

La diversidad de los hongos



Estos *Armillaria* color miel forman parte de las porciones visibles de los organismos más grandes del mundo.

DE UN VISTAZO

ESTUDIO DE CASO: Hongos descomunales

22.1 ¿Cuáles son las principales características de los hongos?

- El cuerpo de los hongos se compone de filamentos
- Los hongos obtienen sus nutrimentos de otros organismos
- Los hongos se propagan a través de esporas
- La mayoría de los hongos se pueden reproducir tanto sexual como asexualmente

22.2 ¿Cuáles son los principales tipos de hongos?

- Los quitridiomycetos producen esporas natatorias
- Los cigomicetos se reproducen formando esporas diploides
- Los ascomicetos forman esporas en una funda semejante a un saco
- Los basidiomicetos producen estructuras reproductoras con forma de clava

22.3 ¿De qué manera interactúan los hongos con otras especies?

- Los líquenes se componen de hongos que viven con algas o bacterias fotosintéticas

- Las micorrizas son hongos asociados con las raíces de plantas
- Los endófitos son hongos que viven dentro de los tallos y las hojas de las plantas
- Algunos hongos son recicladores importantes

22.4 ¿Cómo afectan los hongos a los seres humanos?

- Los hongos atacan plantas que son importantes para las personas
- Los hongos producen enfermedades humanas
- Los hongos pueden producir toxinas
- Muchos antibióticos se derivan de los hongos

Guardián de la Tierra: El caso de las setas que desaparecen

Los hongos hacen importantes aportaciones a la gastronomía

Conexiones evolutivas: El ingenio de los hongos: Cerdos, escopetas y lazos

Enlaces con la vida: Recolecta con cuidado

OTRO VISTAZO AL ESTUDIO DE CASO Hongos descomunales



ESTUDIO DE CASO: HONGOS DESCOMUNALES

¿CUÁL ES EL ORGANISMO más grande sobre la Tierra? Una suposición razonable sería que se trata de la ballena azul, que llega a medir más de 30 metros de largo y a pesar 135 toneladas. Sin embargo, la ballena azul parecería pequeña comparada con el árbol General Sherman, un espécimen de secoya gigante que mide 84 metros de altura y pesa aproximadamente 6200 toneladas. Pero incluso esos dos gigantes se vuelven insignificantes junto al verdadero poseedor del récord: el hongo *Armillaria ostoyae*, también conocido como Armillaria color miel, cuyo espécimen más grande, localizado en Oregon, se extiende sobre una superficie de 9 kilómetros cuadrados (aproximadamente 3.4 millas cuadradas) y quizá pese más, incluso, que el General Sherman. A pesar de su enorme tamaño, en realidad nadie ha visto este descomunal hongo, porque la mayor

parte de su cuerpo se encuentra bajo la tierra. Sus partes sobre la tierra son únicamente hongos amarillentos que brotan ocasionalmente a partir de su gigantesco cuerpo. No obstante, debajo de la superficie, el hongo se extiende a través del suelo mediante grandes estructuras filamentosas llamadas rizomorfos, los cuales se extienden hasta que encuentran las raíces del árbol sobre el cual subsiste el *Armillaria*, originando así la putrefacción de las raíces que debilitan o matan el árbol. Este proceso ofrece evidencia sobre la superficie de la existencia del *Armillaria*: el enorme espécimen de Oregon fue identificado primero por fotografías de inspección aérea para encontrar zonas boscosas donde hubiera muchos árboles muertos.

¿Cómo pueden saber los investigadores que el hongo de Oregon es realmente un

solo individuo y no muchos entrelazados? Las pruebas más sólidas son de índole genética. Los investigadores recopilaron muestras de tejido del *Armillaria* en toda el área donde se creía que habitaba un solo individuo y se comparó el DNA extraído de las muestras. Todas éstas resultaron genéticamente idénticas, lo cual demostró que provenían del mismo individuo.

Quizá suene extraño que el organismo más grande del mundo hubiera pasado inadvertido hasta hace muy poco tiempo; sin embargo, por lo general la vida de los hongos se desarrolla fuera del alcance de nuestros ojos. No obstante, los hongos juegan un papel fascinante en la existencia humana. Sigue leyendo para averiguar más acerca de los poco visibles pero a menudo influyentes miembros del reino Fungi.

22.1 ¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS HONGOS?

Cuando se piensa en hongos, lo más probable es que nos vengan a la mente los champiñones o las setas. Sin embargo, la mayoría de los hongos no producen setas ni champiñones, e incluso los hongos que sí los producen, los champiñones y las setas son sólo estructuras reproductivas temporales que se extienden a partir del cuerpo principal que, por lo general, queda oculto debajo del suelo o dentro de un trozo de madera en descomposición. Así, para apreciar cabalmente el reino Fungi, debemos recurrir a los micólogos —los científicos que estudian los hongos— y ver más allá de las peculiares estructuras que encontramos en el suelo de los bosques, a la orilla de las zonas con césped o en una succulenta pizza. Un minucioso examen a los hongos revela un grupo de organismos principalmente multicelulares que juegan un papel fundamental en la urdimbre de la vida y cuyas formas de vida difieren de manera fascinante de las de plantas y animales.

El cuerpo de los hongos se compone de filamentos

El cuerpo de casi todos los hongos es un **micelio** (FIGURA 22-1a), que es una masa entretrejida de filamentos de una célula de espesor, parecidos a hilos, llamados **hifas** (FIGURA 22-1b, c). Según la especie de que se trate, las hifas consisten en células individuales alargadas con diversos núcleos, o bien, están subdivididas por tabiques llamados **septos** en muchas células, cada una de las cuales tiene uno o varios núcleos. Los septos tienen poros que permiten el flujo de citoplasma entre las células para distribuir los nutrientes. Al igual que las células vegetales, las células micóticas están envueltas en paredes celulares. A diferencia de aquéllas, sin embargo, las paredes celulares micóticas están reforzadas con *quitina*, la misma sustancia que está presente en el exoesqueleto de los artrópodos.

Los hongos no pueden desplazarse; aunque compensan la falta de movilidad con canutillos capaces de crecer rápidamente en cualquier dirección dentro de un medio idóneo. El

micelio de los hongos penetra rápidamente en el pan viejo o en el queso, debajo de la corteza de los troncos en descomposición o en el suelo. Periódicamente, las hifas crecen juntas y se diferencian para formar estructuras reproductoras que se proyectan por encima de la superficie bajo la cual crece el micelio. Tales estructuras, que incluyen las setas, los bejines y los mohos polvosos de los alimentos no refrigerados representan únicamente una fracción del cuerpo completo de los hongos pero, por lo general, son la única parte del hongo que vemos con facilidad.

Los hongos obtienen sus nutrientes de otros organismos

Al igual que los animales, los hongos sobreviven degradando nutrientes almacenados en el cuerpo o en los desechos de otros organismos. Algunos hongos digieren el cuerpo de organismos muertos. Otros son parásitos que se alimentan a costa de organismos vivos y producen enfermedades. Otros más viven en relación mutuamente benéfica con otros organismos que les brindan alimento. Hay incluso algunos hongos depredadores que atacan a gusanos diminutos del suelo.

A diferencia de los animales, los hongos no ingieren alimento. En cambio, secretan enzimas que digieren moléculas complejas fuera de su cuerpo, y las descomponen en subunidades más pequeñas susceptibles de ser absorbidas. Los filamentos de los hongos pueden penetrar profundamente en una fuente de nutrientes y son del grosor de una célula, por lo que tienen una área superficial enorme, a través de la cual secretan enzimas y absorben nutrientes. Este método para obtener nutrientes ha dado buenos servicios a los hongos. Casi cualquier material biológico puede ser consumido por al menos una especie de hongos, por lo que es muy probable que los hongos encuentren sustento nutritivo en casi cualquier hábitat terrestre.

