenta y calmada en reposo, mientras que durante el ejercicio físico, o en ambientes con poco oxígeno, se vuelve profunda y aumenta la frecuencia respiratoria.



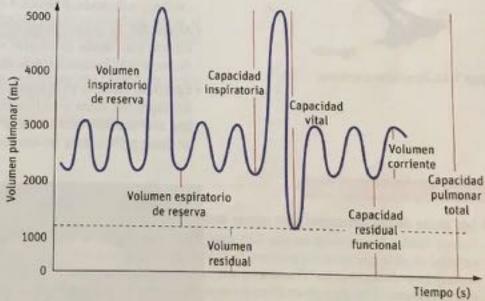
Figura 7.11. Etapas de la ventilación pulmonar.

LA CIENCIA Y SUS MÉTODOS

Cómo interpretar una gráfica sobre la capacidad respiratoria

La gráfica muestra la secuencia respiratoria de una persona, medida con el **espirómetro**, un aparato que mide la cantidad de aire que entra y sale de los pulmones.

- Observamos que ningún valor desciende de una cierta cantidad mínima. Se trata de la cantidad de aire que nunca llega a salir de los pulmones, por más que lo intentemos con una expiración máxima. Ese valor es conocido como volumen residual.
- Observamos un valor máximo que se alcanza forzando la inspiración. Es la capacidad vital es la máxima cantidad de aire que se puede espirar tras una inspiración forzada.
- 3. La mayor parte de los valores oscilan entre dos volúmenes: el del aire inspirado y el del aire espirado de forma normal. Se trata de las inspiraciones y espiraciones no forzadas, y constituye el volumen corriente.



Analiza la gráfica, y define los volúmenes inspiratorio de reserva y el volumen espiratorio de reserva.

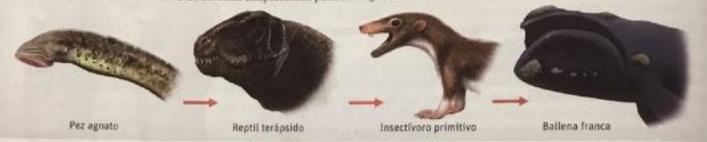
- 16. A partir de la gráfica, establece la fórmula para calcular la capacidad inspiratoria.
- 17. Estima el valor aproximado de la capacidad inspiratoria y de la total.
- 18. Recuerda las proporciones de oxígeno en el aire inspirado y en el espirado. Si una persona mantiene un ritmo respiratorio constante de 16 veces por minuto durante tinco horas, ¿qué cantidad aproximada de oxígeno habrá consumido?

Alimentos líquidos y sólidos: procesos digestivos

La evolución y la alimentación

A lo largo de la evolución, los procesos digestivos han ido necesitando una serie de estructuras progresivamente más complejas, cuya secuencia podemos reconstruir interpretando los sistemas digestivos de los animales actuales. Pero la evolución no siempre va en la misma dirección: algunos animales han perdido estructuras y órganos que tenlan sus antepasados, por no resultarles útiles en sus nuevos ambientes o formas de vida, y han desarrollado otros para adaptarse a los nuevos medios.

Observa esta secuencia evolutiva de diversas adaptaciones para conseguir el alimento:



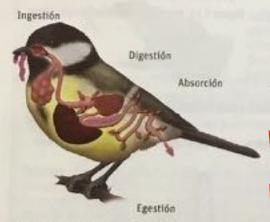


Figura 7.12. Funciones digestivas.

En los animales, los alimentos líquidos y sólidos suelen ingresar a través de sistemas diferentes a los que utilizan los gases. Son los **sistemas digestivos**. Dependiendo de la complejidad del organismo y de su alimentación, el sistema digestivo puede cumplir todas o algunas de las siguientes funciones (Fig. 7.12):

- Captura e ingestión. Incluye los mecanismos de obtención del alimento y su incorporación al organismo. Pueden ser estructuras propias del digestivo (boca, lengua, dientes, etc.) o de otras partes del cuerpo (garras, apéndices, etc.).
- Digestión. Supone la reducción extracelular del alimento a porciones menores y a sus moléculas componentes, lo que incluye procesos mecánicos y químicos: masticación, insalivación, liberación de ácidos, actuación de enzimas digestivas, etc.
- Absorción. Es el paso de los nutrientes al medio interno del organismo. Puede producirse bien desde el exterior –cuando no hay un sistema digestivo propiamente dicho- o más frecuentemente desde el interior del sistema digestivo.
- Egestión. Consiste en la expulsión del alimento o de nutrientes no absorbidos fuera del digestivo, estén o no totalmente digeridos. Por lo general, se hace a través de una abertura diferente a la de la boca, el ano, aunque existen animales sencillos con un único orificio para las dos funciones.

BUSCAR INFORMACIÓN

19. Los picos de los pinzones: para comer mejor

Cuando Charles Darwin visitó las islas Galápagos, quedó sorprendido por la variedad de picos que tenían los pinzones. En su Viaje de un noturolisto alrededor del mundo dejó escrito: "El fenómeno más curioso es la perfecta gradación en el grueso de los picos en las diferentes especies de Geospizo que varía entre el tamaño de un picogordo y el de un pinzón".

Los pinzones fueron uno de los argumentos que llevaron a Darwin a pensar en la diversificación de las especies a partir de una original. Pero ¿por qué la variación gradual de picos? Sin duda, los diferentes tipos de semillas e insectos de las islas determinaron las distintas adaptaciones de los instrumentos de captura e ingestión de las aves e impulsaron, así, la diferenciación evolutiva de la especie original.

- a) Cita casos de variación gradual de un órgano de captura del alimento entre diferentes especies cercanas evolutivamente.
- b) Busca y lee el párrafo citado en el libro de Darwin. ¿Qué te sugiere sobre la captura e ingestión de alimento y la evolución de las especies?





La captura de alimento

Gigantes pacíficos

A pesar de que sus poblaciones están amenazadas, no es raro que cerca de algunas costas de aguas frias aparezca un enorme pez cartilaginoso: un tiburón de 6 a 8 metros de longitud. Son inofensivos y nadan de forma pausada con su enorme boca abierta, en cuyo interior, en vez de las filas de dientes de sus parientes predadores, se pueden ver las hendiduras branquiales. Se trata del tiburón peregrino, Cetorhinus muximus.

La boca abierta en forma de embudo hace las veces de gigantesco filtro con el que criba el agua, atrapando en sus hendiduras branquiales el plancton y los pequeños invertebrados que constituyen su alimento.



Este sistema de alimentación es también el que mantiene a los organismos más grandes que hayan existido nunca: la ballenas o rorcuales arules. Balaenoptera musculus. Estos enormes mamíferos marinos llegan a superar los 25 metros de longitud y se han especializado en el consumo de los pequeños crustáceos del llamado krill, a los que atrapan con sus barbas sustitutivas de los dientes. Todos estos gigantes pacíficos del mar se alimentan de pequeños animales mediante la técnica de filtrar toneladas de agua marina.

Los animales utilizan estrategias muy diferentes para alimentarse. Para ello, han creado evolutivamente una gran variedad de estructuras diferentes y especializadas en cada forma de alimentación.

Se suele distinguir entre formas selectivas y no selectivas de ingestión del alimento, dependiendo de si el alimento es seleccionado individualmente, como hace un león con una gacela, o si forma parte de una gran cantidad de materia ingerida, como hace el tiburón peregrino al filtrar el agua marina.

Otro criterio de clasificación de la alimentación animal distingue entre **microfagia** y macrofagia, según sea el tamaño del alimento en relación al del animal. Entre las formas de macrofagia, se pueden diferenciar:

Los fitófagos, que se alimentan de vegetales. Reciben distintos nombres según el producto vegetal que ingieran: los herbívoros comen hierbas; los frugívoros, frutos; los xilófagos, madera; los folífagos, hojas, etc.

Los zoófagos, que se alimentan de otros animales.
 Los carnívoros comen carne; los intiófagos o piscívoros, peces; los insectívoros, insectos, etc.

los omnívoros, que se alimentan tanto de otros animales como de plantas.

5.1. Filtradores de agua

Una de las estrategias de alimentación que ensayaron los primeros animales acuáticos fue filtrar agua para extraer las diminutas partículas y los organismos más pequeños que constituyen el alimento. Los mejillones, las almejas y numerosos crustáceos se alimentan así, pero, como hemos visto, muchos de los mayores animales del planeta lambién filtran agua para alimentarse.

Para filtrar son precisas estructuras que cumplan esa misión, como laminillas, filamentos, barbas, etc. La evolución reutiliza estructuras y las modifica para adaptarlas a nuevas funciones: los cirros filtradores de los percebes fueron apéndices locomotores, que les permitian moverse por los fondos. Otras estructutas que se adaptaron a la filtración fueron las branquias, las patas, los dientes, etc.



