

Diversidad animal I: Invertebrados



El calamar gigante es el animal invertebrado más grande de la Tierra, pero nuestra única observación de un calamar gigante vivo en su hábitat natural se reduce a un breve video.

23.1 ¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES?

Es difícil formular una definición concisa del término “animal”. No hay un rasgo individual que caracterice a todos los animales, así que definiremos el grupo con base en una lista de características. Ninguna de ellas es exclusiva de los animales pero, en conjunto, permiten distinguirlos de los miembros de otros reinos:

- Los animales son multicelulares.
- Los animales obtienen su energía consumiendo el cuerpo de otros organismos.
- Por lo regular, se reproducen sexualmente. Aunque las especies animales presentan una enorme diversidad de estilos de reproducción, casi todos son capaces de llevar a cabo la reproducción sexual.
- Las células animales carecen de pared celular.
- Los animales tienen motilidad (pueden trasladarse) durante alguna etapa de su vida. Incluso las esponjas estacionarias tienen una etapa *larvaria* (una forma juvenil) durante la que nadan libremente.

- La mayoría de los animales pueden responder rápidamente a los estímulos externos como resultado de la actividad de las células nerviosas, el tejido muscular o ambos.

23.2 ¿QUÉ CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS MARCAN LOS PUNTOS DE BIFURCACIÓN EN EL ÁRBOL EVOLUTIVO DE LOS ANIMALES?

Ya para el periodo cámbrico, que se inició hace 544 millones de años, casi todos los fila de animales que pueblan actualmente la Tierra, estaban presentes. Por desgracia, el registro fósil del precámbrico es escaso y no revela la secuencia en la cual surgieron los fila de animales. Por consiguiente, los sistemáticos especializados en animales han buscado pistas acerca de la historia evolutiva de éstos en sus características anatómicas y su desarrollo embriológico, así como en las secuencias del DNA. Estas investigaciones han demostrado que ciertas características marcan los puntos de bifurcación principales en el árbol evolutivo de los animales, y representan las piedras angulares en la evolución de las diferentes estructuras

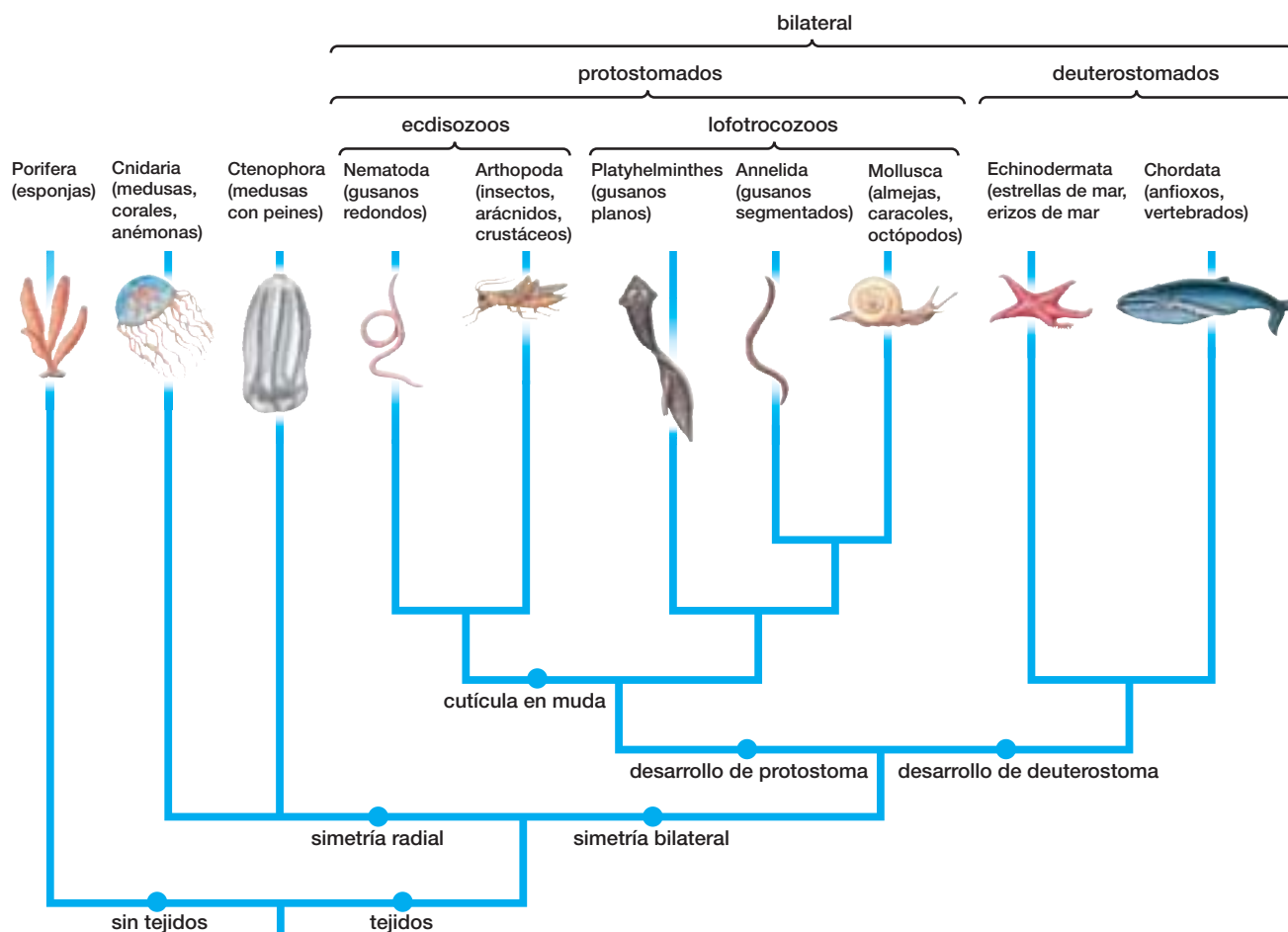


FIGURA 23-1 Árbol evolutivo de algunos de los principales fila de animales

corporales de los animales modernos (FIGURA 23-1). En los siguientes apartados describiremos estos hitos evolutivos y su legado en el cuerpo de los animales modernos.

La carencia de tejidos separados distingue a las esponjas de todos los demás animales

Una de las primeras innovaciones importantes de la evolución animal fue la aparición de **tejidos**, es decir, grupos de células similares integradas en una unidad funcional, por ejemplo, un músculo. En la actualidad casi todos los animales tienen un cuerpo con tejidos, y los únicos animales que han conservado la primitiva carencia de tejidos son las esponjas. En éstas, las células individuales pueden tener funciones especializadas, pero actúan de manera más o menos independiente y no están organizadas en tejidos verdaderos. Esta peculiar característica de las esponjas sugiere que la bifurcación entre las esponjas y la rama evolutiva que dio origen a todos los demás fila de animales debe haber tenido lugar en una etapa muy temprana de la historia de los animales. Un antepasado común sin tejidos, muy antiguo, dio origen tanto a las esponjas como a los demás fila con tejidos.

Los animales con tejidos presentan simetría ya sea radial o bilateral

El advenimiento evolutivo de los tejidos coincidió con la aparición de la simetría corporal; todos los animales con tejidos verdaderos también tienen cuerpos simétricos. Se dice que un animal es simétrico si se puede bisecar a lo largo de al menos un plano, de tal manera que las mitades resultantes sean imágenes en espejo una de la otra. A diferencia de las esponjas asimétricas, todo animal tiene una superficie superior, o *dorsal*, y una superficie inferior, o *ventral*.

Los animales con tejidos simétricos se clasifican en dos grupos: uno comprende a los animales con **simetría radial** (FIGURA 23-2a) y el otro incluye a los animales que muestran **simetría bilateral** (FIGURA 23-2b). En el caso de la simetría radial, cualquier plano que pase por un eje central divide el organismo en mitades aproximadamente iguales. En cambio, un animal bilateralmente simétrico puede dividirse en mitades aproximadamente como imágenes en espejo sólo a lo lar-

go de un plano individual específico que pasa por el eje central.

La diferencia entre los animales con simetría radial y bilateral refleja otro punto de bifurcación importante en el árbol evolutivo animal. Esta bifurcación separó a los antepasados de los cnidarios (medusas, anémonas y corales) y ctenóforos (medusas con peines) radialmente simétricos, de los ancestros de los demás fila de animales, todos los cuales tienen simetría bilateral.

Los animales con simetría radial tienen dos capas tisulares embrionarias; los animales con simetría bilateral tienen tres

La distinción entre la simetría radial y la bilateral en los animales está estrechamente vinculada con una diferencia correspondiente en el número de capas de tejido, llamadas *capas germinales*, que se forman durante el desarrollo embrionario. Los embriones de animales con simetría radial tienen dos capas germinales: una interior o **endodermo** (que constituye el revestimiento de casi todos los órganos huecos), y otra exterior o **ectodermo** (que forma el tejido que cubre el cuerpo y reviste sus cavidades internas y tejidos nerviosos). Los embriones de animales con simetría bilateral tienen una tercera capa germinal. Entre el endodermo y el ectodermo se encuentra una capa de **mesodermo** (que forma los músculos y, cuando están presentes, los sistemas circulatorio y esquelético).

La evolución paralela del tipo de simetría y el número de capas germinales nos ayuda a entender el caso potencialmente enigmático de los equinodermos (estrellas de mar, pepinos de mar y erizos de mar). Los equinodermos adultos son de simetría radial; sin embargo, nuestro árbol evolutivo los sitúa por completo en el grupo bilateralmente simétrico. Esto se debe a que los equinodermos tienen tres capas germinales, así como varias características adicionales, algunas de las cuales se describirán más adelante, que los agrupan con los animales bilateralmente simétricos. Así pues, los ancestros inmediatos de los equinodermos debieron haber sido bilateralmente simétricos y, más tarde, el grupo adquirió por evolución una simetría radial (un caso de evolución convergente). Aún ahora, los equinodermos larvarios conservan su simetría bilateral.

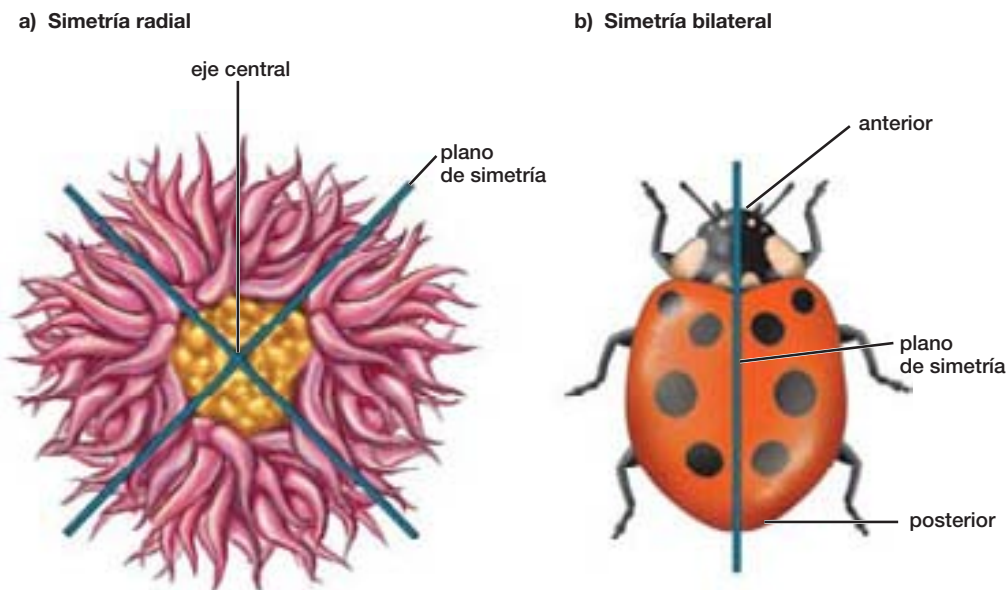


FIGURA 23-2 Simetría corporal y cefalización

a) Los animales con simetría radial carecen de una cabeza bien definida. Todo plano que atraviese el eje central dividirá el cuerpo en mitades que son imágenes en espejo. b) Los animales con simetría bilateral tienen un extremo de cabeza anterior y un extremo de cola posterior. El cuerpo se puede dividir en mitades que son imágenes de espejo sólo a lo largo de un plano particular que pasa por la línea media.

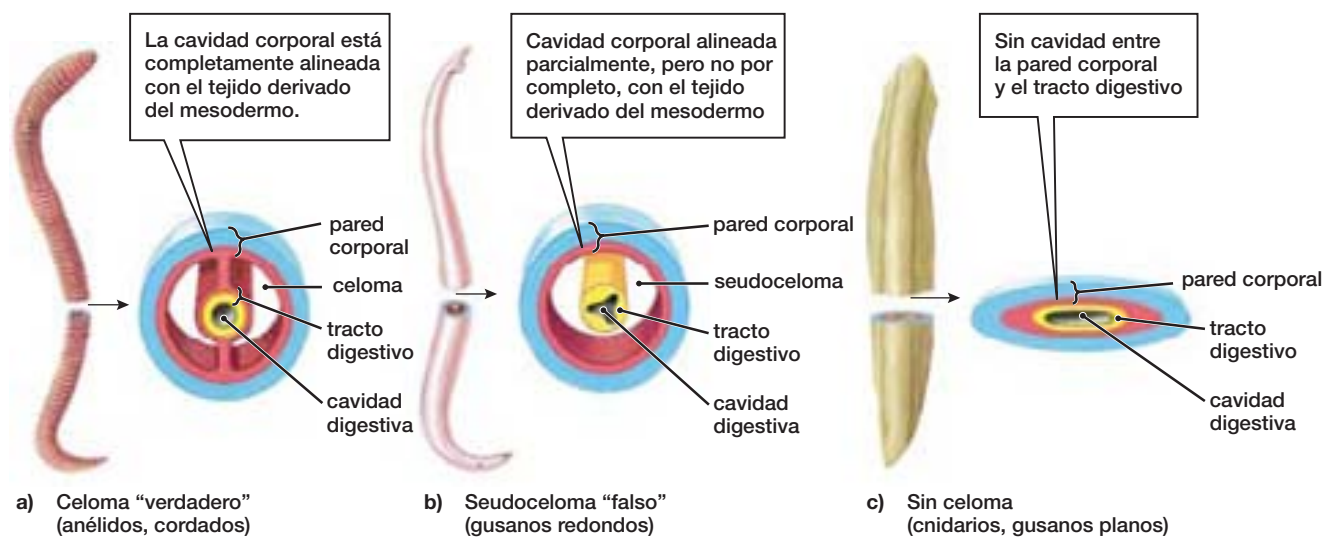


FIGURA 23-3 Cavidades corporales

a) Los anélidos tienen un celoma verdadero. b) Los gusanos redondos son pseudocelomados. c) Los gusanos planos no tienen cavidad entre la pared corporal y el tracto digestivo. (Los tejidos que se muestran en azul se derivan del ectodermo, los rojos del mesodermo, y los amarillos del endodermo).

