



MANUAL DE MICOLOGÍA BÁSICA



Viviana Salazar-Vidal

MANUAL DE MICROLOGÍA BÁSICA

Viviana Salazar-Vidal

Todos los derechos reservados.
Prohibida su reproducción, total o parcial,
Incluyendo el diseño de la portada.

© Viviana Salazar-Vidal

Registro de Propiedad Intelectual
Inscripción N° 266.482
Santiago de Chile
ISBN: 978-956-362-126-6
Año 2016

Fotografías: Francisco Andana, Diego Reyes,
Ramón Reyes, David Espinoza, Götz Palfner & Viviana Salazar.

Portada: Viviana Salazar-Vidal.

Apartado "Historia de la Micología Chilena": Sandra Troncoso.
Ilustraciones: Iván Bastias, María José Dibán K.

Viviana E. Salazar Vidal
Email: vivianasalazar@udec.cl
ONG Micófilos: www.micofilos.cl



Dedicatoria

*“A mi madre por apoyarme en mi educación y esperar siempre lo mejor de mí;
a mi padre, por además de eso, enseñarme a apreciar la naturaleza,
a recorrerla y no tenerle miedo”.*



Mycena haematopus (Pers.) P. Kumm.

Contenidos

Agradecimientos	10
Prólogo	12
Introducción	14
Capítulo I. Generalidades de los hongos	
1. ¿Qué es un hongo?	16
2. ¿Dónde viven los hongos?.....	23
3. ¿Cuántos hongos existen?.....	25
4. ¿Cómo se reproducen los hongos?	26
5. ¿Qué partes conforman una seta?.....	30
6. Caracteres macroscópicos para diferenciar setas.....	33
Capítulo II. Taxonomía de los hongos	
1. Reino Fungi (Eumycota).....	37
2. Hongos inferiores	38
3. Hongos superiores.....	40
Capítulo III. Importancia de los hongos	
1. Papel de los hongos en el ecosistema	50
2. Enfermedades ocasionadas por hongos	51
3. Uso de los hongos por parte del hombre.....	55
Capítulo IV. Macrohongos en Chile	
1. Historia de la Micología Chilena	60
2. Diversidad y amenazas para los hongos chilenos.....	65
3. Setas comestibles presentes en Chile.....	67
4. Setas tóxicas presentes en Chile.....	68
5. Guía visual de hongos silvestres comestibles de Chile	72
Conclusión	73
Referencias Bibliográficas	74



Coprinellus disseminatus (Pers.) J.E. Lange

Agradecimientos

Agradezco a mis padres, Pedro Salazar y Natividad Vidal, a mis hermanos Rebeca y Héctor, por su apoyo en mi formación personal y académica. A toda mi familia, así como también, a mis amigos dentro y fuera de la universidad.

Quiero dar las gracias al Dr. Götz Palfner del Laboratorio de Micología y Micorrizas de la Universidad de Concepción, quien fue mi director de tesis de pregrado y con quien di mis primeros pasos en el estudio del Reino Fungi.

Finalmente, agradecer a todos los profesores que guiaron mi camino académico y me ayudaron a descubrir mi pasión por la ciencia, con mención especial, al profesor Waldo Lazo por su leal amistad y por la gran contribución que ha significado su obra “Hongos de Chile: Atlas Micológico” para todo joven con ganas de aprender sobre la diversidad de macrohongos de nuestro país.

Viviana E. Salazar-Vidal



Mycena chlorinella (J.E. Lange) Singer

Prólogo

El *Manual de Micología Básica* es un texto sencillo que guía al lector interesado en aprender sobre el Reino Fungi de un modo didáctico y comprensible. Este manual es producto del aprendizaje, trabajo y pasión de Viviana Salazar-Vidal, quien desde pequeña aprendió a sentir un amor profundo por el bosque nativo y que estudiando la carrera de Biología en la Universidad de Concepción en el año 2013, terminó enamorándose de los Hongos. Nacida en Curanilahue, una ciudad ubicada en la Región del Biobío donde siempre ha sido una tradición la recolección de hongos silvestres comestibles, desde pequeña conoció los hongos como un alimento de singulares sabores.

El gran interés de la autora por los hongos la ha llevado a difundir su biología, ecología y usos, enseñando lo que sabe sobre este mundo generosamente y de forma gratuita, a profesores, niños y a cualquier persona que desee aprender sobre micología. Asimismo, a través del estudio del Reino Fungi, ha logrado participar de cursos, seminarios y congresos nacionales e internacionales. Este libro cumple con el propósito de enseñar las bases biológicas de la micología, desde generalidades sobre los hongos hasta su clasificación clásica, abarcando otros temas relevantes como lo son los distintos usos que estos organismos representan para el ser humano y el estudio de los macrohongos en Chile.

Quedan todos invitados a disfrutar y aprender sobre los hongos a lo largo de este manual de micología que tiene como única misión, acercar este mundo tan diverso a todas las personas que quieran aprender sobre él.

Waldo Lazo



Introducción

Los hongos son un grupo de organismos que pertenecen al Reino Fungi, donde se clasifican de acuerdo a sus diferentes características. Pueden ser microscópicos, macroscópicos y, en casos excepcionales pueden llegar a tener un tamaño que supera nuestras expectativas.

El mundo de los hongos es fascinante, sus colores, sus formas y sus propiedades, aún poco exploradas en nuestro país, los convierten en organismos muy especiales, de los cuales no sólo podemos aprender, sino también aprovechar los beneficios que ellos nos pueden ofrecer. Es verdad que existen algunos hongos tóxicos que pueden ocasionar la muerte, por lo que se hace necesario conocer las particularidades de estas especies que nos permitan identificarlos con mayor precisión.

El uso de los hongos por el ser humano se remonta a varios miles de años antes de Cristo en el continente asiático y africano, para luego continuar expandiéndose al resto del mundo. La ciencia que estudia estos organismos se denomina Micología (del griego, *mykēs*: hongo y *logos*: estudio) y apareció en Europa en el siglo XVIII, antes de esta fecha no había conocimiento sobre el estudio de los hongos. De allí en adelante, distintos investigadores comenzaron a contribuir con diverso material y publicaciones relacionadas con hongos. Es así como el médico holandés Hadrianus Junius escribió la primera publicación particular sobre el género *Phallus*, Carolus Clusius junto a otros botánicos clasificaron varios hongos y así prosiguieron los avances científicos hasta que Carolus Linneus propuso la nomenclatura binaria para clasificar las especies y los hongos comenzaron a conocerse por sus nombres científicos. El botánico Christiaan Hendrik Persoon (considerado por muchos como el padre de la micología) y Elias Magnus Fries, fueron pioneros en la producción de trabajos taxonómicos sobre la clasificación de los hongos ordenándolos de acuerdo a su morfología, tanto macro como microscópica o según su fisiología.

En la actualidad, los hongos son usados de variadas formas por el hombre, es así como algunos se utilizan para la alimentación, otros para fabricar medicamentos y en ciertos casos, pueden tener una aplicación científica o industrial ¡Te invito a conocer más sobre estos particulares organismos en el transcurso de este manual!



CAPÍTULO I.
GENERALIDADES DE LOS HONGOS

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE LOS HONGOS

1. ¿Qué es un hongo?

Los autores Webster & Weber (2007) definen los hongos de la siguiente forma: “Son organismos eucarióticos, heterótrofos, uni o pluricelulares, cosmopolitas, que pueden reproducirse sexual y/o asexualmente, por medio de esporas o trozos de micelio, con paredes celulares que usualmente contienen quitina y/o glucanos. Los hongos son organismos que están clasificados en un reino aparte denominado Reino Fungi (Fig. 1), pero antiguamente se encontraban junto a los vegetales incluidos en el Reino Plantae, por ser organismos inmóviles y desarrollarse en hábitats similares.

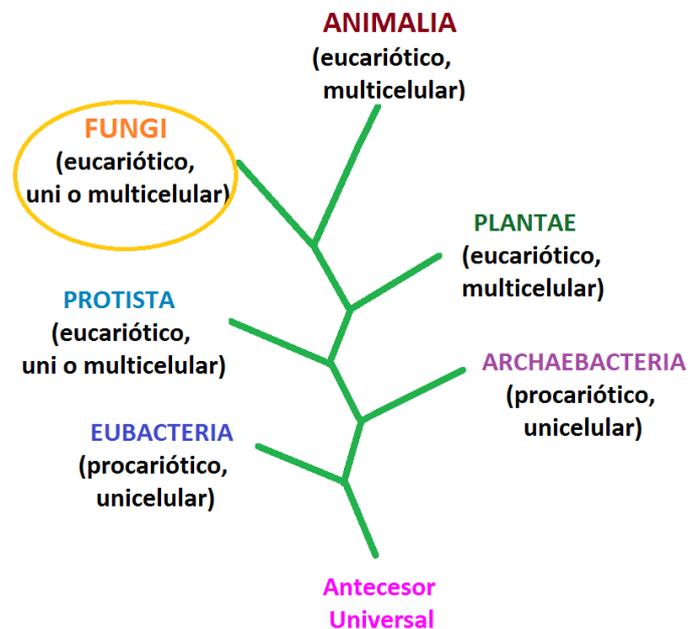


Figura 1. Representación sencilla sobre los Seis Reinos de la Vida.

El uso del término micología, derivado del griego “*mykēs*” (hongo) y “*logos*” (estudio) para denotar el estudio científico de los hongos, habría sido usado por primera vez en 1836, por el naturalista inglés Miles Joseph Berkeley en la obra *The English Flora of Sir James Edward Smith, Vol. 5* (Kirk et al. 2008).

Los hongos crecen influenciados por factores ambientales, tales como: temperatura, pH, humedad, relación C/N (Carbono/Nitrógeno) y la presencia de hospederos (en el caso de aquellos que son parásitos). Estos organismos se distribuyen en el planeta, favorecidos por su reproducción: esporas sexuales y/o asexuales, o pequeñas porciones de micelio (tejido), transportados por el agua, aire, insectos o animales. Además, son muy importantes para el ecosistema donde pueden ser saprófitos, micorrícicos o parásitos de animales y plantas (Herrera & Ulloa 2013).

Los hongos son considerados una forma de vida que ha ido evolucionando a través del tiempo de diversas maneras, diferenciándose principalmente en sus formas de alimentación, crecimiento y/o reproducción.

I. Alimentación

Los hongos son heterótrofos, es decir, organismos que dependen de los compuestos carbonatados (azúcares) obtenidos por otros organismos. Las interacciones que se producen entre éstos se pueden clasificar en: comensalismo, parasitismo y simbiosis mutualista (Fig. 2).

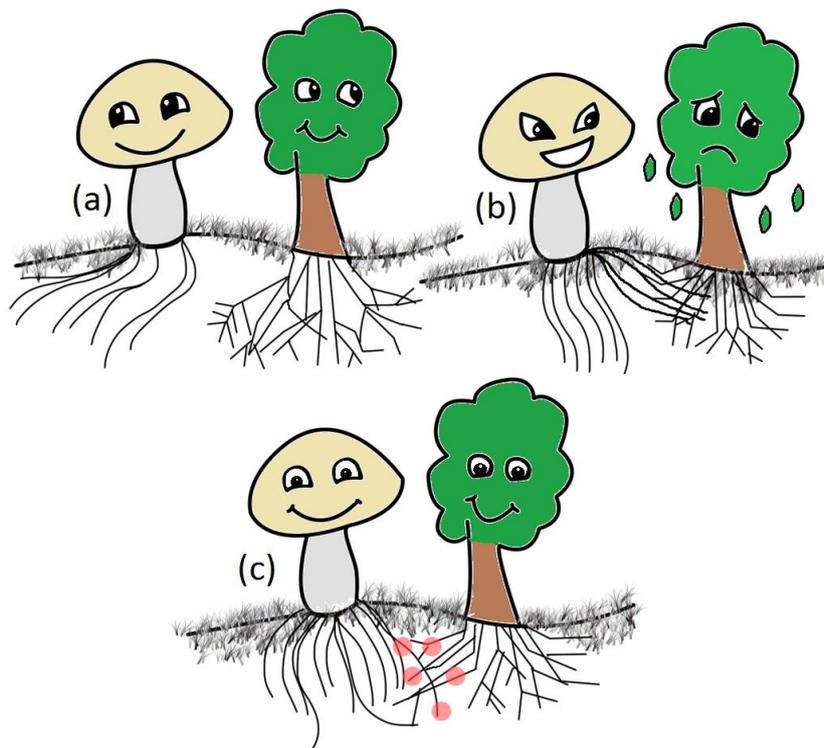


Figura 2. Interacciones: a) comensalismo, (b) parasitismo y (c) simbiosis mutualista.