Figura 7.13. Los percebes filtran el agua mediante los cirros, unos antiguos apéndices locomotores.

- Busca ejemplos sobre los distintos tipos de alimentación: selectiva/no selectiva y microfágica/macrofágica con sus diferentes tipos. Explica brevemente cada caso.
- Investiga: También existen aves que se alimentan filtrando agua. Cita algún ejemplo y explica cómo lo hacen.

5.2. Capturadores selectivos de alimentos pequeños

Los primeros pluricelulares

Los animales más sencillos, las esponjas, ni siquiera filtran en un sentido estricto, sino que crean pequeñas corrientes de agua por el interior de os numerosos tubos que recorren su cuerpo. En esos tubos se encuentran unas células llamadas coanocitos, dotadas de un flagelo con el que mueven el agua y de una corona de microvellosidades con la que atrapan pequeñas particulas y microorganismos. En ellos no existe un sistema digestivo propiamente dicho ni digestión extracelular: los coanocitos absorben el alimento y lo digieren; luego, transfieren nutrientes a las otras células del cuerpo del animal, que apenas supera el estado de colonia de células, el tipo de organismo pluricelular más sencillo.



El filtrado constituye una forma de alimentación que exige pasar grandes cantidades

de agua por los sistemas de filtrado. Los animales con pocas capacidades motrices y

los que viven en aguas pobres en nutrientes obtienen de esta forma poco alimento.

motivo por el cual la evolución favoreció a los que se dotaron de mecanismos de captura selectiva. Entre estos destacan los pólipos y las medusas, que presentan unas células urticantes especializadas denominadas **cnidocitos** (Fig. 7.14) que disparan pequeños arpones cor un veneno paralizante. Tras capturar una presa, los tentáculos

Tanto en animales acuáticos que viven desplazándose sobre el fondo, como en otros

terrestres, aparecieron adaptaciones para raspar el sustrato y obtener alimento de él.

Se alimentan así los erizos de mar y muchos moluscos que, como los caracoles terres-

tres, usan una estructura en forma de lengua dentada, denominada **rádula**, con la que raspan las superficies e ingleren los microorganismos y los vegetales adheridos a



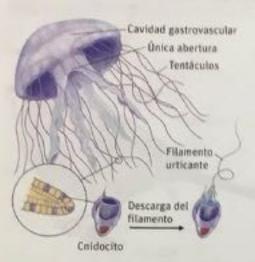


Figura 7.14. Los pólipos y las medusas presentan enidocitos, unas células que utilizan para atrapar presas y como defensa.

En la Web •

Observa la rádula de un caracol.

www.e-sm.net/svbg1bach07_07 *

5.4. Deglutidores de suelos y sedimentos

Una forma parecida a la filtración consiste en ingerir suelos o sed mentos y hacerlos pasar por el sistema digestivo, donde las partículas y los organismos nutritivos son seleccionados, digeridos y absorbidos. Las lombrices de tierra obtienen el alimento de esta forma y, al remover grandes cantidades de suelo, contribuyen a su fertilidad. Algo parecido hacen sus parientes costeros, los gusanos poliquetos, que degluten el sedimento que luego expulsan, dejando acumulaciones de barro en las marismas litorales (Fig. 7.15).

la dirigen hacia la boca del animal.

ellas.

5.3. Raspadores de superficies



Figura 7.15. Deposiciones de sedimentos de los gusanos marinos.

ACTIVIDADES

22. ¿En qué categorías de tipo de alimentación clasificarías los siguientes animales: estrella de mar, gorila, araña, gusano arenícola, ciervo, erizo de mar, anémona, pulgón, berberecho y sanguijuela?

5.5. Macrófagos seleccionadores de alimento

Los macrófagos seleccionan sus presas y se alimentan de ellas atrapándolas y de vorándolas arrancándeles trozos o picándolas y succionando sus jugos. Son anima les con numerosas adaptaciones que incluyen dientes, garras, picos, aparatos buch les picadores, mandíbulas, lenguas, etc. Entre ellos está la casi totalidad de se vertebrados, con la excepción de los grandes filtradores marinos.

La evolución de los sistemas digestivos

las primeros animales carecían de sistema digestivo. Sus herederos directos actualas esponjas, siguen presentando esas características simples: células que atralas esponjas, siguen presentando esas características simples: células que atrapar el alimento directamente del medio y lo digieren en sus lisosomas sin que haya digestión extracelular. Sin embargo, esa situación pronto se modificó con la aparición de estructuras anatómicas especializadas en la captura y el procesamiento del alimento. Aparecieron así los sistemas digestivos.

6.1. La aparición de la cavidad gastrovascular

Algo antes de los comienzos del Cámbrico (570-505 Ma) aparecieron parvas formas animales algo más complejas que las esponjas. Una de las navedades fue una invaginación corporal que formó una cavidad interior del cuerpo. Las paredes de esa cavidad se tapizaron con células especializadas que vertían enzimas digestivas a su interior y absorbían luego el abrento digerido. La cavidad presentaba inicialmente solo una abertura de entrada y salida, que ha recibido el nombre genérico de boca. Esa cavidad gastrovascular constituye el primer y más sencillo tipo de sistema digestivo. Esta es la estructura digestiva que presentan los pólipos y as medusas (Fig. 7-16).

La cavidad gastrovascular supone un avance evidente sobre la forma de almentarse de las esponjas, al representar ya una digestión extracelular. Sin embargo, es un método poco eficiente, ya que en esta cavidad se mezcla el alimento recién ingerido con el que ya está en avanzado estado de digestión. Además, se ingiere el alimento y se expulsan los desechos por la misma abertura.

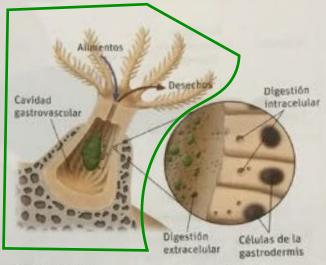


Figura 7.16. En los pólipos y las medusas la cavidad gastrovascular está tapizada por células digestivas que forman la gastrodermis.

6.2. La invención del tubo digestivo

El siguiente y definitivo paso en la evolución del sistema digestivo es la aparición de una abertura de salida, o ano, para la expulsión de los desechos o egestión. Esto permite que el alimento siga una sola dirección y que se puedan diferenciar tramos digestivos con distintas funciones, fundamentalmente digestión y absorción. Además, la cavidad se nace más estrecha y alargada, formando un tubo que, al plegarse,

más, la cavidad se nace más estrecha y alargada, formando un tubo que, al plegarse, puede llegar a tener una longitud muy superior al tamaño del animal: el intestino humano, por ejemplo, puede alcanzar los ocho metros.

FORMULAR UNA HIPÓTESIS

23. Sin sistema digestivo

Tanto las esponjas como las tenias o solitarias carecen de sistema digestivo y, por tanto, de digestión extracelular. Las esponjas son los primeros seres pluricelulares y están en la base evolutiva de los animales, mientras que las tenias son gusanos planos (platelmintos) que se adaptaron a la vida parásita y se alimentan absorbiendo los nutrientes ya digeridos que encuentran en el intestino de su hospedador, al que se aferran mediante un sistema de ventosas y garfios.

- a) ¿Por qué crees que las esponjas carecen de sistema digestivo? ¿Lo tenían sus antecesores?
- b) ¿Por qué las tenias no poseen sistema digestivo?
- c) Redacta un texto argumentando, con un enfoque evolutivo, las razones por las que estos dos grupos de animales carecen de digestivo y pueden vivir sin él.



Esponja



Tenia

- 24. Busca cinco nombres de especies de diferentes grupos de animales para cada una de estas características:
 - a) Ausencia de tubo digestivo.
 - b) Digestivo de tipo cavidad gastrovascular o similar.
 - c) Tubo digestivo con boca y ano.

La organización del tubo digestivo

El tubo digestivo permite diferenciar diversos tramos, de forma que las funciones digestivas se ordenen secuencialmente. Se pueden distinguir los siguientes tractos o tramos, que en cada grupo animal presentan diferencias y especializaciones.



Tracto anterior

Realiza la ingestión y la recepción del alimento, así como los primeros procesos digestivos, generalmente de tipo mecánico, como la masticación, la trituración, etc.

La boca suele presentar diferentes estructuras a su alrededor, especializadas en la captura del alimento, la trituración, el desgarre, el troceamiento, etc. Aparecen así los diversos apéndices bucales de los insectos, los picos de las aves y las tortugas, las mandíbulas y los dientes de los mamíferos, etc.