Los animales bilaterales tienen cabeza

Los animales con simetría radial tienden a ser *sésiles* (es decir, a estar fijos en un punto, como las anémonas de mar) o a vagar a la deriva arrastrados por las corrientes (como las medusas). Estos animales pueden toparse con alimento o peligros provenientes de cualquier dirección, por lo que su cuerpo que "mira" en todas direcciones a la vez, resulta una ventaja. Por contraste, la mayoría de los animales de simetría bilateral tienen *motilidad* (es decir, se desplazan por medios propios en una dirección determinada). Los animales suelen encontrar recursos como el alimento mediante la parte de su cuerpo que esté más cerca de la dirección del movimiento. Por consiguiente, la evolución de la simetría bilateral estuvo acompañada de **cefalización**, es decir, la concentración de órganos sensoriales y un cerebro en una región definida de la cabeza. La cefalización produce un extremo *anterior* (cabeza), donde se concentran las células y los órganos sensoriales, los grupos de células nerviosas y los órganos que digieren los alimentos. El otro extremo de un animal cefalizado se designa como *posterior* y puede presentar una cola (véase la figura 23-2b).

La mayoría de los animales bilaterales tienen cavidades corporales

al brindar apoyo al cuerpo y un almacén que sirve de apoyo para que puedan actuar los músculos. En otros animales los órganos internos están suspendidos dentro de una cavidad llena de líquido, la cual sirve como amortiguador de protección entre ellos y el mundo exterior.

La estructura de la cavidad corporal varía entre los fila

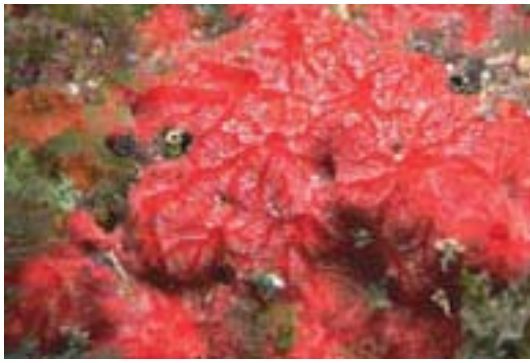
El tipo más diseminado de cavidad corporal es un **celoma**, esto es, una cavidad llena de líquido que está completamente revestida de una capa delgada de tejido que se desarrolla a partir del mesodermo (FIGURA 23-3a). Los fila cuyos miembros tienen un celoma se llaman *celomados*. Los anélidos (gusanos segmentados), los artrópodos (insectos, arañas, crustáceos), moluscos, (almejas y caracoles), equinodermos y cordados (que incluyen a los humanos) son fila de celomados.

Los miembros de algunos fila tienen una cavidad corporal que *no está* completamente rodeada por tejido derivado del mesodermo. Este tipo de cavidad se conoce como **seudoceloma**, y los fila cuyos miembros lo presentan se conocen colectivamente como *seudocelomados* (FIGURA 23-3b). Los gusanos redondos (nematodos) son el grupo más grande de pseudocelomados.

Algunos fila de animales bilaterales no tienen ninguna cavidad corporal y se les conoce como *acelomados*. Por ejemplo, los gusanos planos no tienen cavidad entre su intestino y la pared corporal; en vez de ello, el espacio está lleno de tejido sólido (FIGURA 23-3c).

Las cavidades corporales más simples evolucionaron a partir de los planos del cuerpo celomado

Puesto que los planos de cuerpo acelomado y pseudocelomado parecen ser más "primitivos" que el plano de un cuerpo celomado, alguna vez se pensó que los fila *acelomados* y *seudocelomados*



a)



b)



c)

FIGURA 23-4 Diversidad de las esponjas

Las esponjas presentan una extensa variedad de tamaños, formas y colores. Algunas como **a)** esta esponja de fuego crecen en una distribución de forma libre sobre las rocas submarinas. **b)** Esta esponja tubular se fija a las rocas mediante diminutos apéndices, mientras que **c)** esta esponja de los arrecifes, con aberturas tubulares ensanchadas, se adhiere a los arrecifes de coral. **PRE-GUNTA:** Las esponjas con frecuencia se describen como los animales más "primitivos". ¿Cómo un organismo tan primitivo ha llegado a ser tan diverso y abundante?

tán todos íntimamente relacionados unos con otros, sino que forman ramas en varios puntos del árbol evolutivo de los animales (véase la figura 23-1). Así, los planos corporales de acelomados y pseudocelomados no son precursores evolutivos del celoma, sino que son modificaciones de éste.

Los organismos bilaterales se desarrollan en una de dos formas

Entre los fila de animales bilaterales, el desarrollo embriológico sigue una variedad de caminos. Sin embargo estas variadas vías pueden agruparse en dos categorías conocidas como desarrollo de **protostoma** y **deuterostoma**. En el desarrollo de protostoma, la cavidad corporal se forma dentro del espacio que hay entre la pared corporal y la cavidad digestiva. En el desarrollo de deuterostoma, la cavidad corporal se forma como una excrecencia de la cavidad digestiva. Los dos tipos de desarrollo también difieren en el patrón de la división celular que se inicia inmediatamente después de la fecundación y en el método por medio del cual se forman la boca y el ano. Los protostomados y deuterostomados son ramas evolutivas características dentro de los animales bilaterales. Los anélidos, artrópodos y moluscos presentan el desarrollo de protostomas, mientras que los equinodermos y los cordados tienen deuterostomas.

Los protostomados incluyen dos líneas evolutivas distintas

Los fila de animales protostomados se dividen en dos grupos, los cuales corresponden a dos linajes diferentes que divergieron de forma temprana en la historia evolutiva de los protostomados. Un grupo, los *ecdisozoos*, incluye fila como los de los artrópodos y los gusanos redondos, cuyos miembros tienen el cuerpo cubierto por una capa exterior que se desprende periódicamente. El otro grupo se conoce como el de los *lofotrocozoos* e incluye los fila cuyos miembros tienen una estructura alimentaria especial llamada lofóforo, así como algunos fila cuyos miembros pasan por una etapa de desarrollo llamada larva trocófora. Los moluscos, anélidos y gusanos planos son ejemplos del filum lofotrocozoos.

23.3 ¿CUÁLES SON LOS PRINCIPALES FILA DE ANIMALES?

Es fácil pasar por alto las diferencias entre la multitud de animales pequeños y sin huesos que existen en el mundo. Aun Carolus Linnaeus, el creador del sistema moderno de clasificación, reconocía sólo dos fila de animales sin espina dorsal (insectos y gusanos). Sin embargo, en la actualidad los biólogos reconocen 27 fila de animales, algunos de los cuales aparecen en la **tabla 23-1**.

Por comodidad, los biólogos suelen clasificar a los animales en una de dos categorías principales: los **vertebrados**, es decir, los que tienen espina dorsal (o columna vertebral) y los **invertebrados**, aquellos que carecen de espina dorsal. Los vertebrados, que estudiaremos en el capítulo 24, son quizá los animales más llamativos desde el punto de vista de los humanos, pero menos del 3 por ciento de todas las especies de animales conocidas en la Tierra son vertebrados. La inmensa mayoría de los animales son invertebrados.

Los primeros animales probablemente se originaron a partir de las colonias de protistas cuyos miembros se habían especializado en la ejecución de distintas funciones dentro de la colonia. Comenzaremos nuestro estudio de los animales invertebrados con las esponjas, cuyo plano corporal es el que más se asemeja a las probables colonias ancestrales de protozoarios.

Las esponjas tienen un cuerpo simple

Las *esponjas* (filum Porifera) se encuentran en la mayoría de los ambientes marinos y acuáticos. La mayor parte de las 5000 o más especies de esponjas en la Tierra viven en agua salada, y habitan en las aguas oceánicas tibias y frías, profundas o poco profundas. Además, algunas esponjas viven en hábitat de agua dulce como los lagos y ríos. Las esponjas adultas viven adheridas a las rocas u otras superficies submarinas. Por lo general no se mueven, aunque los investigadores han demostrado que algunas especies, al menos cuando están cautivas en los acuarios, son capaces de desplazarse (muy lentamente, unos cuantos milímetros al día). Las esponjas se presentan en

Comparación de los principales fila de animales

Nombre común (filum)		Eponjas (Porifera)	Hidras, anémonas, medusas (Cnidaria)	Gusanos planos (Platyhelminthes)
Arreglo corporal	Nivel de organización	Celulares; carecen de tejidos y órganos	Tejidos; carecen de órganos	Sistema de órganos
	Capas germinales	Ausentes	Dos	Tres
	Simetría	Ausente	Radial	Bilateral
	Cefalización	Ausente	Ausente	Presente
	Cavidad corporal	Ausente	Ausente	Ausente
	Segmentación	Ausente	Ausente	Ausente
	Sistemas internos	Sistema digestivo	Intracelular	Cavidad gastrovascular; en algunos intracelular
	Sistema circulatorio	Ausente	Ausente	Ausente
	Sistema respiratorio	Ausente	Ausente	Ausente
	Sistema excretor (regulación de líquidos)	Ausente	Ausente	Canales con células ciliadas
	Sistema nervioso	Ausente	Red nerviosa	Ganglios en la cabeza con cordones nerviosos longitudinales
	Reproducción	Sexual; asexual (gemación)	Sexual; asexual (gemación)	Sexual (algunos hermafroditas); asexual (división del cuerpo)
	Sostén	Endoesqueleto de espículas	Esqueleto hidrostático	Esqueleto hidrostático
	Número de especies conocidas	5000	9000	20,000

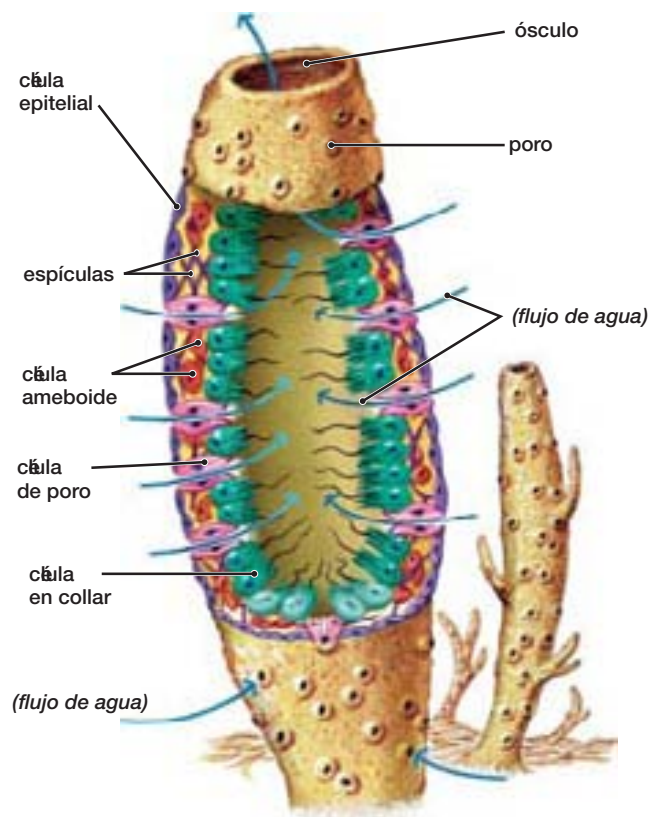
varias formas y tamaños. Algunas especies tienen una forma bien definida, pero otras crecen en una forma libre sobre las rocas submarinas (FIGURA 23-4). Las esponjas más grandes pueden llegar a medir más de 1 metro de altura.

Las esponjas carecen de tejidos verdaderos y de órganos. En cierto sentido, una esponja se asemeja a una colonia de organismos unicelulares. Las propiedades de las esponjas que se asemejan a las colonias, quedaron de manifiesto en un experimento que realizó el embriólogo H. V. Wilson en 1907. Wilson machacó una esponja y la hizo pasar a través de un trozo de tela de seda, con lo cual la desintegró en células individuales y en grupos de células. Después colocó esos diminutos fragmentos de esponja en agua de mar y esperó durante tres semanas. Al término del experimento, las células se habían unido de nuevo para formar una esponja en buenas condiciones, con lo que demostró que las células individuales de la esponja habían podido sobrevivir y realizar sus funciones de manera independiente.

Todas las esponjas tienen un plano corporal similar. El cuerpo tiene muchos poros diminutos por los que entra el agua y, en menor número, aberturas grandes por donde se expelle. En el interior de la esponja misma, el agua viaja por medio de canales, y conforme va pasando se le extrae el oxígeno, se filtran los microorganismos que contiene y se llevan a células

FIGURA 23-5 Plano corporal de las esponjas

El agua entra a través de numerosos poros diminutos del cuerpo de la esponja y sale por los ósculos. Las partículas de alimento microscópicas son filtradas del agua.



Gusanos segmentados (Annelida)	Caracoles, almejas, calamares (Mollusca)	Insectos, arácnidos, crustáceos (Arthropoda)	Gusanos redondos (Nematoda)	Estrellas de mar, erizos de mar (Echinodermata)
Sistema de órganos	Sistema de órganos	Sistema de órganos	Sistema de órganos	Sistema de órganos
Tres	Tres	Tres	Tres	Tres
Bilateral	Bilateral	Bilateral	Bilateral	Bilateral en las larvas, radial en los adultos
Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente
Celoma	Celoma	Celoma	Seudoceloma	Celoma
Presente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
Boca y ano separados	Boca y ano separados	Boca y ano separados	Boca y ano separados	Boca y ano separados (normalmente)
Cerrado	Abierto	Abierto	Ausente	Ausente
Ausente	Branquias, pulmones	Tráqueas, agallas o pulmones en libro	Ausente	Pies tubulares, branquias cutáneas, árbol respiratorio
Nefridios	Nefridios	Glándulas excretoras semejantes a nefridios	Células glandulares excretoras	Ausente
Ganglios en la cabeza con pares de cordones ventrales; ganglios en cada segmento	Cerebro bien desarrollado en algunos cefalópodos; varios pares de ganglios principalmente en la cabeza; red nerviosa en la pared corporal	Ganglios en la cabeza con pares de cordones ventrales; ganglios en los segmentos, algunos fusionados	Ganglios en la cabeza con cordones nerviosos dorsales y ventrales	Sin ganglios en la cabeza; anillo nervioso y nervios radiales; red nerviosa en la piel
Sexual (algunos hermafroditas)	Sexual (algunos hermafroditas)	Normalmente sexual	Sexual (algunos hermafroditas)	Sexual (algunos hermafroditas); asexual por regeneración (poco frecuente)
Esqueleto hidrostático	Esqueleto hidrostático	Exoesqueleto	Esqueleto hidrostático	Endoesqueleto de placas debajo de la piel externa
9000	50,000	1,000,000	12,000	6500

individuales donde son digeridos; luego se expulsan los residuos (FIGURA 23-5).