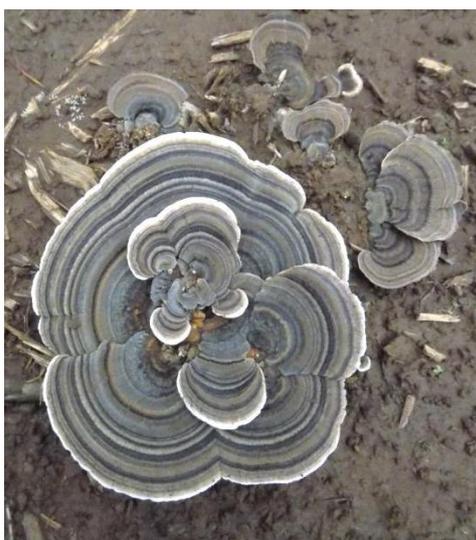
La asimilación de los nutrientes necesarios para los hongos se produce por osmotrofia (absorción), donde éstos entran en contacto directo con el sustrato a través de sus hifas. Los hongos desarrollaron una gran versatilidad metabólica, lo que les permite utilizar una enorme variedad de sustratos orgánicos para su crecimiento, incluyendo compuestos simples como nitrato, amonio, acetato o etanol (Marzluf 1981).

También, producen exoenzimas y algunos ácidos orgánicos para disolver nutrientes asimilados. Hay que recordar que un hongo puede crecer prácticamente en cualquier lugar teniendo suficiente disponibilidad de agua y nutrientes.

De acuerdo a la forma en cómo consiguen su alimento los hongos se clasifican en: saprófitos, parásitos y micorrícicos.

- **Saprófitos** (Fig. 3)

Son aquellos hongos capaces de descomponer junto a algunas bacterias, diversas sustancias orgánicas provenientes de materia muerta tanto vegetal como animal, reciclando nutrientes que vuelven a ingresar al suelo. Esta es una de las razones de por qué los hongos son considerados descomponedores por excelencia.



Esta especie fructifica sobre madera de diversos árboles y arbustos de hoja plana, coníferas o sobre algunos árboles frutales. Es un hongo común y cosmopolita que aparece en cualquier época del año bajo apropiadas condiciones ambientales. Esta especie que habita nuestros bosques es utilizada medicinalmente. Se ha comprobado su eficacia en el tratamiento de diversos tipos de cáncer, tales como: el papiloma humano, cáncer de mama o de útero, además de ayudar a minimizar los efectos de la quimioterapia en el ser humano (Stamets 2002).

Figura 3. Cola de pavo (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd) (Fuente: Viviana Salazar).

- **Parásitos** (Fig. 4)

Son hongos que obtienen energía desde organismos vivos, cuyas lesiones en algunos casos pueden ser mortales para el hospedador y en otros, sólo los debilitan.



Es un hongo comestible que se distribuye en la zona centro-sur de Chile. Es parásito del Hualle (*Nothofagus obliqua*) y otras especies de este género, fructificando durante la primavera (Lazo 2016).

Es una de las especies del género *Cyttaria* más consumidas en nuestro país, junto a la pinatra (*Cyttaria berteroi* Berk.) (López & Fuenzalida 1998).

Figura 4. Digüeñe común (*Cyttaria espinosae* Lloyd) (Fuente: Viviana Salazar).

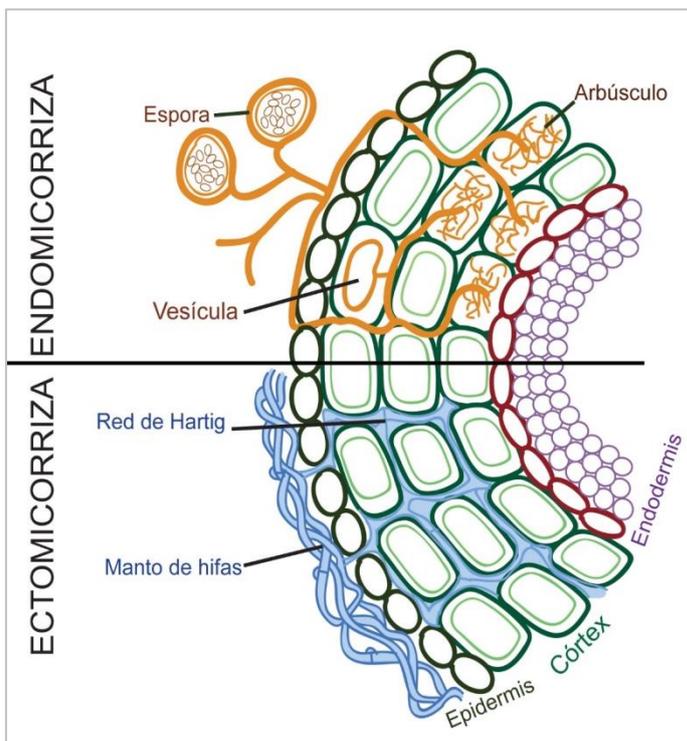
- **Micorrícicos** (Fig. 5)

La palabra micorriza, tiene origen griego y define la simbiosis entre un hongo “*mycos*” y las raíces “*rhizos*” de una planta, donde ambos participantes de esta asociación resultan beneficiados, pues el hongo obtiene azúcares (hidratos de carbono) para alimentarse y la planta aumenta la superficie de absorción de agua y minerales en sus raíces (Selosse *et al.* 2006). En Chile se sabe que los árboles del género *Nothofagus* (Coigüe, Hualle, Lengua, entre otros) presentan una asociación obligatoria con hongos formadores de ectomicorrizas, donde el micelio invade la raíz sin ingresar al interior de las células (Garrido 1988, Palfner 2001).



Es un hongo comestible bastante conocido (Moser & Horak 1975) que es vendido en ferias locales y presenta un olor particular similar a una madriguera de liebre, de donde viene su nombre común. Arnold *et al.* (2012) han descrito este particular olor similar a naftalina. El lebre se distribuye al sur de Chile.

Figura 5. Lebre (*Cortinarius lebre* Garrido) (Fuente: Viviana Salazar).



Se sabe que un 95% de las plantas poseen asociaciones con hongos micorrícicos (Corwell *et al.* 2001), siendo dos los principales tipos de micorrizas (Fig. 6) las endo y ectomicorrizas.

Endomicorrizas: Ingresan en el interior de las células de raíces y no son visibles a simple vista.

Ectomicorrizas: El micelio invade la raíz de la planta sin penetrar al interior de sus células, recubre su superficie, los espacios entre las células y son visibles a simple vista.

Figura 6. Esquema de la distribución del micelio en las raíces de las plantas para formar una endo o ectomicorriza.

II. Crecimiento

Como se dijo previamente, los hongos son organismos eucarióticos que pueden ser unicelulares (levaduras) o pluricelulares (mohos y macromicetos) que originan talos simples, no produciendo tejidos mayormente diferenciados. El micelio (Fig. 7 y 8) se puede definir como la masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo. Dependiendo de su crecimiento lo podemos clasificar en: Micelios reproductivos (aéreos) o vegetativos (Mueller & Schmit 2006).



Figura 7. Micelio observado a través de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).



Fig. 8. Esquema sobre la ubicación del micelio en el sustrato, ya sea bajo el suelo, en materia orgánica o sobre árboles.

El crecimiento de los hongos ocurre en los extremos de las hifas y se conoce como crecimiento distal o apical. En este proceso, la hifa se va extendiendo y el citoplasma fluye hacia la nueva parte. Al crecer se van ramificando y cada ramificación continúa el crecimiento apical hasta que se forma un conjunto visible de filamentos. Los nutrientes necesarios para el crecimiento de los hongos son obtenidos por absorción a través de la pared celular del micelio vegetativo que penetra al medio (García 2004).

Para el adecuado desarrollo del micelio y las setas (cuerpos fructíferos del hongo) deben tenerse en cuenta algunos factores físicos, químicos y biológicos:

Factores físicos: La humedad presente en el ambiente es muy importante, porque ésta debe ser lo bastante elevada para permitir el desarrollo del hongo. Asimismo, la presencia de agua en forma libre es necesaria, para que se produzca la germinación de las esporas (Salerni *et al.* 2002).

Por otra parte, la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de los hongos se encuentra entre los 25 y 30°C (Hacsckaylo *et al.* 1965), pudiendo llegar a los 40 y 45°C, sin embargo, hay excepciones con especies que crecen entre los 0°C y 55°C sin ningún problema.

Factores químicos: Los hongos tienen la capacidad de soportar intervalos de pH entre (2,5 - 7,5), lo que significa que toleran mejor el medio ácido que el alcalino. Hay que mencionar que los hongos tienen la propiedad de modificar el pH por medio de los ácidos orgánicos del alimento y los excretados por bacterias acidificantes, los cuales utilizan como energía (Pereira *et al.* 2007).

Los hongos no son exigentes en lo que se refiere a la riqueza del sustrato, ya que ellos se nutren de los macro y micro elementos existentes en él; sin embargo, el hierro y el zinc son fundamentales para su desarrollo, así como también, lo es la presencia de oxígeno, ya que al igual que nosotros lo utilizan para respirar.

Factores biológicos: Algunos hongos ven favorecido su crecimiento al asociarse por medio de micorrizas a plantas y árboles. También, se sugiere que la presencia de insectos y otros animales ayuda a su propagación. Esto sucede porque las esporas de los hongos son digeridas por algunos animales al alimentarse y luego depositadas en otros lugares al defecar o bien transportadas sobre el cuerpo y las alas de algunos insectos que se encargan de dispersarlas (Sussman & Halyrson 1966).

III. Reproducción

Los hongos se reproducen sexual o asexualmente, por medio de esporas (Fig. 9) que pueden ser meiosporas (sexuales) o mitosporas (asexuales), pero también pueden hacerlo mediante trozos de micelio transportados de diversas formas, aunque este caso es menos frecuente. Una misma especie de hongo puede reproducirse de manera sexual y asexual, siendo las meiosporas capaces de sobrevivir en condiciones desfavorables presentando resistencia a este tipo de ambientes, mientras que las esporas producidas asexualmente se encargan de propagar el hongo rápidamente y lo más lejos posible (Kendrick 2000).