La abertura o cavidad bucal se continúa por la faringe y el esófago, conductos que pueden variar en forma y características en los diferentes grupos. Algunos animales presentan partes que pueden salir al exterior para contribuir a la captura del alimento.

Tracto medio

Corresponde al primer tramo de digestión, que suele ser mecánica y química, generalmente con secreciones ácidas y enzimas digestivas. Este tramo contiene un órgano en forma de saco que se denomina estómago. aunque en muchos grupos se compone de varias estructuras con funciones diferenciadas (almacenamiento, trituración o digestión), que reciben distintos nombres según los grupos: buche, molleja, redecilla, cuajar, etc.

Este tramo realiza tanto una digestión mecánica o de trituración en los animales que carecen de estructuras que cumplan esa función en la boca, como las aves: como una digestión química, mediante enzimas que actúan en ambientes ácidos, logrados, generalmente, al segregar ácido clorhídrico al interior del estómago.

Tracto posterior

En él finaliza la digestión y continúa la absorción o paso de los nutrientes al medio interno o al sistema circulatorio.

En este tramo desembocan unas glándulas anejas que vierten enzimas digestivas y secreciones, generalmente básicas, al tubo, y que reciben diferentes nombres según los distintos grupos animales: higado, páncreas, hepatopáncreas, etc.

En algunos animales existen ramificaciones en forma de tubos sin salida o "ciegos". El apéndice humano, por ejemplo, es el vestigio de un ciego que perdió su función.

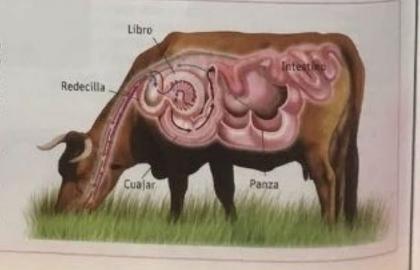
Puede presentar partes diferenciadas con funciones distintas, como el **intestino delgado** y el **grueso**. Este tramo finaliza en el **recto**, que desemboca en el **ano**, por domde se produce la **egestión** o **defecación**.

RELACIONAR

25. Asegurar la comida

Los rumiantes son grandes herbívoros que cortan rápidamente la hierba y la almacenan en un gran compartimento llamado panza o rumen. Después, relajadamente, realizan la "rumia", que consiste en devolver ese alimento semidigerido a la boca, donde lo mastican e insallvan para pasar luego al resto de los compartimentos estomacales y, finalmente, al intestino.

- a) Busca información sobre esta forma de digestión y, con la ayuda de la ilustración, construye un esquema explicativo.
- b) ¿Qué ventajas adaptativas tiene este sistema digestivo tan particular?
- c) Explica la relación entre este tipo de digestión y la condición de los rumiantes como presas de depredadores.



El sistema digestivo humano

u digestión humana es la de un mamífero omnívoro. Incluye gran número de proce-La digestion de procede de la diferentes organos y estructuras que forman nuestro sistema el siguiente esquema resume nuestra digestión. gos regulados y estructuras que grestivo. El siguiente esquema resume nuestra digestión:

Mediante la masticación, los dientes nturan el alimento que, gracias a la engos, se mezcia con la saliva, iniciando la digestión. Se forma el **bolo** alimenticio. La lengua, además, faciliu is deglución.

Glāndulas salivales -

Segregan la saliva, que vierten a la boca e inicia la digestión de glúcidos, acaba con bacterias y facilita el paso del bolo hacia la faringe.

Esófago -

Conducto musculoso cuyas contracciones o movimientos perisskicos impulsan el bolo alimenticio hasta el estómago.

Higado

órgano que forma la bilis, cuyos. (cidos y sales emulsionan las grasas, facilitando su digestión.

Vesícula biliar-

Almacena la bilis y la libera cuando los alimentos llegan al intestino.

Intestino delgado -

Faringe

Recibe el bolo alimenticio y mediante movimientos musculares lo dirige al esófago.

Estómago

Dilatación musculosa cuyas contracciones completan la digestión mecánica. Su jugo gástrico contiene pepsina (comienza la digestión de las proteínas) y ácido clorhídrico (activa la pepsina y tiene poder bactericida). Se forma el quimo.

Sus capas musculares contribuyen a amasar el quimo.

Páncreas

Órgano que segrega al intestino delgado el jugo pancreático, con enzimas digestivas y con sales que neutralizan la acidez del quimo.

Intestino grueso

Ano

Se absorbe agua y se compactan los residuos de la digestión que forman las heces. Hay bacterias que realizan importantes reacciones metabólicas. Se distinguen tres tramos: ciego, colon (ascendente. transverso y descendente) y recto.

lubo muy plegado formado por tres Panos: duodeno, vevuno e fleon. En la primera parte se produce jugo mestinal que completa la digestión. A través de las vellosidades tiene lugar la absorción de los nutriestes, que pasan a la sangre,

ACTIVIDADES

- 🔌 ¿A qué órgano llegan los nutrientes que ingresan en la sangre desde el intestino?
- 27 Si te introduces en la boca una miga de pan -alimento con mucho almidón- y lo mantienes un rato, percibirás un sabor dulce. ¿A qué es debido?

Apéndice

M. Construye y completa una tabla de cuatro columnas: Órganos digestivos, Actividades digestivas, Sustancias en digestión y Enzimas digestivas.

El medio interno y los sistemas circulatorios

Claude Bernard y el medio interno

Claude Bernard fue un biólogo y médico francés que vivió entre 1813 y 1878. Sus trabajos fueron especialmente fecundos en el campo de la fisiología. A él le debemos el término "medio interno" con el que definió el líquido extracelular en el que viven inmersas las células del organismo. Bernard se dio cuenta de que las características físico-químicas principales de ese medio (la temperatura, el pH, la densidad o la concentración salina) debían mantenerse constantes. Esa idea de constancia es lo que hoy conocemos como homeostasis.



Una lección de Claude Bernard, de León Lhermitte,

Salvo las células animales que están en contacto directo con el exterior del cuerpo, el resto solo mantienen contacto con otras células adyacentes o con un fluido compuesto por agua y sales minerales, con el que se comunican e intercambian sustancias: es el medio interno. Las células toman de este medio interno las sustancias nutritivas y el oxígeno que necesitan para su respiración celular y expulsan a él los desechos. Del medio interno depende el equilibrio acuoso de las células, que obtienen o pierden agua según sea la relación entre las concentraciones del citoplasma y del medio extracelular.

Esto es suficiente para algunos animales marinos de estructura sencilla y tamaño reducido, como las esponjas y los cnidarios, formados por unos pocos tipos de células Algunas de ellas obtienen su alimento directamente del exterior o bien de la cavidad gastrovascular: lo capturan, lo digieren intracelularmente y transfieren los nutrientes a otras células, bien de forma directa o a través del medio interno.

Los primeros invertebrados terrestres también presentan este sencillo esquema: pocos tipos celulares y un medio interno que resuelve sus problemas de intercomunicación.

Según se hacían más complejos, los organismos fueron necesitando un sistema especializado de transporte de nutrientes, gases y residuos. Un sistema fluido que, al moverse, trasladara todo lo necesario de unas partes del cuerpo a otras. De este modo, la mayoría de los animales desarrollaron sistemas circulatorios.

ARGUMENTAR

5. Homeostasis y regulación

Los organismos más complejos presentan mecanismos para mantener constantes las características del medio interno. Es la homeostasis. La mayor parte de estos procesos reguladores son mecanismos de realimentación negátiva, en los que la respuesta se dirige a contrarrestar el sentido del cambio percibido.

Un ejemplo es el mantenimiento de la temperatura corporal: si las condiciones ambientales alteran la temperatura óptima del cuerpo, se ponen en marcha unos mecanismos físiológicos para recuperar y estabilizar los valores adecuados. Así, en los mamíferos, si la temperatura interior desciende, el organismo comienza a tiritar o a contraer los músculos para generar calor, y si la temperatura interior aumenta, el organismo produce sudor que, al evaporarse, absorbe calor dei cuerpo y lo refresca.



- a) Explica el funcionamiento de un mecanismo de control por realimentación negativa de la homeostasis interna referido al balance de agrada del organismo. Ten en cuenta el mecanismo de formación de la orina en el riñón y la sensación de sed.
- b) Haz lo mismo con el oxígeno de la sangre en relación con la frecuencia de la respiración o el ritmo de los latidos del corazón.

ACTIVIDADES

 ¿Qué tres sistemas del cuerpo participan fundamentalmente en el mantenimiento de la homeostasis? Establece una relación entre ellos.

Funcionamiento básico de un sistema circulatorio

En los organismos pequeños y sencillos el transporte de sustancias se lleva a cabo por simple difusión o mezcla de las sustancias con el fluido que hay entre las células; sin embargo, eso no es suficiente cuando el organismo presenta cierto tamaño o mayor complejidad. Para mejorar el transporte aparecen los sistemas circulatorios.

