

Geastrum schmidelii Vitt. (= *G. nanum* Pers.)
Geastrum triplex Jungh.
Lycoperdon perlatum Pers.: Pers.
Lycoperdon spadiceum Pers.
Mycenastrum corium (Guers.: DC.) Desvaux
Pisolithus arrhizus (Scop.: Pers.) Rausch.
Tulostoma fimbriatum Fr.
Tulostoma moravecii Pouzar
Tulostoma pseudopulchellum Moreno, Altés & Wright
Tulostoma simulans Lloyd
Tulostoma volvulatum Borsh.

III. INTRODUCCIÓN

Este libro pretende, pues, ser una guía de los hongos que se desarrollan en Alcalá de Henares. Pero antes de pasar revista a algunos de estos seres vivos tan interesantes debemos hacernos una sencilla pregunta: ¿qué son los hongos? Términos como “hongo”, “seta”, “champiñón”, “boletó”, etc., todos ellos familiares a la vez que confusos, necesitan de alguna aclaración previa. Vamos, por ello, a desarrollar un pequeño capítulo introductorio en el que trataremos de explicar qué son los hongos, dónde podemos encontrar hongos, cómo es su ciclo vital, cuáles son los modos de vida que presentan estos organismos, bajo qué formas o con qué carpóforos pueden fructificar, y, por último, veremos en qué tipo de hábitats podemos encontrar hongos en Alcalá de Henares.

A. Concepto de hongo. El concepto de hongo ha variado considerablemente a lo largo de la historia, a medida que la ciencia ha ido avanzando. Además, el concepto de hongo puede variar según los libros y autores que consultemos. ALEXOPOULOS & al. (1996) definen los hongos como organismos eucariontes, productores de esporas, carentes de clorofila y que se nutren por absorción, que por lo general se reproducen sexual y asexualmente, y cuyas estructuras somáticas, conocidas como hifas, están rodeadas por paredes celulares. MARGULIS & al. (1990) los definen como organismos haploides y dicarióticos que se desarrollan a partir de esporas capaces de resistir la desecación, y que carecen de flagelos en todos los estadios de su ciclo vital. Para KENDRICK (1992) los hongos son organismos heterótrofos, que se nutren por absorción, que tienen generalmente un cuerpo más bien difuso, tubuloso y ramificado, y que producen algún tipo de esporas. Según BARTNICKI-GARCÍA (1996) los hongos constituyen un grupo natural de organismos eucariontes que comparten dos características: anatómicamente su principal modo de desarrollo somático es el micelio; y fisiológicamente su nutrición está basada en la absorción de materia orgánica. HAWKSWORTH (1991) los define como aquellos organismos estudiados por los Micólogos, reconociendo, sin embargo, que este concepto es arbitrario. Como vemos, el concepto de hongo está lejos de ser unánime entre los diferentes científicos. Pero veamos qué dice el diccionario de la Real Academia Española: “cualquiera de las plantas talófitas, sin clorofila, de tamaño muy variado y reproducción preferentemente asexual, por esporas, que son parásitas o viven sobre materias orgánicas en descomposición; su talo, ordinariamente filamentoso y ramificado y conocido con el nombre de micelio, absorbe los principios orgánicos nutritivos que existen en el medio (...)”. En síntesis, en vez de aclarar lo que son los hongos, esta última definición introduce aún mayor confusión, si cabe, al decir que los hongos son plantas, afirmación totalmente alejada de la realidad. Ha llegado por tanto el momento de aclarar, a la luz de los conocimientos científicos actuales, qué es un hongo.

Los hongos son organismos eucariontes provistos de un cuerpo vegetativo,

denominado **micelio**, más o menos desarrollado y compuesto por filamentos ramificados, denominados **hifas**, recubiertos de una pared celular; además, son seres heterótrofos: es decir, que no son capaces de elaborar su propio alimento como las plantas, sino que deben absorberlo a partir de materia orgánica. Para ello, realizan una digestión extracelular de diversos compuestos orgánicos de elevado peso molecular, transformándolos en unidades de menor peso que son absorbidas a través de las paredes celulares.

A pesar de que durante mucho tiempo los hongos han sido considerados como un tipo de plantas, los hongos nada tienen que ver con éstas. Las plantas son seres autótrofos, capaces de elaborar su propio alimento, y tienen paredes celulares compuestas por celulosa. En cambio, los hongos tienen paredes celulares constituidas por quitina, compuesto que también se encuentra en el exoesqueleto de los artrópodos (un grupo de animales). De hecho, los hongos son unos organismos que están emparentados mucho más de cerca con los animales que con las plantas. Ahora bien, los organismos que tradicionalmente se denominan hongos agrupan también a otros seres, como los llamados “hongos mucilaginosos” (mixomicetes) o los mildius (oomicetes); éstos, en realidad nada tienen que ver con aquellos, salvo que se reproducen por esporas y presentan estructuras reproductoras (esporangios) que recuerdan a las de ciertos hongos, además de poseer, en el caso de los últimos, un cuerpo vegetativo que también es micelial y alimentarse por absorción. Sin embargo, tal como indicaba HAWKSWORTH (1991) tanto los “hongos mucilaginosos” como los mildius han sido estudiados tradicionalmente por los micólogos, y lo siguen siendo, por lo que figuran junto a los hongos en todos los tratados, libros y guías de los mismos. Más aún, como expresa BARTNICKI-GARCIA (1996) en forma de poema:

*Si se parece a un hongo
Si crece como un hongo
Si vive como un hongo
Debe de ser un hongo.*

Esta es la razón por la que hablamos, en esta guía, de hongos sensu lato (s.l.), o lo que es lo mismo: hongos en sentido amplio, englobando además de los hongos verdaderos todos aquellos organismos con modo de vida fúngico (mixomicetes y oomicetes).

Los hongos presentan, por tanto, un cuerpo vegetativo formado por hifas o filamentos, microscópicos e invisibles para el ojo humano, que en algún momento de su ciclo vital pueden agregarse para formar estructuras, o cuerpos fructíferos, complejas que son las que conocemos con el nombre de “seta” y podemos recolectar en el campo. Por hacer un símil, podemos comparar el cuerpo vegetativo del hongo (micelio) con un manzano, y la seta o fructificación con la manzana. El manzano está siempre presente en el huerto, mientras que la manzana no. Pues bien, lo mismo pasa con nuestro hongo; siempre está presente (aunque no lo veamos), ya sea en el suelo, en un tronco, etc., en tanto que la seta o “fruto” sólo aparece en determinadas épocas, igual que la manzana (véase la fig. 9).

En muchos casos, los micelios crecen y viven durante muchos años. Esto es debido a un mecanismo por el cual las hifas crecen apicalmente en la periferia del micelio, alejándose continuamente del lugar original en el que se inició el mismo. Con el tiempo la parte central del micelio se va desintegrando y ésta es la razón por la que muchos hongos forman los llamados corros de brujas, que no son otra cosa que la fructificación de numerosos cuerpos fructíferos en la periferia de un mismo micelio.