Las esponjas tienen tres tipos principales de células, cada uno de los cuales se especializa en una función. Las *células epiteliales* aplanadas cubren las superficies externas del cuerpo. Algunas células epiteliales modificadas constituyen las *células de poro*, que rodean a los poros, controlan su tamaño y regulan el flujo de agua. Los poros se cierran ante la presencia de sustancias nocivas. Las *células en collar* mantienen un flujo de agua a través de la esponja agitando un flagelo que penetra en el canal interior. Los collares que rodean al flagelo actúan como un tamiz fino que filtra los microorganismos que luego serán ingeridos por la célula. Parte del alimento se hace llegar a las *células ameboides*, las cuales vagan libremente entre las células epiteliales y en collar, digieren y distribuyen los nutrientes, dan origen a las células reproductoras y secretan pequeñas protuberancias esqueléticas llamadas *espículas*. Las espículas pueden estar compuestas por carbonato de calcio (calcita), sílice (vidrio), o proteína y forman un esqueleto interior que brinda sostén al cuerpo (véase la figura 23-5). Las esponjas naturales de uso doméstico, las cuales ahora se replazan con imitaciones fabricadas a base de celulosa, son en realidad esqueletos de esponja.

Las esponjas se pueden reproducir asexualmente por **gemación**, durante la cual la esponja adulta produce versiones tamaño miniatura de sí misma que se desprenden y adoptan una existencia independiente. En forma alterna, pueden reproducirse sexualmente por medio de la fusión de esperma-

tozoides y óvulos. Los óvulos fecundados se desarrollan en el interior de la esponja adulta hasta convertirse en larvas activas que escapan a través de los ósculos del cuerpo de la esponja. Las corrientes de agua dispersan las larvas hacia nuevas zonas, donde se establecen y se convierten en esponjas adultas.

Puesto que las esponjas permanecen en un solo sitio y carecen de concha protectora, son vulnerables al ataque de los depredadores como los peces, tortugas y babosas de mar. Sin embargo, muchas esponjas han desarrollado defensas químicas contra los depredadores. Los cuerpos de estas esponjas contienen sustancias químicas que son tóxicas o desagradables para los depredadores potenciales. Por fortuna, cierto número de estas sustancias han resultado ser medicamentos valiosos para el hombre. Por ejemplo, el fármaco esponjistina, un compuesto que inicialmente se aisló de las esponjas, es un novedoso fármaco para curar las infecciones causadas por hongos que con frecuencia padecen los enfermos de SIDA. Otros medicamentos derivados de las esponjas incluyen las más recientes y prometedoras drogas anticancerígenas, discodermolide y halichondrin. El descubrimiento de éstos y otros fármacos ha despertado grandes esperanzas de que los investigadores encuentren otras especies que tal vez lleguen a ser una fuente valiosa de nuevos fármacos.

Los cnidarios son depredadores bien armados

Al igual que las esponjas, las cerca de 9000 especies conocidas de *cnidarios* (filum Cnidaria), que incluyen medusas, aném-

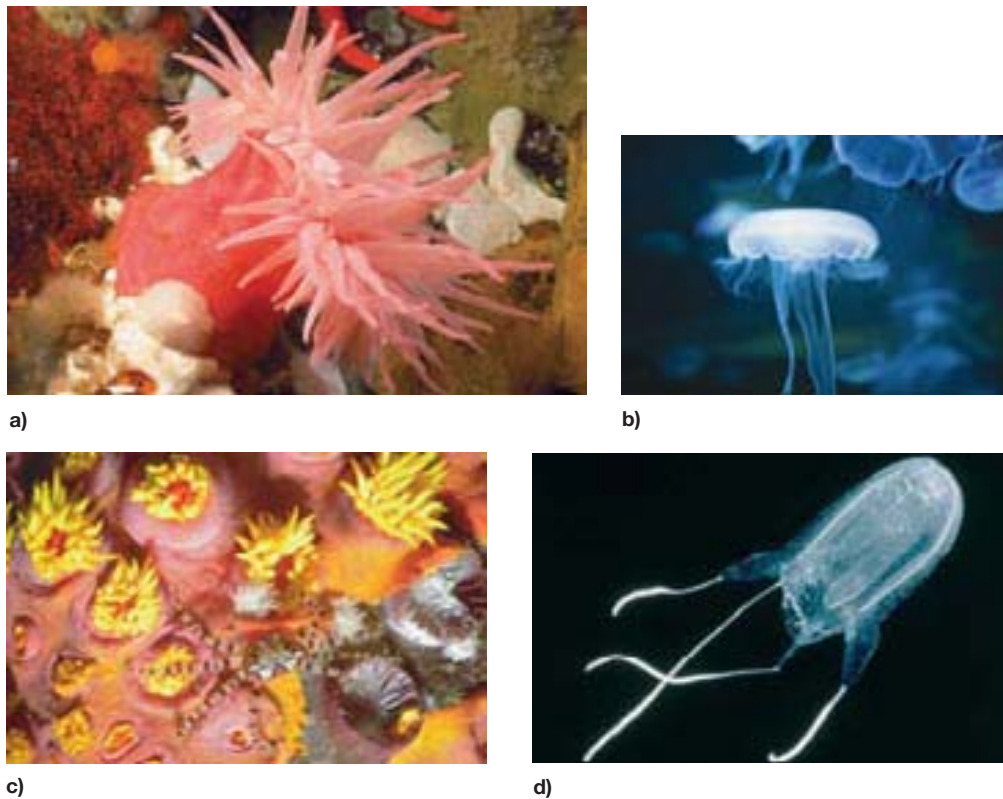


FIGURA 23-6 Diversidad de los cnidarios

Una anémona con manchas rojas extiende sus tentáculos para capturar presas. **b)** Una medusa pequeña. **c)** Este acercamiento de un coral permite observar los pólipos de color amarillo brillante en diversas etapas de extensión de sus tentáculos. Abajo a la derecha, en las zonas donde el coral ha muerto queda expuesto el esqueleto de carbonato de calcio que sostiene los pólipos y forma el arrecife. Un cangrejo (artrópodo) con un diseño sorprendente reposa sobre el coral mientras sujeta anémonas blancas con sus tenazas. Los tentáculos urticantes protegen al cangrejo. **d)** Una avispa de mar, un cnidario cuyas células urticantes contienen uno de los venenos más tóxicos que se conocen. **PREGUNTA:** En cada una de estas fotografías, ¿el organismo que se observa es un pólipo o una medusa?

nas de mar, corales e hidrozooos, están confinados a hábitat acuáticos, y casi todas las especies son marinas. La mayoría de los cnidarios son pequeños, ya que miden desde unos pocos milímetros a unos cuantos centímetros de diámetro, pero la medusa más grande puede tener hasta 2.4 metros de ancho y tentáculos de 50 metros de largo. Todos los cnidarios son depredadores carnívoros.

Las células de los cnidarios están organizadas en tejidos definidos, incluido el tejido contráctil que actúa como si fuera músculo. Las células nerviosas están organizadas en un tejido llamado *red nerviosa*, que se ramifica por todo el cuerpo y controla el tejido contráctil para generar movimiento y comportamientos de alimentación. Sin embargo, la mayoría de los cnidarios carecen de órganos verdaderos y no tienen cerebro.

Los cnidarios tienen gran variedad de formas hermosas que causan asombro (**FIGURA 23-6**), y todas ellas son variaciones de dos configuraciones corporales básicas: el *pólipo* (**FIGURA 23-7a**) y la *medusa* (**FIGURA 23-7b**). El pólipo que por lo general es de forma tubular se ha adaptado a una vida tranquila adherido a las rocas. Tiene tentáculos, los cuales son prolongaciones que se dirigen hacia arriba para atrapar e inmovilizar a la presa. El cuerpo acampanado de la medusa flota en el agua y se deja llevar por las corrientes, al tiempo

que arrastra sus tentáculos tras de sí como si fueran múltiples cañas de pescar.

Muchas especies de cnidarios tienen ciclos vitales que incluyen etapas de pólipos y medusas, aunque algunas especies viven solamente como pólipos y otras sólo como medusas. Tanto los pólipos como las medusas se han desarrollado a partir de dos capas germinales: el endodermo interior y el ectodermo exterior; entre estas capas hay una sustancia gelatinosa. Los pólipos y las medusas tienen simetría radial, y las partes del cuerpo están arregladas formando un círculo alrededor de la boca y la cavidad digestiva (véase la figura 23-2a). Este arreglo de partes favorece mucho a estos animales que están fijos o que flotan libremente porque esto los capacita para responder ante la presencia de una presa, o bien, de alguna amenaza proveniente de cualquier dirección.

Los tentáculos de los cnidarios están armados de *cnidocitos*, células con estructuras que, al ser estimuladas al contacto, inyectan explosivamente sus filamentos venenosos o pegajosos a la presa (**FIGURA 23-8**). Estas células punzantes, que se encuentran solamente en los cnidarios, sirven para capturar presas. Los cnidarios no son cazadores activos, sino que esperan a que aparezca la presa, por casualidad, al alcance de sus largos tentáculos, la inyectan, la sujetan firmemente y luego la llevan hasta su boca expansible y hacia la bolsa digestiva,

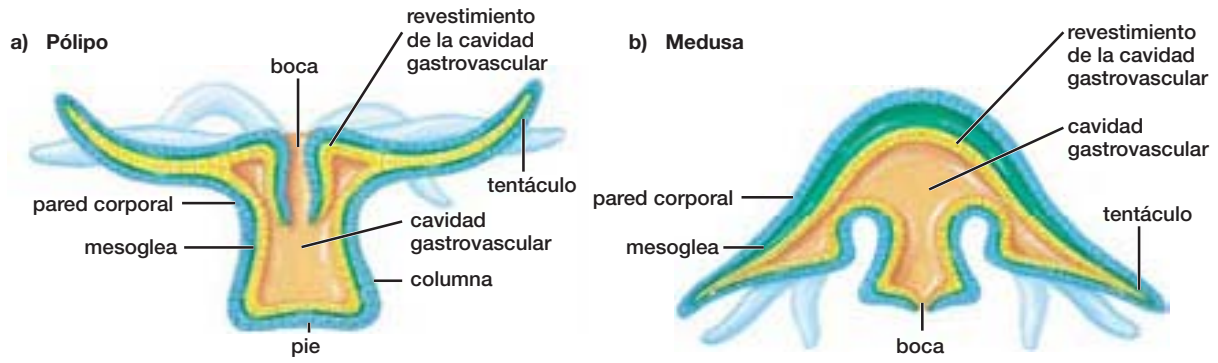


FIGURA 23-7 Pólipo y medusa

a) La forma del pólipo se observa en la hidra (véase la figura 23-8), en las anémonas de mar (figura 23-6a) y en los pólipos individuales dentro de un coral (figura 23-6c). **b)** La forma de medusa que se observa en la figura 23-6b se asemeja a un pólipo invertido. (Los tejidos que se muestran en color azul se derivan del ectodermo, y los de color amarillo del endodermo).

la *cavidad gastrovascular*. Las enzimas digestivas secretadas al interior de esta cavidad desintegran parte del alimento, y después tiene lugar la digestión dentro del revestimiento celular de la cavidad. Puesto que la cavidad gastrovascular tiene sólo una abertura, el material sin digerir es expelido a través de la boca una vez que termina la digestión. Aunque este tráfico de dos sentidos evita la alimentación continua, es adecuada para satisfacer los requerimientos de poca energía de estos animales.

Los cnidarios se pueden reproducir sexual o asexualmente. Los ciclos reproductivos varían considerablemente entre los diferentes tipos de cnidarios, pero un patrón es bastante común en las especies con las etapas de pólipo y medusa. En tales especies, los pólipos comúnmente se reproducen por gemación asexual, lo que da origen a nuevos pólipos. Sin embargo, en ciertas circunstancias, la gemación originará medusas, en vez de pólipos. Una vez que una medusa crece y alcanza la madurez, puede liberar gametos (espermatozoides u óvulos) en el agua. Si se encuentra un espermatozoide con un óvulo, pueden unirse para formar un cigoto que se desarrolla en una larva ciliada que nada libremente. Con el tiempo, la larva se establece sobre una superficie dura, donde se desarrolla en pólipo.

El veneno de algunos cnidarios puede causar dolorosas picaduras en las personas que por desgracia llegan a tener contacto con ellos, y las picaduras de algunas especies de medusas llegan incluso a poner en peligro la vida. La más mortífera de estas especies es la “avispa de mar”, *Chironex fleckeri*, que habita en las aguas próximas a las costas del norte de Australia y del sudeste asiático. La cantidad de veneno presente en una sola de estas avispas de mar podría matar hasta 60 personas, y la víctima de esta picadura grave puede morir en cuestión de minutos, después del suceso.

Un grupo de cnidarios, los corales, tiene una importancia ecológica particular (véase la figura 23-6c). Los pólipos del coral forman colonias, y cada miembro de la colonia secreta un esqueleto duro de carbonato de calcio. Los esqueletos persisten mucho tiempo después de que muere el organismo, y sirven como base para que otros individuos se unan. El ciclo continúa después de miles de años, hasta que se forman los arrecifes de coral masivos.

Los arrecifes de coral se encuentran en los océanos de aguas templadas y frías. Los de agua fría se forman en las aguas profundas y, aunque están ampliamente distribuidos, hasta ahora están llamando la atención de los investigadores, pero todavía no se han estudiado a fondo. Los arrecifes de coral de aguas templadas son más familiares y están restringidos a las aguas de los trópicos, tibias, transparentes y poco profundas. Aquí, los arrecifes coralinos forman hábitat subacuáticos, los cuales son la base de un ecosistema de asombrosa diversidad y belleza incomparable.

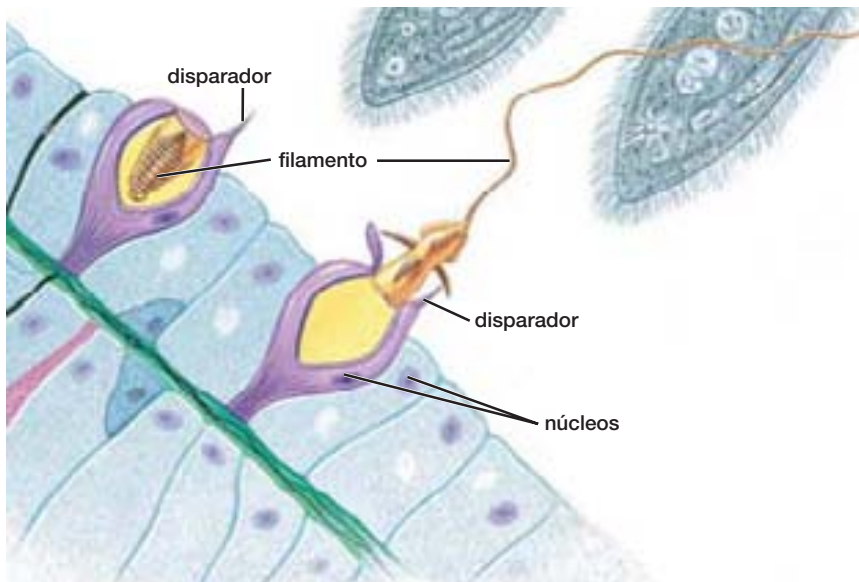


FIGURA 23-8 Armamento de los cnidarios: el cnidocito

Al más leve contacto con el disparador de una estructura especial de sus cnidocitos, los cnidarios, como en esta hidra, expelen un filamento envenenado.



a)



b)



c)

FIGURA 23-9 Diversidad de gusanos planos

Este gusano plano es un ejemplo de parásito. **b)** Las manchas oculares se observan con claridad en la cabeza de este gusano plano que vive libremente en agua dulce. **c)** Muchos de estos gusanos planos que habitan en los arrecifes de coral tropicales son de brillantes colores.