En la mayor parte de los animales, además del circulatorio, aparecen otros sistemas que se comunican con el exterior: el sistema digestivo, el respiratorio y el excretor. El circulatorio se encarga del intercambio entre las células y esos otros sistemas. Así, el líquido circulatorio transporta sustancias entre ellos y las células.

Para que un sistema circulatorio funcione, son necesarios los siguientes elementos: un fluido, una red de conductos o vasos y una o varias bombas propulsoras (corazones o vasos contráctiles).

Para que desempeñe correctamente su función es necesario que la corriente circule en un solo sentido, lo que se logra gracias a la contracción de la bomba propulsora y a la existencia de **válvulas** que permiten el paso del fluido solo en ese sentido.

2.1. El líquido circulatorio

Se trata de un fluído en el que van disueltos o en suspensión tanto los nutrientes como los productos de excreción, ya sean gases, líquidos o sólidos. Aunque está constituido por agua con sales minerales, su composición depende de cada grupo animal y puede contener células, pigmentos respiratorios para transportar gases, etc.

Este líquido recibe diferentes nombres según sus características. Los principales son los siguientes (Fig. 8.3):

- Hidrolinfa. Se encuentra en algunos animales marinos, como las estrellas y los erizos de mar. Su composición es muy similar a la del agua marina, pero puede contener células transportadoras o fagocíticas.
- Hemolinfa. Es el fluido circulatorio de moluscos y artrópodos, parecido a la sangre de los vertebrados. Contiene células y puede presentar pigmentos respiratorios.
- Sangre. Es el fluido circulatorio presente en anélidos y vertebrados. Está formado por un líquido llamado plasma y contiene varios tipos de células y pigmentos respiratorios y circula por el sistema circulatorio.

Linfa. Es un líquido circulatorio exclusivo de los vertebrados, encargado del transporte de lípidos. Deriva de la sangre –aunque no contiene glóbulos rojos– y circula por el sistema línfático, comunicado con el sanguíneo.



Figura 8.3. Líquidos circulatorios en los animales.

Los pigmentos respiratorios son proteínas unidas a un átomo metálico (Fe o Cu). Los más abundantes son las **hemoglobinas**, que contienen Fe, en vertebrados y muchos anélidos y las **hemocianinas**, que contienen Cu, en muchos moluscos y artrópodos.

- 7. La salinidad del medio interno y del líquido circulatorio de los animales acuáticos depende del agua en el que viven. Por ello, son incapaces de regular su homeostasis talina y se los conoce como "conformistas". Las estrellas de mar pertenecen a este lipo de animales. Si sumergimos una estrella de mar en el agua de un río, durante un largo tiempo, ¿qué le sucederá a su hidrolinía? ¿Y a sus células?
- 8. ¿Por qué crees que la hemolinfa de los insectos carece de pigmentos respiratorios?

2.2. El sistema de conductos o vasos

Se trata de los conductos por los que viaja el líquido circulatorio. En muchos animales la red de vasos se extiende solo por una parte del cuerpo (sistemas abiertos); en otros, canalizan el fluido por todo el cuerpo (sistemas cerrados).

Los vasos reciben distinto nombre según la dirección del líquido: **arterias** son los que se dirigen desde el corazón hacia otros órganos; **venas** son los que van de retorno al corazón, y **capilares**, que son conductos muy finos a través de los cuales el fluido sale hacia el espacio intercelular o a las mismas células (Fig. 8.4).

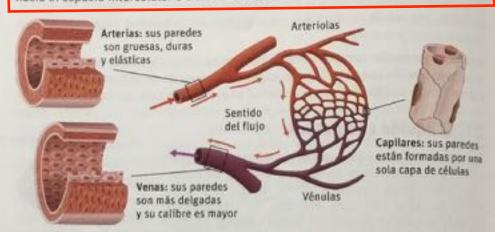


Figura 8.4. Tipos de vasos sanguíneos.

2.3. Bombas propulsoras, contráctiles o corazones

El elemento propulsor del circulatorio puede presentar diferentes formas:

- Vasos contráctiles. Son vasos con propiedades de contracción. Se presentan en anélidos.
- Corazón tubular. Constituido por una sola cámara contráctil en forma de tubo. Es característico de los artrópodos.
- Corazón tabicado. Está dividido en cámaras separadas. Las cámaras que recibenta sangre se denominan aurículas y aquellas desde las que sale, ventrículos. Es propio de los vertebrados, pero existe también en moluscos.

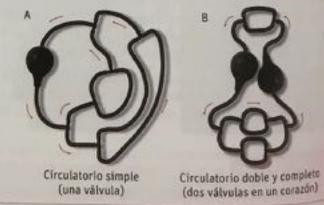
Los elementos propulsores presentan válvulas para dirigír el sentido del líquido.

UTILIZAR UN MODELO

9. Construimos sistemas circulatorios

Conseguid perillas pulsátiles con válvula, un rollo de tubo flexible y piezas para hacer bifurcaciones. Construid modelos de sistemas circulatorios cerrados, introducid agua en la red de tubos y pulsad la perilla.

- a) Si los tubos del circuito A se abrieran a espacios de los que partieran nuevos tubos de retorno hacia la perilla, ¿mejoraría el funcionamiento del sistema? ¿Qué tipo de sistema circulatorio sería?
- b) ¿Qué ventajas supone el circuito B? Cita algún organismo donde exista algo parecido. ¿Están las dos "perillas" separadas o forman parte de un mismo órgano común?



ACTIVIDADES

 ¿Puede un sistema circulatorio carecer de corazones o mecanismos de contracción Justifica tu respuesta.

Las funciones del sistema circulatorio

Trampas con la sangre

El ciclista estadounidense Lance Armstrong ganó siete Tours de Francia entre 1999 y 2005. Sin embargo, en 2012 se demostró que durante aquellos años se había dopado sistemáticamente y fue desposeido de sus triunfos. Más tarde, reconoció haberse realizado transfusiones de sangre e inyectado hormonas, entre ellas testosterona y eritropoyetina (EPO), para mejorar su rendimiento.

Las transfusiones de sangre y la EPO provocan un aumento de la cantidad de glóbulos rojos y hemoglobina. Las transfusiones como técnica de dopaje suelen hacerse utilizando la propia sangre del deportista: una vez extraida y almacenada se inyecta antes de las pruebas. Las mejoras de las marcas deportivas se alcanzan pocos días después de las transfusiones, aunque el efecto desaparece al poco tiempo.



¿Ganaba Armstrong los Tours de Francia?

En los vertebrados más complejos los sistemas circulatorios pueden cumplir las siguientes funciones:

Iransporte de nutrientes líquidos o sólidos procedentes del sistema digestivo. En los vertebrados existe un sistema de transporte general, la sangre, y un sistema de transporte de grasas, el sistema linfático.

• Transporte de gases. Lleva el oxígeno del sistema respiratorio a las células y el dióxido de carbono de las células al respiratorio. Los gases suelen ir disueltos en el líquido circulatorio, pero algunos sistemas mejoran esta función mediante pigmentos respiratorios que se combinan con los gases y que pueden ir dentro de células. Este es el caso de la hemoglobina de los glóbulos rojos.

 Transporte de sustancias de desecho procedentes de las células y que son filtradas en los sistemas excretores que las expulsan al exterior.

 Control de la homeostasis interna. Las células necesitan unas condiciones estables de temperatura, concentración de sustancias o salinidad. Esa homeostasis se logra mediante mecanismos de control en los que el sistema circulatorio tiene un papel destacado.

 Distribución de mensajes químicos u hormonas, pue participan en el control de las funciones del organismo.

Transporte y comunicación del sistema inmunitario. Los elementos defensores del organismo son células (linfocitos) y moléculas (anticuerpos) que viajan por el interior del cuerpo a través del sistema circulatorio.

Citatrización y cierre de heridas. Los sistemas circulatorios complejos presentan mecanismos de taponamiento de las heridas, en los que intervienen la vasoconstricción, o estrechamiento de los vasos, y la coagulación, o solidificación de la sangre por formación de una red de proteínas fibrilares que atrapan plaquetas, proteínas y células.

ACTIVIDADES

12. ¿De qué forma la testosterona y la EPO pueden aumentar el rendimiento deportivo? ¿Por qué crees que el ciclismo es uno de los deportes en los que este tipo de dopaje es más frecuente?