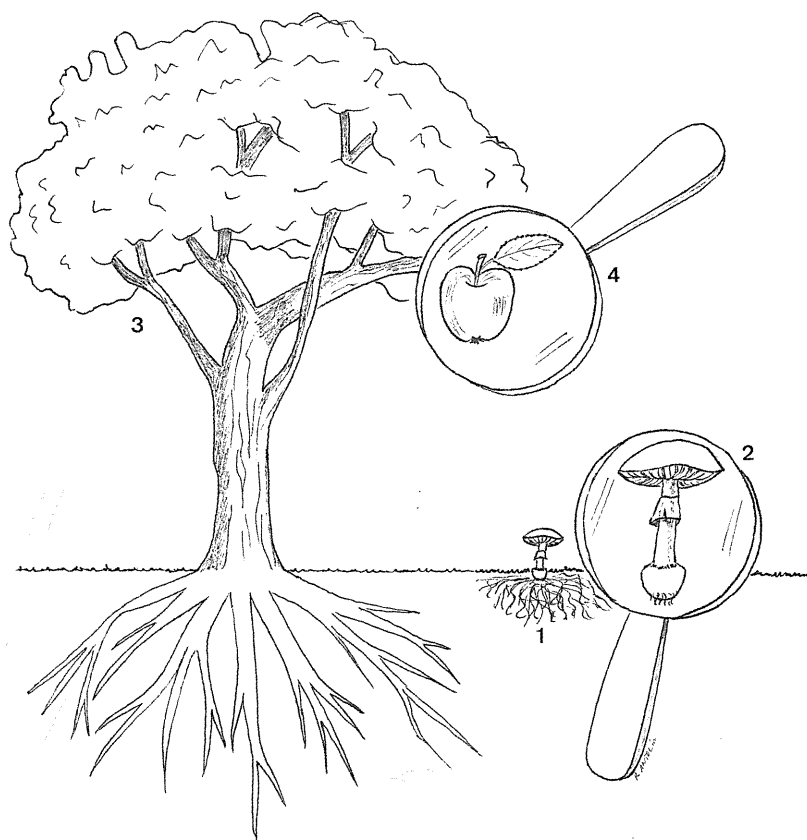


Fig. 9. Comparación del cuerpo vegetativo hipogeo y microscópico (**micelio, 1**) de un hongo, así como de su fructificación epigea (**seta, 2**), con el cuerpo vegetativo epigeo y macroscópico (**tronco, ramas y hojas, 3**) del manzano y su fructificación (**manzana, 4**).

Algunos hongos se limitan a vivir en forma de micelio, esporulando directamente sobre éste o en estructuras reproductoras microscópicas no visibles con el ojo humano. Éste es el caso de los conocidos **mohos** como, p.ej., el moho del pan (*Rhizopus stolonifer*), los mohos azules o verdes (diferentes especies de *Penicillium*), etc. Un ejemplo característico es *Penicillium roquefortii* que constituye las zonas de color azulado-verdoso que aparecen en determinados quesos como el “roquefort” o el “cabrales”; o *Penicillium camemberti* cuyas hifas y micelio forman un manto blanco que envuelve los quesos “camembert” o “brie”. En todos estos casos el cuerpo vegetativo o micelio del hongo vive y se desarrolla sobre la caseína del queso, degradándolo y dándole sus típicas características organolépticas en cuanto a sabor, untuosidad y olor.

En cambio, otros hongos son capaces de generar estructuras reproductoras muy complejas, mediante un proceso de morfogénesis, agregando sus hifas y transformándolas en diversos órganos. Entre estas estructuras se encuentran los cuerpos fructíferos o carpóforos como son las setas, boletos, pedos de lobo, trufas, etc. (véase la fig. 10).

Más adelante veremos con mayor detalle las características de estos cuerpos fructíferos o setas, ya que son ellos los que nos permiten reconocer e identificar un hongo cuando lo recolectamos en el campo. Sin embargo, antes de abordar esas cuestiones hablaremos primero de otros aspectos como son los modos de vida de los hongos, sus hábitats, sus funciones e importancia en los ecosistemas y algunos aspectos aplicados.

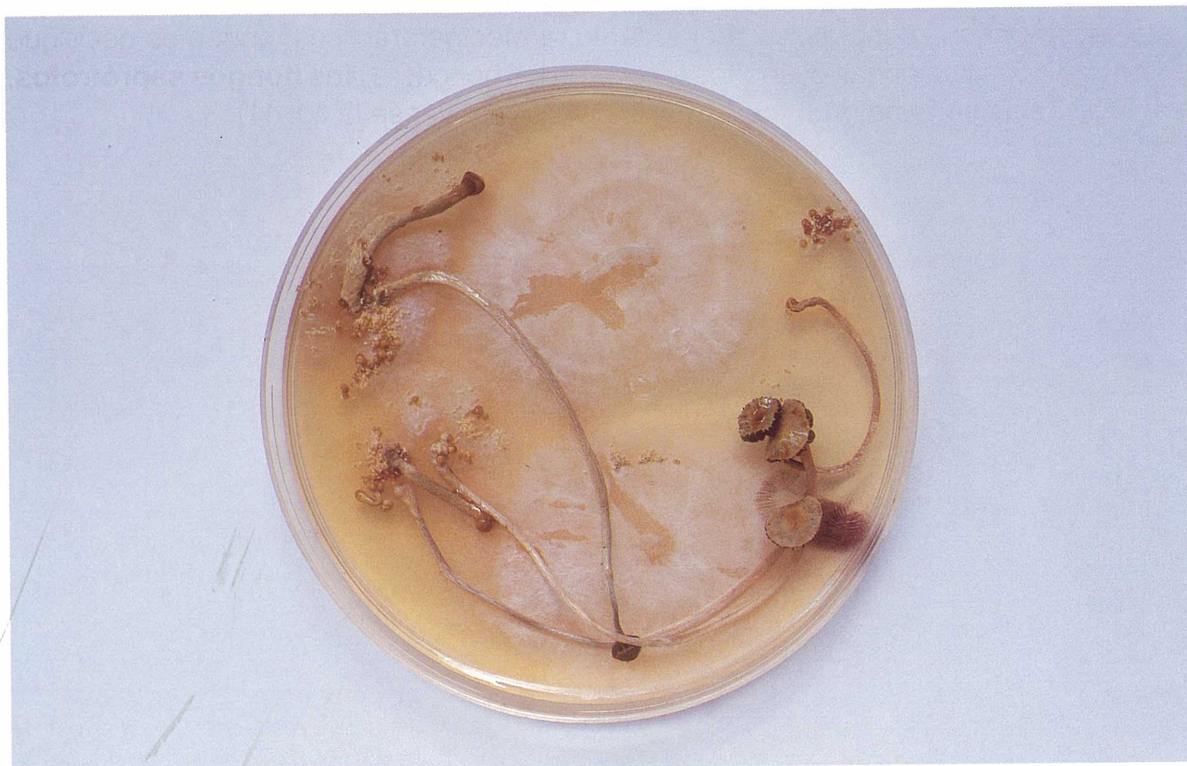


Fig. 10. En esta foto se aprecia el micelio de un hongo, *Stropharia semiglobata*, cultivado en una placa de Petri, que en un determinado momento sufre dicho proceso de morfogénesis originando cuerpos fructíferos en forma de setas.