Los gusanos planos tienen órganos pero carecen de sistemas respiratorio y circulatorio

Los gusanos planos

FIGURA 23-9a). (Los **parásitos** son organismos que viven dentro de o sobre el cuerpo de otro organismo llamado *huésped*, el cual resulta dañado por esa relación). Los gusanos planos no parásitos viven en hábitat marinos, acuáticos y terrestres húmedos. Tienden a ser pequeños y pasan desapercibidos (**FIGURA 23-9b**), pero algunos son de color brillante, de diseño espectacular y residentes de los acantilados coralíferos del trópico (**FIGURA 23-9c**).

A diferencia de los cnidarios, los gusanos planos tienen órganos bien desarrollados, en los que los tejidos se agrupan en unidades funcionales. Por ejemplo, la mayoría de los gusanos planos de vida independiente tienen órganos sensoriales, que incluyen las manchas oculares (véase la figura 23-9b) para percibir la luz y la oscuridad, así como células que responden a los estímulos químicos y táctiles. Para procesar la información, los gusanos planos tienen en la cabeza grupos de células nerviosas llamadas **ganglios** que forman un cerebro sencillo. Unas estructuras neuronales pares, llamadas **cordones nerviosos**, transmiten las señales nerviosas hacia los ganglios y desde ellos.

A pesar de contar con algunos órganos, los gusanos planos carecen de sistemas respiratorio y circulatorio. En ausencia de un sistema respiratorio, el intercambio de gases se realiza por medio de la difusión directa entre las células corporales y el ambiente. Este modo de respiración es posible gracias al tamaño pequeño y a la forma aplanada del cuerpo de estos gusanos, los cuales garantizan que ninguna célula corporal quede muy lejos del ambiente que le rodea. Como no tienen un sistema circulatorio, los nutrientes pasan directamente del tracto digestivo a las células corporales. La cavidad diges-

tiva tiene una estructura ramificada que llega a todas las partes del cuerpo, lo que permite que los nutrientes ya digeridos se distribuyan entre las células adyacentes. La cavidad digestiva tiene solamente una abertura hacia el exterior, de forma que los desechos no digeridos salen por la misma abertura que sirve como boca.

Los gusanos planos tienen simetría bilateral, en vez de simetría radial (véase la figura 23-2). Esta configuración corporal y su cefalización correspondiente fomentan el movimiento activo. Los animales con simetría bilateral cefalizada poseen un extremo anterior, el cual es la primera parte del animal que tiene contacto con el entorno. En consecuencia, los órganos sensoriales están concentrados en la parte anterior del cuerpo, lo que aumenta la sensibilidad del animal para responder adecuadamente a cualquier estímulo (por ejemplo, ingerir alimento y retirarse cuando encuentra algún obstáculo).

Los gusanos planos se reproducen tanto sexual como asexualmente. Las formas que viven libremente se reproducen estrangulándose alrededor de la mitad de su cuerpo hasta que se dividen en dos mitades, cada una de las cuales regenera la parte que le falta. Todas las formas se pueden reproducir sexualmente; la mayoría son **hermafroditas**, es decir, poseen órganos sexuales masculinos y femeninos. Esta característica resulta de gran ventaja para las formas parásitas porque permite a cada gusano reproducirse por medio de la autofecundación, aun cuando sea el único individuo que vive en el cuerpo de su huésped.

Algunos gusanos planos parásitos pueden infectar a los humanos. Por ejemplo, las tenias o solitarias pueden infectar a las personas que comen carne de res o de puerco mal cocida, o pescado que haya sido infectado por estos gusanos. Las larvas forman estructuras latentes encapsuladas, llamadas *quistes*, en los músculos de estos animales. Los quistes eclosionan en el tracto digestivo humano, donde las tenias jóvenes se fijan al revestimiento intestinal y pueden crecer hasta alcanzar longitudes de más de 7 metros. Ahí absorben los nutrientes digeridos directamente a través de su superficie

externa y a veces liberan paquetes de huevecillos que son expulsados en las heces del huésped. Si los cerdos, las vacas o los peces ingieren un alimento contaminado con heces humanas infectadas, los huevecillos eclosionan en el tracto digestivo del animal y liberan larvas que horadan los músculos y forman quistes, con lo cual prosigue el ciclo infeccioso (FIGURA 23-10).

Otro grupo de gusanos planos parásitos es el de los *trematodos* (duelas). De éstos, los de efectos más devastadores son los trematodos hepáticos (comunes en Asia) y los trematodos sanguíneos, como los que pertenecen al género *Schistosoma*, que causan la enfermedad llamada esquistosomiasis. Al igual que la mayoría de los parásitos, los trematodos tienen un ciclo vital

complejo que incluye un huésped intermedio (un caracol en el caso del *Schistosoma*). Se estima que la esquistosomiasis, frecuente en África y en algunos países de América del Sur, afecta a 200 millones de personas en todo el mundo. Sus síntomas incluyen diarrea, anemia y un posible daño cerebral.

Los anélidos están formados por segmentos idénticos

Charles Darwin, quizá el más importante de todos los biólogos, dedicó mucho tiempo al estudio de las lombrices (gusanos de tierra). De hecho, escribió un libro completo acerca de ellas. Darwin estaba impresionado con la función que desem-

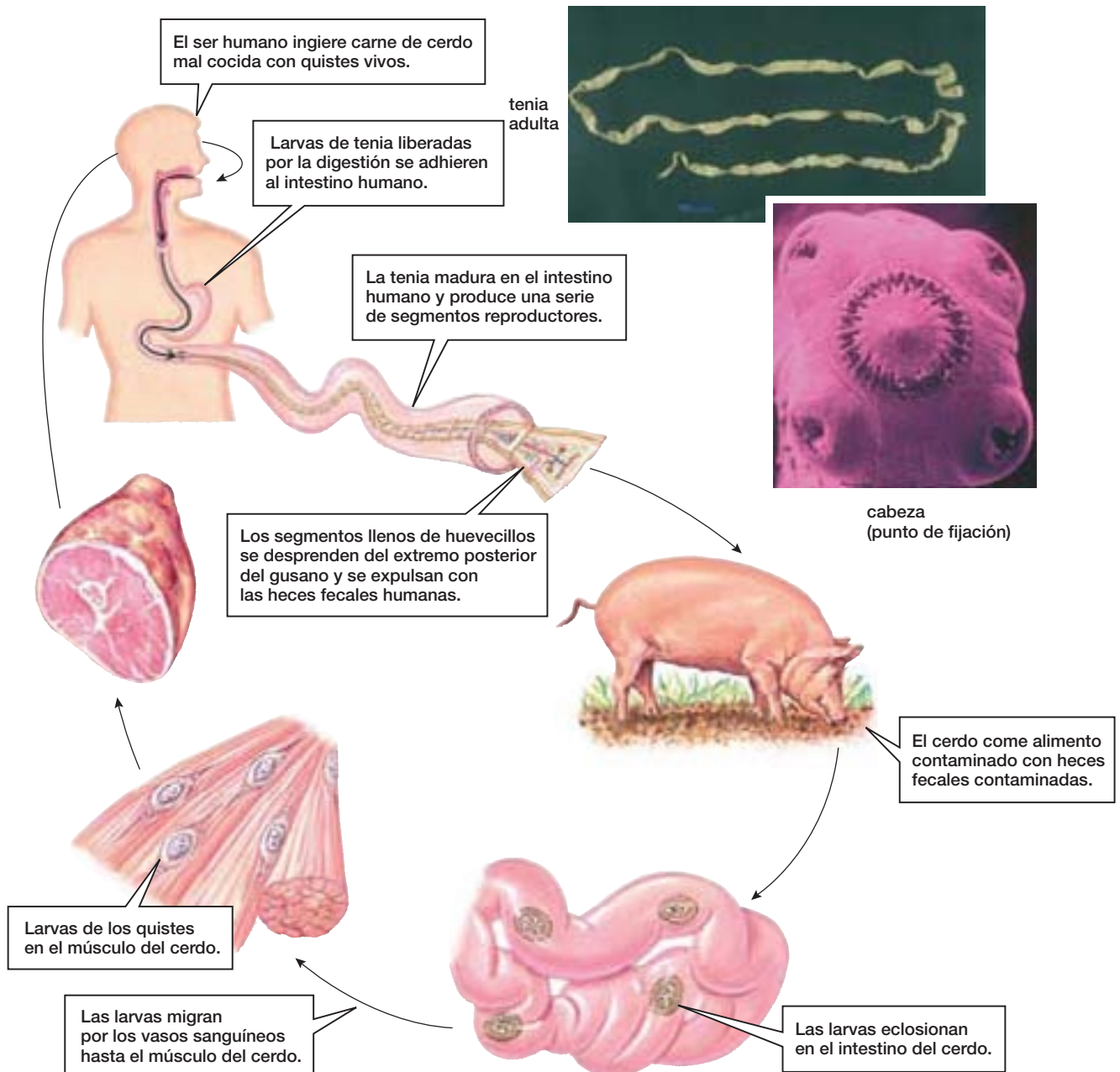
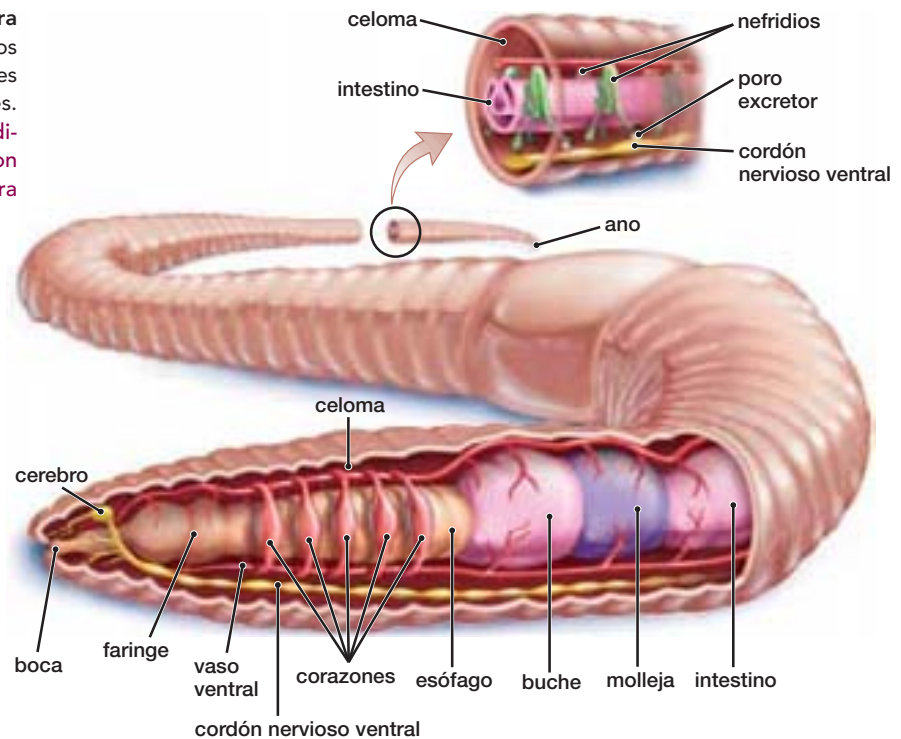


FIGURA 23-10 Ciclo vital de la tenia del cerdo doméstico

Cada unidad reproductora, o proglotidio, es una fábrica reproductora autosuficiente que incluye tanto órganos sexuales masculinos como femeninos.

FIGURA 23-11 Un anélido, la lombriz de tierra

Este diagrama muestra una ampliación de los segmentos, muchos de los cuales son unidades similares repetidas, separadas por tabiques. **PREGUNTA:** ¿Qué ventaja tiene un sistema digestivo con dos aberturas en comparación con los sistemas digestivos con una sola abertura (como la de los gusanos planos)?



peñan en el mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Más de un millón de lombrices pueden vivir en una hectárea de tierra, debajo de cuya superficie las lombrices hacen túneles y consumen y excretan partículas de tierra y materia orgánica. Estas actividades ayudan a lograr que el aire y el agua puedan moverse con facilidad a través del suelo y que la materia orgánica se mezcle continuamente con éste, creando así condiciones favorables para el crecimiento de las plantas. Desde el punto de vista de Darwin, la actividad de las lombrices ha tenido un efecto tan significativo en la agricultura que “quizá no existan otros animales que hayan jugado un papel tan importante en la historia del mundo”.

Las lombrices son ejemplos de *anélidos* (filum Annelida), gusanos segmentados. Una característica prominente de los anélidos es la división del cuerpo en una serie de segmentos que se repiten. Por fuera, estos segmentos se observan como depresiones anulares de la superficie. En su interior, la mayoría de los segmentos contienen copias idénticas de nervios, estructuras excretoras y músculos. La **segmentación** es una ventaja para su locomoción, porque los compartimientos corporales, cada uno de los cuales está controlado por músculos independientes, son capaces de realizar colectivamente movimientos más complejos que si sólo tuvieran un conjunto de músculos para controlar el cuerpo completo.

Otra característica que diferencia a los anélidos de los gusanos planos es un verdadero celoma lleno de líquido que está entre la pared corporal y el tracto digestivo (véase la figura 23-3a). El líquido no compresible del celoma de muchos anélidos está confinado por los tabiques que separan los segmentos y sirven como **esqueleto hidrostático**

distribuye gases y nutrientes por todo el cuerpo. En los sistemas circulatorios cerrados (incluido el tuyo), la sangre permanece confinada en el corazón y en los vasos sanguíneos. En las lombrices, por ejemplo, la sangre con hemoglobina, que transporta oxígeno, es bombeada a través de vasos bien desarrollados por cinco pares de “corazones” (FIGURA 23-11). Estos corazones son en realidad segmentos cortos de vasos sanguíneos especializados que se contraen rítmicamente. La sangre es filtrada y los desechos son eliminados por los órganos excretores llamados *nefridios*, que se encuentran en muchos de los segmentos. Los nefridios se asemejan a los túbulos individuales del riñón de los vertebrados. El sistema nervioso de los anélidos se compone de un cerebro ganglionar simple, situado en la cabeza y una serie de pares de ganglios segmentarios que se repiten, unidos por un par de cordones nerviosos ventrales que recorren el cuerpo longitudinalmente. El sistema digestivo de los anélidos incluye un intestino que va desde la boca hasta el ano. Esta clase de tracto digestivo, con dos aberturas y una vía digestiva de una abertura, es mucho más eficiente que los sistemas digestivos de una abertura de los cnidarios y de los gusanos planos. La digestión de los anélidos ocurre en una serie de compartimientos, cada uno especializado en una fase del procesamiento del alimento (véase la figura 23-11).