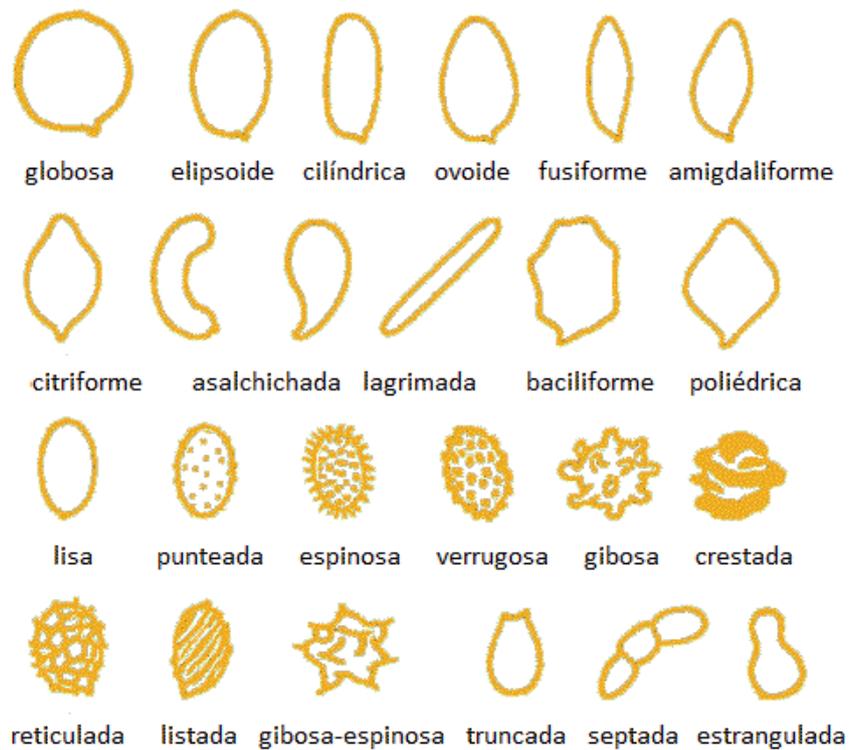


Figura 9. Principales tipos de esporas fúngicas.

La manera más segura para diferenciar las variedades de hongos es determinando el tipo de esporangio (estructura en forma de saco que contiene las esporas) que poseen. La mayoría de los hongos forman esporocarpos como sus estructuras reproductoras (Fig. 10) que son muy variados, ya sea en forma, tamaño, color y otras características para facilitar la dispersión de las esporas hacia otros lugares.



Figura 10. Distintas formas de esporocarpos (Fuente: Viviana Salazar).

En cada sitio existe una micobiota particular, esto quiere decir que, algunas especies de hongos no se pueden encontrar en ningún otro lugar.

Características de los hongos

Sus células tienen dos núcleos la mayor parte de su ciclo de vida.

Poseen estructuras somáticas filamentosas y ramificadas.

Tienen sustancias de almacenamiento: glicógeno, grasas.

Paredes celulares de quitina, celulosa o ambas.

Organismos eucarióticos y heterótrofos.

Se alimentan por osmotrofia (absorción).

Reproducción sexual y/o asexual.

Se originan a partir de esporas.

No tienen clorofila.

No caminan.

2. ¿Dónde viven los hongos?

Los hongos son cosmopolitas, esto quiere decir, que se encuentran ampliamente distribuidos y que son capaces de colonizar cualquier tipo de ambiente o espacio, por lo tanto, pueden encontrarse en cualquier lugar desde desiertos hasta la Antártida. Por ejemplo, son colonizadores en distintas superficies, asociándose a algas y levaduras formando los líquenes (Fig. 11) y pueden habitar climas desfavorables. Sin embargo, la mayoría de los hongos prefieren vivir en lugares húmedos y sombríos, ya que al no poseer clorofila no necesitan la presencia de la luz solar.



Figura 11. Diversas especies de líquenes sobre rocas (Fuente: Viviana Salazar).

Los hongos actúan como descomponedores sobre todo tipo de sustrato (Fig. 12), encargándose de ayudar en los ciclos biogeoquímicos (Carbono, Nitrógeno, Fósforo, entre otros).

Estos organismos tienen una gran importancia ecológica, pues descomponen la materia orgánica en inorgánica (sales minerales) devolviendo los nutrientes inorgánicos al suelo, formando humus o tierra negra, indispensable para el crecimiento de la mayoría de los vegetales.



Foto 12. *Calocera viscosa* (Pers.) Fr. sobre madera muerta de *Pinus radiata*.

Además actúan como simbioses mutualistas que contribuyen a la nutrición de plantas y animales. No obstante, los hongos también pueden comportarse como patógenos (Fig. 13) regulando poblaciones de otros organismos (Rodríguez *et al.* 2009).



Figura 13. Visión macro y microscópica del Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) sobre papa. El tizón tardío es una enfermedad causada por *Phytophthora infestans* que afecta seriamente el cultivo de papa en el mundo y que puede producir la pérdida total de los cultivos. Afecta hojas, tallos y tubérculos, pudiendo dispersarse rápidamente y abarcando grandes superficies cuando las condiciones climáticas son favorables, ya que necesita temperaturas bajas acompañadas de alta humedad relativa (INIA 2008).

Ahora bien, si consideramos los hongos microscópicos podemos encontrar éstos habitando en los océanos (Fig. 14) o, simplemente, sobre el pan o las frutas (Fig. 15) que dejamos olvidadas durante las vacaciones a temperatura ambiente.

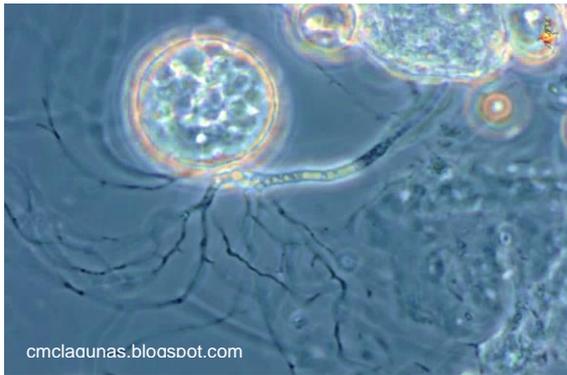


Figura 14. Un hongo acuático de la División Chytridiomycota.



Figura 15. *Penicillium* sp. sobre un limón.

El moho y los hongos presentes en las frutas pueden provocar infecciones, alergias y problemas respiratorios, ya sea al ingerirlos o mediante la inhalación de sus esporas. Algunos tipos de moho presentan micotoxinas, que son venenosas y crecen más rápido a temperaturas muy altas, por lo que almacenar la fruta en la nevera es útil para mantenerla en buenas condiciones por más tiempo.

3. ¿Cuántos hongos existen?

Las estimaciones respecto al número de hongos descritos varían mucho debido al poco conocimiento que se tiene de éstos, a que se distribuyen prácticamente en todos los ecosistemas y a la inseguridad sobre lo que debe incluirse en el grupo. Los hongos son uno de los grupos de organismos más diversos y se sugiere que hasta la fecha han sido descritas más de 100.000 especies de 1,5 millones estimado que existe (Fig. 16) (Hawksworth 2001).

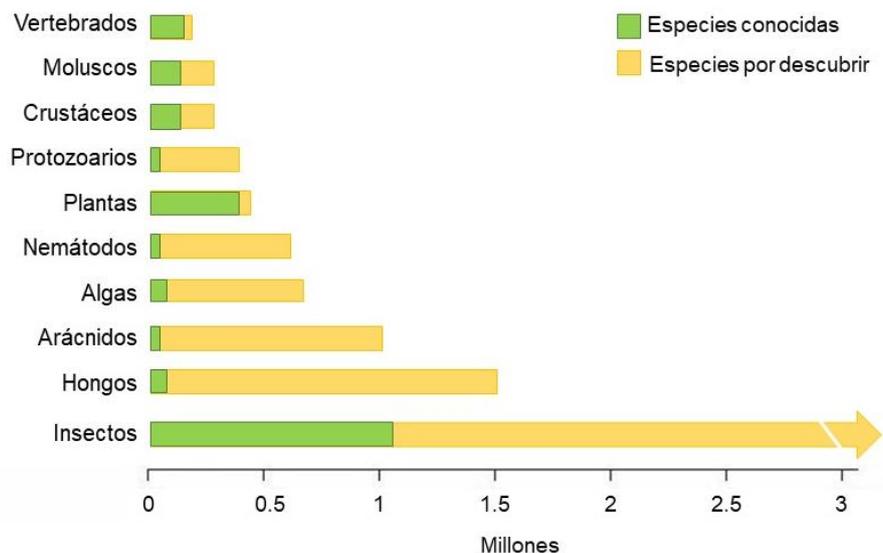
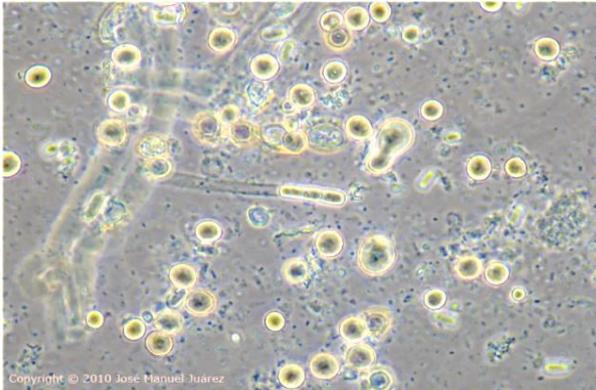


Figura 16. Número de especies conocidas y por descubrir, según grandes grupos, sin contar el grupo de las bacterias y arqueas (información actualizada hasta el año 2016).

Se estima que la División Ascomycota tiene al menos 60.000 especies, en tanto que en la División Basidiomycota existen alrededor de unas 30.000 especies y otras 30.000 corresponderían a otros hongos. Por otra parte, las estimaciones sobre el número de especies de líquenes descritas varían entre 10.000 y más de 20.000 (Piepenbring 2015).



Se calcula que de todos los hongos existentes en el planeta, el 70% corresponde a hongos microscópicos (Fig. 17) (levaduras, mohos y otros).

Figura 17. Hongos sobre la corteza del queso.

4. ¿Cómo se reproducen los hongos?

Los hongos se reproducen por medio de esporas asexuales y/o sexuales y, en casos especiales, a través de pequeños fragmentos de micelio. La reproducción involucra la formación de nuevos individuos que posean todas las características de la especie y puede ser de dos tipos: asexual y sexual (Deacon 2006).

I. Reproducción asexual

No hay formación de órganos especializados y no conlleva una fusión nuclear. Como resultado de este tipo de reproducción se obtiene un gran número de individuos y la etapa de crecimiento ocurre en forma repetitiva (Piepenbring 2015). Un hongo que tenga este tipo de reproducción se denomina anamorfo.

La reproducción asexual no proporciona variabilidad genética como lo hace la sexual, pero es mucho más rápida, por lo que los hongos fitopatógenos suelen emplearla para propagarse a gran velocidad en los cultivos.

Las formas de reproducción asexual en hongos (Fig. 18) pueden ser:

- a. Gemación de células somáticas o esporas.
- b. Esporogénesis.
- c. Fragmentación del micelio.

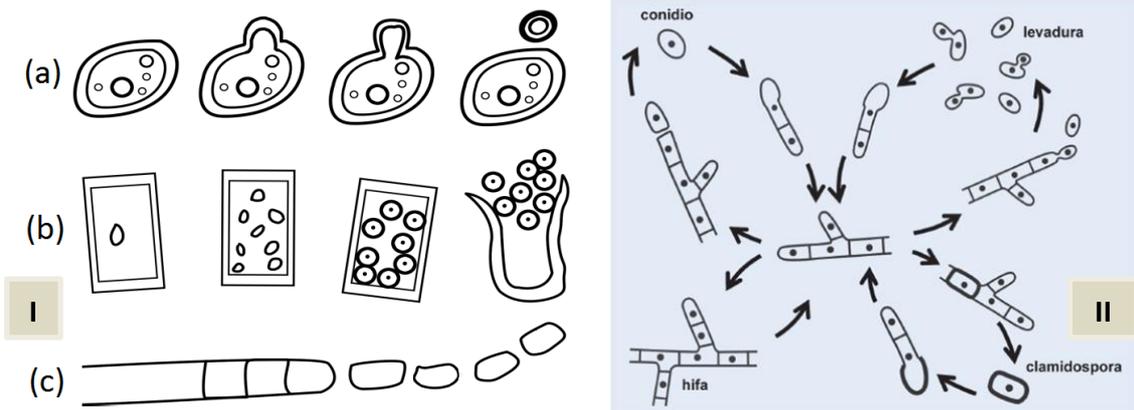


Figura 18. I) Tipos de reproducción asexual en hongos: (a) gemación, (b) esporulación y (c) fragmentación; II) Diferentes posibilidades de desarrollo asexual desde una hifa (Piepenbring 2015).