B. ¿Dónde podemos encontrar hongos? En realidad, los hongos son organismos que pueden desarrollarse en prácticamente todos los ambientes terrestres. Allá donde exista materia orgánica susceptible de ser descompuesta y asimilada por estos organismos aparecen diferentes especies de hongos. De hecho, no existe ningún tipo de materia orgánica que sea absolutamente "irresistible" a la degradación por parte de algún tipo de hongo. Incluso muchos de los compuestos orgánicos sintéticos suelen sufrir, tarde o temprano, la acción degradadora de los hongos. En la vida cotidiana podemos encontrar muchos ejemplos de esto último: pinturas, siliconas, así como diversos productos industriales sintéticos acaban siendo "pasto" de los hongos. Por eso no resulta exagerado decir que los hongos aparecen prácticamente en cualquier lugar de la tierra, desde la Antártida (p.ej. *Antarctomyces psychrotrophicus*, un ascomicete descubierto recientemente) hasta los Trópicos, en medios terrestres o acuáticos (marinos y dulceacuícolas), etc. Pero antes de hablar de los lugares donde podemos encontrar hongos, es decir de sus hábitats, debemos analizar los modos de vida que desarrollan estos seres vivos. En general, los hongos pueden adoptar dos modos de vida bien diferenciados. El primero de ellos es el **modo de vida saprótrofo**; es decir, algunos hongos viven sobre o en materia orgánica muerta, la cual descomponen para obtener compuestos carbonados, absorbidos posteriormente a través de la pared celular de sus hifas. El segundo es el **modo de vida simbiote**; es decir, algunos hongos viven asociados, en estrecha relación, con otro ser vivo de distinta especie. Dentro del modo de vida simbiote debemos diferenciar dos situaciones: en la primera ambos organismos obtienen un beneficio de la relación. En este caso hablamos de **mutualismo** y dentro de esta categoría están los llamados hongos micorrizógenos (de los que hablaremos más adelante), los hongos liquenizados, etc. En la segunda situación, uno de los dos organismos obtiene un beneficio pero el otro sufre un claro perjuicio. En este caso hablamos de **parasitismo** y dentro de esta categoría están todos los hongos parásitos, tanto de plantas (fitoparásitos), de animales (zooparásitos), como de otros hongos (micoparásitos). Los hongos causantes de enfermedades humanas,

como p.ej. algunos tipos de meningitis o neumonía, así como algunos tipos de enfermedades de la piel, son hongos zooparásitos. Por lo tanto, a efectos prácticos, podemos decir que existen tres grandes categorías de modos de vida en los hongos: 1) **los hongos saprótrofos**, 2) **los hongos mutualistas**, y 3) **los hongos parásitos** (véase la fig. 11).

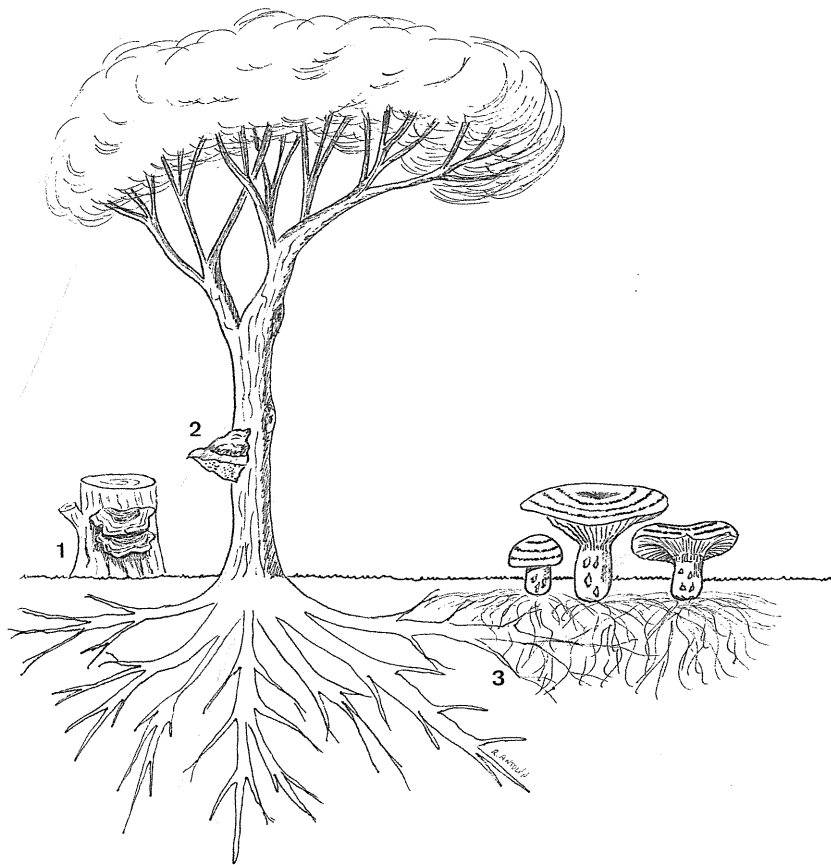


Fig. 11. Los tres tipos de modos de vida en los hongos. 1: Tocón con hongo saprótrofo degradándolo; 2: Pino con hongo parásito fructificando en su tronco; 3: Raíces del pino asociadas con el micelio de otro hongo formando una ectomicorriza.