La reproducción sexual es común entre los anélidos. Algunas especies son hermafroditas; otras tienen sexos separados. La fecundación puede ser externa o interna. La fecundación externa, en la cual los espermatozoides y los óvulos se liberan al ambiente, se encuentra principalmente en las especies que habitan en el agua. En la fecundación interna, dos individuos copulan y los espermatozoides son transferidos directamente de uno al otro. En las especies hermafroditas, la transferencia de espermatozoides puede ser mutua, es decir, cada individuo transfiere espermatozoides al otro. Además, algunos anélidos se pueden reproducir asexualmente, por lo común por medio



a)



b)



c)

FIGURA 23-12 Diversos anélidos

a) Un anélido poliqueto proyecta sus brillantes branquias en espiral desde un tubo adherido a la roca. Cuando las branquias se retraen, el tubo queda cubierto por el escobillón que se observa abajo a la derecha. b) Este diminuto poliqueto (visto aquí a través de un microscopio) vive entre las rocas o orillas del mar, cerca de la línea de las mareas. c) Esta sanguijuela, un anélido de agua dulce, muestra numerosos segmentos. La ventosa rodea su boca, lo que le permite adherirse a su presa.

PREGUNTA: ¿Por qué resulta dañada una sanguijuela si se vierte sal sobre ella?

de la fragmentación en la cual el cuerpo se divide en dos partes, cada una de las cuales regenera la parte que falta.

Las 9000 especies del filum Annelida caen en uno de tres subgrupos principales: los *oligoquetos*, los *poliquetos* y las *sanguijuelas*. Los oligoquetos incluyen a las lombrices tan familiares y sus parientes. Los poliquetos habitan principalmente en el océano. Algunos poliquetos tienen pares de remos carnosos en casi todos sus segmentos, los cuales tienen la función de locomoción. Otros viven en tubos desde los cuales proyectan branquias plumosas que intercambian gases y también tamizan el agua para obtener partículas microscópicas de alimento (FIGURA 23-12a, b). Las sanguijuelas (FIGURA 23-12c

La mayoría de los moluscos tienen conchas

Si alguna vez has saboreado un tazón de sopa de almejas, una docena de ostras en su concha, o una vieira salteada, entonces estás en deuda con los *moluscos* (filum Mollusca). Los moluscos incluyen especies con una amplia variedad de estilos de vida, que van desde las formas pasivas que alcanzan la adultez viviendo en un solo sitio y filtrando microorganismos del agua, a los depredadores activos y voraces que habitan en el fondo de los mares. Los moluscos incluyen también a los animales invertebrados más grandes e inteligentes. Los moluscos son muy diversos, y por el número de especies que se conocen (50,000), se ubican en segundo lugar (aunque distante) sólo después de los artrópodos. Con excepción de algunos caracoles y babosas, los moluscos habitan en el agua.

Casi todos los moluscos protegen sus cuerpos con conchas duras de carbonato de calcio. Sin embargo, otros carecen de concha y huyen de los depredadores moviéndose suavemente o bien produciendo una sustancia de sabor muy desagradable. Los moluscos tienen un *manto*

Aunque los animales invertebrados causan o transmiten muchas enfermedades al ser humano, algunos hacen una importante contribución a la buena salud de la humanidad. Consideremos a las sanguijuelas, por ejemplo. Durante más de 2000 años, los curanderos empleaban estos anélidos parásitos para el tratamiento de casi todas las enfermedades o lesiones del ser humano. Durante buena parte de la historia de la medicina, el tratamiento con sanguijuelas se basaba en la esperanza de que estas criaturas chuparan la sangre “contaminada” que se creía era la causa principal de las enfermedades. Sin embargo, al descubrirse la causa verdadera de muchas enfermedades, declinó el empleo de las sanguijuelas en la práctica médica. Para el inicio del siglo XX, las sanguijuelas dejaron de formar parte del equipo de la medicina moderna y llegaron a ser el símbolo de la ignorancia de una época muy lejana. Sin embargo, en la actualidad el empleo de las sanguijuelas con fines médicos ha retornado de manera sorpresiva.

Actualmente las sanguijuelas se utilizan para tratar una complicación quirúrgica conocida como insuficiencia venosa. Esta complicación es especialmente común en la cirugía reconstructiva, como la reimplantación de un dedo lesionado o la reparación de un rostro desfigurado. En tales casos, los cirujanos con frecuencia encuentran dificultades para volver a conectar todas las venas que normalmente retiran la sangre de los tejidos. Con el tiempo, crecerán nuevas venas, pero mientras tanto, la sangre se acumula en el tejido reparado. A menos que se elimine el exceso de sangre, ésta formará coágulos que quitan oxígeno y nutrientes al tejido cercano. Por fortuna, las sanguijuelas pueden ayudar en esto: se colocan en la parte infectada, y de inmediato se ponen a trabajar haciendo una pequeña incisión sin provocar dolor y chupan la sangre hasta llenar su estómago. Para ayudarse en su tarea de remoción de la sangre, la saliva de las sanguijuelas contiene una mezcla de sustancias químicas que hace que se dilaten los vasos sanguíneos, lo que evita la formación de coágulos. Aunque este compuesto químico de la saliva es una adaptación que ayuda a las sanguijuelas a consumir la sangre con mayor eficiencia, también ayuda al paciente porque acelera el flujo de sangre hacia el tejido dañado. De

esta forma, las sanguijuelas brindan un tratamiento efectivo y sin dolor en los casos de insuficiencia venosa, por lo que han vuelto a adquirir importancia como ayudantes médicos para la humanidad.

Otro animal invertebrado que se utiliza en la práctica médica es la mosca azul, o mejor dicho, sus larvas conocidas comúnmente como gusanos (FIGURA E23-1). Estos gusanos de la mosca azul han probado ser eficaces para tratar heridas y úlceras del tejido que se está muriendo o que ya ha muerto. Si no se eliminan esos tejidos, pueden interferir con la cicatrización u originar infecciones. Tradicionalmente, los médicos se encargan de retirar el tejido muerto de las heridas por medio del bisturí, pero los gusanos ofrecen un tratamiento alternativo cada vez más común. En este tratamiento, se aplica a la herida un vendaje con gusanos estériles nacidos el mismo día de la aplicación. Los gusanos consumen el tejido muerto o por morir, secretando enzimas digestivas que no lesionan los tejidos ni los huesos sanos. Después de unos cuantos días, los gusanos crecen hasta adquirir el tamaño de una semilla de arroz, y luego se retiran. Este tratamiento se repite hasta que se limpia la herida.



FIGURA E23-1 Las larvas de la mosca azul pueden limpiar las heridas.

las especies con concha, se encarga de secretar esta última. Los moluscos tienen también un sistema circulatorio bien desarrollado, una característica que no se presenta en los anélidos: el **hemocele**, o cavidad sanguínea. La sangre se vacía dentro del hemocele, donde baña directamente los órganos internos. Este arreglo, conocido como **sistema circulatorio abierto**, también está presente en la mayoría de los artrópodos. El sistema nervioso, como el de los anélidos, consiste en ganglios conectados por medio de nervios, pero la mayoría de los ganglios se concentran en el cerebro. La reproducción es sexual, pero algunas especies tienen sexos separados, y otras son hermafroditas. Aunque los moluscos están enormemente diversificados, en la FIGURA 23-13 se muestra un diagrama simplificado del plano corporal de un molusco.

Entre las muchas clases de moluscos, explicaremos con más detalle tres de ellas: los gasterópodos, bivalvos y cefalópodos.

Los gasterópodos tienen un pie que les permite reptar

Los caracoles y las babosas, conocidos en conjunto con el nombre de *gasterópodos*, reptan sobre un *pie* muscular, y muchos están protegidos por conchas de muy variadas formas y

colores (FIGURA 23-14a); sin embargo, no todos los gasterópodos poseen concha. Por ejemplo, las babosas de mar carecen de concha, pero sus colores brillantes advierten a los posibles depredadores de que son venenosas y que tienen un sabor muy desagradable (FIGURA 23-14b).

Los gasterópodos se alimentan por medio de una *rádula*, una banda flexible de tejido cubierto de espinas con la que raspan algas de las rocas o sujetan plantas o presas más grandes (véase la figura 23-13). La mayoría de los caracoles respiran por medio de branquias, que por lo general están encerradas en una cavidad ubicada debajo de la concha. Los gases también se difunden con facilidad a través de la piel de casi todos los gasterópodos, y la mayoría de las babosas de mar dependen de esta modalidad de intercambio de gases. Las pocas especies de gasterópodos que viven en hábitat terrestres (incluidos los destructores caracoles y babosas de jardín) respiran por medio de un pulmón simple.

Los bivalvos se alimentan por filtración

Entre los *bivalvos* se incluyen vieiras, ostras, mejillones y almejas (FIGURA 23-15). Los miembros de esta clase no sólo aportan una exótica variedad a la dieta humana, sino que ade-

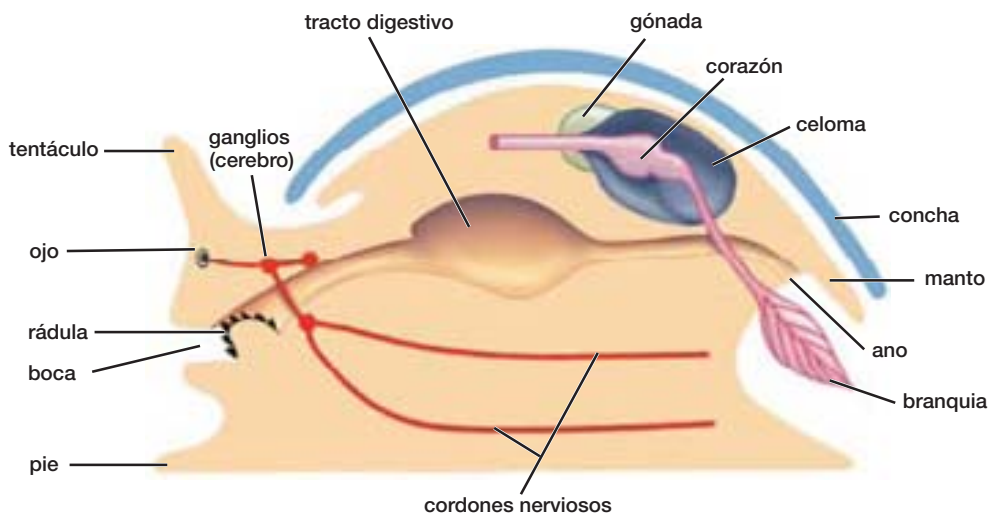
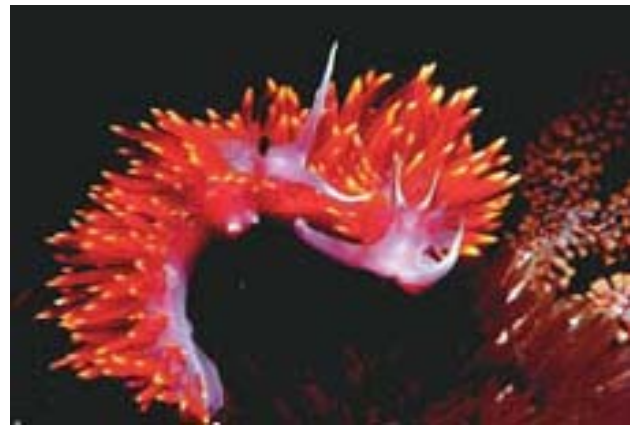


FIGURA 23-13 Forma general de un molusco

Plano corporal general de un molusco que muestra el manto, el pie, las branquias, la concha, la rádula y otras estructuras que se observan en la mayoría de las especies de moluscos (pero no en todas).



a)



b)

FIGURA 23-14 Diversidad de los moluscos gasterópodos

a) El caracol arbóreo de Florida ostenta una concha con rayas de brillante colorido y ojos en la punta de pedúnculos que se retraen instantáneamente si se les toca. b) La babosa de mar de mantilla española se dispone a aparearse. Los brillantes colores de muchas babosas de mar advierten a los depredadores potenciales que su sabor es desagradable.



a)



b)

FIGURA 23-15 Diversidad de los moluscos bivalvos

a) Esta vieira nadadora separa sus conchas unidas por una bisagra. La concha superior está cubierta de una esponja incrustada. b) Los mejillones se adhieren a las rocas en densos agregados que quedan al descubierto durante la marea baja. Se observan percebes blancos adheridos a las conchas de los mejillones y a la roca de los alrededores.

más son importantes miembros de la comunidad marina próxima a los litorales. Los bivalvos poseen dos conchas unidas por una bisagra flexible. Un músculo cierra bruscamente las dos conchas en respuesta al peligro; este músculo es lo que nos sirven cuando pedimos vieiras en un restaurante.

Las almejas utilizan un pie muscular para escarbar en la arena o en el lodo. En los mejillones, que viven adheridos a las rocas, el pie es más pequeño y ayuda a secretar hebras que anclan el animal a las rocas. Las vieiras carecen de pie y se desplazan mediante una especie de caprichosa propulsión a chorro que consiguen al batir sus conchas. Los bivalvos se alimentan por filtración y usan sus branquias como estructuras tanto respiratorias como de alimentación. El agua circula sobre las branquias, las cuales están cubiertas de una capa mucosa que atrapa las partículas microscópicas de alimento. La agitación de los cilios que recubren las branquias envía el alimento a la boca. Probablemente debido a que se alimentan por filtración y a que no se desplazan mucho, los bivalvos “perdieron la cabeza” en el curso de su evolución.

Los cefalópodos son depredadores marinos

Los *cefalópodos* incluyen los pulpos, los nautilus, las jibias (o sepias) y los calamares (FIGURA 23-16). El invertebrado más grande, el calamar gigante, pertenece a este grupo. Todos los cefalópodos son depredadores carnívoros y todos son marinos. En estos moluscos, el pie ha evolucionado en tentáculos junto con capacidades quimiosensoriales bien desarrolladas y ventosas con las que localizan y sujetan a sus presas. La presa sujetada por medio de los tentáculos es inmovilizada por un veneno paralizante que existe en la saliva, antes de que las mandíbulas con forma de picos la desgarran.