13. Investiga: ¿cómo se puede detectar este tipo de dopaje? ¿Qué pruebas son las indicadas para ello?

14. Qué puede ocurrir cuando los microorganismos patógenos consiguen llegar a los vasos sanguíneos?

*En la Web

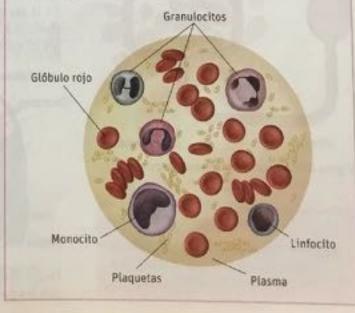
Observa el funcionamiento del sistema circulatorio de un pez.

*www.e-sm.net/svbg1bach08_01

RELACIONAR

11. Células sanguíneas

 Relaciona las funciones generales de los sistemas circulatorios complejos con cada uno de componentes de la sangre representados en el dibujo. Justifica cada una de las respuestas.



Los tipos de sistemas circulatorios

Los animales marinos más sencillos y los primeros invertebrados terrestres carecen de circulatorio y respiratorio. Sus células obtienen el alimento y los gases del exterior y los intercambian directamente entre ellas o a través de los fluidos intercelulares.

Estos mecanismos presentan unas limitaciones que les obligan a la inmovindad o a movimientos lentos, a dimensiones reducidas y a un metabolismo poco activo.

La aparición de sistemas circulatorios estuvo asociada al surgimiento de la respiración branquial, en los animales acuáticos, y traqueal o pulmonar, en los terrestres.

En los animales se consideran dos tipos de sistemas circulatorios: abiertos y cerrados.

Células bañadas presión baja presión baja presión baja válvula Hemolinfa a presión muy baja Figura 8.5. Esquema de circulación abierta.

4.1. Sistemas abiertos

El líquido sale en algunas zonas del cuerpo desde los vasos a las cavidades internas. Impulsado por el corazón, viaja en un sentido, con lo que aumenta su eficacia aunque su flujo es lento (Fig. 8.5). Lo presentan la mayoría de los artrópodos y moluscos.

En los artrópodos el sistema está en posición dorsal e impulsa la hemolinfa hacia delante. Los insectos, al presentar respiración traqueal, no necesitan pigmentos respiratorios, y su circulatorio solo transporta nutrientes y sustancias de desecho.

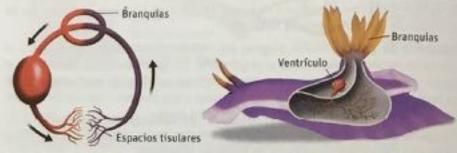


Figura 8.6. Sistema circulatorio abierto de un molusco no cefalópodo.

Salvo bivalvos y cefalópodos, cuyos sistemas son casi cerrados, el resto de moluscos presenta circulatorios abiertos. En los acuáticos, como caracolas marinas, mejillones y calamares, los vasos conducen la hemolinfa hasta las branquias, ya que su circulatorio sí transporta gases. Algo parecido sucede en los terrestres, como caracoles y babosas, aunque, en estos casos, son los pulmones los que se irrigan.

Células bañadas por el líquido extracelular Válvula Figura 8.7. Esquema de circulación cerrada.

4.2. Sistemas cerrados

El líquido circulante se mueve dentro de un circulto cerrado de vasos (Fig. 8.7). Está presente en anélidos, algunos moluscos y vertebrados.

En la mayoría de los anélidos existen dos grandes vasos, uno dorsal y otro ventral, comunicados por asas laterales contráctiles que funcionan como corazones. La sangre discurre hacia delante por el vaso dorsal y en sentido inverso por el ventral.



Figura 8.8. Sistema circulatorio cerrado de una lombriz de tierra.

En los vertebrados, los sistemas circulatorios se hacen más complejos y eficaces. Il que les permite un metabolismo mucho más activo y tamaños corporales mayores

ACTIVIDADES

 ¿En qué tipo de sistema circulatorio la sangre circula con una presión más alta? Justifica tu respuesta.

El sistema circulatorio en los vertebrados

Los vertebrados presentan dos sistemas circulatorios comunicados entre sí:

- Sistema sanguíneo. Es el sistema principal, Contiene la sangre, que se mueve impulsada por un corazón tabicado. Aunque se considera cerrado, parte de los componentes de la sangre (no los glóbulos rojos) pueden salir de los vasos al espacio intercelular. Con ello se controlan los líquidos intercelulares, su concentración molecular y la homeostasis interna.
- Sistema linfático. Es un sistema subsidiario. Conduce la linfa de retorno al corazón.

 La linfa se forma a partir del plasma y los glóbulos blancos de la sangre que se extravasan en los capilares sanguíneos; circula por los vasos linfáticos y recoge la mayor parte de los lípidos absorbidos en el intestino. Este sistema está conectado ton los ganglios y órganos linfáticos y tiene un importante papel inmunitario. El sistema linfático desemboca en las venas de retorno al corazón.

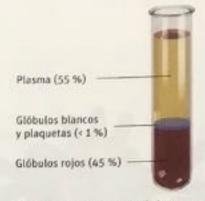


Figura 8.9. Composición de la sangre en vertebrados.

5.1. Tipos de circulación

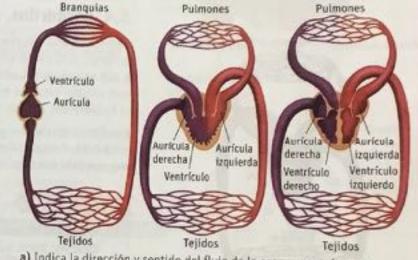
En los vertebrados, este sistema se ha ido complicando evolutivamente. Como sus principales funciones son parsportar gases, por un lado, y nutrientes y desechos, por otro, se diferencian dos tipos de circulación, según como realizan esa doble tarea:

- Circulación sencilla. Solo hay un circuito, aunque está samificado, de forma que cada bombeo del corazón impulsa la sangre tanto hacia el sistema respiratorio como hacia el resto de los órganos y sistemas.
- (irculación doble. Hay dos tipos de circuitos. Uno va desde el corazón al sistema respiratorio y otro se dirige hacia los demás órganos y sistemas del cuerpo. Estos dos circuitos pueden presentar una separación completa o incompleta en el corazón. En la circulación doble incompleta la sangre de ambos circuitos se mezcla en el corazón, ya que el ventrículo no está tabicado –o lo está de forma incompleta—, mientras que en la circulación doble completa, la sangre de los dos circuitos no se mezcla en el corazón, pues las dos cámaras anteriores o aurículas y las dos posteniores o ventrículos están tabicadas.

INTERPRETAR UN DIBUJO

16. Circulación en vertebrados

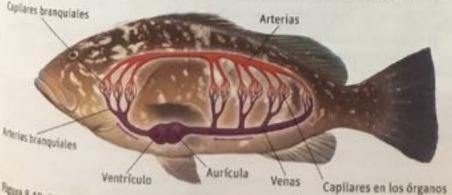
Estos esquemas representan los tipos de circulatorio en vertebrados:



- a) Indica la dirección y sentido del flujo de la sangre en cada uno.
- b) Señala las ventajas e inconvenientes de cada tipo de circulación.

5.2. El sistema circulatorio en los peces

Los peces presentan un **sistema circulatorio sencillo** Su corazón es lineal y bicametal, con una sola aurícula y un único ventrículo. La sangre se dirige desde el corazón acia las branquias para oxigenarse y luego continúa al resto del cuerpo (Fig. 8.10). Es un sistema menos eficaz que el de los vertebrados terrestres, de circulación doble.



Pena 8.10. Sistema circulatorio sencillo en peces.

- 17. ¿Cuál es la principal diferencia celular entre la sangre y la linfa?
- 18. De acuerdo con esa diferencia. ¿qué función sanguínea no cumplirá la linfa en ningún caso?

5.3. Anfibios y reptiles no cocodrilianos

Los anfibios son el primer grupo de vertebrados terrestres, derivado de los peces. En ellos, la circulación es doble, con un circuito pulmonar o menor y otro general o mayor (Fig. 8.11).

El corazón presenta una tabicación interna con dos aurículas y un ventrículo de paredes musculosas. Es, por tanto, un corazón tricameral.

Debido a la ausencia de tabicación completa del ventrículo, la sangre de ambos circuitos puede mezclarse en el corazón, por lo que se trata de una circulación doble incompleta. Para evitar que haya mucha mezcla, las aurículas se contraen de forma sucesiva.

Es un sistema presente también en los reptiles (excepto en los cocodrilos), grupo de vertebrados derivado de los anfibios.

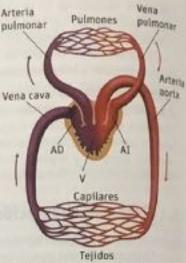


Figura 8.11. Circulación doble incompleta de anfibios.