1) Hongos saprótrofos. Los hongos saprótrofos, como ya hemos dicho, se caracterizan por vivir sobre materia orgánica muerta, ya sea vegetal o animal o de otro tipo. Estos hongos desempeñan un papel importantísimo en los cambios lentos pero constantes que tienen lugar en los diferentes ecosistemas de la tierra, ya que se han ido ocupando, a lo largo de millones de años, del reciclaje de muchos elementos químicos importantes los cuales, sin su actividad, habrían quedado bloqueados en las plantas muertas o en el cuerpo de los animales. Estos hongos son, junto con las bacterias heterótrofas, los grandes descomponedores de la biosfera, o dicho de modo más coloquial: son los basureros de los ecosistemas. La descomposición realizada por ellos es tan importante como lo son las actividades de los productores primarios, siendo los responsables de la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera y de la devolución de los compuestos nitrogenados, y otros materiales, al suelo donde nuevamente son utilizados por los vegetales y, en última instancia, por los animales. Dentro de la categoría de los hongos saprótrofos existen algunos que tienen un espectro amplio de sustratos susceptibles de ser degradados por ellos. Sin embargo, numerosos hongos saprótrofos presentan una especificidad más o menos estricta, lo cual determina a su vez un hábitat particular. Veamos a continuación algunos de estos hábitats:

MODO DE VIDA SAPRÓTROFO	HÁBITAT
Lignícola	Madera
Folícola	Hojas u hojarasca
Humícola	Humus
Muscícola	Musgos
Estrobilícola	Estróbilos (piñas)
Frutícola	Frutos
Coprófilo	Estiércol de distintos animales
Pirófilo	Carboneras o restos de hogueras
Práticola	Praderas o pastizales
Micetófilos	Restos de otros hongos muertos
Otros	Silicona, pintura, diversos alimentos elaborados, película de carretes de fotos, queroseno, gasolina, capa plástica de los CDs, etc.

Algunos ejemplos concretos, recogidos en esta guía, de hábitats específicos en hongos saprótrofos son los casos de *Mycena seynesii*, que fructifica exclusivamente sobre los estróbilos de algunas especies de pino; la seta de cardo (*Pleurotus eryngii*), que fructifica exclusivamente sobre raíces muertas del cardo corredor; o la seta de chopo (*Agrocybe aegerita*) que fructifica sobre troncos (la parte muerta) de chopos o sauces. Con esto se hace patente la importancia que tiene fijarse muy bien en qué hábitat fructifica un hongo a la hora de recolectarlo, porque muchas veces ese dato será de capital importancia para su posterior identificación. Por otra parte, si buscamos un determinado tipo de hongo, resulta crucial conocer su hábitat para poder encontrarlo. ¡A nadie se le ocurriría buscar setas de cardo en un pinar donde no crece el cardo corredor, del mismo modo que nadie buscaría níscales (hongo micorrizógeno de pinos) en un pastizal donde sí hay cardos corredores pero ni rastro de pinos!

2) Hongos mutualistas. Dentro de los hongos mutualistas podemos diferenciar varias subcategorías; no obstante, los casos más conocidos son los de los hongos micorrizógenos y de los hongos liquenizados.

Los **hongos micorrizógenos** son aquellos que establecen una estrecha relación de simbiosis a través de su micelio con las raíces de determinadas plantas vasculares, generalmente árboles o arbustos. En esta relación la planta le proporciona al hongo una parte de los carbohidratos elaborados durante el proceso de la fotosíntesis, que le sirven a éste de alimento. A cambio, el hongo ayuda a la planta en la absorción de agua y nutrientes minerales, sobre todo, fosfatos y nitratos. Es decir, se trata de una relación en la que ambos, planta y hongo, salen claramente beneficiados. Normalmente, estas relaciones suelen ser obligadas, de manera que ni el hongo ni la planta pueden vivir de forma aislada. Además, a menudo estas micorizas suelen ser bastante específicas. Ya mencionábamos antes el caso del níscolo (*Lactarius deliciosus*), hongo que no hemos encontrado en Alcalá de Henares, que únicamente vive en estrecha relación con diversas especies de pino. Otros ejemplos, que sí aparecen en Alcalá, son la negrilla (*Tricholoma terreum*) que vive en estricta asociación con coníferas o *Leccinum duriusculum*, un boleto que vive en estricta asociación con chopos. En estos casos, el dato del hábitat es tan importante o más que en el caso de los hongos saprótrofos. Por otra parte, el modo de vida micorrizógeno es la razón por la cual muchos de estos hongos resultan muy difíciles de cultivar. Así como los hongos saprótrofos suelen ser más o menos fáciles de cultivar, siempre que le aportemos un sustrato adecuado, los hongos micorrizógenos no suelen crecer bien en ausencia del hospedador con el que están asociados en la naturaleza. Podemos cultivar champiñones (*Agaricus* spp.), setas de cardo (*Pleurotus eryngii*), el shiitake (*Lentinus edodes*), la colibia de pie aterciopelado (*Flammulina velutipes*), etc., todos ellos saprótrofos, pero resulta muy difícil cultivar níscales o boletos que son micorrícicos.

Los **hongos liquenizados** son aquellos que establecen una estrecha relación de simbiosis con determinadas algas, dando lugar a un cuerpo vegetativo muy particular denominado **liquen**. En esta asociación el alga le proporciona al hongo una parte de sus carbohidratos elaborados por fotosíntesis (al igual que en las micorrizas) y el hongo le proporciona un nicho protegido de las inclemencias externas, protegiéndola con sus hifas, además de agua y nutrientes minerales. Es decir, el hongo fabrica con sus hifas una especie de “casa” en la cual se aloja el alga. Cuando vemos un liquen lo que estamos viendo en realidad es un hongo muy especial, en cuyo interior vive un alga. Este concepto según el cual los líquenes no son otra cosa que hongos especiales sigue sin ser plenamente asumido por algunos micólogos y botánicos que los tratan como un tipo particular de planta. Sin embargo, no son otra cosa que hongos con un modo de vida especial, y, de hecho, los nombres de los líquenes corresponden a los nombres de los hongos que los constituyen. Estos hongos liquenizados o líquenes pueden encontrarse en los hábitats más variados. Pero como ya hemos indicado, tradicionalmente estos organismos han sido estudiados por liquenólogos y no micólogos, por lo que no los hemos incluido en nuestros estudios ni en el catálogo micológico complutense. No obstante, podemos afirmar que algunas especies están bien representadas, siendo abundante, p.ej., *Xanthoria parietina* que crece en los troncos de diversos árboles (véase la fig. 12).



Fig. 12. *Xanthoria parietina*.

3) Los hongos parásitos. Los hongos parásitos son aquellos que viven asociados con un organismo de otra especie causándole un claro perjuicio llegando, muchas veces, a causarle la muerte. Dentro de esta categoría existen numerosas subcategorías, dependiendo del tipo de hospedador. Veamos algunos ejemplos:

MODO DE VIDA PARÁSITO	HÁBITAT
Fitoparásito	Distintos tipos de planta
Entomófilo	Distintos tipos de insectos
Aracnófilo	Distintos tipos de arañas
Micoparásito	Distintos tipos de hongos
Patógenos humanos	Distintas partes del cuerpo humano (piel, meninges, pulmones, aparato reproductor, etc.)