Los hongos se propagan a través de esporas

A diferencia de las plantas y los animales, los hongos no forman embriones. En cambio, los hongos se reproducen me-

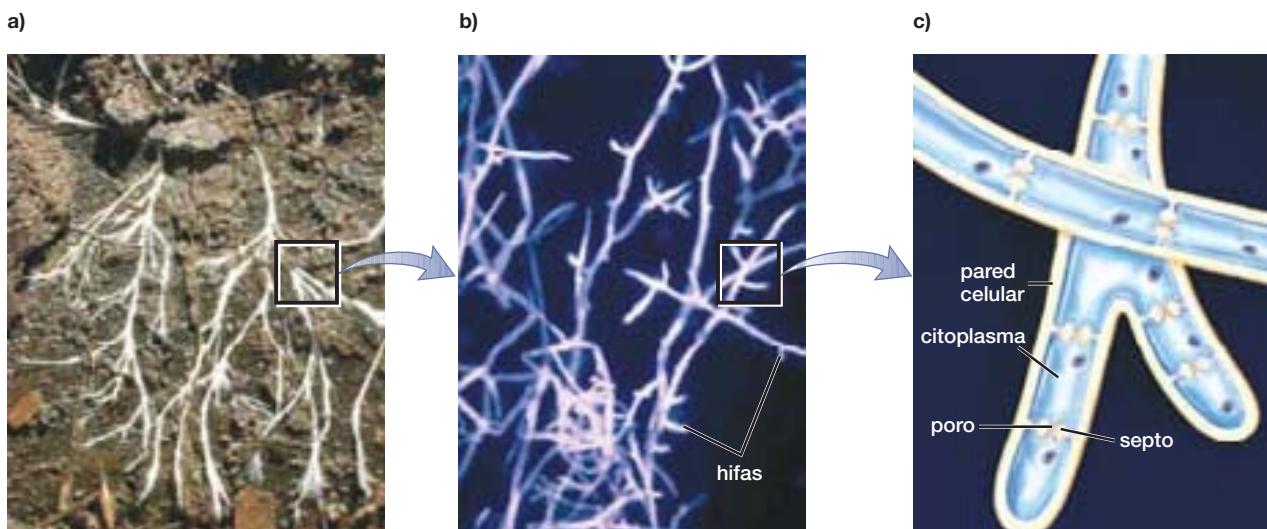


FIGURA 22-1 El cuerpo filamentososo de un hongo

Un micelio de hongo se extiende sobre vegetación en descomposición. El micelio se compone de **b)** una maraña de hifas microscópicas, de una sola célula de espesor, que se muestran en sección transversal; **c)** aquí se muestra su organización interna. **PREGUNTA: ¿Qué características de la estructura corporal de los hongos son adaptaciones relacionadas con esta forma de adquirir nutrientes?**

dante pequeñísimos y ligeros paquetes reproductores llamados **esporas**, que son extraordinariamente móviles, a pesar de que en su mayoría carecen de medios de autopropulsión. Las esporas se distribuyen por todas partes montadas sobre el exterior del cuerpo de los animales, como pasajeros dentro del sistema digestivo de los animales que las ingirieron, o como vagabundos que flotan en el aire a la deriva, lanzadas por el azar o disparadas a la atmósfera mediante complejas estructuras reproductoras (FIGURA 22-2). Asimismo, las esporas suelen producirse en grandes cantidades (un solo bejín gigante puede contener 5 billones de esporas sexuales; véase la figura 22-9a). Los hongos tienen una capacidad reproductora prodigiosa y esporas de gran movilidad, lo que asegura que se encuentren en todos los ambientes terrestres, y explica el inevitable crecimiento de hongos en todo emparedado rezagado y en recipientes de comida sobrante.

La mayoría de los hongos se pueden reproducir tanto sexual como asexualmente

En general, los hongos son capaces de reproducirse tanto asexual como sexualmente. En la mayoría de los casos, la reproducción asexual es la modalidad predeterminada en condiciones estables; en tanto que la reproducción sexual se lleva a cabo principalmente en condiciones de cambio ambiental o de tensión. Por lo común, ambos tipos de reproducción implican la producción de esporas dentro de cuerpos fructíferos especiales que se proyectan por encima del micelio.

La reproducción asexual genera esporas haploides por mitosis

El cuerpo y las esporas de los hongos son haploides (contienen sólo una copia de cada cromosoma). Un micelio haploide produce esporas asexuales haploides por mitosis. Si una espора asexual se deposita en un lugar favorable, comenzará a dividirse mitóticamente y a desarrollarse hasta formar un nuevo micelio. El resultado de este sencillo ciclo reproducti-



FIGURA 22-2 Algunos hongos expelen esporas

Un hongo estrella de tierra maduro, al ser golpeado por una gota de agua, emite una nube de esporas que se dispersarán en las corrientes de aire.

vo es la rápida producción de clones genéticamente idénticos al micelio original.

La reproducción sexual genera esporas haploides por meiosis

Se forman estructuras diploides únicamente durante un breve periodo mientras ocurre la parte sexual del ciclo de vida de los hongos. La reproducción sexual se inicia cuando un filamento de un micelio entra en contacto con un filamento de un segundo micelio, que es de un tipo de cepa diferente y compatible (los diferentes tipos de cepa de los hongos son análogos a los diferentes sexos de los animales, salvo que suele haber más de dos tipos de cepa). Si las condiciones son idóneas, las dos hifas pueden fusionarse, de tal modo que los núcleos de dos hifas distintas compartan una célula común. Esta fusión de hifas va seguida (inmediatamente en algunas especies, al cabo de cierto tiempo en otras) de la fusión de los núcleos haploides diferentes para formar un cigoto diploide. A continuación, el cigoto sufre meiosis para formar esporas sexuales haploides. Tales esporas se dispersan, germinan y se dividen por mitosis para formar nuevos micelios haploides. A diferencia de los descendientes clonados de las esporas asexuales, estos cuerpos micóticos producidos sexualmente son genéticamente distintos de ambos progenitores.

22.2 ¿CUÁLES SON LOS PRINCIPALES TIPOS DE HONGOS?

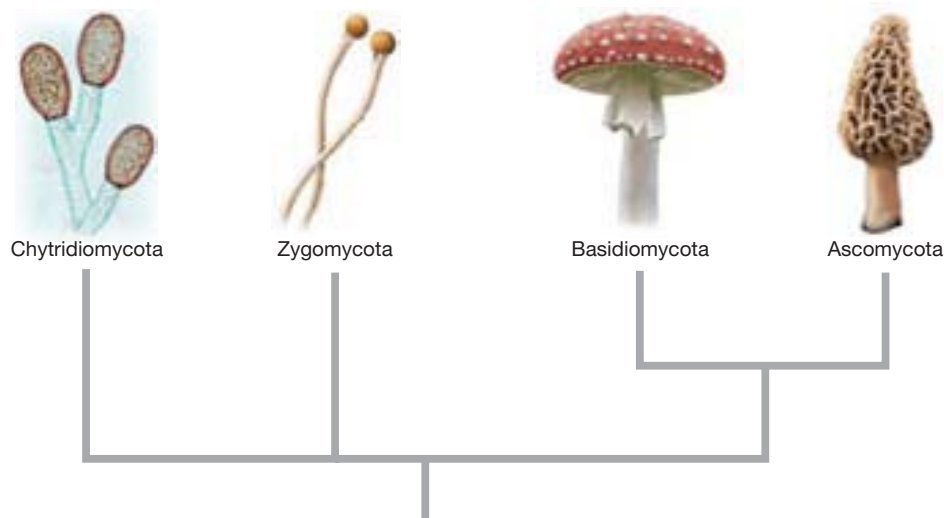
Entre los tres reinos de eucariotas pluricelulares, los hongos y los animales están más estrechamente vinculados entre sí que con las plantas. Es decir, el antepasado común de los hongos y los animales vivió más recientemente que el antepasado común de plantas, animales y hongos (véase la figura 18-6). Una persona que come ensalada de hojas de lechuga con setas está emparentada más cercanamente con la seta de lo que está con la lechuga.

Hay mucha diversidad entre los hongos. Aunque se han descrito cerca de 100,000 especies de hongos, esta cifra representa sólo una fracción de la verdadera diversidad de tales organismos. Cada año se descubren y se describen muchas especies adicionales; los micólogos estiman que el número de especies de hongos que aún no se descubren supera con mucho un millón. Las especies de hongos se clasifican en cuatro *filas*: Chytridiomycota (quitridiomicetos), Zygomycota (cigomicetos), Ascomycota (hongos con saco) y Basidiomycota (hongos de clava) (FIGURA 22-3, tabla 22-1).

Los quitridiomicetos producen esporas natatorias

A diferencia de otros tipos de hongos, casi todos los quitridiomicetos viven en el agua. Además, los quitridiomicetos (FIGURA 22-4

FIGURA 22-3 Árbol evolutivo de los principales grupos de hongos



modernos y les dio origen. El registro de fósiles refuerza esta conclusión, pues los hongos fósiles más antiguos conocidos son quitridiomycetos hallados en rocas de más de 600 millones de años de antigüedad. Los hongos ancestrales muy bien pudieron ser similares en sus hábitos a los quitridiomycetos acuáticos y marinos de nuestros días, de manera que los hongos (como las plantas y los animales) probablemente tuvieron su origen en un medio acuoso antes de colonizar la Tierra.

Casi todas las especies de quitridiomycetos se alimentan con plantas acuáticas muertas u otros residuos en ambientes acuosos, pero algunas especies son parásitos de plantas o animales. Se piensa que uno de estos quitridiomycetos parásitos es una causa importante de la actual mortandad mundial de ranas, que amenaza a muchas especies y, al parecer, ya ha provocado la extinción de varias de ellas. Nadie sabe con exactitud por qué surgió esta enfermedad micótica como causa importante de muerte de las ranas. Una hipótesis sugiere que las poblaciones de ranas sometidas a estrés debido a la contaminación y a otros problemas ambientales podrían ser más susceptibles a las infecciones por quitridiomycetos. (Para mayor información acerca de la disminución de ranas, véase la sección “Guardián de la Tierra: Ranas en peligro” del capítulo 24).