Gemación: En las levaduras (hongos unicelulares), la célula se divide por medio de un proceso de mitosis asimétrica en dos células hijas de diferente tamaño. La porción celular que da origen a la más pequeña se llama yema (brote), la cual puede separarse o quedar pegada a la célula madre.

Esporulación: Este proceso de reproducción consiste en la división del núcleo en diferentes partes, las cuales se rodean por el citoplasma y de esta forma se produce la conformación de esporas. Es un proceso de diferenciación celular con el fin de generar esporas y expulsarlas al ambiente, que puede verse afectado por circunstancias medioambientales adversas, como falta de disponibilidad de nutrientes o luz.

Fragmentación: Se produce en algunos organismos que si son seccionados en dos o más fragmentos, poseen la capacidad de regenerarse, ya no sólo como la parte que antes formaban, sino de todo un individuo por cada fragmento.

II. Reproducción sexual

Generalmente, hay formación de órganos especializados y conlleva fusión de dos núcleos compatibles. En este proceso suele haber recombinación genética (existe un intercambio de genes). Si los hongos tienen núcleos complementarios en el mismo micelio capaces de conjugarse se llaman hongos homotálicos y si necesitan núcleos procedentes de micelios diferentes se llaman hongos heterotálicos.

La reproducción sexual consta básicamente de tres etapas: plasmogamia (fusión de los protoplastos), cariogamia (unión de los núcleos) y meiosis. Un hongo con este tipo de reproducción se denomina teleomorfo.

Los tipos de reproducción sexual en hongos son:

- Fusión de un gameto libre con uno contenido en un gametangio.
- Fusión de dos gametos de vida libre.
- Copulación de dos gametangios.
- Anastomosis de hifas somáticas.

A continuación, se presenta un resumen sobre la reproducción en los hongos (Fig. 19).

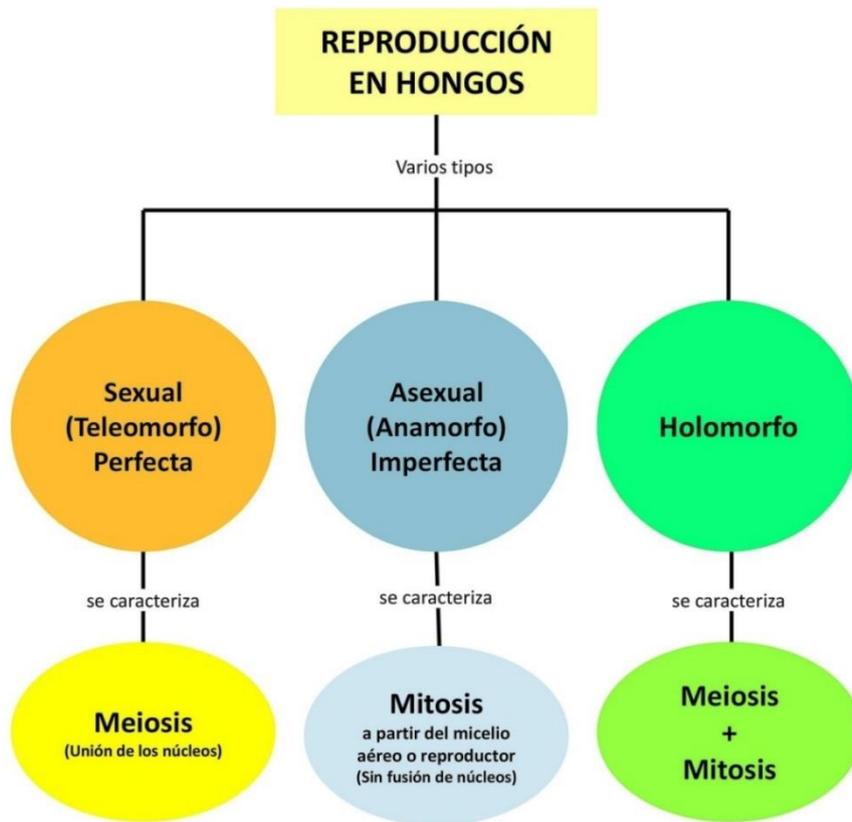


Figura 19. Esquema sobre los tipos de reproducción en hongos.

De acuerdo a Piepenbring (2015), durante la fertilización (Fig. 20) se unen gametos, gametangios o hifas con núcleos haploides por plasmogamia. Cuando se unen dos gametos morfológicamente similares se trata de una isogamia, cuando un gameto es más grande (femenino) que el otro, hablamos de una anisogamia. Cuando un gameto masculino se fusiona con un óvulo se trata de oogamia. El resultado de estas fertilizaciones son cigotos, células con núcleos diploides. Cuando se une un espermacio con una hifa receptiva o tricógina se trata de una espermatización. También se pueden fusionar gametangios por gametangiogamia sin liberar gametos. Cuando un gametangio es más grande que el otro, el más grande se llama ascogonio en hongos Ascomycota u oogonio en Oomycota y el más pequeño anteridio. En el caso de la somatogamia, dos hifas sin ninguna estructura sexual específica se unen mediante un puente de conjugación. En el caso normal, dos hifas monocarióticas se unen por somatogamia y se desarrolla una hifa dicariótica. Cuando dos hifas con células multinucleadas se fusionan, resulta una hifa dicariótica (tipo heterocítico) o una hifa con células multinucleadas (tipo holocenocítica). Estas explicaciones son válidas para especies de hongos heterotálicos, en los cuales se requieren gametos o núcleos de dos individuos con material genético compatible para la reproducción sexual.

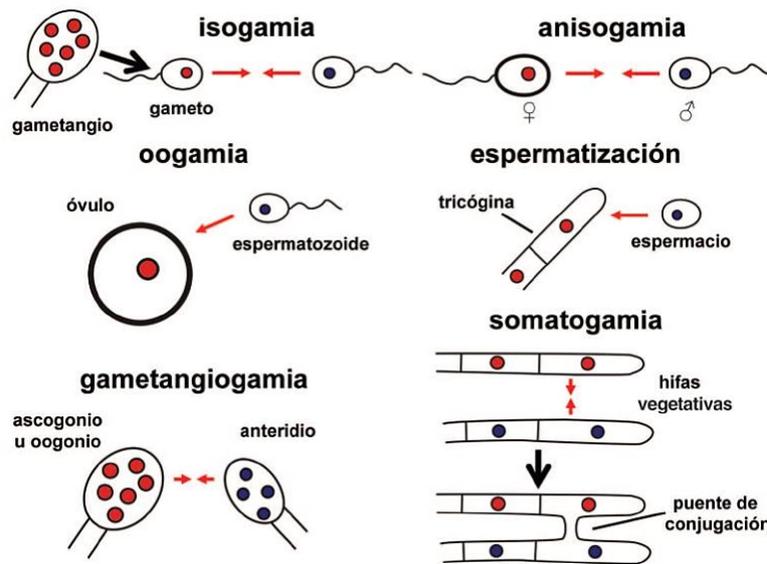


Figura 20. Diferentes tipos de fertilización. Las flechas rojas y largas indican direcciones de movimiento y las flechas rojas y cortas crecimiento por el cual las células compatibles entran en contacto y se fusionan (Piepenbring 2015).

Reproducción sexual en la División Basidiomycota (Fig. 21)

La División Basidiomycota es una de las más diversificadas y recientes en la historia evolutiva, así como también, la más conocida pues comprende numerosos y variados tipos de hongos. Cuando son de carácter heterotálico, el micelio primario sufre una dicariorización (somatogamia o espermatización) produciendo hifas dicarióticas que corresponden al micelio secundario. En los hongos homotálicos una basidiospora produce el micelio dicariótico.

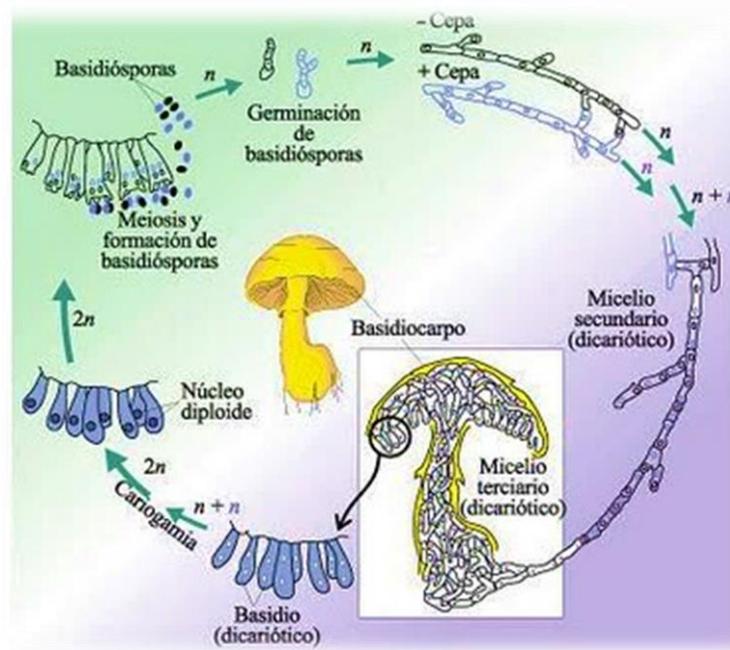


Figura 21. Ciclo de vida de un basidiomiceto (www.botanica.cnba.uba.ar).

Reproducción sexual en la División Ascomycota (Fig. 22)

A partir del momento en el que se forman las estructuras reproductoras sexuales, se forman las hifas dicarióticas como consecuencia de diversos procesos de reproducción sexual que llevan al apareamiento de núcleos. Tales procesos de reproducción pueden ser: Contacto gametangial, espermatización y somatogamia.

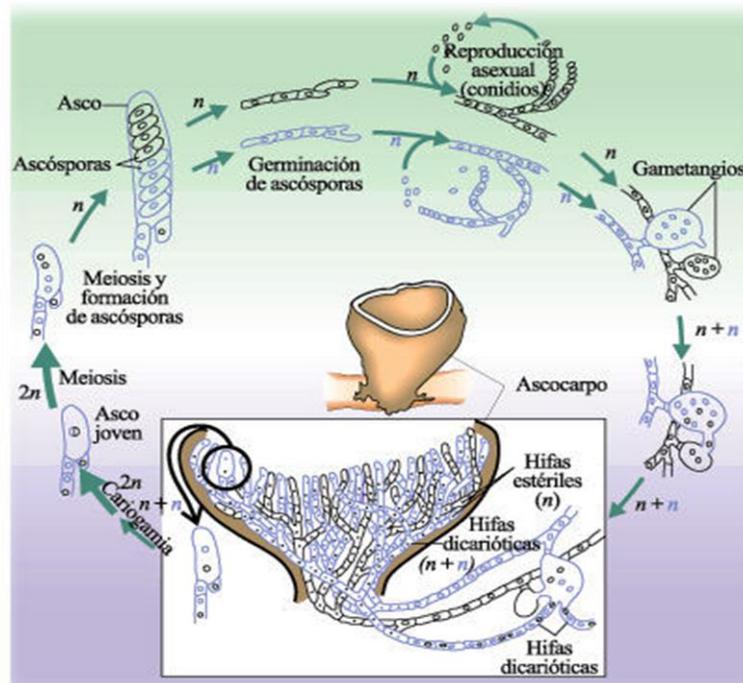


Figura 22. Ciclo de vida de un ascomiceto (www.botanica.cnba.uba.ar).