Los hongos fitoparásitos han sido objeto de estudios especiales por parte de los fitopatólogos dada la importancia económica de las enfermedades causadas por muchos de ellos. Generalmente los hongos fitoparásitos suelen ser hongos micromicetes y no macromicetes, es decir, hongos sin cuerpos fructíferos o, cuando los tienen, éstos no son visibles. En Alcalá de Henares hemos detectado algunos fitoparásitos como diferentes tipos de **royas** y **carbones**. Algunos ejemplos son *Ustilago maydis*, parásito de las mazorcas de maíz; *Ophiostoma ulmi*, hongo ascomicete causante de la enfermedad holandesa del olmo, que en el pasado acabó con extensas masas de olmos (*Ulmus minor*); *Microsphaera evonymi-japonici*, hongo ascomicete perteneciente al orden *Erysiphales* (mildius pulverulentos) que ataca a las hojas de los boneteros (*Evonymus japonicus*); *Sphaerotheca pannosa*, otro mildiu pulverulento, que ataca a las hojas de los rosales cultivados, especialmente en periodos de intensas lluvias; o *Apiognomonia veneta*, ascomicete causante de la antracnosis de los plátanos (*Platanus hispanica*). Además de estos micromicetes, también hemos detectado algunos parásitos macromicetes como son *Armillaria mellea*, *Fomes fomentarius*, *Inonotus hispidus* o *Laetiporus sulphureus*, causantes de diversos tipos de podredumbre en árboles planifolios. En el caso de los hongos fitoparásitos, la especificidad con el hospedador suele ser muy estricta; en muchos de los casos anteriores el parásito tiene una relación totalmente estricta con el hospedador por lo que, una vez más, el dato del hábitat (en este caso la planta hospedadora) nos ayudará a identificar el hongo.

No debemos confundir el fitoparasitismo con el modo de vida de algunos hongos saprótrofos que viven sobre troncos de árboles vivos. En estos casos, el micelio del hongo sólo degrada la parte muerta de los árboles (corteza y ritidoma) sin afectar a la parte viva. Muchos “hongos de la madera” realmente no son parásitos, y no causan ningún daño a los árboles sobre los que fructifican; éste es el caso de, p.ej., la seta de chopo (*Agrocybe aegerita*) o *Lentinus tigrinus* entre otros. Del mismo modo no debemos confundir el micoparasitismo, que consiste en el parasitismo de un hongo por parte de otro hongo de diferente especie, con los hongos saprótrofos micetófilos (véase la fig. 13) que degradan restos de cuerpos fructíferos muertos.



Fig. 13. Hongo micetófilo degradando los restos del cuerpo fructífero de otro hongo.

En el caso del zooparasitismo, la lista de especies es muy amplia, desde los hongos entomófilos hasta los parásitos de humanos. Aunque el objetivo de nuestros estudios no ha abordado este tipo de hongos, sí decir que los hongos entomófilos son muy abundantes, sobre todo en regiones tropicales donde proliferan numerosísimas especies de insectos, y la especificidad entre hongo e insecto también es alta. Esta propiedad, al igual que en el caso de algunos fitoparásitos, se ha utilizado con fines de control biológico (como veremos al hablar de las aplicaciones de los hongos), es decir, la erradicación de ciertas plagas por medio de hongos. También son importantes los hongos que afectan a los humanos, ya que muchos de ellos causan enfermedades muy graves. Algunos ejemplos, entre otros muchos, son *Pneumocystis carinii*, hongo ascomicete que causa un tipo de neumonía muy virulenta en enfermos de SIDA; *Cryptococcus neoformans*, hongo basidiomicete que causa un tipo de meningitis; o *Histoplasma capsulatum*, hongo ascomicete que causa la histoplasmosis.

C. Hábitats fúngicos en Alcalá de Henares. Como ya hemos visto, los hongos aparecen en casi cualquier lugar, algunas veces incluso en sitios muy molestos para el ser humano (hongos causantes de plagas, hongos causantes de enfermedades, etc.). No obstante, a la vista de los resultados de nuestros estudios, podemos concluir que en Alcalá de Henares existen determinados hábitats naturales, algunos de los cuales son especialmente ricos en hongos macromicetes. Estos macrohábitats son: bosques de ribera (ripisilva); pastizales xerofíticos; pinares de repoblación; jardines; y otros. Naturalmente, dentro de cada uno de estos macrohábitats también aparecen microhábitats muy específicos como pueden ser, p.ej., los estróbilos de pino, las raíces muertas del cardo corredor, etc.

- 1) **Los bosques de ribera** (véase la fig. 14) comprenden las choperas y saucedas que se desarrollan a lo largo del río Henares a su paso por Alcalá, donde fructifican hongos lignícolas y sobre todo humícolas en los pastizales de gramíneas. En este hábitat predominan las especies saprótrofas, lo que se explica fácilmente por la abundancia de hojarasca y madera procedente de talas y podas. El grado de parasitismo es muy bajo, estando representado sobre todo por *Aphylllophorales* que contribuyen a debilitar la biomasa riparia, aunque aparece un hongo especialmente virulento como es *Armillaria mellea*. En cuanto a los hongos micorrizógenos, son también escasos; están representados, entre otros, por diferentes boletos (*Leccinum duriusculum* y *Boletus chrysenteron*), *Pisolithus arrhizus*, y *Paxillus involutus*.



Fig. 14. Bosque de ribera constituido por chopos, sauces, fresnos, etc.

2) Pastizales xerofíticos (véase la fig. 15). Las zonas xerofíticas del término municipal de Alcalá de Henares constituyen un área que tiene como límite al oeste el arroyo Torote, al sur y sureste el extremo más occidental de la Alcarria, y al norte los términos de Meco y Camarma de Esteruelas. A pesar de que esta zona está comprendida en el gran valle Cuaternario excavado por el río Henares, la mayoría de los hongos recolectados proceden fundamentalmente de dos zonas: a) los pastizales xerofíticos del Campus Universitario de Alcalá y b) los cerros margo-arcillosos de la zona sur y sureste del término municipal (cerro Zulema, cerro Gurugú, cerro Malvecino, proximidades del Ecce-Homo y La Oruga). El interés natural, en general, de estas formaciones, y micológico en particular, ha sido confirmado al establecer allí el Excmo. Ayuntamiento de Alcalá de Henares el espacio protegido llamado “Parque de los Cerros”. Denominamos pastizales xerofíticos a los pastizales de gramíneas que son consumidos por el ganado cuando reverdecen en la época de lluvias, y que con su pastoreo inciden en la nitrificación del terreno. Desde el punto de vista micológico estos pastizales son muy interesantes ya que en ellos fructifican especies raras como, p.ej., *Galeropsis desertorum* var. *bispora*, *Amanita codinae*, *Agaricus pseudolutosus*, *Psilocybe calongei*, etc. Al ser zonas muy abiertas, carentes prácticamente de árboles y arbustos, no aparecen especies micorrizógenas. La mayoría de especies encontradas son saprótrofas.