Los cigomicetos se reproducen formando esporas diploides

Los **cigomicetos** viven, por lo general, en el suelo o en material vegetal o animal en descomposición. Entre los cigomicetos hay especies que pertenecen al género *Rhizopus*, causantes de las tan conocidas molestias por la pudrición de la fruta y el moho negro del pan. El ciclo de vida del moho negro del pan, que se reproduce tanto asexual como sexualmente, se representa en la **FIGURA 22-5**. La reproducción asexual de los cigomicetos se inicia con la formación de esporas ha-

ploides en unas estructuras negras llamadas **esporangios**. Estas esporas se dispersan en el aire y, cuando se depositan en un sustrato idóneo (como un trozo de pan, por ejemplo), germinan para formar nuevas hifas haploides.

Si dos hifas de diferentes tipos de cepa de cigomicetos entran en contacto, puede ocurrir una reproducción sexual.



FIGURA 22-4 Filamentos de quítrido

Estos filamentos son del hongo quítrido *Allomyces* que está en plena reproducción sexual. Las estructuras anaranjadas que son visibles en muchos de los filamentos liberan gametos masculinos; las estructuras transparentes liberan gametos femeninos. Los gametos de los quitridiomycetos son flagelados, y estas estructuras reproductoras natatorias contribuyen a la dispersión de los miembros de este filum principalmente acuático.

Tabla 22-1 Principales divisiones de los hongos

Nombre común (filum)	Estructuras reproductoras	Características celulares	Repercusiones en la economía y la salud	Géneros representativos
Quitridiomycetos (Chytridiomycota)	Producen esporas flageladas diploides o haploides	No tienen septos	Contribuyen a la disminución de las poblaciones de ranas	<i>Batrachochytrium</i> (hongo patógeno de las ranas)
Cigomicetos (Zygomycota)	Producen cigosporas sexuales diploides	No tienen septos	Causan la pudrición blanda de la fruta y el moho negro del pan	<i>Rhizopus</i> (causante del moho negro del pan); <i>Pilobolus</i> (hongo del estiércol)
Hongos con saco (Ascomycota)	Forman esporas sexuales en ascas semejantes a sacos	Sí tienen septos	Forman mohos en la fruta; pueden dañar los productos textiles; producen la enfermedad del olmo holandés y la plaga del castaño; incluyen las levaduras y las morillas	<i>Saccharomyces</i> (levadura); <i>Ophiostoma</i> (causante de la enfermedad del olmo holandés)
Hongos de clava (Basidiomycota)	La reproducción sexual comprende la producción de basidiosporas haploides en basidios con forma de clava	Sí tienen septos	Producen tizones y royas en los cultivos; incluyen algunas setas comestibles	<i>Amanita</i> (seta venenosa mushroom); <i>Polyporus</i> (hongo de repisa)

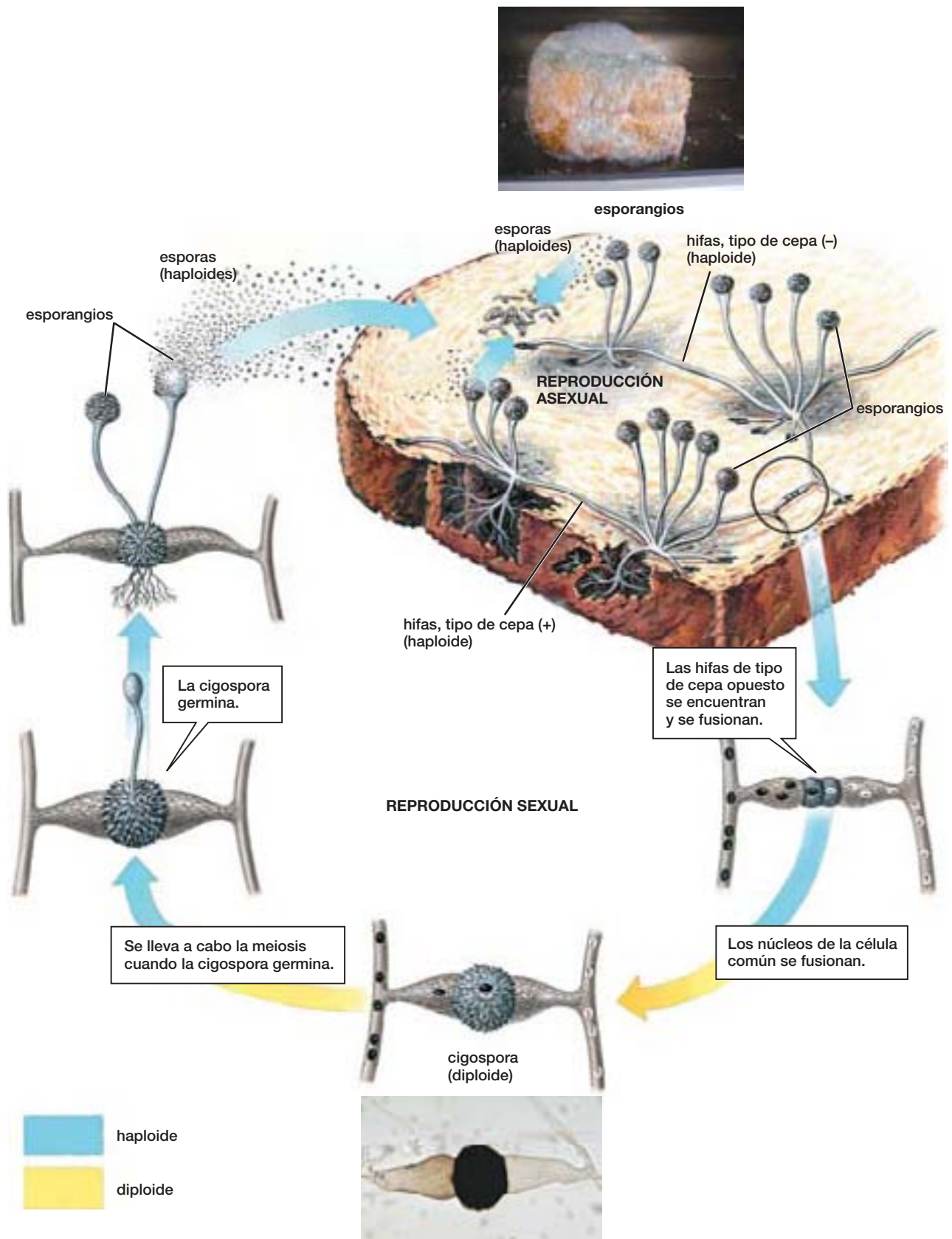


FIGURA 22-5 Ciclo de vida de un cigomiceto

Arriba: Durante la reproducción asexual del moho negro del pan (género *Rhizopus*), las esporas haploides, producidas dentro de los esporangios, se dispersan y germinan en los alimentos como el pan. Abajo: Durante la reproducción sexual, las hifas de diferentes tipos de cepa (designados como + y - en el pan) se ponen en contacto y se fusionan, para producir una cigospora diploide. La cigospora sufre meiosis y germina para producir esporangios. Éstos liberan esporas haploides.