5.4. Cocodrilos, aves y mamíferos

Presentan una circulación doble completa, con un circuito menor pulmonar y otro general. Su corazón está completamente tabicado, con cuatro cámaras: dos aurículas y dos ventrículos. Cada aurícula se comunica solo con el ventrículo de su lado, por lo que existen válvulas entre ellos para impedir el retorno de la sangre. Funciona como si hubiera dos corazones, uno para cada circuito (Fig. 8.12).

Los cocodrilos son el grupo de reptiles actuales más relacionado con los dinosaurios y las aves. Aunque no se conoce bien cómo era el corazón de los dinosaurios, el grupo del que proceden las aves, se especula que también era tetracameral.

Arteria pulmonar Vena cava Anteria aorta Arteria aorta Telidos

Figura 8.12. Circulación doble completa de cocodrilos, aves y mamíferos.

RELACIONAR

19. El corazón de los dinosaurios

En el año 2000, varios paleontólogos encontraron en el resto fósil de un dinosaurio del género Thescelosaurus una estructura con cuatro cámaras que interpretaron como un corazón con dos aurículas y dos ventrículos, lo que supuso una novedad en los estudios sobre estos animales.

En 2011, un nuevo trabajo sobre los mismos restos, con otras técnicas más avanzadas, puso en duda que dicha estructura fuese el corazón. La cuestión, pues, no está clara.



- a) Si la primera interpretación fuera correcta, ¿a qué tipo de corazón de vertebrados ac tuales se asemejaría el de Thescelosourus?
- b) Ya que los dinosaurios son el grupo del que surgen las aves, escribe un texto sobre la relación evolutiva entre los reptiles actuales, aves, mamíferos y dinosaurios.

ACTIVIDADES

- 20. Consideremos un glóbulo rojo de la sangre de un mamífero que viaja por una arteria. ¿Irá o no su hemoglobina cargada de oxígeno? Justifica tu respuesta.
- 21. Un glóbulo rojo de la sangre de un ave acaba de regresar al corazón desde una vera que viene de una extremidad. ¿A dónde se dirigirá una vez que salga del corazón?

En la Web •

Observa distintos sistemas circulatorios y corazones en diferentes grupos animales.

www.e-sm.net/svbg1bach08_02 .

6

El sistema circulatorio en los mamíferos

El corazón es el órgano propulsor de la sangre. Su funcionamiento exige la coordinación de su sistema de contracción y un ritmo constante. Sin embargo, el impulso del corazón con sus contracciones no es suficiente para que la sangre llegue a todos los órganos y retorne de nuevo, sobre todo en el caso de la circulación mayor. Los vasos sanguineos contribuyen también al movimiento del flujo de la sangre.

6.1. El corazón

El corazón de los mamíferos consta de dos aurículas de paredes finas y dos ventrículos, más musculosos. Cada aurícula se comunica con el ventrículo de su lado a través de una abertura regulada por una válvula auriculoventricular: la mitral y la tricúspide. A la salida de los ventrículos están las válvulas sigmoideas: la aórtica y la pulmonar. El sistema de válvulas impide el retorno de la sangre (Fig. 8.13).

Venas cava superior Aorta Aorta Aorta Venas pulmonares Valvula articu pulmonares Valvula articu pulmonares Valvula mitral Valvula mitral Valvula mitral Valvula mitral Valvula mitral Valvula mitral Valvula mitral

Figura 8.13. Corte transversal del corazón de los mamíferos.

INTERPRETAR UN DIBUJO

22. La importancia de las válvulas

Observa el dibujo del corazón y describe secuencialmente el paso de la sangre por cavidades y válvulas a través de este órgano y su salida por la arteria correspondiente en las dos situaciones posibles:

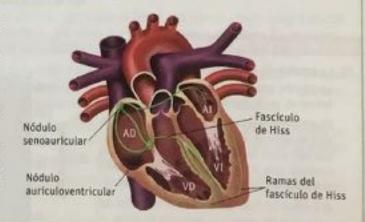
- a) Cuando la sangre entra en el corazón por las venas cavas, desde el circuito sistémico.
- b) Cuando la sangre entra en el corazón por la vena pulmonar, desde el circuito menor.

El latido cardiaco

Se denomina **sístole** a la contracción muscular de las paredes del corazón y **diástole** a su relajación. Aunque el impulso fundamental es el del ventrículo, existen sístoles (y diástoles) auricular y ventricular. Para que el mecanismo del latido funcione es necesario que las sístoles auriculares y las diástoles ventriculares coincidan.

PROPAGACIÓN DEL LATIDO CARDIACO

- En la pared muscular de la aurícula derecha existe una zona denominada nódulo senoaurícular que genera los impulsos eléctricos rítmicos causantes de la contracción del músculo cardiaco. Se trata de un auténtico "marcapasos" y es una característica exclusiva de este tipo de músculo.
- El impulso se propaga a ambas aurículas, que se contraen simultáneamente, y llega al nódulo aurículoventricular, donde la transmisión se retiene 0,1 segundos.
- 3. Al instante, el impulso avanza muy rápido por unas fibras musculares especializadas, o fascículo de Hiss, y alcanza la parte distal de los ventriculos, desde donde se reparte al conjunto de los músculos que los tapizan, consiguiendo una sístole ventricular simultanea y distanciada de la auricular.



ACTIVIDADES

- 23. ¿Qué ocurrirla si no se produjese el retraso en el impulso eléctrico que determina la contracción cardiaca a la altura del nódulo auriculoventricular?
- 24. Busca información sobre estas dolencias cardiacas y explica en que consisten: infarlo de miocardio, arritmia, insuficiencia cardiaca y paro cardiaco.

· En la Web

Observa el recorrido de la sangre en el interior de un corazón y el funcionamiento de las válvulas.

> www.e-sm.net/svbglbach08.03 www.e-sm.net/svbglbach08.04

La nutrición en animales III electrostación o a



Figura 8.14. El electrocardiograma es la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón.

En la Web .

Observa cómo se dibuja el electrocardiograma en relación con el funcionamiento del latido cardiaco.

www.e-sm.net/svbg1bach08_05 www.e-sm.net/svbg1bach08_06

Observa la completidad y coordinación del ciclo cardiaco.

www.e-sm.net/svbg1bach08_07 *

Regulación y frecuencia cardiaca (pulsaciones)

El funcionamiento rítmico del nódulo senoauricular determina la frecuencia cardiaca, es decir, el número de latidos por mínuto. Su valor es bastante variable, dependiendo de la edad, el sexo y, sobre todo, de la actividad. En condiciones normales, con una frecuencia cardiaca en reposo, el corazón humano bombea unos 4-6 litros de sangre por minuto; sin embargo, en condiciones de ejercicio intenso puede aumentar hasta seis veces.

La frecuencia cardiaca está también bajo control del sistema nervioso autónomo o no voluntario. Eso quiere decir que determinados estímulos pueden acelerar o reducir el ritmo cardiaco actuando sobre el nódulo senoauricular. Esos estímulos pueden ser internos, como la presión sanguínea, la temperatura, el pH o el CO, de la sangre, y externos, como el estrés, la ansiedad o los estados de alerta o miedo.

La alteración de la frecuencia cardiaca se conoce como arritmia; cuando hay un aumento de la frecuencia se habla de taquicardia, y si se trata de una reducción, de bradicardia.

6.2. La presión sanguínea

La sangre, como cualquier fluido, ejerce una presión sobre las paredes del conducto que lo contiene. Debido a las contracciones de los ventrículos, la sangre sale impulsada a las arterias en forma de onda que aumenta la presión sobre las paredes elásticas de los vasos. Así, en una arteria se pasa de un momento de máxima presión -cuando llega la onda de flujo debida al impulso cardiaco- a un período de mínima presión, en el momento entre dos ondas. Son la tensión máxima y mínima.

Para conseguir que la sangre llegue a los capilares son suficientes el impulso de la contracción ventricular y el carácter elástico de las paredes arteriales. Sin embargo, en los capilares la presión es ya muy débil y el impulso cardiaco apenas tiene efecto. ¿Qué impulsa a la sangre a retornar al corazón por las venas, a veces en contra de la gravedad, como desde nuestros pies o desde las patas de las jirafas?

Para facilitar el retorno de la sangre, las venas se localizan entre los músculos de las piernas, de modo que la contracción muscular ejerce una compresión constante sobre estos vasos. Además, en las venas existe un sistema de pequeñas válvulas, que implden el retroceso de la sangre.

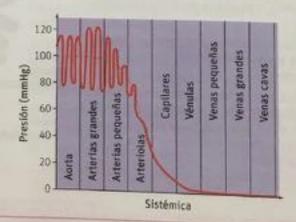
INTERPRETAR UNA GRÁFICA

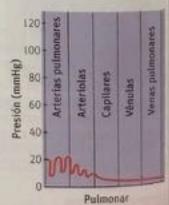
25. La presión de la sangre en los vasos

La presión que ejerce la sangre en los diferentes vasos varía considerablemente.