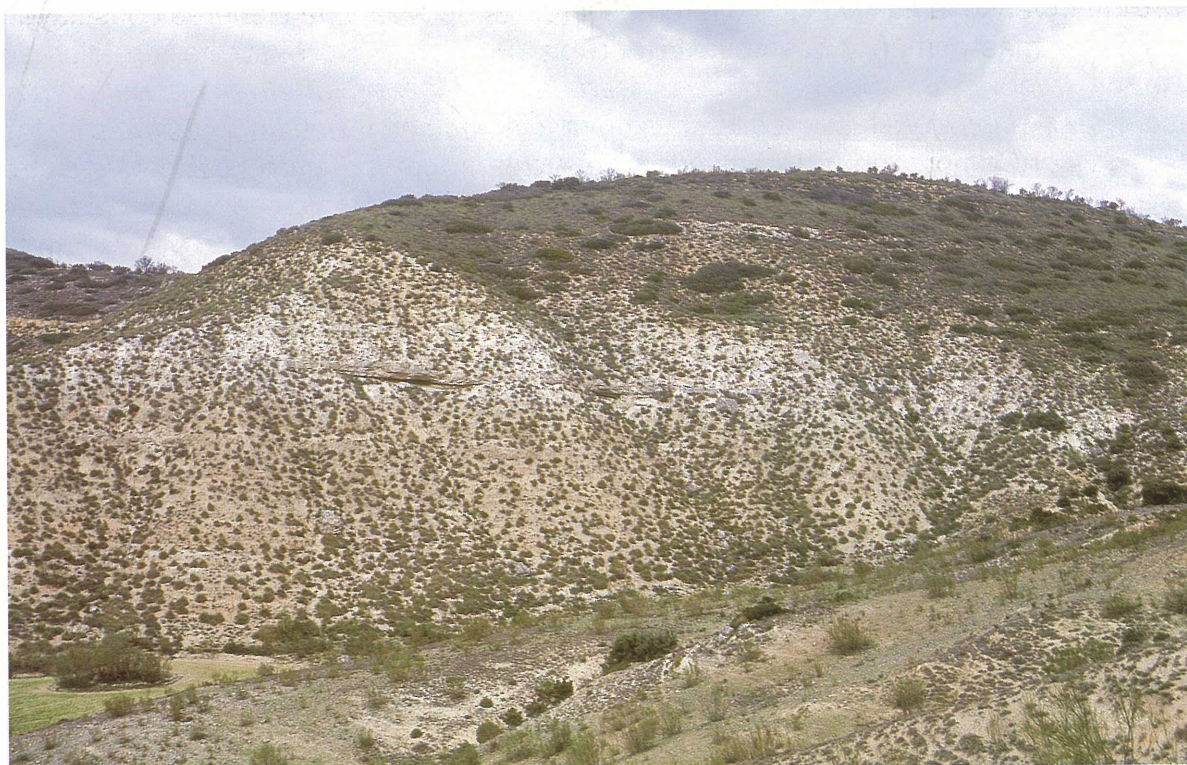


Fig. 15. Comunidades de *Stipa tenacissima* (esparto) típicas de las zonas xerofíticas.

3) Los pinares de repoblación (véase la fig. 16) están constituidos por las masas de pinos (*Pinus halepensis*) con las que han sido repobladas algunas zonas de los cerros alcaláinos (El Gurugú, Cuesta Zulema y Cerro de El Viso). Este hábitat se encuentra también situado en el Parque de los Cerros. Aquí también aparecen numerosas especies saprótrofas por la misma razón que en los bosques de ribera. No obstante, también aparecen algunas especies micorrizógenas típicas de pinares como es, p.ej., *Tricholoma terreum*.



Fig. 16. Pinar de repoblación con *Pinus halepensis* (El Gurugú).

4) **Jardines** (véase la fig. 17). Los diferentes jardines de Alcalá de Henares constituyen un hábitat más común y cosmopolita que los anteriores. No obstante, en ellos se pueden encontrar algunos hongos interesantes como *Hebeloma populinum* o *Psathyrella spintrigera* (cita inédita, ha sido recolectado en repetidas ocasiones en los jardines del Campus de la Universidad de Alcalá, representando el primer registro para el catálogo micológico de España. Próximamente será objeto de un trabajo más detallado); incluso se ha descrito, procedente de un jardín, la especie nueva para la ciencia *Psathyrella longicystidiata*. En el caso de los jardines, predominan las especies saprótrofas, pero también aparecen frecuentemente hongos micorrizógenos asociados a diversos árboles. Algunos hongos parásitos también se desarrollan sobre los árboles ornamentales (p.ej. *Inonotus hispidus* y *Polyporus squamosus*).



Fig.17. Ejemplo de jardín urbano. Campus de la Universidad de Alcalá

5) **Otros.** Por último, hay que señalar que podemos encontrar hongos macromicetes en otros hábitats aparte de los cuatro señalados anteriormente. Uno de los más curiosos lo representa el hábitat de las **macetas de plantas de interior**. Muchas veces fructifican en las macetas del interior de las casas diferentes especies de hongos. La mayoría de las veces esto es debido a que el micelio de esas setas estaba incluido accidentalmente dentro del mantillo o sustrato en que ha sido plantada la planta. No se han incluido estas setas en el catálogo de hongos complutenses por tratarse, a menudo, de especies exóticas introducidas artificialmente. Un ejemplo lo constituye *Leucocoprinus birnbaumii*, una bonita seta de color amarillo (véase la fig. 18) que aparece de forma habitual en las macetas de diversas plantas y que procede de zonas tropicales. Otro hábitat curioso son las **escombreras** en las que pueden aparecer diversos hongos como, p.ej., *Volvariella gloiocephala*. Por último, queremos señalar también el hábitat formado por los **restos de hogueras o sitios quemados**. En dichos lugares aparecen hongos muy específicos como, p.ej., *Pholiota highlandensis*.



Fig. 18. *Leucocoprinus birnbaumii*.

D. Importancia y aplicaciones de los hongos.

Como ya hemos visto, los hongos desempeñan un papel importantísimo en los diferentes ecosistemas de la tierra. Alrededor del 85% de las plantas vasculares terrestres establecen micorrizas con diferentes hongos; además, los hongos son importantes descomponedores, permitiendo el reciclado de los nutrientes en los ecosistemas. Por ello, la correcta conservación y gestión de los ecosistemas no es posible sin tener en cuenta la acción de estos organismos. Sin embargo los hongos, generalmente, no son tenidos en cuenta en los programas de conservación y protección de la naturaleza ni en la evaluación del valor de los hábitats. Es, por tanto, urgente que los hongos reciban una atención especial en el proceso de conservación, sobre todo teniendo en cuenta que muchas especies son extremadamente raras y están restringidas a hábitats, muchas veces, amenazados. Más

aún, se ha comprobado que muchos hongos macromicetes están disminuyendo en amplias zonas de su área de distribución natural por la destrucción de sus hábitats, la contaminación atmosférica y el cambio en los usos de las tierras.