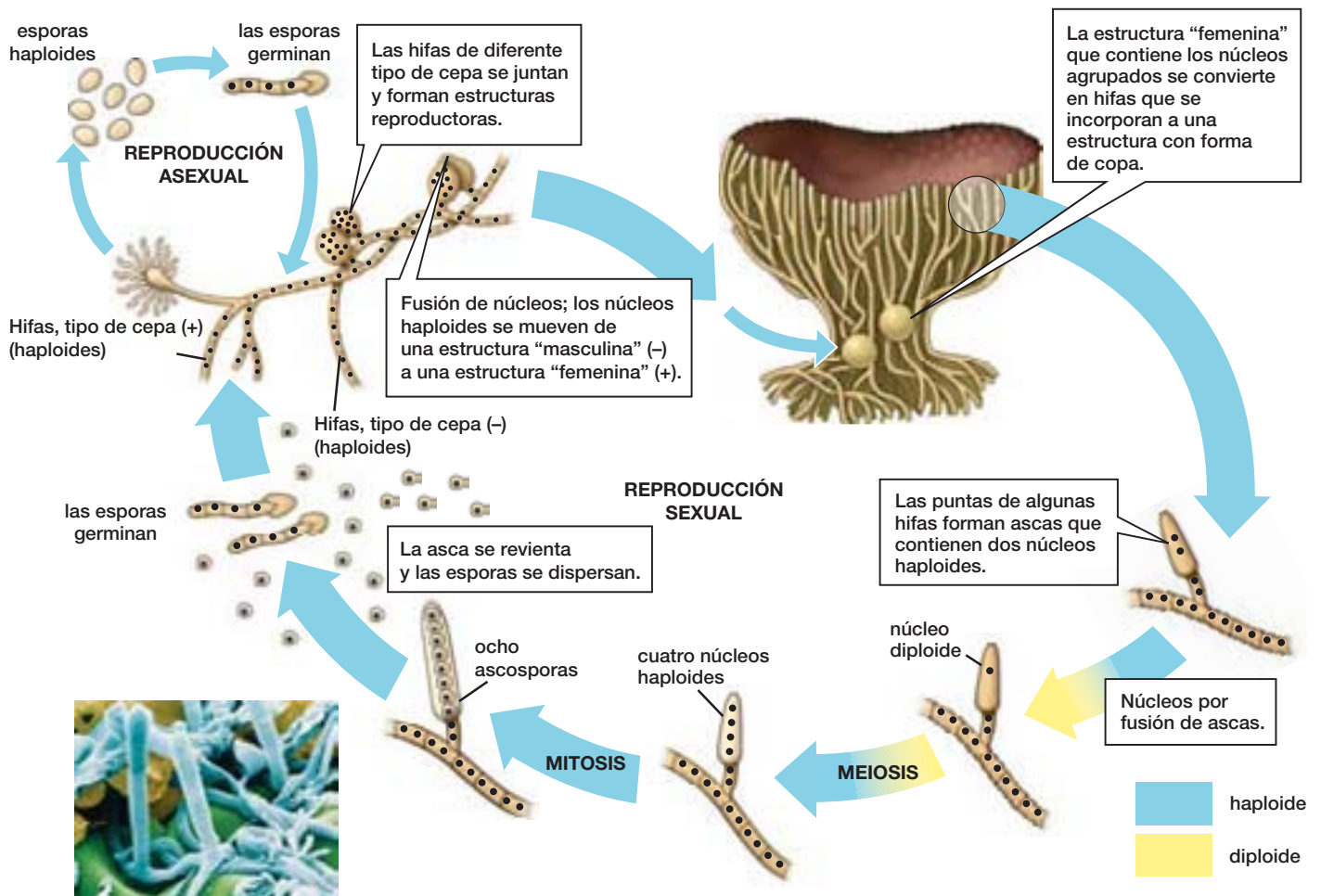


FIGURA 22-6 El ciclo de vida de un ascomiceto común

Parte superior: En la reproducción asexual de los ascomicetos, hifas haploides originan estructuras de tallo que producen esporas haploides. Parte inferior: En la reproducción sexual los núcleos haploides de diferentes tipos de cepa se fusionan para formar cigotos diploides que se dividen y originan ascosporas haploides. Las ascosporas se desarrollan dentro de estructuras llamadas ascas, algunas de las cuales surgen de hifas como las de la fotografía.



a)



b)

FIGURA 22-7 Diversos ascomicetos

a) Cuerpo fructífero del hongo con forma de taza de sombrero escarlata. b) La morilla, un manjar comestible. (Consulta a un experto antes de degustar cualquier hongo silvestre. ¡Algunos son mortíferos!)

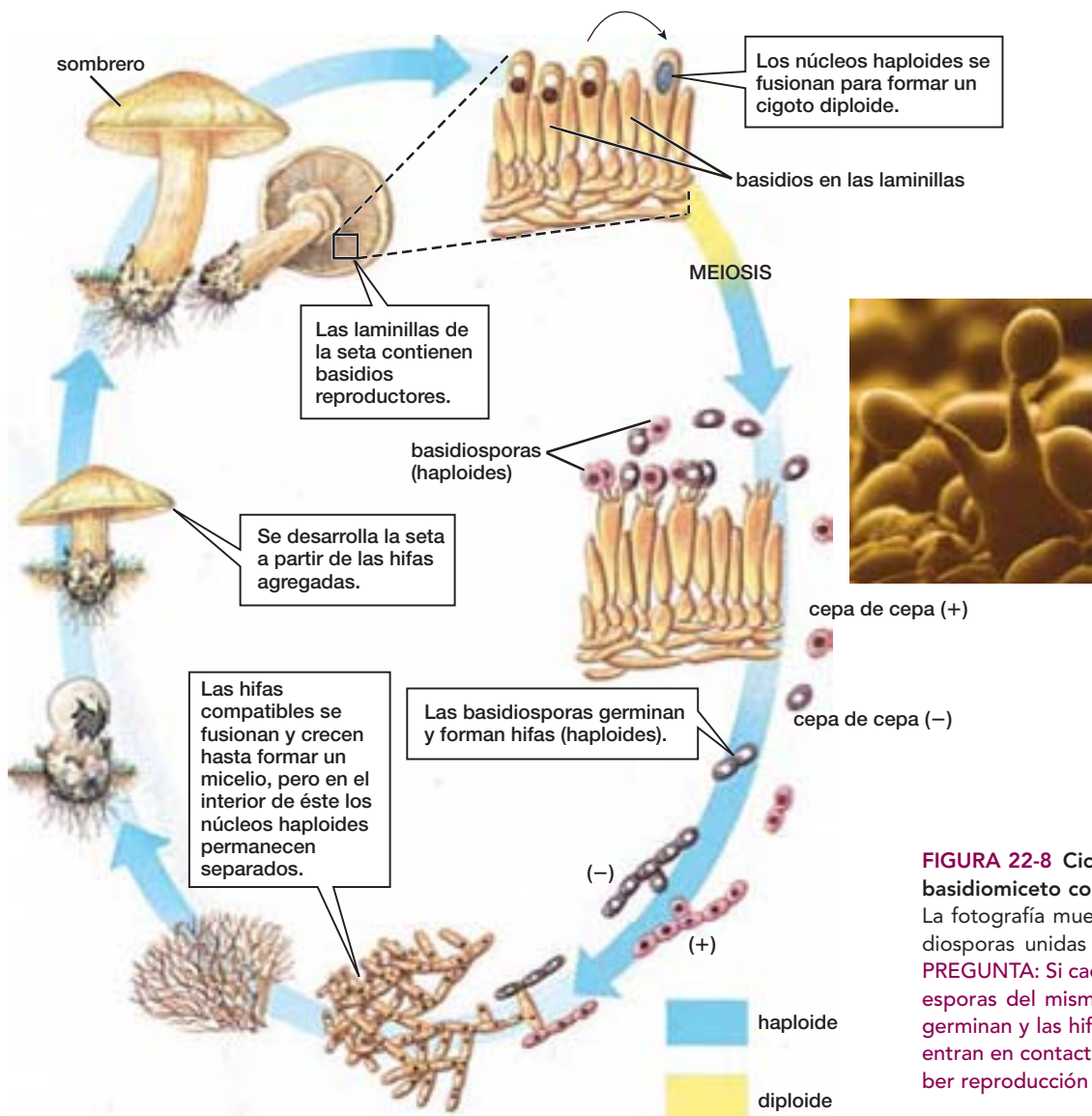


FIGURA 22-8 Ciclo vital de un basidiomiceto común

La fotografía muestra dos basidiosporas unidas a un basidio. **PREGUNTA:** Si cada una de dos esporas del mismo esporangio germinan y las hifas resultantes entran en contacto, ¿podría haber reproducción sexual?

Las dos hifas “se aparean sexualmente” y sus núcleos se fusionan para producir **cigosporas** diploides: las estructuras resistentes de las que este grupo toma su nombre. Las cigosporas pueden permanecer aletargadas durante largos periodos, hasta que las condiciones ambientales sean favorables para su crecimiento. Al igual que las esporas producidas asexualmente, las cigosporas se dispersan y germinan; pero en vez de producir nuevas hifas directamente sufren meiosis. En consecuencia, forman estructuras que contienen esporas haploides, las cuales se transforman en nuevas hifas.

Los ascomicetos forman esporas en una funda semejante a un saco

Los **ascomicetos**, u **hongos con saco**, también se reproducen tanto asexual como sexualmente (FIGURA 22-6). Las esporas asexuales de los hongos con saco se producen en la punta de unas hifas especializadas. Durante la reproducción sexual, las esporas se producen mediante una compleja serie de acontecimientos que se inicia con la fusión de hifas de dos tipos de cepa diferentes. Esta secuencia culmina con la formación de **ascas**, unas estructuras semejantes a sacos que contienen varias esporas y dan nombre a este filum.

Algunos ascomicetos viven en la vegetación forestal en descomposición y forman ya sea hermosas estructuras reproductoras en forma de taza (FIGURA 22-7a) o cuerpos fructíferos corrugados parecidos a setas y que se llaman **morillas** (FIGURA 22-7b). Este filum incluye asimismo muchos de los mohos de colores vistosos que atacan los alimentos almacenados y destruyen la fruta, las cosechas de granos y otras plantas, además de las levaduras (algunos de los pocos hongos unicelulares) y la especie que produce penicilina, el primer antibiótico.

Los basidiomicetos producen estructuras reproductoras con forma de clava

A los **basidiomicetos** se les llama **hongos de clava**, ya que producen estructuras reproductoras en forma de clava. En general, los miembros de este filum se reproducen sexualmente (FIGURA 22-8): hifas de diferentes tipos de cepa se fusionan para formar filamentos, en los cuales cada célula contiene dos núcleos, uno de cada progenitor. Los núcleos mismos no se fusionan hasta que se hayan formado células diploides especializadas, con forma de clava, llamadas **basidios**. Los basidios, a la vez, dan origen a **basidiosporas** reproductoras haploides por meiosis.



a)



b)

FIGURA 22-9 Diversos basidiomicetos

El bejín gigante *Lycoperdon giganteum* puede producir hasta 5 billones de esporas. **b)** Los hongos de repisa, del tamaño de platos para postre, son visibles en los árboles. **c)** Las esporas de los falos hediondos están en el exterior del sombrero mucilaginoso que tiene un olor muy desagradable para los seres humanos, pero que atrae a las moscas, las cuales depositan sus huevecillos en el hongo y, sin proponérselo, dispersan las esporas que se adhieren a su cuerpo. **PREGUNTA:** ¿Las estructuras que se muestran en estas fotografías son haploides o diploides?