5. ¿Qué partes conforman una seta?



Figura 23. Seta o cuerpo fructífero.

Las setas, carpóforos o cuerpos fructíferos (Fig. 23), son las fructificaciones de los hongos y en ellas se alojan las esporas que son las estructuras reproductivas (Ruíz 2001). Es como si comparamos un árbol y sus frutos: El árbol sería el hongo (micelio) y los frutos las setas.

Las principales partes que conforman una seta o carpóforo de un basidiomiceto (Fig. 24) son: el píleo (sombbrero), himenio, anillo, estípite (pie) y volva. Aunque es normal encontrarse con algunas setas que no tienen todas estas partes como ocurre con los géneros: *Ramaria*, *Cyttaria*, *Stereum*, *Tuber*, *Xilaria*, etc.

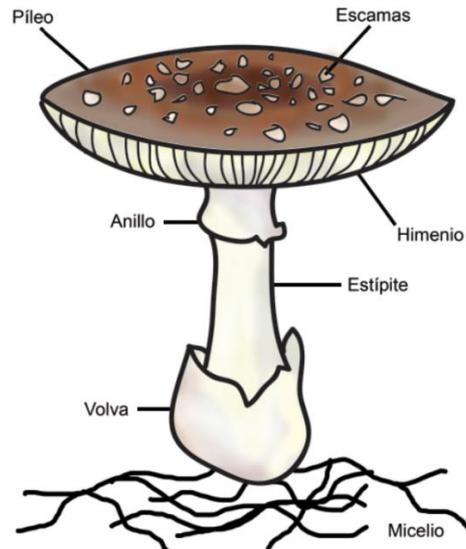


Figura 24. Partes que conforman una seta.

Píleo: Es la parte superior de un hongo conocida comúnmente como sombrero (Fig. 25), que sustenta la superficie donde se alojan las esporas en el himenio. La mayoría de las setas adoptan distintas formas de píleo según la fase de desarrollo en la que se encuentren.

Básicamente, al tocarlo el sombrero puede ser liso, con escamas, con pelillos o verrugas. Pueden tener colores brillantes, opacos o mixtos, presentando a su vez bordes agrietados, ondulados, lisos o enrollados. Geométricamente, el píleo puede ser globoso, ovoide o acampanado, entre otras formas.

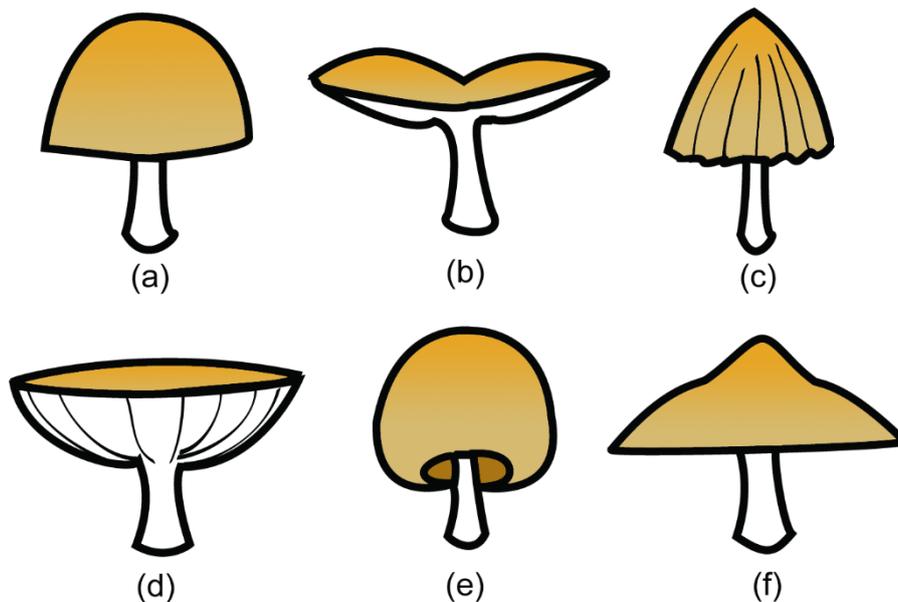


Figura 25. Típicas formas de píleo: (a) convexo, (b) deprimido, (c) cónico, (d) aplanado, (e) globoso, (f) umbonado

Himenio: Corresponde a la parte fértil del ascoma de los ascomicetos y del basidioma de los basidiomicetos y dependiendo de la clase de hongo que se estudie puede estar formada por ascos o basidios. El himenio (Fig. 26) de un basidiomiceto puede ser laminar, tubular, con pliegues o con puntas.

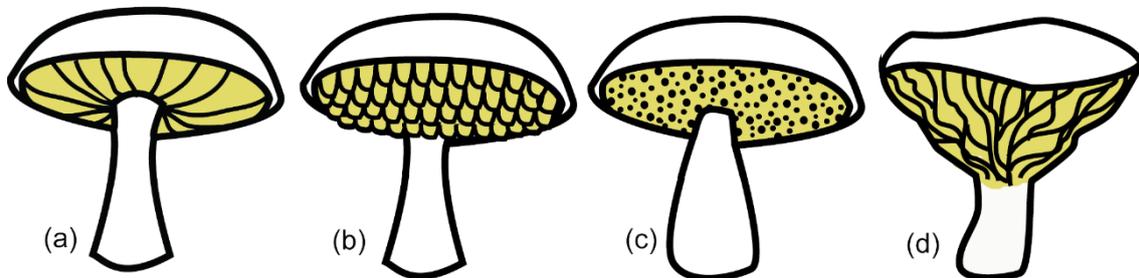


Figura 26. Tipos de himenio: (a) laminar, (b) con aguijones, (c) tubular y (d) con pliegues.

Anillo: Es una estructura anular que poseen algunos hongos en su estípite (pie) y que puede ser grueso o membranoso. Representa el resto del velo parcial que queda, luego de romperse para exponer las láminas u otro tipo de estructura que sustente las esporas.

Como se mencionó en un principio, el anillo no es una estructura típica de todas las setas, pero a la hora de identificar una especie de hongo es de suma importancia saber su forma y tipos en general. De acuerdo a su disposición, el anillo puede ser ascendente o descendente y conforme a su composición puede ser simple o doble (Fig. 27).

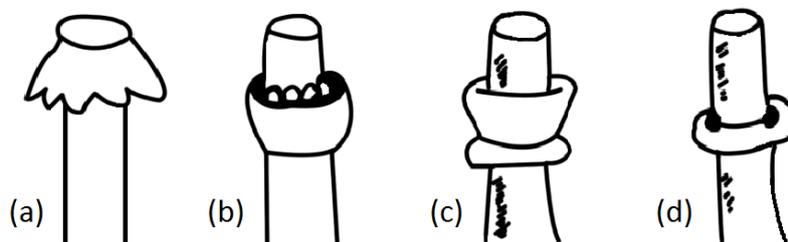


Figura 27. Tipos de anillo: (a) descendente, (b) ascendente, (c) doble y (d) simple.

Estípite: Es la parte del hongo conocida como pie (Fig. 28), que sostiene el píleo o sombrero y que posee una serie de detalles relevantes para la identificación de una especie.

El pie de las setas se puede ubicar centralmente o lateralmente y además, puede ser sésil o excéntrico. Para clasificar una seta es necesario considerar la estructura interna del pie que puede ser hueca, esponjosa, fibrosa o de un color distinto.

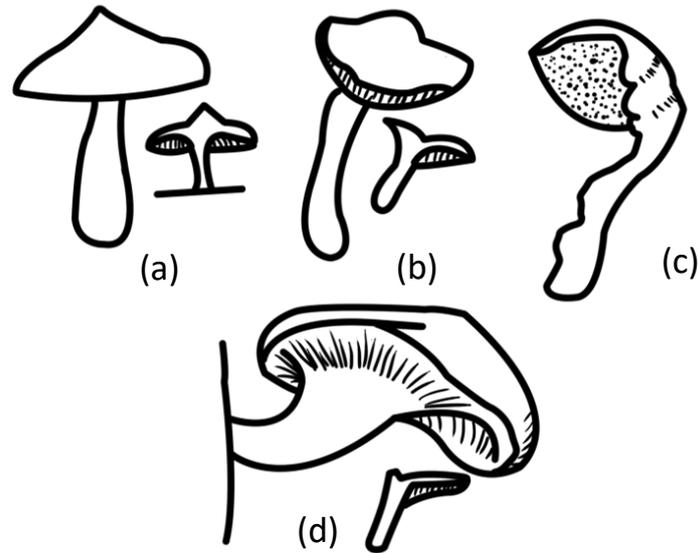


Figura 28. Tipos de estípite: (a) central, (b) anormal, (c) lateral y (d) sublateral-excéntrico.

Volva: La volva (Fig. 29) es una estructura particular que poseen sólo algunas setas, es carácter muy específico y difícil de determinar. Es el tejido remanente del velo universal ubicado en la base del pie de algunos hongos, con forma de copa, anillos concéntricos o escamas, entre otras.

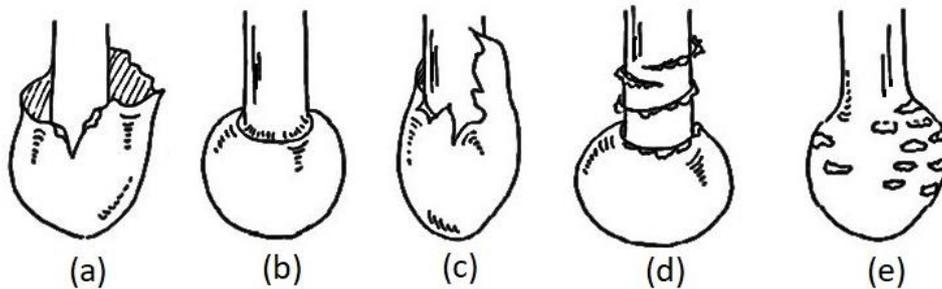


Figura 29. Principales tipos de volva: (a) membranosa, (b) circuncisa, (c) adherente membranosa, (d) anillada y (e) sacciforme.

6. Caracteres macroscópicos para diferenciar setas

Además de la forma y estructura de las partes de un basidiomiceto que hemos visto anteriormente, hay otros caracteres macroscópicos relevantes a la hora de diferenciar setas, por lo que a continuación, revisaremos algunos detalles importantes a tener en cuenta.

La manera en como lleguen las láminas al pie es importante a la hora de distinguir las setas, es decir, si las láminas son decurrentes, libres, escotadas, etc. (Fig. 30). Así como también, es importante la presencia de restos de velo, forma de la cutícula y bordes (Fig. 31).