No obstante, además de este papel ecológico fundamental, los hongos tienen también una vertiente aplicada muy importante. Veamos, pues, algunos de estos aspectos aplicados de la Micología y de los hongos.

La rama de la **Micopatología** es fundamental tanto para la **Fitopatología** como para la **Patología Humana**. Los hongos fitoparásitos han tenido a lo largo de la historia una repercusión económica enorme. Baste recordar cómo *Phytophthora infestans*, causante del mildiu de la patata, provocó en 1846-1847 una ola de hambre en Irlanda, al destruir la cosecha de este alimento básico en una sola semana. Este organismo fue el responsable directo de que la población disminuyera en dos millones de personas, de las cuales 800.000 murieron de hambre y las restantes emigraron mayoritariamente a los Estados Unidos de América. En cuanto a la Patología Humana, son numerosísimos los ejemplos de hongos patógenos productores de diversas micosis y micotoxicosis. Estas micosis y micotoxicosis varían desde enfermedades que no suelen revestir una importancia excesiva hasta las aspergilosis mortales producidas, p.ej., por *Aspergillus flavus*. En la actualidad, algunos hongos desempeñan un papel muy importante en algunas patologías relacionadas con la pandemia del SIDA (cf. TORRES-RODRÍGUEZ & al., 1993). Tal es el caso de *Pneumocystis carinii*, causante de un tipo de neumonía, *Candida albicans*, causante de aftas, o *Cryptococcus neoformans*, responsable de la meningitis criptocócica.

Otra ciencia en la que los hongos han desempeñado un papel muy importante es la **Genética**. Los hongos son organismos que han sido utilizados en numerosas ocasiones para el análisis genético. Algunas especies como *Neurospora crassa* han servido para estudiar fenómenos como, p.ej., la meiosis, el ligamiento genético, el metabolismo del triptófano, o el análisis de la información genética contenida en el ADN mitocondrial.

Dentro de la **Microbiología**, hongos del tipo de las levaduras han sido objetos de todo tipo de estudios. Algunos de ellos, como p.ej. *Saccharomyces cerevisiae*, tienen gran importancia industrial, por su fermentación alcohólica, en la elaboración de cervezas, ron, whisky, etc.

La utilización, por parte del hombre, de las levaduras se remonta hasta épocas muy lejanas. Se tiene constancia de que unos 3000 años a.C., en el antiguo Egipto, ya se utilizaban las levaduras para la fabricación de pan, un alimento universal que es considerado como el símbolo de la alimentación en muchas culturas. Lo mismo podemos decir acerca del vino; esta bebida era ya conocida 3000 años a.C. en Babilonia.

Los hongos también han sido intensamente estudiados por la **Bioquímica**. Muchos resultados de estos estudios han tenido una aplicación industrial. Así, p.ej., los hongos se usan para elaborar algunos productos de aplicación alimenticia como el ácido láctico, enzimas como amilasas, proteasas, invertasas o pectinasas, y otros compuestos utilizados en la industria química como p.ej. ácido fumárico, cítrico, itacónico, diversos esteroides, etc.

Otras aplicaciones industriales importantes son las **Farmacéuticas**. De todos es conocido el descubrimiento de la penicilina por Fleming en el año 1928, cuando advirtió que una cepa contaminante de *Penicillium notatum* detenía el crecimiento de un cultivo de *Staphylococcus*, y el hito que esto supuso en la Medicina moderna. Actualmente los hongos no sólo sirven para la producción de antibióticos. El intenso metabolismo secundario de estos organismos favorece la producción de numerosos compuestos que pueden ser potencialmente útiles en Medicina, y por tanto para el bienestar de la Humanidad. Podemos recordar, p.ej., el descubrimiento, a principios de la década de 1980, de la ciclosporina, que se aisló de un hongo habitante del suelo. La ciclosporina suprime las reacciones de inmunidad que se presentan en los trasplantes. Sin embargo, no tiene los efectos secundarios que producen otras drogas utilizadas con este propósito, que matan las células

de la médula ósea y por tanto tienden a causar leucemia.

Otros aspectos aplicados de la Micología se derivan del estudio de las **micorrizas**, que tienen importancia en la agricultura, truficultura e **Ingeniería forestal** (para la correcta gestión de los bosques).

La utilización de los hongos en **Biotecnología** está dando resultados prometedores, con numerosas aplicaciones prácticas. Un ejemplo de esto es la utilización de hongos en la degradación de sustratos lignocelulósicos, con posibles aplicaciones en la industria papelera.

Para finalizar, deben mencionarse algunos campos que no están aún lo suficientemente investigados, pero que posiblemente en el futuro puedan ser de gran interés para el hombre. Un ejemplo es la posibilidad de utilizar los hongos como agentes de control biológico. Se conocen numerosas especies que parasitan eficazmente, y de modo selectivo, a diferentes insectos, y otros artrópodos en general, lo que podría constituir en el futuro una posible estrategia para combatir diferentes plagas. También se están utilizando determinados hongos para la lucha biológica contra las malas hierbas. Algunas plantas exóticas introducidas en ciertas regiones pueden, al no tener enemigos naturales, constituir auténticas plagas. Este es el caso, p.ej., de ***Chondrilla juncea*** en Australia, que es combatida biológicamente con ***Puccinia chondrillina***, dando lugar de esta manera al concepto de “**micoherbicidas**”. Otro ejemplo de un uso de micoherbicida es el caso del producto llamado BioChon que contiene una suspensión de micelio de *Chondrostereum purpureum* (¡hongo que fructifica en Alcalá de Henares!), y que se usa contra la invasión de árboles exóticos. El árbol *Prunus serotina* rebrota de tocón, habiéndose introducido en Europa desde Estados Unidos y Canadá. Hoy en día constituye una plaga en muchos bosques autóctonos, no sirviendo de nada la tala de los mismos con objeto de proteger los árboles nativos, ya que una vez cortados rebrotan con más fuerza que antes. BioChon ha sido utilizado con éxito en los ensayos realizados en Holanda, y ya se está empezando a probar en Suiza. En Nueva Zelanda se está experimentando frente a varias plagas invasoras de retamas y tojos en pastos.

De forma análoga, otra aplicación de los hongos es la degradación de sustancias tóxicas y desperdicios en suelos contaminados. Como ya se ha dicho anteriormente, los hongos son capaces de degradar prácticamente cualquier compuesto orgánico existente en la biosfera. Las aplicaciones de esta capacidad podrían ser infinitas, desde el reciclado de basuras hasta la destrucción de vertidos accidentales de petróleo¹, plásticos, etc. Así, p.ej., la lignina, una molécula degradada por un cierto número de basidiomicetes, tiene una estructura semejante a los plaguicidas organoclorados como son el DDT, HCB, TCB, el lindano, etc., sustancias que resultan muy difíciles de degradar de forma natural. Se están realizando estudios en algunas universidades americanas encaminadas a utilizar hongos del tipo de ***Phanerochaete chrysosporium*** (eficiente degradador de la lignina) para la biodegradación del DDT. También se han realizado numerosos estudios sobre la posibilidad de utilizar biomasa fúngica (p.ej. de *Penicillium chrysogenum* y *Rhizopus arrhizus*) para remover diferentes iones tóxicos (p.ej. de uranio o torio) de aguas contaminadas. A este fenómeno de captación de metales en solución por parte de microorganismos se le ha dado el nombre de **biosorción**.