La formación de basidios y basidiosporas tiene lugar en cuerpos fructíferos especiales que conocemos como champiñones, bejines, hongos de repisa y falos hediondos (**FIGURA 22-9**). Estas estructuras reproductoras son en realidad agregados densos de hifas que emergen en condiciones idóneas de un micelio subterráneo de gran tamaño. En la cara inferior de los champiñones o setas hay unas laminillas que parecen hojas y donde se producen basidios. Las basidiosporas se liberan por miles de millones desde las laminillas de las setas o a través de aberturas de la parte superior de los bejines, y se dispersan por el viento y el agua.

Si cae en suelo fértil, una basidiospora de seta puede germinar y formar hifas haploides. Estas hifas crecen hacia afuera a partir de la espora original, siguiendo una distribución aproximadamente circular, conforme las hifas más viejas del centro mueren. Periódicamente, el cuerpo subterráneo envía hacia arriba numerosas setas, que surgen en una distribución anular conocida como anillo de hada (**FIGURA 22-10**). El diámetro del anillo de hada indica la edad aproximada del hongo: cuanto más grande sea el diámetro del anillo, más viejo será el hongo que le da origen. Se estima que algunos anillos tienen 700 años de edad. Los micelios de los basidiomicetos pueden alcanzar edades aún mayores. Por ejemplo, los investigadores que descubrieron el *Armillaria gigante* en Oregon estiman que a éste le tomó al menos 2400 años crecer hasta su tamaño actual.



c)

largo plazo se denominan *simbióticas*. En muchos casos el hongo de una relación simbiótica es parasitario y daña a su huésped. No obstante, algunas relaciones simbióticas son mutuamente benéficas.

Los líquenes se componen de hongos que viven con algas o bacterias fotosintéticas

Los **líquenes** son asociaciones simbióticas entre hongos y algas verdes unicelulares o cianobacterias (**FIGURA 22-11**

22.3 ¿DE QUÉ MANERA INTERACTÚAN LOS HONGOS CON OTRAS ESPECIES?

Muchos hongos viven en contacto directo con otras especies durante periodos prolongados. Tales relaciones estrechas y de



FIGURA 22-10 Anillo de hada de setas

Las setas surgen de un micelio micótico subterráneo y forman un anillo de hada, que crece hacia afuera a partir de un punto central donde germinó una sola espora, tal vez siglos antes.

zada por el descubrimiento de que, en los líquenes que incluyen algas simbiotes, las hifas micóticas penetran efectivamente las paredes celulares de las algas, de forma muy semejante a las hifas de los hongos que parasitan plantas.

Miles de especies de hongos (principalmente ascomicetos) forman líquenes (**FIGURA 22-12**), cada una en combinación con un número mucho más reducido de especies de algas o bacterias. Juntos, estos organismos forman unidades tan resistentes y autosuficientes que los líquenes se cuentan entre los primeros seres vivos en colonizar las islas volcánicas de reciente formación. Asimismo los líquenes de brillantes colores han invadido otros hábitat inhóspitos, desde desiertos hasta el Ártico, y crecen incluso en la roca desnuda. Como es de suponer, en ambientes extremos los líquenes crecen con gran lentitud; así, por ejemplo, las colonias árticas se expanden a razón

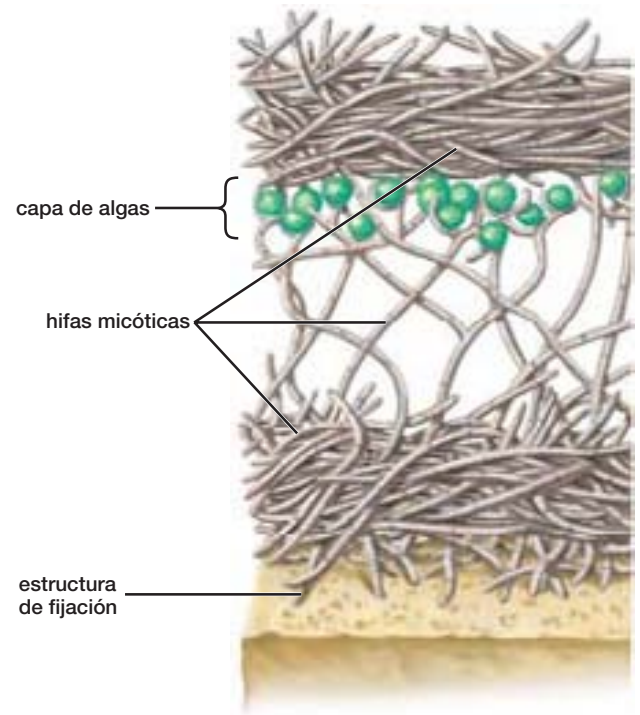


FIGURA 22-11 El líquen: una asociación simbiótica

La mayoría de los líquenes tienen una estructura en capas, limitada en las partes superior e inferior por una capa externa de hifas micóticas. Las estructuras de fijación formadas por hifas micóticas emergen de la capa inferior y anclan el líquen a una superficie, como una roca o un árbol. Una capa de algas donde las algas y los hongos crecen en estrecha asociación reside debajo de la capa superior de hifas.



a)



b)

FIGURA 22-12 Diversos líquenes

a) Un líquen incrustado de vistosos colores, que crece sobre una roca seca, ilustra la tenaz independencia de esta combinación simbiótica de hongo y alga.



FIGURA 22-13 Las micorrizas favorecen el crecimiento de las plantas

Hifas de micorrizas entrelazadas en torno a la raíz de un álamo temblón. Las plantas crecen mucho mejor en asociación simbiótica con estos hongos, que ayudan a poner los nutrientes y el agua a disposición de las raíces.

de 2.5 a 5 centímetros cada 1000 años. Pese a su lento crecimiento, los líquenes persisten durante largos periodos; algunos líquenes del Ártico tienen más de 4000 años de edad.

Las micorrizas son hongos asociados con las raíces de plantas

Las **micorrizas** son importantes asociaciones simbióticas entre hongos y raíces de plantas. Se sabe de más de 5000 especies de hongos micorrícicos (que incluyen representantes de todos los grupos de hongos principales) que crecen en asociación íntima con alrededor del 80 por ciento de todas las plantas con raíces, incluyendo la mayoría de los árboles. Las hifas de los hongos micorrícicos rodean la raíz de la planta e invaden sus células (**FIGURA 22-13**).

Las micorrizas ayudan a las plantas a alimentarse

La asociación entre plantas y hongos beneficia a ambos socios. Los hongos micorrícicos reciben moléculas de azúcar ricas en energía que las plantas producen por fotosíntesis y que pasan de sus raíces al hongo. En cambio, el hongo digiere y absorbe minerales y nutrientes orgánicos del suelo, y pasa algunos de ellos directamente a las células de la raíz. Los experimentos demuestran que el fósforo y el nitrógeno, nutrientes fundamentales para el crecimiento vegetal, están entre las moléculas que las micorrizas llevan del suelo a las raíces. Estos hongos también absorben agua y la transfieren a la planta, lo cual constituye una ventaja para ésta en los suelos arenosos secos.

La vida común entre las micorrizas y las plantas tiene una contribución esencial para la vitalidad de las plantas terrestres. Las plantas que carecen de micorrizas suelen ser más pequeñas y más débiles que las plantas con hongos micorrícicos. De manera que la presencia de micorrizas incrementa la productividad general de las comunidades vegetales en la Tierra y, por ende, aumenta la capacidad para sustentar animales y otros organismos que dependen de las plantas.

Las micorrizas ayudan a las plantas a probar la tierra

Algunos científicos piensan que las asociaciones micorrícicas pudieron haber sido importantes en la invasión de la tierra por las plantas hace más de 400 millones de años. Una rela-

ción así entre un hongo acuático y una alga verde (antepasado de las plantas terrestres) quizás haya ayudado al alga a adquirir el agua y los nutrientes minerales que necesitaba para sobrevivir fuera del agua.

El registro de fósiles es congruente con la hipótesis de que las micorrizas jugaron un papel importante en la colonización de la tierra por parte de las plantas. El fósil más antiguo de los hongos terrestres tiene aproximadamente 460 millones de años de antigüedad, casi la misma edad que los fósiles más viejos de las plantas terrestres. Tales hallazgos sugieren que los hongos y las plantas invadieron la tierra al mismo tiempo y quizá juntos. Además, los fósiles vegetales que se formaron poco después de dicha invasión muestran estructuras de raíces distintivas, parecidas a aquellas que se forman actualmente como respuesta ante la presencia de micorrizas. Esos fósiles muestran que micorrizas totalmente desarrolladas estuvieron presentes muy al principio de la evolución de las plantas terrestres y sugieren que una asociación planta-hongo más sencilla quizás ocurrió incluso antes.