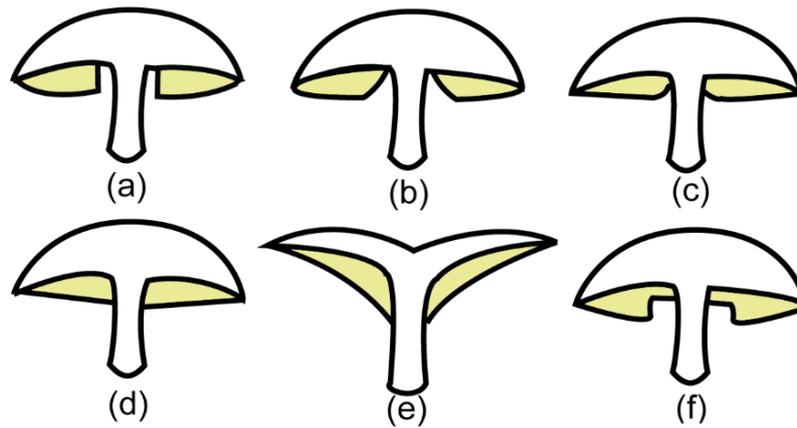


Figura 30. (a) distantes, (b) libres, (c) anexas, (d) adnatas, (e) decurrentes, (f) marginadas.

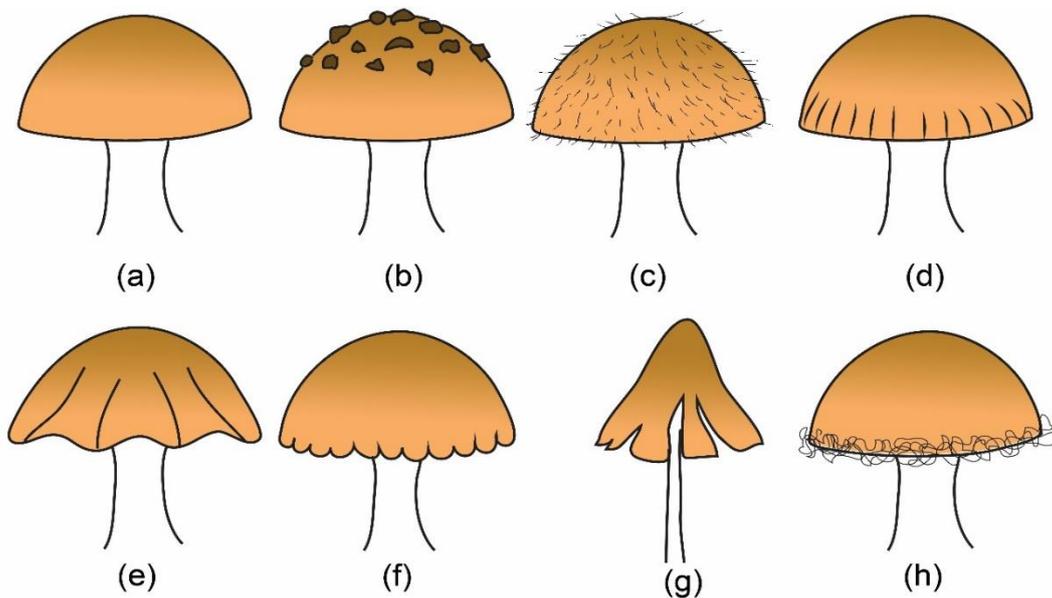


Figura 31. Forma de la cutícula y bordes. (a) cutícula lisa, (b) cutícula escamosa, (c) cutícula hirsuta, (d) margen estriado, (e) margen ondulado, (f) margen acanalado, (g) margen rajado, (h) margen lanoso.

Determinar el color de la esporada (Fig. 32) es una de las cosas más difíciles para identificar una seta, esto se refiere al color que proporcionan las esporas cuando están agrupadas en masa. Para lograr esto hay que dejar la seta sobre un vaso con el sombrero en posición vertical de modo que las esporas puedan ir cayendo sobre un papel. Otra forma de obtener la esporada es colocar una hoja de papel o cartulina que tenga una mitad de color blanco y la otra de color negro, esto se hace para observar mejor las esporas de color claro u oscuro. Luego se corta el pie a ras del sombrero, de modo que queden correctamente separados. El sombrero se posiciona con el himenio hacia abajo sobre la unión de los dos papeles y, finalmente se tapa con una fuente o similar que evite que circule aire entre la hoja y el sombrero. Al día siguiente se destapa el sombrero y se levanta cuidadosamente, descubriendo el color de las esporas expulsadas.

En el caso de individuos maduros se observa el color de las laminillas, donde los colores básicos son: blanco, negro, rosa y pardo, siendo comúnmente tóxicas aquellas setas con una esporada de estos dos últimos colores mencionados.

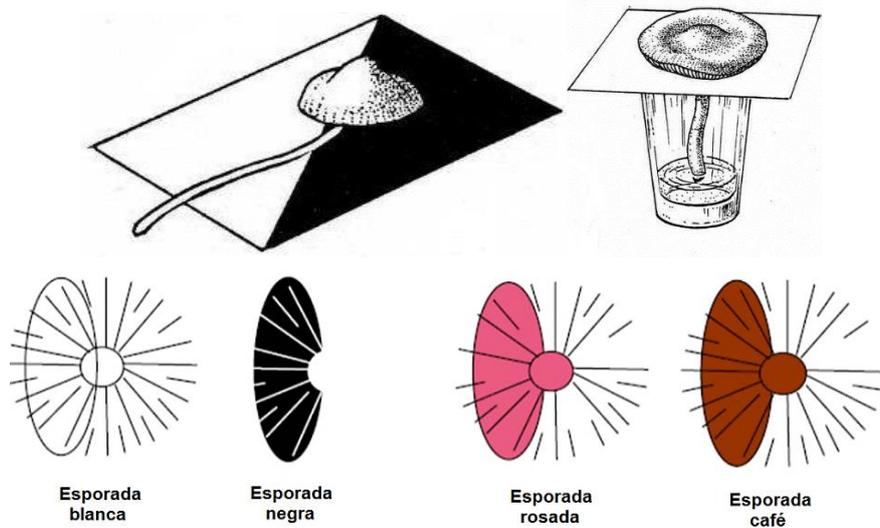


Figura 32. Color de la esporada (Gómez 2000).

Todos los caracteres mencionados anteriormente, son importantes para una correcta identificación; sin embargo, algunos pueden variar entre especies, tales como: tamaño del espécimen, morfología del píleo y estípite, intensidad de sus colores en relación al momento de desarrollo del ejemplar observado, clima predominante, tipo de sustrato, entre otros.

Los caracteres macroscópicos más importantes de los tratados hasta ahora son:

Tipo de himenóforo: interno o externo, en este último caso si es de láminas, pliegues, tubos o agujones.

Consistencia de la carne: al romperse es fibrosa o granulosa, con presencia o con ausencia de látex.

Relación del pie con el sombrero y el himenóforo: heterogéneos u homogéneos, láminas (u otro himenóforo): libres, adnatas, escotadas o decurrentes.

Restos de velos: Presencia o ausencia de ellos. Si existen del velo general: volva y/o restos sobre el sombrero; del velo parcial: anillo o cortina.

Color de la esporada: En la mayor parte de los géneros el color de la esporada de las especies que lo conforman suele ser constante, por ejemplo: *Macrolepiota*: blanco, *Hypholoma*: purpureo, *Pluteus*: rosa, *Cortinarius*: pardo-ferruginoso, etc.

Es necesario mencionar que la microscopia es muy relevante a la hora de determinar una especie, ya que nos permite saber a ciencia cierta frente a qué especie estamos; sin embargo, estos aspectos microscópicos se pueden consultar con más detalle en otros libros.

A close-up photograph of a wooden log with several pieces of Chondrostereum purpureum fungus growing on it. The fungus has a dark, almost black, textured surface with a bright orange-red, slightly raised, and somewhat fuzzy border. The background is a blurred forest scene with green foliage and brown branches.

CAPÍTULO II.
TAXONOMÍA DE LOS HONGOS

CAPÍTULO II. TAXONOMÍA DE LOS HONGOS

1. Reino Fungi (Eumycota)

El término “*fungi*” significa hongos en latín, por lo que este conjunto de organismos se agrupa en el denominado Reino Fungi, formado por especies uni y pluricelulares, heterótrofas y que en algunos casos pueden formar setas (cuerpos fructíferos). Los hongos son seres fascinantes que pueden colonizar cualquier tipo de ambiente en condiciones favorables para su desarrollo, cumplen diversos roles en el ecosistema y pueden tomar diversas formas (Kendrick 2000).

Al igual que los demás seres vivos, los hongos se agrupan de manera sistemática en Clases, Órdenes, Familias y Géneros, que clasifican los especímenes desde grupos donde comparten características muy generales a nivel de Reino hasta aquellos que comparten características muy específicas. Existen muchas clasificaciones según los autores y criterios que cada uno de ellos maneja, sin embargo, a continuación se muestran las divisiones de hongos más importantes (Fig. 33).

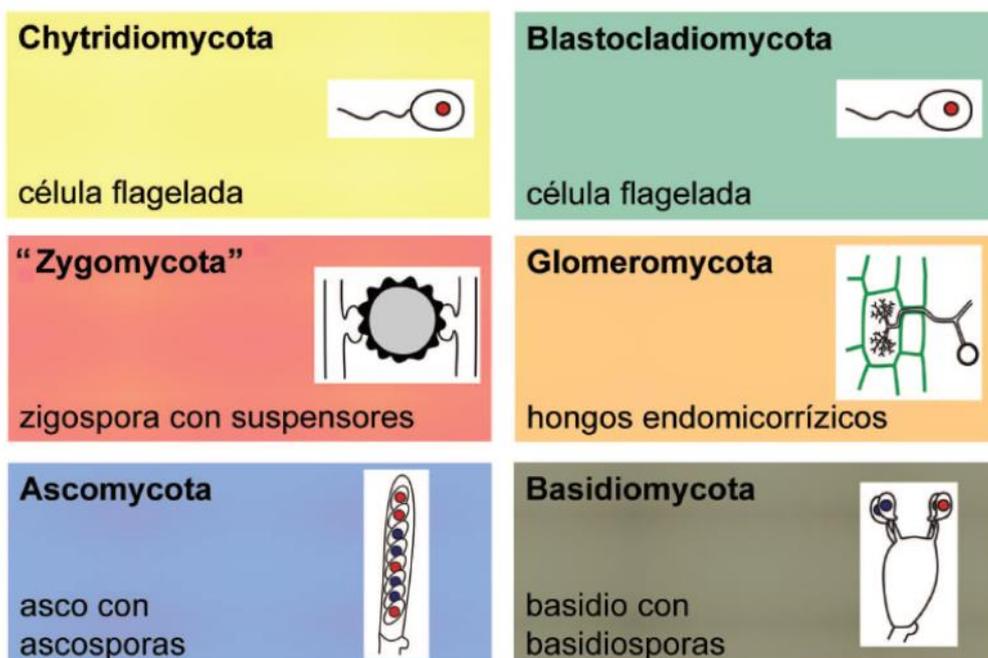


Figura 33. Divisiones más importantes del Reino Fungi (Piepenbring 2015).

El nombre científico de toda especie incluyendo los hongos, está formado por un binomio (*Sistema binomial de Linneo*), es decir, por dos nombres: Uno corresponde al género y el otro a la especie, los cuales están siempre en latín, por lo que se escriben con letra cursiva o negrita o con ambas, para diferenciarlo como tal, por ejemplo: *Cortinarius magellanicus* (El género se escribe siempre con la primera letra en mayúscula y la especie con minúscula).

2. Hongos Inferiores

En la antigüedad una forma de clasificar los hongos era dividirlos como “hongos inferiores” y “hongos superiores”. Los hongos inferiores son aquellos organismos más primitivos que conforman el Reino Fungi. Estos son muy pequeños, por lo que no presentan setas que puedan ser observadas a simple vista y sus numerosas especies se distribuyen en diferentes clases, las cuales se mencionan a continuación (Blackwell *et al.* 2012).

i. División Chytridiomycota

Están dentro del grupo de los hongos más antiguos, ya que los fósiles más viejos se remontan al Devónico, en la localidad de Rhynie Chert, Escocia. Su nombre deriva del griego “*chytridium*” (que significa “cacerolita”) y corresponden a hongos unicelulares que viven en ambientes acuáticos o terrestres muy húmedos.