¹ En este sentido, existen algunos hongos como *Phanerochaete chrysosporium* o *Trametes versicolor* que tienen aplicación en el tratamiento de los derivados del petróleo. Otros, como *Amorphotheca resinae* (un ascomicete de afinidad taxonómica incierta), pueden vivir sobre el queroseno, produciendo problemas de corrosión en los tanques del combustible de los aviones. Aun estando en fase experimental estos hongos podrían, en el futuro, ser muy útiles en vertidos accidentales de petróleo como el ocurrido en el año 2002 en Galicia por el barco “Prestige”.

Y, naturalmente, los hongos desempeñan un importante papel en la **alimentación** del ser humano. Ya sea por su utilización en la elaboración de determinados alimentos (pan, bebidas alcohólicas, elaboración de quesos, fermentación de diferentes alimentos, etc.) o para su consumo directo, tanto de ejemplares cultivados (champiñones, falsa seta de cardo, shiitake, etc.) como recolectados directamente en la naturaleza.

La **recogida de setas comestibles** (véase la fig. 19) es una actividad tradicional que nos puede reportar muchas satisfacciones y que goza de una gran popularidad en algunas regiones españolas.



Fig. 19. Cesta empleada por los “seteros” para recolectar hongos con fines gastronómicos.

Así, p.ej., en el País Vasco y Navarra existen numerosos cotos privados donde se realizan estas prácticas. El único inconveniente es el peligro de intoxicación y, aunque son muchas más las setas inocuas que las tóxicas, conviene conocerlas muy bien para no llevarnos un disgusto. Así pues, lo primero que debemos tener presente a la hora de ir a recoger setas u hongos con fines culinarios es que, contrariamente a lo que la tradición popular ha considerado, **¡no existen reglas ni trucos que nos permitan diferenciar las especies tóxicas de las comestibles!** Reglas tan aceptadas y asumidas como las que establecen que si al cocinar una seta con una cuchara de plata ésta se pone negra indica que es venenosa, son completamente falsas y además peligrosísimas, ya que pueden conducir a graves intoxicaciones e incluso a la muerte. Tampoco el aspecto más o menos apetecible debe guiarnos ya que algunas setas, como p.ej. *Boletus erythropus*, tienen coloraciones rojizas en diversas partes de los carpóforos, lo que parece indicar peligro; además, al rozar y cortar su carne ésta azulea tomando un aspecto nada agradable y, sin embargo, es un buen comestible una vez cocido. Otras veces el sabor fuertemente picante o acre, como p.ej. en *Russula sardonía* evitará que consumamos una seta equivocada. No obstante, a menudo setas tóxicas pueden tener un sabor y aspecto más o menos apetecible como ocurre con *Amanita phalloides*. La única regla fiable para evitar problemas de este tipo es conocer las especies de hongos para lo cual es necesario adquirir cierta experiencia; además, ante la duda es mejor no consumir la seta aunque ésta resulte ser comestible.

Otro aspecto importante a la hora de ir a recolectar setas es fijarnos muy bien en qué tipo de bosque o vegetación nos encontramos, porque éste es un dato fundamental a la hora de identificar correctamente los ejemplares recogidos. Así, si queremos buscar setas de chopo (*Agrocybe aegerita*) deberemos ir a una chopera y no a un pinar. En cambio, si queremos buscar setas de pie azul (*Lepista nuda*) sabremos que no tiene sentido buscarlas en la chopera junto a la seta de chopo. Además, uno debe fijarse en todas las características macroscópicas de las setas para poder realizar una identificación fiable. Caracteres como el **tamaño, colores, olores, sabores**, etc. son muy importantes. No debemos tener miedo de probar cualquier seta para averiguar su sabor en estado fresco. Aun en el caso de que ésta sea venenosa podemos probar un trozo teniendo cuidado, eso sí, de no tragarlo y de escupirlo después de un rato. Por último, para recolectar setas lo mejor es transportarlas en una cesta de mimbre, de manera que los ejemplares no se aplasten los unos a los otros y vayan bien aireados. Antes de introducirlos en la cesta debemos quitarles todos los restos de tierra que puedan tener en el sombrero y, sobre todo, en el pie. Por cierto, una creencia muy común entre los recolectores de setas es que se debe cortar el pie para recolectarlas. Esto es un error, ya que de esta manera no podremos saber cómo es la base del pie; p.ej., no podremos establecer si está provisto de una volva que puede apuntar hacia una *Amanita* venenosa o mortal. **¡Siempre se debe sacar el pie entero con la punta de una navaja!** Una vez que hayamos observado como es éste podremos cortarlo con el fin de que no se llenen de tierra nuestros ejemplares en la cesta. El hecho de sacar el pie entero no daña en absoluto el micelio del hongo. Otra cosa muy distinta es utilizar rastrillos u objetos similares que deben ser evitados, ya que esos sí causan un daño grande al hongo.

E. Clasificación de los hongos.

Dentro de los organismos considerados como hongos, o estudiados como tales por los micólogos, debemos diferenciar aquellos que pertenecen estrictamente al Reino *Fungi* de otros como los **mixomicetes** (llamados también “hongos mucilaginosos”), que se encuadran en el Fílum *Myxomycota* del Reino de los Protozoos; o los **oomicetes** (que incluyen algunos importantes fitopatógenos como, p.ej., el causante del mildiu de la vid o del mildiu de la patata), que se encuadran en el fílum *Oomycota* del Reino Chromista, que no han sido estudiados por nosotros.

En el Reino Fungi existen cinco grandes grupos:

- 1) Fílum *Chytridiomycota*
- 2) Fílum *Zygomycota* (a él pertenece el moho del pan, *Rhizopus stolonifer*)
- 3) Fílum *Glomeromycota*
- 4) Fílum *Ascomycota*
- 5) Fílum *Basidiomycota*

Sólo hemos estudiado en Alcalá de Henares especies pertenecientes a los dos últimos grupos (además de especies de mixomicetes) que, por otra parte, son los que pueden desarrollar cuerpos fructíferos macroscópicos. Es decir, sólo en éstos aparecen hongos macromicetes. Estos grupos se subdividen a su vez en tres grandes subgrupos cada uno de ellos:

Fílum *Ascomycota*

- 1) Subfílum *Taphrinomycotina*; aquí se incluyen ascomicetes primitivos como, p.ej. *Pneumocystis carinii*.