Los cefalópodos se desplazan con rapidez por medio de propulsión a chorro, la cual es generada lanzando agua con

fuerza de la cavidad del manto. Los pulpos pueden recorrer el lecho marino utilizando sus tentáculos como si fueran múltiples patas ondulantes. Los movimientos rápidos y la vida activa de los pulpos son posibles gracias, en parte, a su sistema circulatorio cerrado. Los cefalópodos son los únicos moluscos con circulación cerrada, que permite transportar oxígeno y nutrientes con mayor eficiencia que los sistemas circulatorios abiertos.

Los cefalópodos cuentan con cerebros y sistemas sensoriales altamente desarrollados. Los ojos de los cefalópodos rivalizan con los nuestros en complejidad y los superan en cuanto a la eficiencia del diseño. El cerebro de los cefalópodos, en especial el del pulpo, es excepcionalmente grande y complejo en comparación con el cerebro de otros invertebrados. Se encuentra encerrado en un estuche de cartílago parecido a un cráneo y dota al pulpo de capacidades de aprendizaje y memoria muy desarrolladas. En el laboratorio los pulpos aprenden rápidamente a asociar ciertos símbolos con el alimento y a abrir un frasco con tapa roscada para obtenerlo.

Los artrópodos son los animales que dominan la Tierra

En términos tanto de número de individuos como de número de especies, ningún otro filum animal se acerca a los *artrópodos* (filum Arthropoda), el cual incluye los insectos, arácnidos, miriápodos y crustáceos. Se ha descubierto alrededor de un millón de especies de artrópodos, y los científicos estiman que aún hay millones sin describir.

Todos los artrópodos tienen un **exoesqueleto**, es decir, un esqueleto externo que encierra al cuerpo del artrópodo como si fuera una armadura. El exoesqueleto, secretado por la *epidermis* (la capa externa de la piel), está formado principalmente de proteína y un polisacárido llamado *quitina*. Este esqueleto externo brinda protección contra los depredadores



a)



b)



c)

FIGURA 23-16 Diversidad de los moluscos cefalópodos

Un pulpo se arrastra con rapidez mediante sus ocho tentáculos con ventosas, y puede cambiar el color y la textura de su piel para confundirse con su entorno. En caso de una emergencia, este molusco retrocede impulsándose con el chorro que produce al contraer vigorosamente su manto. Los pulpos y los calamares emiten nubes de tinta de color púrpura oscuro para confundir a los depredadores que los persiguen. **b)** El calamar se desplaza exclusivamente contrayendo su manto para generar una propulsión a chorro que empuja al animal hacia atrás en el agua. **c)** El nautilo con celdas secreta una concha con celdas internas llenas de gas que le sirven para flotar. Observa sus ojos bien desarrollados y sus tentáculos para capturar presas.



FIGURA 23-17 El exoesqueleto permite los movimientos de precisión

Una araña comienza a envolver en seda al insecto capturado. Estas ágiles manipulaciones son posibles gracias al exoesqueleto y a los apéndices articulados que son característicos de los artrópodos.

y confiere a los artrópodos una agilidad mucho mayor en comparación con la de sus antepasados semejantes a los gusanos. El exoesqueleto es delgado y flexible en ciertas partes, lo que permite el movimiento de los pares de apéndices articulados. Mediante los apéndices duros pero flexibles y los puntos rígidos de fijación para los músculos, el exoesqueleto hace posible el vuelo del abejerro y las manipulaciones delicadas e intrincadas que la araña ejecuta al tejer su tela (**FIGURA 23-17**). Asimismo, el exoesqueleto contribuyó en alto grado a la invasión de hábitat terrestres por los artrópodos (éstos fueron los primeros animales terrestres; véase el capítulo 17) al brindar una cubierta impermeable para los tejidos húmedos y delicados, como los que se utilizan para el intercambio de gases.

Al igual que una armadura, el exoesqueleto de los artrópodos implica algunos problemas peculiares. En primer lugar, puesto que no puede expandirse a medida que el animal crece, periódicamente es necesario desechar, o **mudar**, el exoesqueleto para sustituirlo por uno más grande (**FIGURA 23-18**). La muda consume energía y deja al animal temporalmente vulnerable hasta que se endurece el nuevo exoesqueleto. (Los cangrejos de “caparazón blando” son simplemente cangrejos normales de “caparazón duro” atrapados durante el periodo de muda). El exoesqueleto también es pesado, y su peso aumenta de manera exponencial conforme el animal crece. No es simple coincidencia que los artrópodos más grandes sean crustáceos (cangrejos y langostas), cuyo hábitat acuático sostiene gran parte de su peso.

Los artrópodos están segmentados, pero sus segmentos tienden a ser pocos y especializados para desempeñar diferentes funciones como la percepción del ambiente, la alimentación y el movimiento (**FIGURA 23-19**). Por ejemplo, en los insectos las estructuras sensoriales y de alimentación se concentran en el segmento anterior, conocido como la *cabeza*, y las estructuras digestivas están confinadas en su mayoría en el *abdomen*, el segmento posterior del animal. Entre la cabeza y el abdomen está el *tórax*



FIGURA 23-18 Es necesario mudar el exoesqueleto periódicamente

Esta mantis religiosa (un insecto depredador) acaba de salir y cuelga junto al exoesqueleto (izquierda) que tuvo que mudar porque le resultaba pequeño.

tercambio de gases se lleva a cabo en las branquias. En los artrópodos terrestres el intercambio de gases se realiza en los pulmones (en los arácnidos) o en la *tráquea*, una red de tubos respiratorios angostos ramificados que se abren al ambiente y que penetran en todas las partes del cuerpo. La mayoría de los artrópodos tienen sistemas circulatorios abiertos, igual que los moluscos, en los cuales la sangre baña directamente los órganos del hemocele.

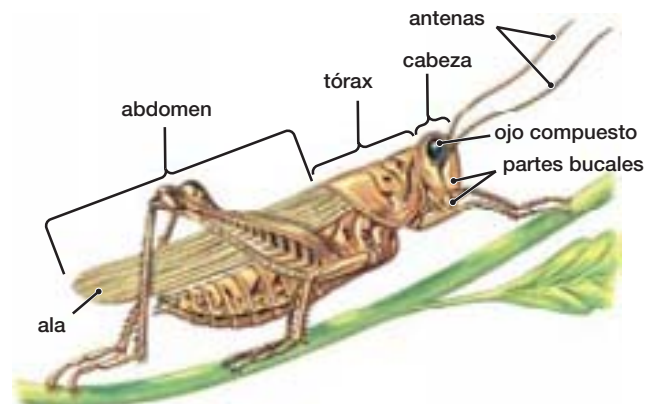


FIGURA 23-19 En los insectos los segmentos están fusionados y especializados

Los insectos, como este saltamontes, presentan fusión y especialización de segmentos corporales para formar una cabeza, un tórax y un abdomen definidos. Los segmentos son visibles en el abdomen, debajo de las alas.



FIGURA 23-20 Los artrópodos poseen ojos compuestos

Esta micrografía electrónica de barrido muestra el ojo compuesto de una mosca de la fruta. Los ojos compuestos consisten en un conjunto de elementos recolectores y sensores de luz cuya orientación brinda al artrópodo una vista panorámica del mundo. Los insectos tienen una razonable capacidad para formar imágenes y buena discriminación del color.

La mayoría de los artrópodos poseen un sistema sensorial bien desarrollado, incluidos los **ojos compuestos**, los cuales tienen múltiples detectores de luz (**FIGURA 23-20**), y sentidos táctiles y químicos agudos. El sistema nervioso de los artrópodos es similar en cuanto a organización al de los anélidos, aunque es más complejo; consta de un cerebro compuesto de ganglios fusionados y una serie de ganglios adicionales a lo largo del cuerpo que están vinculados por un cordón nervioso ventral. La capacidad de realizar movimientos finamente coordinados, aunada a destrezas sensoriales refinadas y a un sistema nervioso bien desarrollado, ha hecho posible la evolución de comportamientos complejos.

Los insectos son los únicos invertebrados capaces de volar

El número de especies descritas de *insectos*

FIGURA 23-21). Los insectos tienen un solo par de antenas y tres pares de patas, normalmente complementadas con dos pares de alas. La capacidad de volar de los insectos los distingue de todos los demás invertebrados y ha contribuido a su enorme éxito (véase la figura 23-21c). Como podrá atestiguar cualquiera que haya perseguido infructuosamente a una mosca, el vuelo le ayuda a escapar de los depredadores. Esta facultad también permite al insecto buscar el alimento que se encuentra muy disperso. Se ha seguido el rastro de enjambres de langostas (véase la figura 23-21d) que han podido viajar 320 kilómetros diariamente en busca de alimento; los investigadores siguieron la pista de un enjambre durante un recorrido que totalizó casi 4800 kilómetros. El vuelo exige un intercambio de gases rápido y eficiente que los insectos consiguen por medio de tráqueas.

Durante su desarrollo, los insectos sufren una

corporal, de la juvenil a la adulta. En los insectos con metamorfosis completa, la etapa inmadura, llamada **larva**, tiene apariencia de gusano (por ejemplo, el gusano de la mosca doméstica o la oruga de una polilla o de una mariposa; véase la figura 23-21e). La larva sale de un huevecillo, crece comiendo con voracidad, muda su exoesqueleto varias veces y luego se convierte en una forma que no se alimenta llamada **pupa**. Encerrada en una cubierta exterior, la pupa sufre un cambio radical de su cuerpo para surgir en su forma adulta con alas. Los adultos se aparean y depositan los huevecillos, con lo cual prosigue el ciclo. La metamorfosis puede incluir un cambio de dieta además del cambio de forma, con lo cual se elimina la competencia por el alimento entre adultos y jóvenes, y en ciertos casos permite al insecto explotar diferentes alimentos cuando son más abundantes. Por ejemplo, una oruga que se alimenta de brotes verdes en la primavera se transforma en una mariposa que chupa néctar de las flores que se abren en el verano. Algunos insectos sufren una metamorfosis gradual (llamada metamorfosis incompleta); las formas juveniles tienen algún parecido con los adultos y después adquieren poco a poco más rasgos de adulto a medida que crecen y mudan.

Los biólogos clasifican esta asombrosa diversidad de insectos en varias docenas de órdenes, de los cuales describiremos aquí tres de los más grandes.

Orden Lepidoptera. Mariposas y polillas

Éste es quizá el grupo de insectos más llamativo y mejor estudiado de todos. Las alas de hermosos diseños brillantes y coloridos, a veces iridiscentes, de muchas especies de mariposas y polillas se deben a los pigmentos y a las estructuras que refractan la luz que nacen de las escamas que cubren las alas de todos los miembros de este grupo. (Quizá habrás notado que las escamas son una especie de polvo que se pega en la mano cuando sujetas a una mariposa o una polilla). Las mariposas vuelan principalmente durante el día, y las polillas durante la noche (aunque hay excepciones a esta regla general, como la polilla esfinge parecida al colibrí, a la que a menudo se ve alimentándose de flores durante el día). La evolución de las mariposas y polillas se ha vinculado estrechamente con la evolución de las plantas con flores. Las mariposas y polillas, en todas las etapas de su vida, se alimentan casi exclusivamente de plantas con flor. Por su parte, muchas especies de estas plantas dependen de las mariposas y polillas para su polinización.

Orden Hymenoptera. Abejas, hormigas y avispas



a)



b)



c)



d)



e)

FIGURA 23-21 Diversidad de los insectos

a) El áfido de la rosa chupa el jugo de las plantas rico en azúcar. b) Apareamiento de dos escarabajos Hércules. Sólo el macho tiene “cuernos” grandes. c) Un escarabajo de junio exhibe sus dos pares de alas mientras se prepara para aterrizar. Las alas exteriores protegen el abdomen y las alas interiores, que son relativamente delgadas y frágiles. d) Los insectos como esta langosta causan grandes estragos tanto en los cultivos como en la vegetación natural. e) Las orugas son formas larvarias de palomillas o mariposas. Esta oruga de la palomilla australiana chupadora de frutos ostenta dibujos que semejan grandes manchas oculares y ahuyentan a los depredadores potenciales que las toman por ojos de un animal grande.

La conducta social de algunas especies de hormigas y abejas es extraordinariamente intrincada. Tales especies forman colonias muy grandes con una organización compleja en la cual los individuos se especializan en tareas particulares como recolección de alimentos, defensa, reproducción y crianza de las larvas. La organización y división del trabajo en estas sociedades de insectos requiere de niveles de comunicación y aprendizaje comparables con los de los vertebrados. Las notables tareas sociales que realizan estos insectos incluyen la manufactura y el almacenamiento del alimento (miel) en el caso de las abejas, y la “labor agrícola” de las especies de hormigas que cultivan hongos en cámaras subterráneas u “ordeñan” a pulgones al hacer que secreten un líquido nutritivo.

Orden Coleoptera. Escarabajos

granos y el escarabajo japonés. Sin embargo, algunos otros, como el escarabajo mariquita, son depredadores que se emplean para controlar las plagas de insectos.

Entre las muchas fascinantes adaptaciones de los escarabajos, una de las más impresionantes se encuentra en el escarabajo bombardero. Esta especie se defiende de las hormigas y otros enemigos lanzando un chisguete tóxico desde una estructura en forma de boquilla rociadora ubicada en el extremo del abdomen. El escarabajo también es capaz de apuntar con precisión este chisguete, el cual sale con una fuerza explosiva a una temperatura superior a los 93°C. El escarabajo puede llevar esta arma con seguridad porque no está presente de forma permanente en el cuerpo del animal, sino que la fabrica rápidamente cuando la necesita, al mezclar dos sustancias que almacena en dos glándulas independientes. Cada una de estas sustancias es inofensiva, pero cuando se mezclan, forman un líquido hirviendo muy cáustico.

La mayoría de los arácnidos son depredadores carnívoros

Los arácnidos comprenden las arañas, los ácaros, las garrapatas y los escorpiones (FIGURA 23-22



a)



b)



c)

FIGURA 23-22 Diversidad de los arácnidos

a) La tarántula es una de las arañas más grandes, pero es relativamente inofensiva. b) Los escorpiones que habitan en climas cálidos, como el de los desiertos del suroeste de Estados Unidos, paralizan a su presa con el veneno del aguijón que tienen en la punta del abdomen. Unas pocas especies hacen daño a los seres humanos. c) Dos garrapatas antes (izquierda) y después (derecha) de alimentarse de sangre. El exoesqueleto desinflado es flexible y está plegado, lo que permite al animal hincharse grotescamente cuando se alimenta.

funciones, como tejer la telaraña para atrapar a las presas, envolverlas e inmovilizarlas, construir refugios protectores, hacer capullos para sus huevecillos, así como para fabricar “cables de arrastre” que conectan a la araña con su tela u otra superficie para sostener su cuerpo si llega a caerse. Cada una de estas funciones requiere de la seda pero con diferentes propiedades, y la mayoría de las arañas fabrican diferentes clases de seda. La seda de la araña es una fibra asombrosamente ligera, resistente y elástica. La seda del llamado “cable de arrastre” es tan fuerte o más que un alambre de acero del mismo calibre, y sin embargo es tan elástica como el hule. Los ingenieros químicos han estado tratando durante mucho tiempo de desarrollar una fibra que incorpore esta combinación de resistencia y elasticidad. A pesar de los estudios cuidadosos realizados sobre la estructura de la seda de la araña, el hombre no ha podido fabricar con éxito ninguna sustancia que presente las características de tal fibra. Algunos investigadores han aplicado en este problema las técnicas de la biotecnología, insertando en el laboratorio los genes de la araña que codifican las proteínas de la seda en células de mamíferos o de bacterias. Ellos esperan que se pueda inducir a las células a que produzcan la seda de araña.