Los endófitos son hongos que viven dentro de los tallos y las hojas de las plantas

La íntima asociación entre hongos y plantas no se limita a las micorrizas de la raíz. También se han encontrado hongos que viven dentro de tejidos que habitan en la superficie terrestre de prácticamente todas las especies vegetales en que se ha buscado su presencia. Algunos de estos **endófitos** (organismos que viven dentro de otro organismo) son parásitos que provocan enfermedades de las plantas; sin embargo, muchos —tal vez la mayoría— son benéficos para el huésped. Los casos mejor estudiados de endófitos micóticos benéficos son las especies de ascomicetos que viven dentro de las células de las hojas de muchas especies de césped. Estos hongos producen sustancias que son desagradables o tóxicas para los insectos y los mamíferos de pastoreo, y ayuda a proteger al césped de tales depredadores.

La protección contra depredadores que brindan los endófitos micóticos resulta tan suficientemente eficaz que los científicos están trabajando arduamente para descubrir una forma de desarrollar pastos que no tengan endófitos. Los caballos, las vacas y otros animales importantes de pastoreo suelen evitar comer césped que contienen endófitos. Cuando sólo está disponible como alimento el césped que contiene endófitos, los animales que lo consumen sufren de mala salud y lento crecimiento.

Algunos hongos son recicladores importantes

Al igual que las micorrizas y los endófitos, algunos hongos juegan un papel importante en el crecimiento y la conservación del tejido vegetal. No obstante, otros hongos juegan un papel similar en su destrucción. Únicos entre los organismos, los hongos pueden digerir tanto lignina como celulosa, las moléculas que forman la madera. Cuando un árbol u otra planta leñosa muere, sólo los hongos son capaces de descomponer sus restos.

Los hongos son los “empleados funerarios” de nuestro planeta, pues consumen no sólo madera muerta sino los “cadáveres” de todos los reinos. Los hongos que son **saprófitos** (que se alimentan de organismos muertos) regresan las sustancias componentes del tejido muerto a los ecosistemas de los cuales provienen. Las actividades digestivas extracelulares de los



FIGURA 22-14 Tizón del maíz

Este basidiomiceto patógeno ocasiona pérdidas por millones de dólares cada año en los cultivos de maíz. No obstante, incluso una plaga como el tizón del maíz tiene sus admiradores. En México, este hongo se conoce con el nombre de *huitlacoche* y se considera una delicia culinaria.

hongos saprofitos liberan nutrientes que las plantas pueden utilizar. Si los hongos y las bacterias desaparecieran repentinamente, las consecuencias serían desastrosas. Los nutrientes permanecerían encerrados en los cuerpos de plantas y animales muertos, el reciclaje de los nutrientes se detendría, la fertilidad del suelo disminuiría rápidamente, y los restos tanto orgánicos como no orgánicos se acumularían. En pocas palabras, el ecosistema se colapsaría.

22.4 ¿CÓMO AFECTAN LOS HONGOS A LOS SERES HUMANOS?

Por lo general, la gente piensa poco en los hongos, salvo quizá cuando aprecia ocasionalmente y por un momento el sabor de los champiñones en una pizza. Sin embargo, los hongos desempeñan un papel importante en la vida humana.

Los hongos atacan plantas que son importantes para las personas

Los hongos son causa de la mayoría de las enfermedades de las plantas y algunas de las plantas que infectan son importantes para los seres humanos. Por ejemplo, los hongos patógenos tienen un efecto devastador en la provisión de alimentos del mundo. Las plagas a vegetales por los basidiomicetos, que llevan los descriptivos nombres de *royas* y *tizones*, son particularmente nocivas y provocan daños por miles de millones de dólares cada año en los cultivos de cereales (FIGURA 22-14). Las enfermedades micóticas influyen asimismo en la apariencia de nuestros paisajes. El olmo americano y el castaño americano, dos especies de árboles que hace tiempo sobresalían en los parques, patios y bosques de Estados Unidos, fueron destruidos en escala masiva por los ascomicetos que causan la enfermedad del olmo holandés y la plaga del castaño. Actualmente pocos estadounidenses recuerdan las gráciles formas de los grandes olmos y castaños, pues casi han desaparecido por completo del paisaje.

Los hongos continúan atacando los tejidos vegetales mucho después de haber sido cosechados para uso humano. Para consternación de los propietarios de viviendas, una multitud de especies de hongos atacan la madera y la pudren. Ciertos mohos ascomicetos secretan las enzimas celulasa y proteasa, que causan importantes daños a los productos textiles de algodón y lana, especialmente en los climas húmedos y calurosos donde prosperan los mohos.

No obstante, los efectos de los hongos en la agricultura y la silvicultura no son todos negativos. Los hongos parásitos que atacan insectos y otras plagas de artrópodos pueden ser un importante aliado en el combate contra las plagas (FIGURA 22-15a). Los agricultores que desean reducir su dependencia de los plaguicidas químicos caros y tóxicos están usando cada vez más los métodos biológicos para el control de plagas, in-



a)



b)

FIGURA 22-15 Un útil hongo parásito

Los hongos patógenos pueden ser útiles para los seres humanos. Por ejemplo, un hongo como a) el *Cordyceps*, una especie que mató a un saltamontes, es utilizado por los granjeros para controlar las plagas de insectos. b) Algunos hongos podrían utilizarse para proteger a los seres humanos contra las enfermedades. Un mosquito portador de la malaria infectado por un *Beauveria* se transforma de un animal saludable (parte superior) en un cadáver incrustado en un hongo en menos de dos semanas.

cluyendo las aplicaciones de “fungicidas”. En la actualidad se usan hongos patógenos para combatir diversas plagas, como termitas, el gorgojo del arroz, la oruga de librea, los áfidos y los ácaros de los cítricos. Además, los biólogos han descubierto que ciertos hongos atacan y matan especies de mosquitos que transmiten la malaria (FIGURA 22-15b). Se planea clasificar estos hongos para luchar contra una de las enfermedades más mortíferas del mundo.

Los hongos producen enfermedades humanas

El reino Fungi incluye especies parásitas que atacan directamente a los seres humanos. Entre las enfermedades micóticas más conocidas están las provocadas por ascomicetos que atacan la piel: pie de atleta, tiña inguinal y sarna. Estas enfermedades, aunque son desagradables, no ponen en riesgo la vida y, por lo general, se tratan eficazmente con ungüentos antimicóticos. Un tratamiento oportuno habitualmente consigue combatir otra enfermedad micótica común: las infecciones vaginales causadas por la levadura *Candida albicans* (FIGURA 22-16). Los hongos también infectan los pulmones cuando la víctima inhala esporas de los hongos causantes de enfermedades como la fiebre de los valles y la histoplasmosis. Al igual que otras infecciones por hongos, cuando se diagnostican oportuna y correctamente, estas enfermedades se pueden combatir con medicamentos antimicóticos; sin embargo, si no se tratan, llegan a convertirse en infecciones sistémicas graves. El cantante Bob Dylan, por ejemplo, enfermó gravemente de histoplasmosis cuando el hongo infectó su pericardio, es decir, la membrana que envuelve el corazón.

Los hongos pueden producir toxinas

Además de su papel como agentes de enfermedades infecciosas, algunos hongos producen toxinas peligrosas para los seres humanos. De particular interés son las toxinas que producen los hongos que crecen sobre los granos y otros alimentos que fueron almacenados en condiciones de excesiva humedad. Por ejemplo, los mohos del género *Aspergillus* producen unos compuestos cancerígenos altamente tóxicos conocidos como aflatoxinas. Algunos alimentos, como los cacahuates, parecen especialmente susceptibles al ataque por *Aspergillus*. Desde que se descubrieron las aflatoxinas en la década de 1960, los cultivadores y procesadores de alimentos han ideado métodos para reducir el crecimiento de *Aspergillus* en las cosechas almacenadas, de manera que se logró disminuir considerable-

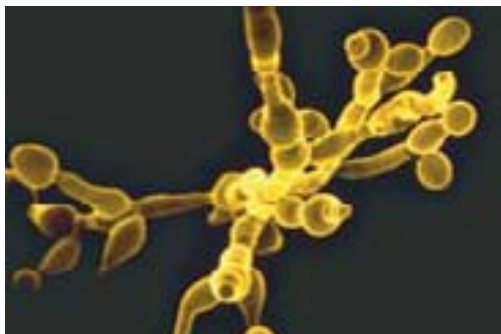


FIGURA 22-16 La insólita levadura

Las levaduras son unos ascomicetos fuera de lo común, normalmente no filamentosos, que se reproducen casi siempre por gemación. La levadura que aquí se muestra es *Candida*, una causa frecuente de infecciones vaginales.

mente la cantidad de aflatoxina en la mantequilla de cacahuete que consumimos.