El gráfico muestra algunos valores de la presión sanguínea. Puede observarse que la fluctuación entre las máximas y las mínimas se produce solo en algunas partes del sistema circulatorio y, además, de forma diferente.

- a) Explica las fluctuaciones en unas partes del sistema de vasos y su ausencia en otras.
- b) ¿Qué zonas son las mejores para tomar el pulso?





ACTIVIDADES

26. ¿Por qué crees que no es conveniente permanecer de ple sin moverse durante mucho tiempo, mientras que es beneficioso caminar o hacer ejercicio?

6.3. La circulación y la salud

La frecuencia y la tensión muestran valores bastante variables en función del sexo, la edad, la actividad o el estado de alerta del organismo. Además están relacionadas con la salud y la forma física general. Por ello, estos dos parámetros son habitualmente medidos en los análisis médicos y deportivos.

LA CIENCIA Y SUS MÉTODOS

Análisis de pruebas médicas (frecuencia cardiaca y tensión)

La frecuencia cardiaca

Se puede medir con un **fonendoscopio**, escuchando los latidos del corazón o tomando el pulso. Los valores normales están entre 60 y 100 latidos por minuto, pero la práctica habitual de ejercicio físico suele reducirlos. Para tomar el pulso se debe proceder del siguiente modo:

- 1º. Se elige una arteria que pueda presionarse sobre cartílago o hueso. Suele hacerse sobre la parte interior de la muñeca o bajo el pulgar. También se puede medir en el cuello, sobre la arteria carótida, aunque ahí debe presionarse muy ligeramente para evitar cortar el riego a la cabeza o que se reduzca el latido.
- 2º. Se utilizan los dedos índice y corazón para sentir el pulso. Para medir la pulsación de otra persona se desaconseja utilizar el pulgar, ya que se puede confundir con la pulsación propia, que se percibe bastante en ese dedo.
- 3º. Se cuentan los impulsos en un minuto (o medio minuto y se multiplica el valor por dos). Las pulsaciones tomadas inmediatamente tras un ejercicio físico muy intenso dan una idea de la frecuencia cardiaca máxima, que suele ser de 226 menos la edad, en el caso de las mujeres, y de 220 menos la edad, en el caso de los hombres. Si se espera un minuto y se vuelven a tomar, habrán bajado bastante: esta diferencia es el índice de recuperación cardiaca y suele estar entre 30 y 50 pulsaciones.



La tensión

La tensión se mide en mmHg con un **tensiómetro** automático. Este aparato dispone de un brazalete que se ajusta a la muñeca y, al pulsar un botón, se infla oprimiendo las arterias. Luego se desinfla lentamente. El tensiómetro toma los valores de presión máxima y mínima. La medición es similar a la que realizan los médicos con el **esfigmomanómetro**. En ambos casos el procedimiento supone una secuencia de pasos:



- 1º. Se aumenta la presión del brazalete sobre el brazo o la muñeca hasta unos 200-220 mmHg, presión a partir de la cual se cortan las pulsaciones arteriales. En el método manual esto se detecta auscultando con un fonendoscopio en el antebrazo.
- 2º. Se libera lentamente la presión del brazalete, de modo manual o automático hasta que se detectan las pulsaciones o se oyen a través del fonendoscopio, respectivamente. El valor en el que reaparecen es la presión sistólica o máxima.
- 3º. Se continúa aflojando poco a poco la presión del brazalete hasta que las pulsaciones o sonidos se desvanecen por completo cuando la arteria recupera su calibre normal. Ese es el valor de la presión diastólica o mínima.

Son valores normales, para las máximas, 100-140 mmHg y para las mínimas, 60-90 mmHg.

- ¿Que relación existe entre el índice de recuperación cardiaca y el estado físico de una persona?
- 28. ¿Qué presión mide el tensiónnetro cuando flega el flujo de la sistole ventricular?
- 29. Investiga sobre las causas y los efectos de la hipertensión arterial.

La excreción animal

El metabolismo animal genera productos de desecho. Algunos son utilizados como sustratos de otras rutas metabólicas, pero siempre hay sustancias de las que es pre-

Dependiendo del medio de vida del animal y de su metabolismo existen diferentes sistemas excretores que han ido perfeccionándose a lo largo de la evolución.

7.1. Productos de excreción animal

Entre las sustancias de desecho hay dos especialmente importantes:

- El dióxido de carbono. Es transportado por el sistema circulatorio hasta el respiratorio, desde donde sale, por difusión, al aire o al agua circundante. De este modo, el respiratorio ejerce la función de excreción de gases.
- Los productos nitrogenados. Derivan fundamentalmente del catabolismo de las proteínas y los ácidos nucleicos y presentan cierta toxicidad. Entre ellos destacan el amoniaco, la urea y el ácido úrico:

DESECHOS NITROGENADO

Amoniaco. Es el producto inicial de la degradación de los aminoácidos.



Es muy tóxico, por lo que se requiere gran cantidad de agua para diluirlo y eliminarlo. Es un producto de excreción presente solamente en animales acuáticos, como la mayoría de los peces e invertebrados marinos. Estos animales se denominan amoniatélicos.

Urea. Es un producto de la transformación del amoniaco. Menos tóxico que este, también requiere su disolución en la sangre y en la orina, lo que implica pérdida de agua.

La urea es el producto de excreción de anfibios y mamíferos. Los animales que eliminan urea se denominan ureotélicos.



Acido úrico. Procede también del amoniaco. Es poco tóxico y precipita en forma de cristales o sales poco solubles, por lo que se elimina en forma semisólida.

El ácido úrico es el producto de excreción de insectos, reptiles terrestres y aves. Se llaman animales uricotélicos.



7.2. Balance hídrico y control osmótico del medio interno

La dilución de los productos nitrogenados en agua, así como la necesidad de regular la cantidad de este líquido y de las sales disueltas, hacen que el balance hídrico y el control osmótico del organismo estén muy relacionados con el sistema excretor.

Básicamente existen tres situaciones al respecto:

- Los animales acuáticos marinos. Muchos invertebrados no tienen problema alguno, ya que su medio interno tiene la misma concentración osmótica que el mar. y 505 superficies corporales son permeables.
- Los peces óseos, sin embargo, tienen un medio interno menos salino que el mas, lo que les hace perder agua y ganar sales constantemente. Reponen el agua bebiendo del mar y eliminan el exceso de sales gastando energía y expulsándolas activamente por las branquias, en el intestino y en el riñón. Los peces cartilaginosos presen tan un medio interno isotónico respecto al agua del mar.
- Los animales de agua dulce. Tienen el problema inverso: ganan agua constante mente y dabor quita. mente y deben evitar perder sales. Para ello, los peces dulceacuicolas absorben activamente iones por sus branquias y se deshacen del exceso de agua generaldo una orina muy diluida en su riñón.
- Los animales terrestres. Su problema fundamental es la pérdida de agua por la orina y por evaporación a transfermanta. orina y por evaporación a través de las superficies del cuerpo. La solución radica el beber agua o generalla contrata de las superficies del cuerpo. La solución radica el beber agua o generalla contrata de las superficies del cuerpo. hecho, algunos animales del desierto no beben nunca agua líquida).

- 30. ¿Qué ventajas e inconvenientes fisiológicos presentan las tres formas de excreción del nitrógeno?
- 31. ¿En qué se diferencia la orina de los pee ces de agua dulce de la de los peces de agua salada en cuanto a cantidad de agua y concentración de sales?
- 32. Investiga: ¿qué es el guano y para qué lo utilizamos?

7.3. Evolución de los sistemas excretores

Los sistemas excretores presentan una complicación evolutiva que podemos resumir en tres fases:

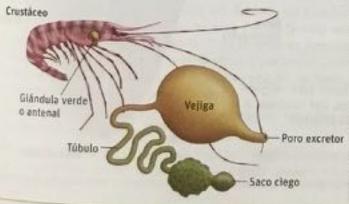
- Animales sin sistema excretor. Los animales más sencillos (esponjas y cnidarios) carecen de sistema excretor, por lo que la eliminación de desechos se produce directamente desde las células al exterior.
- Sistema excretor de invertebrados. En la evolución de los invertebrados aparecen los nefridios, un sistema sencillo constituido por pequeños túbulos que comunican con el exterior por un poro. La innovación de los sistemas excretores en los artrópodos contribuyó a su notable éxito evolutivo.