Los miriápodos tienen muchas patas

Los *miriápodos* incluyen los ciempiés y milpiés, cuya característica más prominente es su abundancia de extremidades (FIGURA 23-23



FIGURA 23-23 Diversidad de los miriápodos

a) Los ciempiés y b) los milpiés son artrópodos nocturnos comunes. Cada segmento del cuerpo de un ciempiés tiene un par de extremidades, mientras que cada segmento de un milpiés tiene dos pares.

extremidades, ya que una especie típica tiene alrededor de 70, aunque muchas especies tienen menos. Tanto los ciempiés como los milpiés tienen un par de antenas. Las extremidades y antenas de los ciempiés son más largas y más delicadas que las de los milpiés. Los miriápodos tienen ojos muy simples que detectan la luz y la oscuridad, pero no forman imágenes. En algunas especies, el número de ojos es elevado y puede llegar hasta 200. Los miriápodos respiran por medio de la tráquea.

Los miriápodos habitan exclusivamente en entornos terrestres y viven principalmente en la tierra, en la hojarasca o debajo de troncos de árboles y piedras. Los ciempiés por lo general son carnívoros, capturan su alimento (en su mayoría otros artrópodos) con sus extremidades delanteras, las cuales están modificadas como garras filosas que inyectan veneno a la víctima. Las picaduras de los ciempiés grandes son doloro-

sas para los humanos. En contraste, la mayoría de los milpiés no son depredadores, pues se alimentan de vegetación en descomposición y detritus. Cuando se les ataca, muchos milpiés se defienden secretando un líquido de olor y sabor muy desagradables.

Casi todos los crustáceos son acuáticos

Los *crustáceos*, que incluyen cangrejos, langostinos, langostas, camarones y percebes, constituyen la única clase de artrópodos cuyos integrantes viven principalmente en el agua (**FIGURA 23-24**). Los crustáceos fluctúan en cuanto al tamaño desde los maxilópodos microscópicos, que habitan en los espacios que dejan entre sí los granos de arena, hasta el más grande de todos los artrópodos, el cangrejo japonés, con patas que miden casi 4 metros de extremo a extremo. Los crustáceos tie-



a)



b)



c)



d)

FIGURA 23-24 Diversidad de los crustáceos

a) La microscópica pulga de agua es común en los estanques de agua dulce. Observa los huevecillos que se desarrollan dentro del cuerpo. b) La cochinilla, que habita en lugares húmedos y oscuros, por ejemplo, debajo de las piedras, hojas y troncos en descomposición, es uno de los pocos crustáceos que han logrado invadir la tierra con éxito. c) El cangrejo ermitaño protege su blando abdomen ocupando una concha de caracol abandonada. d) El percebe cuello de ganso se vale de un tallo resistente y flexible para anclarse a las rocas, botes o incluso animales como las ballenas. Otros tipos de percebes se adhieren mediante conchas que parecen volcanes en miniatura (véase la figura 23-15b). Los primeros naturalistas pensaron que los percebes eran moluscos hasta que observaron sus patas articuladas (que aquí se observan extendidas en el agua).

nen dos pares de antenas sensoriales, pero el resto de sus apéndices varían considerablemente en cuanto a forma y número, dependiendo del hábitat y modo de vida de la especie. La mayoría de los crustáceos tienen ojos compuestos parecidos a los de los insectos, y casi todos respiran por medio de branquias.

Los gusanos redondos abundan y en su mayoría son diminutos

Aunque por lo general, y felizmente, no nos damos cuenta de su presencia, los *gusanos redondos* (filum Nematoda) están en casi todas partes. Los gusanos redondos, a los que también se conoce como *nematodos*, han colonizado casi todos los hábitat del planeta y desempeñan un importante papel en la descomposición de la materia orgánica. Estos gusanos son extraordinariamente numerosos; una sola manzana podrida puede contener hasta 100,000 nematodos y miles de millones de ellos prosperan en cada hectárea de terreno fértil. Asimismo, casi todas las especies vegetales y animales brindan alojamiento a varias especies de nematodos parásitos.

Además de ser abundantes y omnipresentes, los nematodos son variados. Aunque sólo se ha dado nombre a alrededor de 12,000 especies de gusanos redondos, podrían existir hasta 500,000. La mayoría de ellas son microscópicas, como las que se muestran en la **FIGURA 23-25**, aunque algunas formas de nematodos parásitos alcanzan hasta un metro de largo.

Los nematodos tienen un arreglo corporal bastante sencillo, con un intestino tubular y un pseudoceloma lleno de líquido que rodea a los órganos y forma un esqueleto hidrostático. Una resistente cutícula inanimada y flexible encierra y protege el delgado cuerpo alargado, que muda en forma periódica. La muda de los gusanos redondos revela que comparten una

herencia evolutiva con los artrópodos y otros fila de ecdysozoos. Los órganos sensoriales de la cabeza transmiten información a un “cerebro” simple, compuesto de un anillo nervioso.

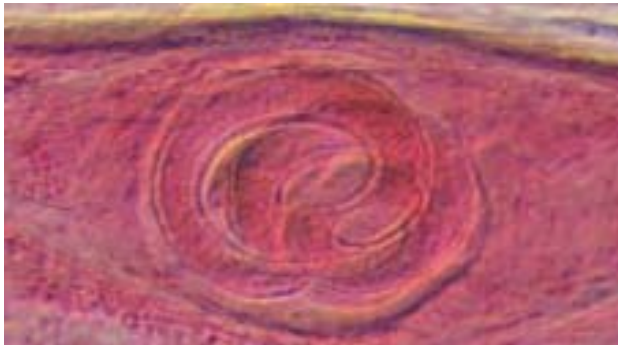
Al igual que los gusanos planos, los nematodos carecen de sistemas circulatorio y respiratorio. Puesto que la mayoría de los nematodos son extremadamente delgados y consumen muy poca energía, la difusión basta para el intercambio de gases y la distribución de nutrimentos. Casi todos los nematodos se reproducen sexualmente, y los sexos están separados: el macho (que normalmente es más pequeño) fecunda a la hembra introduciendo espermatozoides en el cuerpo de ésta.

Durante nuestra vida, es probable que nos parasite alguna de las 50 especies de gusanos redondos que infectan a los humanos. La mayoría de estos gusanos son relativamente inofensivos, pero existen excepciones importantes. Por ejemplo, las larvas del anquilosoma presentes en el suelo pueden introducirse por los pies humanos, pasar al torrente sanguíneo y llegar al intestino, donde provocan un sangrado continuo. Otro nematodo parásito peligroso, la *Trichinella*, causa la enfermedad llamada triquinosis. Los gusanos *Trichinella* pueden infectar a la gente que ingiere carne de cerdo mal cocida, la cual puede contener hasta 15,000 quistes larvarios por gramo (**FIGURA 23-26a**). Los quistes eclosionan en el tracto digestivo humano e invaden los vasos sanguíneos y los músculos, provocando hemorragias y daño muscular.

Los nematodos parásitos también representan un peligro para los animales domésticos. Los perros, por ejemplo, son susceptibles a la lombriz del corazón que se transmite por los mosquitos (**FIGURA 23-26b**). En el sur de Estados Unidos, y cada vez más en otras partes de ese país, la lombriz del corazón representa una grave amenaza para la salud de las mascotas sin protección.



FIGURA 23-25 Un nematodo de agua dulce



a)



b)

FIGURA 23-26 Algunos nematodos parásitos

a) Larva del gusano *Trichinella* enquistada en el tejido muscular de un cerdo, donde puede vivir hasta 20 años. b) Lombrices del corazón adultas en el corazón de un perro. Las formas juveniles entran en el torrente sanguíneo, donde pueden ser ingeridas por los mosquitos y transmitidas a otro perro por la picadura de un mosquito infectado.

Los equinodermos tienen un esqueleto de carbonato de calcio

Los *equinodermos* (filum Echinodermata) se encuentran solamente en el ambiente marino, y sus nombres comunes tienden a evocar los hábitat salados: dólares de arena, erizos de mar, estrellas de mar, pepinos de mar y lirios marinos (FIGURA 23-27). El nombre “equinodermo” (del griego, “piel de puerco espín”) se relaciona con las espinas o protuberancias que sobresalen de la piel de la mayoría de los equinodermos. Estas espinas están especialmente bien desarrolladas en los erizos de mar y son mucho más pequeñas en las estrellas de mar y en los pepinos de mar. Las espinas y protuberancias de los equinodermos son en realidad prolongaciones de un **endoesqueleto** (esqueleto interno) formado de placas de carbonato de calcio que están debajo de la piel externa.

Los equinodermos muestran desarrollo de deuterostoma y están ligados por una ascendencia común con los demás fila de deuterostomados, incluidos los cordados que se describen más adelante. Los deuterostomados constituyen un grupo de ramas del árbol evolutivo mayor de los animales de simetría bilateral, pero en los equinodermos ésta se expresa sólo en los embriones y en las larvas que nadan libremente. Un equinodermo adulto, en cambio, tiene simetría radial y carece de cabeza. Esta ausencia de cefalización es congruente con la

existencia de ritmo lento o sésil de los equinodermos. En su mayoría, los equinodermos se mueven con gran lentitud mientras se alimentan de algas o pequeñas partículas que tamizan de la arena o del agua. Algunos equinodermos son depredadores “de cámara lenta”. Por ejemplo, las estrellas de mar persiguen a las presas que se desplazan más lentamente que ellas, como los moluscos bivalvos.

Los equinodermos se desplazan sobre numerosos y diminutos *pies tubulares*, unas delicadas protuberancias cilíndricas que se extienden a partir de la superficie inferior del cuerpo y terminan en una ventosa. Los pies tubulares son parte de un componente exclusivo de los equinodermos, el **sistema vascular acuoso**, que interviene en la locomoción, la respiración y la captura de alimento (FIGURA 23-28). El agua de mar ingresa por una abertura (la *placa cribosa*) de la superficie superior del animal y pasa por un canal circular central del cual parten varios canales radiales. Estos canales llevan agua a los pies tubulares, cada uno de los cuales está controlado por un bulbo exprimidor muscular. La contracción de este bulbo fuerza la entrada de agua en el pie tubular provocando que éste se extienda. La ventosa se puede comprimir contra el lecho marino o algún objeto comestible, al cual se adhiere firmemente hasta que se libera la presión.

Los equinodermos tienen un sistema nervioso relativamente simple, sin cerebro definido. Sus movimientos son



a)



b)



c)

FIGURA 23-27 Diversidad de los equinodermos

a) Un pepino de mar se alimenta de desechos que encuentra en la arena. b) Las espinas del erizo de mar son en realidad extensiones del esqueleto interno.

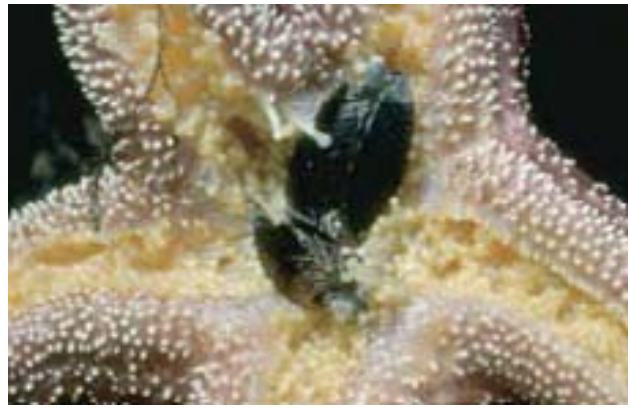
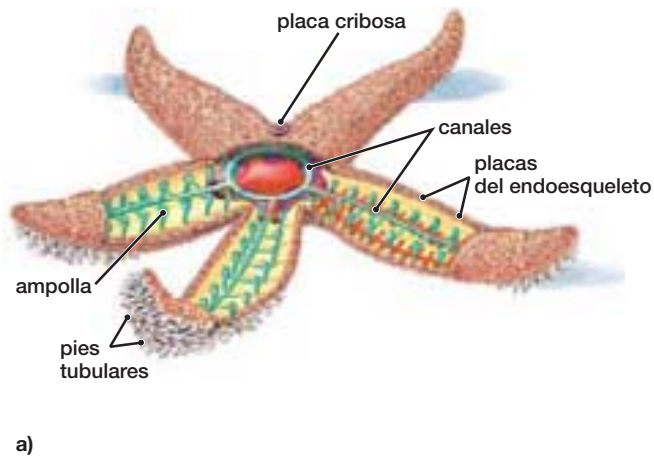


FIGURA 23-28 Sistema vascular acuoso de los equinodermos

a) La presión cambiante dentro de sistema vascular lleno de agua de mar extiende o contrae los pies tubulares. **b)** La estrella de mar suele alimentarse de moluscos como este mejillón. Para alimentarse, la estrella de mar adhiere muchos pies tubulares a las conchas del mejillón y tira de ellos fuertemente. Después, la estrella de mar voltea de adentro hacia fuera el delicado tejido de su estómago, extendiéndolo a través de su boca ventral situada en el centro. Una abertura de las conchas del mejillón de menos de un milímetro es suficiente para que el estómago pueda comenzar a entrar. Una vez que lo consigue, el tejido estomacal secreta enzimas digestivas que debilitan al molusco, haciendo que se abra aún más. El alimento parcialmente digerido es transportado a la parte superior del estómago, donde se completa la digestión.

coordinados sin mucha precisión por un sistema consistente en un anillo nervioso que circunda el esófago, nervios radiales hacia el resto del cuerpo y una red nerviosa a través de la epidermis. En las estrellas de mar, unos receptores simples de luz y sustancias químicas se concentran en las puntas de los brazos y hay células sensoriales dispersas por toda la piel. En algunas especies de estrellas de mar, los receptores de luz están asociados con lentes diminutos, más pequeños que el grosor del cabello humano, que captan la luz y la enfocan hacia receptores. La calidad óptica de estas “microlentes” es excelente, muy superior a cualquier otra lente del mismo tamaño fabricada por el hombre.