Un hongo productor de toxinas tristemente célebre es el ascomiceto *Claviceps purpurea*, que infecta las plantas de centeno y causa una enfermedad conocida como cornezuelo del centeno. Este hongo produce varias toxinas que afectan a los seres humanos, cuando el centeno infectado se muele para convertirlo en harina y luego se consume. Esto sucedió con mucha frecuencia en el norte de Europa durante la Edad Media, con efectos devastadores. En ese tiempo, la intoxicación por cornezuelo era generalmente mortal, pero antes de morir, las víctimas experimentaban unos síntomas terribles. Una de las toxinas del cornezuelo es vasoconstrictora, lo cual significa que constriñe los vasos sanguíneos y reduce el flujo de sangre. El efecto puede ser tan intenso que genera gangrena y las extremidades se consumen y caen en pedazos. Otras toxinas del cornezuelo producen síntomas como sensación que- mante, vómito, espasmos convulsivos y alucinaciones vívidas. En la actualidad, las nuevas técnicas agrícolas han permitido eliminar eficazmente la intoxicación por cornezuelo del centeno; aunque permanece un legado en la forma de la droga alucinógena LSD, que es un derivado de un componente de las toxinas del cornezuelo.

Muchos antibióticos se derivan de los hongos

Los hongos también han tenido repercusiones positivas en la salud humana. La era moderna de los medicamentos antibióticos que salvan vidas se inició con el descubrimiento de la penicilina, que es producida por un moho ascomiceto (FIGURA 22-17; véase la figura 1-5). La penicilina todavía se utiliza, junto con otros antibióticos derivados de hongos, como la oleanomicina y la cefalosporina, para combatir enfermedades bacterianas. Otros fármacos importantes también provienen de los hongos, entre ellos la ciclosporina, que se utiliza para suprimir la respuesta inmunitaria durante los trasplantes de órganos y reducir así la tendencia del organismo a rechazar el órgano extraño.



FIGURA 22-17 *Penicillium*

Penicillium que crece sobre una naranja. Las estructuras reproductoras, que recubren la superficie del fruto, son visibles; debajo de ellas, las hifas extraen alimento del interior. El antibiótico penicilina se aisló por primera vez de este hongo. PREGUNTA: ¿Por qué algunos hongos producen químicos antibióticos?

GUARDIÁN DE LA TIERRA

El caso de las setas que desaparecen

Los micólogos, es decir, los científicos que estudian los hongos, y los cocineros gastronómicos parecen tener poco en común; no obstante, en tiempos recientes los ha unido una preocupación común: las setas están disminuyendo rápidamente en términos de número, tamaño promedio y diversidad de especies. Aunque el problema se reconoce con más facilidad en Europa, donde la gente recolecta setas silvestres desde hace siglos, los micólogos estadounidenses están alarmados, pues también en Estados Unidos podría estar ocurriendo esa disminución. ¿Por qué están desapareciendo las setas? La recolección excesiva de setas comestibles no es la causa, porque las formas tóxicas están sufriendo el mismo fenómeno. La pérdida es evidente en cualquier tipo de bosques maduros, por lo que los cambios en las prácticas de administración de los bosques no podrían ser la causa. El agente más probable es la contaminación del

aire, porque la pérdida de setas es máxima donde el aire presenta los niveles más altos de ozono, azufre y nitrógeno.

Aunque los micólogos aún no establecen con exactitud cómo daña la contaminación del aire a los hongos, los indicios son claros. En Holanda, por ejemplo, el número promedio de especies de hongos por cada 1000 metros cuadrados ha descendido de 37 a 12 en las últimas décadas. Veinte de las 60 especies estudiadas en Inglaterra están disminuyendo. La preocupación es aún mayor por el hecho de que los hongos más afectados son aquellos cuyas hifas forman asociaciones micorrízicas con las raíces de los árboles. Los árboles con menos micorrizas tienen menor resistencia a las sequías periódicas o a las rachas de frío intenso. Debido a que la contaminación del aire también daña directamente los bosques, la pérdida adicional de las micorrizas podría ser devastadora.

Los hongos hacen importantes aportaciones a la gastronomía

Los hongos hacen una importante contribución a la nutrición humana. Los componentes más evidentes de esta aportación son los hongos que consumimos directamente: champiñones y setas basidiomicetos tanto silvestres como cultivados, y ascomicetos como las morillas y la rara y apreciada trufa (véase la sección: “Conexiones evolutivas: El ingenio de los hongos: Cerdos, escopetas y lazos”). El papel de los hongos en la cocina, no obstante, también implica manifestaciones menos visibles. Por ejemplo, algunos de los quesos más famosos del mundo, como el Roquefort, el Camembert, el Stilton y el Gorgonzola, deben sus sabores característicos a los mohos ascomicetos que crecen en ellos mientras maduran. Quizá los contribuyentes micóticos más importantes y omnipresentes al suministro de alimentos, sin embargo, sean los ascomicetos unicelulares (unas pocas especies son basidiomicetos) conocidos como *levaduras*.

El vino y la cerveza se elaboran utilizando levaduras

que las levaduras cumplan su cometido es necesario hacer germinar los granos de cebada (recuérdese que los granos son en realidad semillas). Con la germinación, las plantas producen carbohidratos, por lo que la cebada germinada constituye una excelente fuente de alimento para las levaduras. Al igual que en el caso del vino, la fermentación convierte los azúcares en alcohol, pero los cerveceros atrapan el dióxido de carbono que se forma al mismo tiempo, para dar a la cerveza su característica carbonatación formadora de burbujas.

Las levaduras hacen que el pan se esponje

En la elaboración del pan, el dióxido de carbono es el producto de fermentación más importante. Las levaduras que se agregan a la masa de pan producen tanto alcohol como dióxido de carbono; pero el alcohol se evapora durante el horneado. En cambio, el dióxido de carbono queda atrapado en la masa, donde forma las burbujas que dan al pan su textura ligera y esponjosa (y nos salva de tener que comer emparedados de galleta toda la vida). Así, la próxima vez que usted disfrute de una rebanada de pan francés con queso Camembert y un buen vaso de Chardonnay, o una rebanada de pizza acompañada de una botella muy fría de su cerveza favorita, será bueno agradecerlo en silencio a las levaduras. Nuestra dieta sería sin duda mucho más insípida sin la ayuda que nos brindan nuestros socios micóticos.

CONEXIONES EVOLUTIVAS

El ingenio de los hongos: Cerdos, escopetas y lazos

La selección natural, ejercida a lo largo de millones de años sobre las diversas formas de hongos, ha producido algunas notables adaptaciones que permiten a los hongos dispersar sus esporas y obtener nutrientes.

La trufa, rara y deliciosa

Aunque muchos hongos son apreciados como alimento, ninguno se busca con tanta avidez como la trufa (FIGURA 22-18

ENLACES CON LA VIDA

Recolecta con cuidado

A principios de la década de 1980, los médicos en un hospital de California notaron una curiosa tendencia. En unos cuantos meses se incrementó significativamente el número de pacientes que ingresaban para recibir el tratamiento por envenenamiento, y muchos de éstos murieron. ¿Qué causó ese repentino brote de envenenamiento? La investigación posterior reveló que en la mayoría de los casos las víctimas fueron inmigrantes recientes de Laos o Camboya. Luchando por adaptarse a su nuevo país, se sintieron maravillados al descubrir que los bosques californianos contenían setas que eran muy parecidas a las que colectaban para alimentarse en Asia. Por desgracia, la semejanza era sólo superficial; las setas eran en efecto especies venenosas. La búsqueda de estos inmigrantes para encontrar "alimentos emocionalmente nostálgicos" tuvo consecuencias funestas.

En general, los inmigrantes de países donde los hongos se colectan comúnmente han demostrado ser especialmente susceptibles al envenenamiento con setas tóxicas. Sin embargo, no son las únicas víctimas: cada año varios niños pequeños, recolectores inexpertos e invitados desafortunados a comidas gourmet realizan viajes inesperados al hospital después de ingerir setas silvestres venenosas.

Tal vez resulte divertido y gratificante recolectar setas silvestres, las cuales ofrecen algunos de los sabores más ricos y complejos que el ser humano puede experimentar. Pero si tú decides salir a recolectar, ten mucho cuidado porque algunos de los venenos más mortíferos conocidos están en las setas. En especial destacan por su veneno ciertas especies del género *Amanita*, cuyos sugerentes nombres comunes son sombrero de la muerte y ángel destructor (FIGURA E22-1). Tales nombres se ganaron a pulso, ya que incluso una sola mordida a alguna de estas

setas podría ser mortal. El daño por las toxinas de la *Amanita* es más severo en el hígado, donde se suelen acumular las toxinas. A menudo las víctimas de envenenamiento con *Amanita* logran salvarse únicamente trasplantándoles un hígado. Así que asegúrate de proteger tu salud invitando a un experto a que te acompañe en tus expediciones en busca de setas.



FIGURA E22-1 El ángel destructor

El basidiomiceto *Amanita virosa* produce setas que pueden resultar mortales.



FIGURA 22-18 La trufa

Las trufas, unos ascomicetos poco comunes (cada uno del tamaño de una pequeña manzana), son un manjar gastronómico.

Cuando los cerdos excitados desentierran y devoran la trufa, millones de esporas se dispersan en el aire. Los recolectores de trufas utilizan cerdos con bozal para buscar a su presa. ¡Un buen cerdo trufero puede oler una trufa del subsuelo a 50 metros de distancia! En la actualidad los perros son los asistentes más comunes de los buscadores de trufas.