Sus paredes celulares tienen quitina y son los únicos “hongos verdaderos” (Eumycota) que forman células motiles, uniflageladas (gametos, zoosporas) que los asemeja a los animales. Poseen talos simples, unicelulares o sifonales y las especies avanzadas son capaces de formar micelios. Su reproducción sexual puede ocurrir por isogamia, anisogamia, gametangiogamia, oogamia o somatogamia. Suelen ser saprófitos o parásitos en microalgas, plantas, vertebrados e invertebrados y no sobrepasan las 1.000 especies. La especie *Batrachochytrium dendrobatidis* provoca la enfermedad conocida como Quitridiomycosis en anfibios en nuestro país y en otros lugares.

Órdenes: Chytridiales, Rhizophydiales, Spizellomycetales (Fig. 34) y Monoblepharidales.

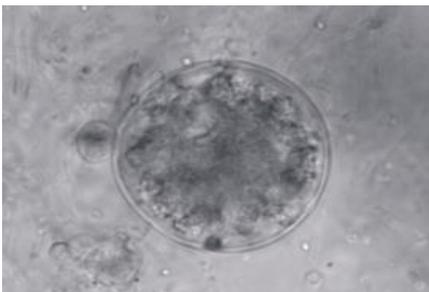


Figura 34. Spizellomycete a 400x.

Spizellomycetales es un orden de hongos de la División Chytridiomycota. Son hongos esencialmente ubicuos, productores de zoosporas, que se encuentran en los suelos donde descomponen polen. Recientemente, también se han encontrado en los entornos de estiércol y ambientes montañosos, ampliando considerablemente el rango de hábitats donde uno puede esperar encontrar estos hongos.

ii. División Zygomycota

Con alrededor de 1.100 especies, estos hongos son organismos de nutrición saprófita o parásita, que se alimentan de restos de plantas y animales del suelo. En términos evolutivos, se consideran los primeros hongos terrestres verdaderos. Son hongos terrestres que forman hifas, micelios y esporangios. Presentan un rápido crecimiento.

Su reproducción sexual ocurre por gametangiogamia y la formación de zigósporas (con gruesas paredes), mientras que la reproducción asexual se da a través de esporangios característicos, que contienen esporangiosporas no nadadoras. Sus esporas son anemócoras, es decir, se dispersan a través del viento.



Figura 35. Moho en pan, luego de 3 o 5 días al aire libre (© Matt Wharton).

La mayoría de los hongos conocidos como moho, como los del pan o la fruta, pertenecen a esta división. El moho negro del pan (*Rhizopus nigricans*) (Fig. 35), es un representante de este grupo del Orden Mucorales, produce masas de hifas sobre pan, fruta y otros alimentos deteriorados. El cuerpo de este hongo, está compuesto de hifas no septadas.

Órdenes: Mucorales, Entomophthorales y Zoopagales.

iii. División Blastocladiomycota

Grupo de hongos de hábitat acuático o que viven en el suelo muy húmedo. Poseen un micelio verdadero, forman esporangios de resistencia con pared gruesa y reproducción sexual por copulación de planogametos: isogamia o anisogamia. La reproducción asexual se da por medio de zoosporas. Estos hongos presentan un talo sifonal, es decir, desprovisto de tabiques individuales que definen las células, aunque en algunos casos podemos encontrar al final de las hifas, tabiques que separan las células utilizadas para la producción de gametos. Poseen zoosporas uniflageladas con flagelo tipo látigo. Viven como saprófitos sobre los restos de animales y plantas en el suelo y el agua.

iv. División Glomeromycota

Antes fueron considerados como otro orden de la Clase Zygomycota; sin embargo, datos ecológicos y moleculares sugieren una División propia. Según el registro fósil están presentes en la Tierra desde hace al menos 460 millones de años, durante el periodo Ordovícico.

Los Glomeromycota (también llamados incorrectamente *Glomales*), son estrictamente asexuales, ya que sólo presentan propagación vegetativa. Se encuentran formando endomicorrizas con el 95% de las familias de plantas vasculares (Crowell *et al.* 2001). Son hongos que forman micorrizas arbusculares manifestándose dentro de raíces,

creando arbuscúlos que son unas estructuras que permiten el intercambio de nutrientes con la planta.

Además de presentar una simbiosis micorrícica obligatoria, los hongos de la División Glomeromycota (Redecker 2000) se diferencian de otros hongos por el gran tamaño de sus esporas (cada una con varios núcleos) y sus hifas no septadas. Como estos hongos son asexuales, no forman cuerpos fructíferos, sus estructuras se revelan sólo con el microscopio. Esta división cuenta con 200 especies aproximadamente.

Órdenes: Archaeosporales, Diversisporales, Paraglomerales y Glomerales (Fig. 36).

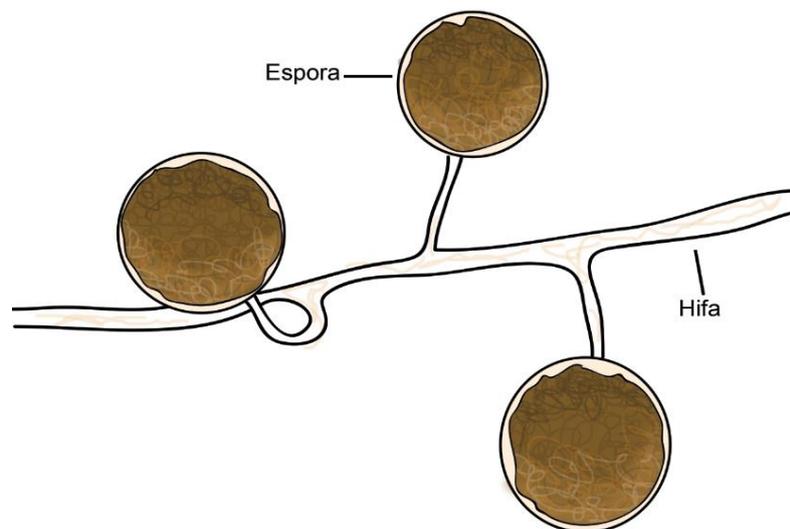


Figura 36. Esquema de *Glomus cerebriforme* McGee, donde se muestran las hifas y esporas.

3. Hongos Superiores

Se designa como hongos superiores a aquellos organismos del Reino Fungi que no poseen células móviles. Sus hifas son septadas, lo que les sirve de apoyo ante un sustrato desfavorable y restringe el daño del citoplasma por quiebres (Money 2007).

Los hongos superiores se agrupan en dos divisiones: Ascomycota y Basidiomycota, dependiendo si el desarrollo de las esporas vegetativas ocurre en ascos o en basidios.

i. División Ascomycota

Esta División tiene alrededor de 60.000 especies y en ella podemos encontrar a las levaduras, ascomicetos primitivos sin hifas septadas o raramente, unicelulares o formando cadenas cortas, saprobiontes sobre sustratos ricos en azúcares o parásitos. Las levaduras se utilizan para la producción de alimentos, como la cerveza, el vino y el pan. Hoy se distinguen dentro de los Ascomycota tres subdivisiones (Fig. 37).

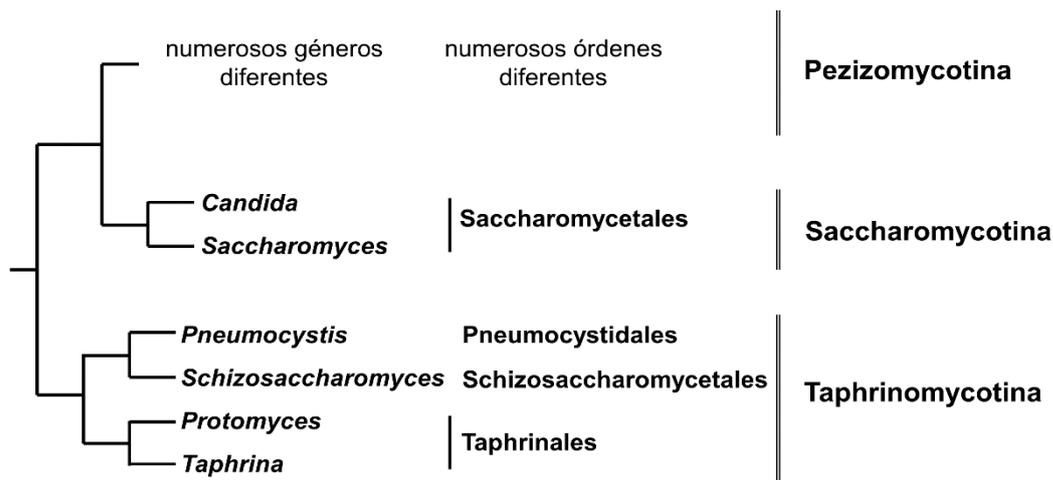


Figura 37. Filogenia de las tres subdivisiones de los Ascomycota con ejemplos de órdenes y géneros (Piepenbring 2015).

Todos los ascomicetos presentan estructuras de reproducción muy características llamadas ascas. A medida que se avanza en las distintas categorías de clasificación, los ascomicetes comienzan a formar cuerpos fructíferos y, en casos particulares, a asociarse a algas para formar lo que conocemos como líquenes (el micelio fúngico constituye la estructura principal (90%) y determina en gran parte la forma y el color del líquen). Muchos ascomicetos son parásitos sobre plantas e insectos, presentando gran especialización con respecto al hospedador.

Los ascomicetos incluyen muchos mohos como *Penicillium chrysogenum* Thom (Fig. 38), del cual se obtuvo el antibiótico llamado penicilina. Asimismo, existen hongos saprótrofos como el género *Morchella* (Fig. 39), que se encuentran descomponiendo la materia orgánica del suelo de los bosques.

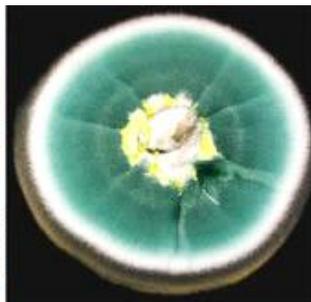
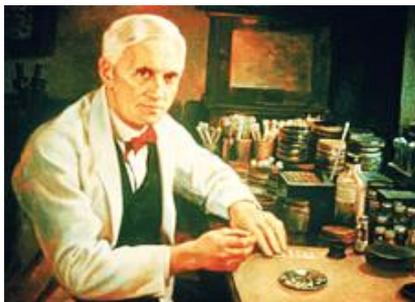


Figura 38. Alexander Fleming, descubridor de la penicilina, extraída del hongo *Penicillium chrysogenum* (pubs.acs.org).

Figura 39. *Morchella* spp.

a. Anatomía

- Meioesporangio: asco de forma tubular que contiene las esporas.
- Septos con poros simples y cuerpos de Woronin (Fig. 40) (tapan el poro para evitar daño al micelio).