Los equinodermos carecen de sistema circulatorio, aunque el movimiento del líquido de su bien desarrollado celoma cumple esta función. El intercambio de gases tiene lugar a través de los pies tubulares y, en ciertas formas, mediante numerosas y pequeñísimas “agallas cutáneas” que se proyectan a través de la epidermis. Casi todas las especies tienen sexos separados y se reproducen liberando espermatozoides y óvulos en el agua, donde se lleva a cabo la fecundación.

Muchos equinodermos tienen la facultad de regenerar partes corporales que han perdido, y esta capacidad de regeneración es especialmente notable en las estrellas de mar. De hecho, un solo brazo de estrella de mar es capaz de transformarse en un animal completo, siempre y cuando esté unido a un fragmento del cuerpo central. Cuando esta facultad aún no era ampliamente conocida, un grupo de pescadores intentó eliminar las estrellas de mar que atacaban los criaderos de mejillones partiéndolas en pedazos y devolviendo éstos al mar. Por supuesto, su estrategia resultó contraproducente.

Los cordados incluyen a los vertebrados

El filum Chordata, que abarca a los animales vertebrados, incluye también unos cuantos grupos de invertebrados, como los tunicados y los anfioxos. Explicaremos estos invertebrados cordados y sus parientes en el capítulo 24.

OTRO VISTAZO AL ESTUDIO DE CASO

BÚSQUEDA DE UN MONSTRUO MARINO



La búsqueda emprendida por Clyde Roper de un calamar gigante le condujo a organizar tres importantes expediciones. La primera de ellas la llevó a cabo en las aguas de las islas Azores en el Atlántico. Puesto que los cachalotes cazan a los calamares gigantes, Roper pensó que aquellos le conducirían al hábitat de los calamares. Para comprobar esta idea, él y su equipo fijaron cámaras de video en los cachalotes, lo que permitiría a los científicos observar lo que

los cachalotes veían. Estas cámaras revelaron una gran cantidad de nueva información acerca del comportamiento de los cachalotes, pero por desgracia no había rastro de ningún calamar gigante.

La siguiente expedición de Roper se llevó a cabo en el cañón Kaikoura, un zona de aguas muy profundas (1000 metros) frente a las costas de Nueva Zelanda. Los científicos escogieron este lugar porque los botes de pesca habían capturado recientemente varios calamares gigantes en los alrededores. Las cámaras se colocaron de nuevo en los

cachalotes; pero esta vez las cámaras móviles se complementaron con una cámara fija a la que le colocaron carnada y un pequeño submarino controlado por medios electrónicos. Sin embargo, tampoco esta gran inversión de tiempo, dinero y equipo permitió avistar calamares gigantes.

Unos cuantos años después, Roper formó un equipo de científicos y regresaron al cañón Kaikoura. En esta ocasión, el grupo pudo utilizar el Deep Rover, un submarino para un solo tripulante, con el fin de observar a profundidades de hasta 670 metros.

Los científicos emplearon el Deep Rover para explorar el cañón y seguir a los cachalotes con la esperanza de que les guiaran al hábitat del calamar gigante. Por desgracia, esto resultó otro fracaso porque los científicos no pudieron encontrar ningún calamar gigante.

Aunque Roper ha proseguido con su búsqueda del calamar gigante con una insistencia extraordinaria, no es el único en tratar de darle aunque sea un vistazo a esta criatura. Otros equipos de investigadores han estado organizando expediciones para localizar al calamar gigante y fue uno de estos grupos el que finalmente pudo obtener la primera (y hasta hoy la única) grabación del calamar gigante en vivo. Los investigadores, trabajando fuera de las costas de Japón, colocaron una cámara de video en una larga línea de pesca con una carnada en la punta. Durante muchas horas arrastraron la línea de pesca por el agua a una profundidad de 900 metros, y finalmente tuvieron su recompensa con unas imágenes del calamar gigante que había atacado a la carnada (FIGURA 23-29).

Piensa en esto Steve O'Shea, otro científico interesado en el calamar gigante, capturó a algunos calamares jóvenes en 2002. Estos

pequeños animales, de tan sólo unos pocos milímetros de largo, sobrevivieron en cautiverio durante unas cuantas horas, pero su identidad como calamares gigantes se confirmó al comparar su DNA con el de los especímenes adultos preservados. O'Shea cree que con más investigación y experiencia, aprenderá a criar estos jóvenes ejemplares hasta que lleguen a la adultez. Puesto que los fondos destinados a las investigaciones son limitados, ¿cuál enfoque es el mejor? ¿Aprenderíamos más viendo al calamar gigante en su estado natural en las profundidades de los océanos, o capturando a calamares pequeños en la superficie de los mares para criarlos en el laboratorio?



FIGURA 23-29 Un calamar gigante se acerca a la línea de pesca con la carnada.

REPASO DEL CAPÍTULO

RESUMEN DE CONCEPTOS CLAVE

23.1 ¿Cuáles son las principales características de los animales?

Los animales son organismos multicelulares y heterótrofos, que se reproducen sexualmente. La mayoría de ellos perciben y reaccionan rápidamente a los estímulos ambientales y tienen motilidad en cierta etapa de su vida. Sus células carecen de pared celular.

23.2 ¿Qué características anatómicas marcan los puntos de bifurcación en el árbol evolutivo de los animales?

Los animales primitivos no tenían tejidos, una característica que conservan las actuales esponjas. Todos los demás animales modernos tienen tejidos. Los animales con tejidos pueden dividirse en grupos con simetría radial y con simetría bilateral. Durante el desarrollo embrionario, los animales de simetría radial tienen dos capas germinales; los animales de simetría bilateral tienen tres. Los animales de simetría bilateral también tienden a concentrar sus órganos sensoriales y grupos de neuronas en la cabeza, un proceso llamado *cefalización*. Los fila bilaterales se dividen en dos grupos principales, uno de los cuales presenta el desarrollo de protostoma, y el otro experimenta el desarrollo de deuterostoma. El filum de los protostomados, a la vez, se divide en ecdisozoos y lofotrocozoos. Algunos fila de animales de simetría bilateral carecen de cavidades corporales, pero la mayoría de ellos tienen pseudocelomas o celomas verdaderos.

Web tutorial 23.1 La arquitectura de los animales

23.3 ¿Cuáles son los principales fila de animales?

Los cuerpos de las esponjas (filum Porifera) son típicamente sésiles y de forma irregular. Las esponjas tienen relativamente pocos tipos de células. Las esponjas poseen relativamente pocos tipos de células. A pesar de la división del trabajo entre los tipos de células,

hay poca coordinación de la actividad. Las esponjas carecen de músculos y de nervios necesarios para la coordinación del movimiento, y la digestión tiene lugar exclusivamente dentro de las células individuales.

Las hidras, anémonas y medusas (filum Cnidaria) tienen tejidos. Una sencilla red de células nerviosas dirige la actividad de las células contráctiles, lo que permite la coordinación de los movimientos. La digestión es extracelular y tiene lugar en una cavidad central gastrovascular con una sola abertura. Los cnidarios muestran simetría radial, una adaptación tanto a la vida de flotación libre de la medusa y como a la existencia sedentaria del pólipo.

Los gusanos planos (filum Platyhelminthes) tienen una cabeza con órganos sensoriales y un cerebro sencillo. Un sistema de canales que forma una red a través del cuerpo ayuda a la excreción. Los gusanos planos carecen de cavidad corporal.

Los gusanos segmentados (filum Annelida) son los más complejos de los gusanos, con un sistema circulatorio cerrado bien desarrollado y órganos excretores que se asemejan a la unidad básica del riñón de los vertebrados. Los gusanos segmentados tienen un sistema digestivo de compartimentos, como el de los vertebrados, que procesan el alimento en secuencia. Los anélidos tienen también un celoma verdadero, es decir, un espacio lleno de líquido, entre la pared corporal y los órganos internos.

Los caracoles, las almejas y los calamares (filum Mollusca) carecen de esqueleto; algunas formas protegen el suave y húmedo cuerpo muscular con una sola concha (muchos gasterópodos y pocos cefalópodos) o con un par de conchas con bisagra (bivalvas). La carencia de una cubierta exterior impermeable limita a este filum a los hábitat acuáticos y terrestres húmedos. Aunque el cuerpo de los gasterópodos y los bivalvos limita la complejidad de su

comportamiento, los tentáculos de los cefalópodos son capaces de controlar con precisión los movimientos. El pulpo posee un cerebro más complejo y una capacidad de aprendizaje más desarrollada que cualquier otro invertebrado.

Los artrópodos, insectos, arácnidos, milpiés, ciempiés y crustáceos (filum Arthropoda) son los organismos más diversos y abundantes sobre la Tierra. Han invadido casi cada hábitat terrestre y acuático disponible. Sus apéndices articulados y los sistemas nerviosos bien desarrollados hacen posible un comportamiento complejo bien coordinado. El exoesqueleto (que conserva el agua y brinda soporte) y las estructuras respiratorias especializadas (que permanecen húmedas y protegidas) hacen posible que los insectos y arácnidos habiten en terrenos secos. La diversificación de los insectos es aún mayor por su capacidad para volar. Los crustáceos, que incluyen los artrópodos más grandes, están restringidos a los hábitat húmedos, generalmente acuáticos, y respiran por medio de branquias.

Los gusanos redondos (filum Nematoda) poseen boca y ano separados, y una capa cuticular que mudan.

Las estrellas de mar, los erizos de mar y los pepinos de mar (filum Echinodermata) son un grupo exclusivamente marino. Al igual que otros invertebrados complejos y cordados, las larvas de los equinodermos son de simetría bilateral; sin embargo, los adultos muestran simetría radial. Esto, además de un sistema nervioso primitivo que carece de cerebro, los adapta a una existencia relativamente sedentaria. El cuerpo de los equinodermos está sostenido por un esqueleto interno inerte que proyecta extensiones a través de la piel. El sistema vascular acuoso, que interviene en la locomoción, alimentación y respiración, es una característica exclusiva de los equinodermos.

El filum Chordata incluye dos grupos de invertebrados, los anfibios y tunicados, así como a los vertebrados.

TÉRMINOS CLAVE

cefalización *pág. 447*
celoma *pág. 444*
cordones nerviosos *pág. 450*
deuterostoma *pág. 445*
ectodermo *pág. 443*
endodermo *pág. 443*
endoesqueleto *pág. 463*
esqueleto hidrostático
pág. 452

exoesqueleto
pág. 456
ganglio *pág. 450*
gemación *pág. 447*
hemocele *pág. 454*
hermafrodita *pág. 450*
invertebrado *pág. 445*
larva *pág. 458*
mesodermo *pág. 443*

metamorfosis *pág. 458*
muda *pág. 457*
ojo compuesto
pág. 458
parásito *pág. 450*
protostoma *pág. 445*
pupa *pág. 458*
segmentación *pág. 452*
seudoceloma *pág. 444*

simetría bilateral
pág. 443
simetría radial *pág. 443*
sistema circulatorio abierto
pág. 454
sistema circulatorio cerrado
pág. 452
tejido *pág. 443*
vertebrado *pág. 445*

RAZONAMIENTO DE CONCEPTOS

Lista las características que distinguen a cada uno de los fila explicados en este capítulo, y da un ejemplo de cada uno.

Describe brevemente cada una de las siguientes adaptaciones y explica su importancia adaptativa: simetría bilateral, cefalización, sistema circulatorio cerrado, celoma, simetría radial, segmentación.

- Describe y compara los sistemas respiratorios en las tres clases de artrópodos principales.
- Describe las ventajas y desventajas del exoesqueleto de los artrópodos.
- Indica en cuál de las tres clases de moluscos principales se presenta cada una de las siguientes características:

- a) dos conchas con bisagra
- b) una rádula
- c) tentáculos
- e) algunos miembros sésiles
- e) los cerebros más desarrollados
- f) numerosos ojos

- 6. Menciona tres funciones del sistema vascular acuoso de los equinodermos.
- 7. La simetría radial es una adaptación ¿a qué modo de vida? ¿Y la simetría bilateral?

APLICACIÓN DE CONCEPTOS

- 1. La clase Insecta es el taxón más grande de animales sobre la Tierra. Su mayor diversidad se localiza en los trópicos, donde la destrucción del hábitat y la extinción de las especies está ocurriendo a un ritmo alarmante. ¿Qué argumentos biológicos, económicos y éticos utilizarías para persuadir a los países y a los gobiernos de que preserven esta diversidad biológica?
- 2. Explica cuando menos tres formas en que la capacidad para volar ha contribuido al éxito y la diversidad de los insectos.
- 3. Discute y defiende los atributos que usarías para definir el éxito biológico entre los animales. ¿Los humanos son un éxito biológico según esos criterios? ¿Por qué?

PARA MAYOR INFORMACIÓN

Adis, J., Zompro, O., Moombolah-Goagoses, E. y Marais E. "Gladiators: A New Order of Insects". *Scientific American*, noviembre de 2002. Un insecto poco común, que se encontró fosilizado en ámbar, es miembro de un orden previamente desconocido. Después se descubrieron en África representantes vivientes del nuevo grupo.

Brusca, R. C. y Brusca, G. J. *Invertebrates*. Sunderland, MA: Sinauer, 1990. Una investigación a fondo de los animales invertebrados en formato de libro de texto, pero de fácil lectura y con infinidad de bellos dibujos informativos.

Chadwick, D. H. "Planet of the Beetles". *National Geographic*, marzo de 1998. La belleza y diversidad de los escarabajos, que abarcan una tercera parte de los insectos del mundo, descritos tanto en texto como en fotografías.

Conniff, R. "Stung". *Discover*, junio de 2003. La función, evolución y diversidad de las picaduras de hormigas, abejas y avispas.

Conover, A. "Foreign Worm Alert". *Smithsonian*, agosto de 2000. Insectos nocturnos en fuga y anélidos importados que se emplean como carnada de pesca amenazan los ecosistemas de Norteamérica.

Hamner, W. "A Killer Down Under". *National Geographic*, agosto de 1994. Entre los animales más ponzoñosos del mundo está la medusa que habita cerca de la costa del norte de Australia.

Kunzig, R. "At Home with the Jellies". *Discover*, septiembre de 1997. Un relato de los biólogos que estudian las medusas sobre algunos de sus descubrimientos. Incluye excelentes fotografías.

Morell, V. "Life on a Grain of Sand", *Discover*, abril de 1995. La arena que hay debajo de las aguas poco profundas es el hogar de una variedad increíble de criaturas microscópicas.

Scigliano, E. "Through the Eye of an Octopus". *Discover*, octubre de 2003. ¿Qué tan inteligentes son los cefalópodos? ¿Cómo intentan los científicos dar respuesta a esta pregunta?

Stix, G. "A Toxin Against Pain". *Scientific American*, abril de 2005. El veneno que mata a los peces producido por un caracol depredador contiene sustancias que podrían ser valiosas en medicina.