SISTEMAS EXCRETORES EN INVERTEBRADOS

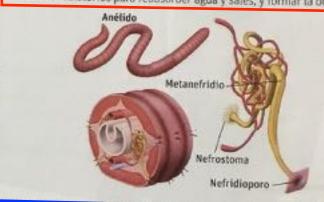
Protonefridios. Es propio de los gusanos planos. Los desechos pasan desde el medio interno a unos túbulos ramificados que terminan en unas células ciliadas (células flamígeras) o flageladas (solenocitos). El movimiento de los cilios y los flagelos impulsa el líquido excretor por el sistema de tubos hacia los poros excretores.



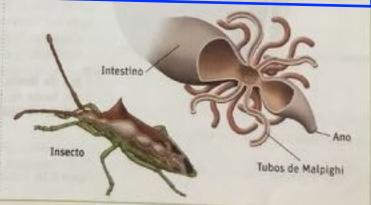
Glándulas verdes. Los crustáceos tienen un par de glándulas situadas en la base de sus antenas, en la cabeza. Constan de un saco ciego esponjoso que filtra el líquido del medio interno, al que sigue un túbulo para la reabsorción de agua, sales y sustancias aprovechables, y una vejiga con un orificio de salida situado en la base de las antenas.



Metanefridios. En los invertebrados más complejos, como los anélidos o los moluscos, el nefridio se vuelve más sofisticado: el extremo interior se abre en un embudo a la cavidad general del cuerpo, mejorando, así, la salida de fluido; además, el túbulo se rodea de un sistema de vasos circulatorios para reabsorber agua y sales, y formar la orina.

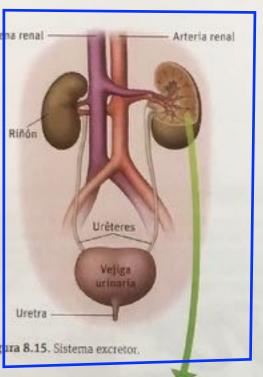


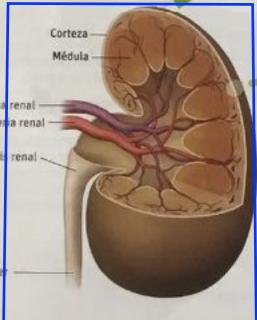
Tubos de Malpíghi. Los insectos y las arañas presentan tubos ciegos ramificados, sin vascularización, que desembocan en el tubo digestivo. Sus paredes capturan iones y moléculas del medio interno por difusión y transporte activo, arrastrando agua por ósmosis. Ya en el intestino se reabsorbe agua y precipita el ácido úrico, que se elimina.



Sistema excretor de vertebrados. Los vertebrados presentan un sistema excretor basado en un par de riñones, en los que se forma la orina por filtrado y reabsorción de la sangre. En reptiles, aves y mamíferos, la orina va por los uréteres hasta una veliga, desde donde sale al exterior por la uretra. Además, existen otros sistemas de excreción: las branquias en los peces, las glándulas de la sal en algunas aves y reptiles, y el hígado y las glándulas sudoríparas en los mamíferos.

El riñón en los mamíferos





Además de los riñones, el sistema excretor de los mamíferos incluye los tubos de salida (uréteres y uretra) y una vejiga de almacenamiento temporal de la orina.

Los riñones están formados por unos dos millones de **nefronas**, unidades anatómicas y funcionales donde se forma la orina, además de los tubos de salida de esta y las arterias y las venas renales que transportas la sangre hacia y desde estos órganos. Estas estructuras se disponen de forma ordenada en capas observables en el corte longitudinal de un riñón (Fig. 8.16):

- Corteza. De un centímetro de grosor y aspecto granuloso. Presenta prolongaciones hacia el interior denominadas columnas renales.
- Médula. De aspecto estriado, se divide en secciones de forma cónica, llamadas pirámides renales o de Malpighi.
- Pelvis renal. Formada por la salida del uréter, es la zona por donde se expulsa la orina y confluyen la arteria renal y la vena renal.

8.1. La nefrona

La nefrona es un tubo sinuoso rodeado de un capilar sanguíneo, encargado de filtrar la sangre y producir la orina. En ella se distinguen varias partes: la cápsula de Bowman, el túbulo contorneado proximal, el asa de Henle y el túbulo contorneado distal

Tubo contorneado distal. Continuación del asa de Henle, que desembo-Cápsula de Bowman. Epitelio doble ca en los tubos colectores, de maque forma una cavidad donde se aloyor diámetro, que desaguan en ja el glomérulo, constituido por cadirección al uréter. pilares sanguíneos apelotonados. Corteza Tubo contorneado proximal. Continuación del hueco de la cápsula de Bowman. Rama ascendente Rama Médula descendente Asa de Henle. Largo tubo delgado con forma de asa, que continúa al tubo contorneado proximal. Hacia la pelvis renal Tubo colector Figura 8.16. Sección longitudinal de un riñón con la localización y la estructura de una nefrena

ACTIVIDADES

33. La vena cava inferior se ramifica en las venas renales, y la aorta se ramifica en las arterias renales. ¿Cuáles de estos vasos entran a los riñones y cuáles salen de ellos?

36

34. Relaciona cada una de las zonas del riñón con los diferentes conductos y elementos
 de las nefronas y los tubos renales.

Web .

va esta animación interactiva sobre la a.

vw.e-sm.net/svbg1bach08_08 .

8.2. El funcionamiento del riñón

Cada nefrona es una unidad formadora de orina. El mecanismo se basa en la filtración de la sangre y la posterior reabsorción de todo lo que es útil al organismo. Se pueden diferenciar los siguientes procesos (Fig. 8.17):

· Filtración glomerular. La sangre llega al riñón por la arteria renal, que se ramifica y entra en la cápsula de Bowman de cada nefrona por una arteriola aferente. Dentro, el capilar forma el glomérulo. La diferencia de presión entre la sangre del glomérulo y la del espacio de la cápsula de Bowman origina el ultrafiltrado de un líquido parecido al plasma (sangre sin eritrocitos ni proteínas), que pasa al túbulo contorneado

smSaviadigital.com EDMPRENDE En esta animación puedes ver el funcionamiento del riñón.

· Reabsorción tubular. El filtrado glomerular contiene lones y moléculas de interés que no conviene eliminar. Para recuperarlos se produce una reabsorción en los túbulos proximal y distal, mediante transporte activo y difusión.

La reabsorción tubular recupera la práctica totalidad de la glucosa de la orina, mientras que los iones minerales se reabsorben en función de su cantidad en la sangre en ese momento. La reabsorción presenta una regulación hormonal.

- · Secreción tubular. Consiste en el paso activo de sustancias desde la sangre de los capilares hasta el túbulo contorneado distal que rodean. Esto aumenta la concentración en la orina de sustancias que interesa eliminar. Así, se eliminan hidrógeno, potasio, sustancias tóxicas, etc.
- Recuperación de agua. En nuestros riñones, los glomérulos filtran unos 200 L de sangre al día. La pérdida de agua que esto supone no es tolerable, por lo que debe recuperarse en su mayoría.

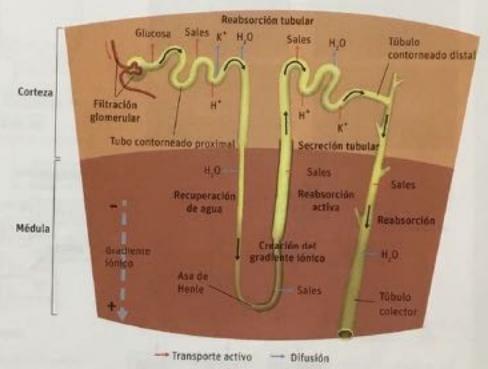


Figura 8.17. Mecanismo de la formación de la orina en la nefrona.

Esta recuperación de agua tiene lugar por ósmosis: las paredes de la rama descendente del asa de Henle son semipermeables y las de la rama ascendente son impermeables, pero sacan activamente NaCl de la orina en formación. Esto genera un gradiente de concentración salina en la médula, que aumenta con la profundidad. En consecuencia, el agua sale por ósmosis de la rama descendente, según se introduce en la zona hiperosmótica, y pasa a la sangre.

Los tubos colectores, al entrar en la médula, camino del uréter, recuperan más agua y otras moléculas, como urea) por ósmosis.

Las necesidades corporales en cada momento exigen eliminar más o menos agua, por lo que el balance hídrico corporal se controla desde el riñón mediante regulación hormonal.

+En la Web

Observa cómo se produce la formación de la orina.

*www.e-sm.net/svbg1bacn08.09

- 35. ¿Qué ocurriría si las paredes de la rama descendente del asa de Henle fueran impermeables?
- 36. ¿Cómo afecta el control hormonal de las permeabilidad de las pareces del tubo colector a la orina formada?