El método de la escopeta para dispersar esporas

Si uno se acerca lo suficiente a un montón de estiércol de caballo para escudriñarlo, quizá consiga observar las hermosas y delicadas estructuras reproductoras del cigomiceto *Pilobolus* (FIGURA 22-19). No obstante su finura, se trata en realidad de escopetas micóticas. Los bulbos transparentes, rematados con estuches de esporas negros y pegajosos, se extienden a partir de hifas que penetran en el estiércol. Conforme los bulbos maduran, la concentración de azúcar en su interior aumenta y succionan agua por ósmosis. Entre tanto, el bulbo comienza a debilitarse inmediatamente por debajo del sombrero. De improviso, y como un globo inflado en exceso, el bulbo revienta y lanza su estuche de esporas hasta una altura de un metro.

Las esporas arrastradas por el aire quizá se depositen en algunas hojas de césped, porque el *Pilobolus*



FIGURA 22-19 Un cigomiceto explosivo

Las delicadas y translúcidas estructuras reproductoras del cigomiceto *Pilobolus* se vuelan literalmente la cabeza cuando están maduras, para dispersar las cápsulas negras con su carga de esporas.



FIGURA 22-20 Némesis de los nematodos

Arthrobotrys, el estrangulador de nematodos (gusanos redondos), atrapa a su presa en una hifa modificada semejante a un lazo corredizo, la cual se hincha cuando algo entra en contacto con la superficie interior del lazo.

las consume un herbívoro, quizás un caballo, al pastar. Más tarde, y a cierta distancia de ahí, el caballo depositará un montón de estiércol fresco con esporas de *Pilobolus* que han pasado intactas a través de su conducto digestivo. Las esporas germinan y las hifas, al crecer, penetran en el estiércol (que es una rica fuente de nutrimentos) y, finalmente, lanzan nuevos proyectiles para continuar con este ingenioso ciclo.

La némesis de los nematodos

Los *nematodos* (gusanos redondos) microscópicos abundan en los suelos ricos; en tanto que los hongos han perfeccionado varias formas fascinantes de hifas para atrapar nematodos, que les permiten explotar esta rica fuente de proteína. Cier-

tos hongos producen vainas pegajosas que se adhieren a los nematodos que pasan y penetran en el cuerpo del gusano mediante hifas, las cuales comienzan entonces a digerir al gusano desde adentro. Una especie lanza una espora microscópica parecida a un arpón hacia los nematodos que pasan; la espora se convierte en un nuevo hongo dentro del gusano. El estrangulador de hongos *Arthrobotrys* produce lazos formados de tres células hifales. Cuando un nematodo entra en el lazo, su contacto con las partes internas del lazo es un estímulo que provoca que las células de éste se hinchen de agua (FIGURA 22-20). En una fracción de segundo, el orificio se contrae y atrapa al gusano. Después, las hifas del hongo penetran y se dan un banquete con su presa.

OTRO VISTAZO AL ESTUDIO DE CASO HONGOS DESCOMUNALES



¿Por qué el hongo *Armillaria* crece tanto? En parte su tamaño se debe a su capacidad para formar rizomorfos, los cuales consisten en hifas agrupadas dentro de una corteza protectora. Las hifas así encerradas llevan nutrimentos a los rizomorfos, y les permiten extenderse grandes distancias por las áreas con insuficiencia de nutrimentos, para obtener nuevas fuentes de alimentos. Los hongos *Armillaria*, entonces, pueden crecer más allá de los límites de una región específica rica en alimento.

Otro factor que puede contribuir con el enorme tamaño del *Armillaria* de Oregon es el clima donde se encuentra. En esta región árida, los cuerpos fructíferos micóticos se

forman sólo rara vez, de manera que el colosal *Armillaria* rara vez produce esporas. En ausencia de esporas que podrían desarrollarse como nuevos individuos, el individuo existente enfrenta poca competencia por los recursos, y está en libertad para crecer y cubrir una área cada vez más grande.

El descubrimiento del espécimen de Oregon es únicamente el último capítulo de una benéfica "guerra de los hongos" a largo plazo, que empezó en 1992 con el descubrimiento de la primera seta enorme, un *Armillaria gallica* de 150,000 m² que crece en Michigan. Desde ese importante descubrimiento inicial, los grupos de investigadores en Michigan, Washington, y Oregon se han enfrascado en una amistosa competencia para encontrar el hongo más grande. ¿Algún

día se romperá el récord existente? Permanece atento.

Piensa en esto Como todo el *Armillaria* de Oregon creció a partir de una sola espora, todas sus células son genéticamente idénticas. Sin embargo, no todas sus partes son fisiológicamente dependientes entre sí, por lo que es poco probable que alguna sustancia recorra los 9 kilómetros cuadrados del micelio. Tampoco hay una epidermis, membrana o corteza que cubra todo el micelio y lo aisle del ambiente como una unidad. ¿La uniformidad genética del hongo es evidencia suficiente para considerarse un solo individuo, o se requiere de una mayor integración fisiológica? ¿Crees que sea válido el título de "el organismo más grande del mundo"?

REPASO DEL CAPÍTULO

RESUMEN DE CONCEPTOS CLAVE

22.1 ¿Cuáles son las principales características de los hongos?

Los cuerpos micóticos se componen generalmente de hifas filamentosas, que son multicelulares o multinucleadas, y forman grandes redes entrelazadas llamadas micelios. Los núcleos de los hongos por lo común son haploides. Una pared celular de quitina envuelve las células micóticas.

Todos los hongos son heterótrofos, secretan enzimas digestivas afuera de su cuerpo y absorben los nutrientes que se liberan.

Los hongos se reproducen de formas variadas y complejas. La reproducción asexual se lleva a cabo ya sea por fragmentación del micelio o por formación de esporas asexuales. Las esporas sexuales se forman una vez que los núcleos haploides se fusionan para formar un cigoto diploide, que sufre meiosis para formar esporas sexuales haploides. Las esporas, tanto asexuales como sexuales, producen micelios haploides por mitosis.

Web tutorial 22.1 La estructura y reproducción de los hongos

22.2 ¿Cuáles son los principales grupos de hongos?

Los principales *fila* de los hongos, así como sus características, se resumen en la tabla 22-1.

Web tutorial 22.2 Clasificación de los hongos

22.3 ¿Cómo interactúan los hongos con otras especies?

Un líquen es una asociación simbiótica entre un hongo y algas o cianobacterias. Esta combinación autosuficiente puede colonizar rocas desnudas. Las micorrizas son asociaciones entre hongos y las raíces de casi todas las plantas vasculares. El hongo obtiene sus nutrientes fotosintéticos de las raíces de la planta y, a cambio, lleva agua y nutrientes del suelo circundante al interior de la raíz. Los endófitos son hongos que crecen dentro de las hojas o los tallos de las plantas, y que ayudan a proteger las plantas que los tienen. Los hongos saprofitos son agentes de descomposición sumamente importantes en los ecosistemas. Sus cuerpos filamentosos penetran en los suelos ricos y en el material orgánico en descomposición, y liberan nutrientes por digestión extracelular.

22.4 ¿Cómo afectan los hongos a los seres humanos?

La mayoría de las enfermedades de las plantas se deben a hongos parásitos. Algunos hongos parásitos ayudan a combatir las plagas de insectos en los cultivos. Otros producen enfermedades humanas, como la tiña, el pie de atleta y las infecciones vaginales ordinarias. Algunos hongos producen toxinas que pueden dañar a los seres humanos. Pese a ello, los hongos confieren variedad a las opciones alimentarias humanas; en tanto que la fermentación con hongos permite elaborar vino, cerveza y pan.

TÉRMINOS CLAVE

ascomiceto pág. 429

asca pág. 429

basidio pág. 429

basidiomiceto pág. 429

basidiospora pág. 429

cigomiceto pág. 426

cigospora pág. 429

espora pág. 425

esporangio pág. 426

hifa pág. 424

hongo con saco

pág. 429

hongo de clava pág. 429

líquen pág. 430

micelio pág. 424

micorriza pág. 432

quitridiomietos

pág. 425

septo pág. 424

RAZONAMIENTO DE CONCEPTOS

Describe la estructura del cuerpo micótico. ¿En qué difieren las células micóticas de la mayoría de las células vegetales y animales?

¿Qué parte del cuerpo micótico está representada por las setas, los bejines y otras estructuras similares? ¿Por qué sobresalen del suelo dichas estructuras?

¿Cuáles son dos enfermedades de las plantas, causadas por hongos parásitos, que han tenido enormes repercusiones en los bosques de Estados Unidos? ¿A qué *fila* pertenecen estos hongos?

Menciona algunos hongos que ataquen los cultivos. ¿A qué filum pertenece cada uno?

5. Describe la reproducción asexual de los hongos.

6. ¿Cuál es el ingrediente estructural principal de la pared celular de los hongos?

7. Señala los principales *fila* de los hongos, describe la característica de la que cada una toma su nombre y cita un ejemplo de cada una.

8. Describe la formación de un anillo de hada en setas. ¿Por qué existe una relación entre el diámetro y la edad del anillo?

9. Describe dos asociaciones simbióticas entre hongos y organismos de otros reinos. En cada caso, explica el efecto de estas asociaciones en cada uno de los socios.