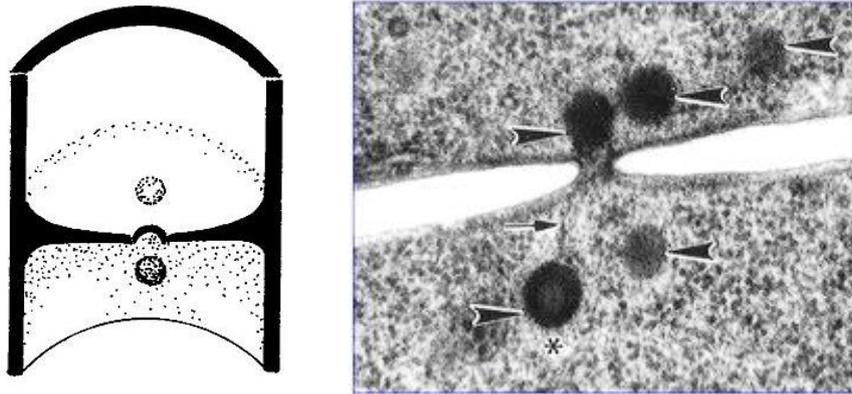


Figura 40. Corpúsculo de Woronin en septo entre dos hifas (© M. Momany & E. Richardson).

b. Reproducción

- **Sexual (teleomorfo):** gametangiogamia (fusión de ascogonio con anteridio).
- Formación de cuerpos fructíferos (ascomas) con hifas generativas dicarióticas.
- **Vegetativa (anamorfo):** Formación de conidios e hifas somáticas, monocarióticas.
- La misma especie biológica puede formar la fase de reproducción sexual y la fase de reproducción asexual.

c. Morfología

- Desde formas muy simples (levaduras) hasta altamente diferenciadas (morchelas y trufas).

d. Ecología

- Pueden ser saprófitos, parásitos, simbioses (micorrizas y líquenes). En el caso de los líquenes, existen más de 13.000 ascomicetes asociados a algas y/o levaduras y que tienen una gran importancia ecológica. La mayoría de los líquenes están formados por hongos de esta División.

Cuando las esporas maduran, la concentración de azúcares dentro del asco aumenta, lo que provoca que vaya absorbiendo cada vez más agua hasta llegar a un punto en donde la presión es tan elevada que revienta y de esta forma son expulsadas las esporas.

Tipos principales de ascos (Fig. 41)

Protunicado: el asco revienta simplemente.

Operculado: tiene una abertura preformada, como una tapa pequeña.

Inoperculado: no forma tapa, pero tiene un anillo gelatinoso en el ápice (se abre con presiones altas para liberar las esporas).

Bitunicado: consta de dos paredes, una externa rígida (exoasco) y una interna flexible (endoasco).

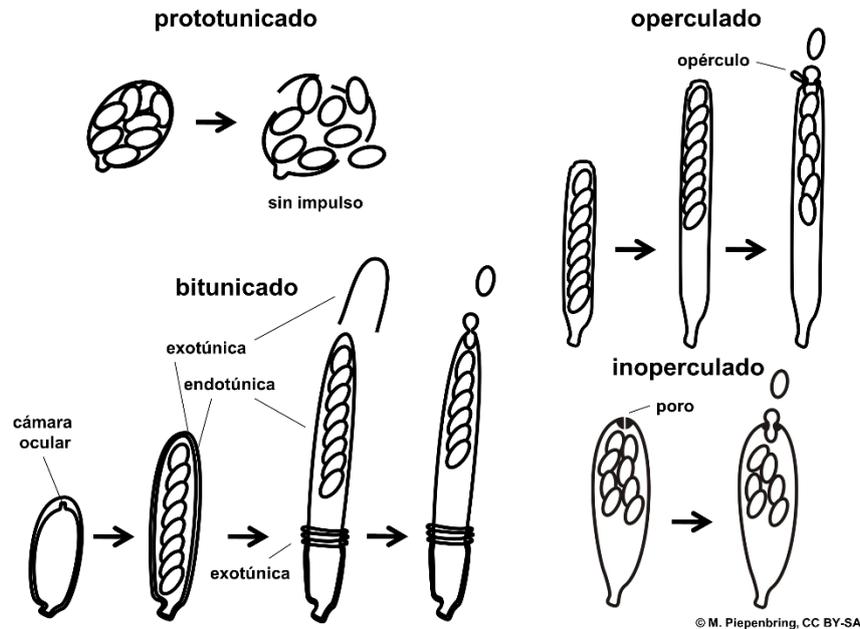


Figura 41. Ascos y estructuras para expulsar las ascosporas (Piepenbring 2015).

Los ascos se producen “desnudos” sobre el micelio vegetativo o, en la mayoría de las especies, organizados y protegidos en cuerpos fructíferos (ascomas).

Variedad de ascomas (Fig. 42)

a. Apotecio

- Tiene forma de copa, son abiertos, llamativos y pueden alcanzar varios centímetros.
- Los ascos maduran más o menos simultáneamente y las esporas son expulsadas durante un período corto.
- Solitarios u organizados en grupos en estromas.
- En muchas especies los apotecios se forman de manera individual.
- *Grupos típicos:* Pezizales (*Peziza micropus* Pers.), Cyttariales (*Cyttaria* spp.).

Derivaciones morfológicas del apotecio

Apotecio inverso: con pliegues como ocurre en *Morchella* spp.

Apotecio cerrado: con himenio laberintoide como sucede en *Tuber* spp.

b. Peritecio (o Pseudotecio)

- Tiene forma oval, periforme o tubular, son cerrados y con un poro (ostiolo).
- Pequeños o microscópicos (típicamente menores a 1 mm).
- Los ascos maduran uno por uno y las esporas son expulsadas en pequeñas cantidades durante un período más largo.
- Pocas veces solitarios, típicamente organizados en grandes cantidades (estromas).
- Muchos de estas estructuras se comportan como parásitos y afectan hojas vegetales, siendo la gran mayoría especialistas (*Mycosphaerella walkeri* R.F. Park & Keane sobre hojas de *Eucaliptus globulus*, *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst., *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf.).
- Grupos típicos: Sordariales, Dothideales.

c. Cleistotecio

- Tiene forma redonda, son cerrados e individuales.
- Pequeños o microscópicos (típicamente menores a 1 mm).
- Los ascos llenan la cavidad entera.
- Los ascos maduran más o menos simultáneamente, las esporas se liberan cuando el peridio revienta.
- Grupos típicos: Eurotiales, Erisyphales.
- Por ejemplo, *Erysiphe necator* Schwein. (muy agresivo sobre la vid).

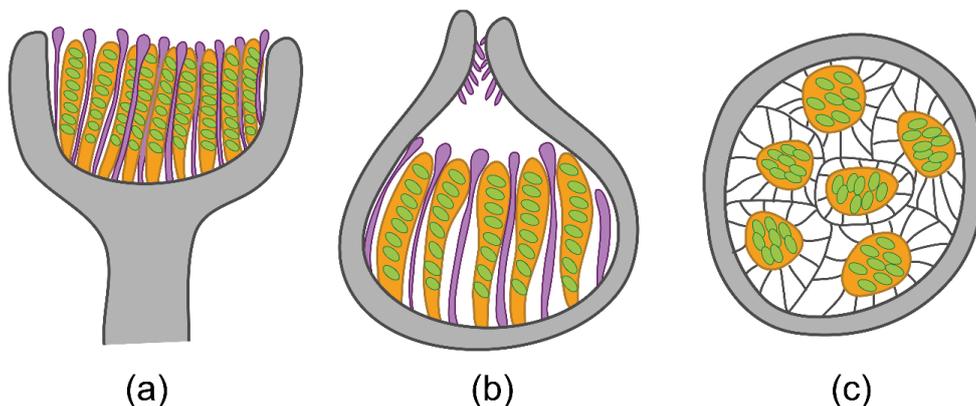


Figura 42. Principales tipos de ascomas: (a) apotecio, (b) peritecio, (c) cleistotecio. En naranja se muestran los apotecios, en verde las ascosporas, en morado las paráfisis y perifisis, y en gris la parte estéril.

ii. División Basidiomycota

Esta División tiene menor cantidad de especies (aprox. 30.000) que los ascomicetes y se distinguen macro y microscópicamente de éstos. Son más recientes, tanto en

diferenciación morfológica como ecológica, presentando basidiomas muy eficientes en términos de morfología y función. Los Basidiomycota se dividen en tres subdivisiones (Fig. 43): Subdivisión Agaricomycotina: hongos con basidios; Ustilaginomycotina: carbonos y grupos afines; Pucciniomycotina: royas y grupos similares.

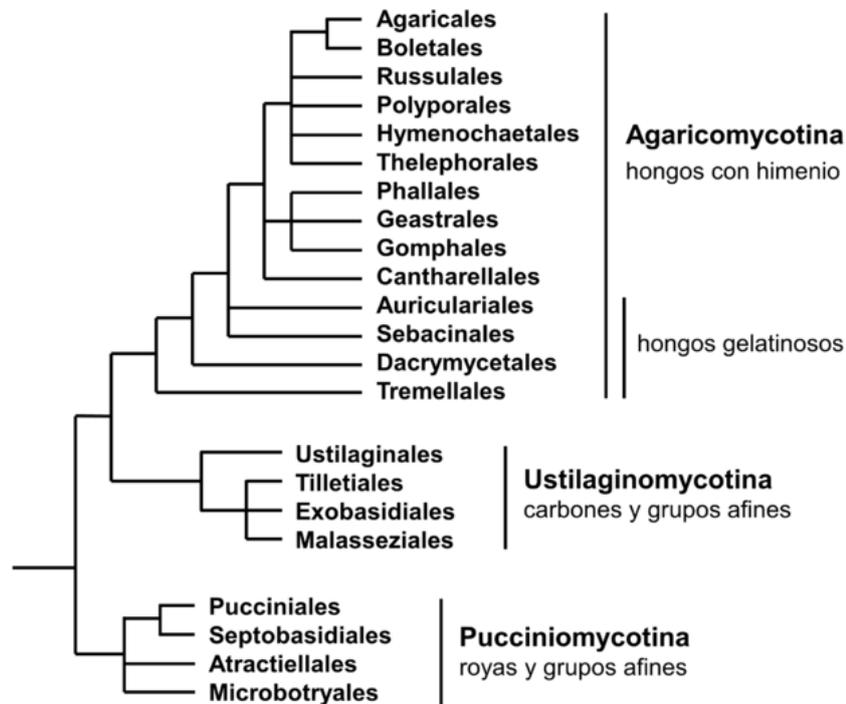


Figura 43. Hipótesis filogenética simplificada para las tres subdivisiones de los Basidiomycota (Piepenbring 2015).

a. Anatomía

- El meioesporangio es un basidio y las esporas se forman fuera de éste.
- Los septos son típicamente con doliporos y fíbulas.
- Por lo general, producen cuatro esporas por basidio con un apículo, aunque existen excepciones.
- Presencia de gota de Buller para expulsión de esporas (Fig. 44).



Figura 44. El mecanismo de la expulsión de una basidiospora. El punto negro corresponde a la posición del punto de gravedad de la basidiospora con el agua; las flechas continuas indican

cambios del centro de gravedad; la flecha discontinua indica la dirección del impulso contra el esterigma causada por el abrupto cambio de posición del agua (Piepenbring 2015).

b. Reproducción

- Tienen una dicarionfase extendida, también en el micelio somático.
- Sexual (teleomorfo): somatogamia (sólo fusión de hifas somáticas).
- Vegetativa (anamorfo): formación de conidios.

c. Morfología

- Poseen estructuras simples como las levaduras, término usado tanto para asco y basidiomicetos; sin embargo, hay formación de estructuras más complejas como las setas (cuerpos fructíferos) que presentan variadas formas.

d. Ecología

- Pueden ser saprótrofos, parásitos o simbiontes mutualistas (micorrizas y en algunos casos, líquenes).

Los basidiomicetos tienen la particularidad de poseer fíbulas (Fig. 45), estructuras que cumplen la función de separar los núcleos (coordinar la división de los núcleos durante la división celular). Sin embargo, no todos los basidios forman fíbulas, los que no tienen se dividen igual.

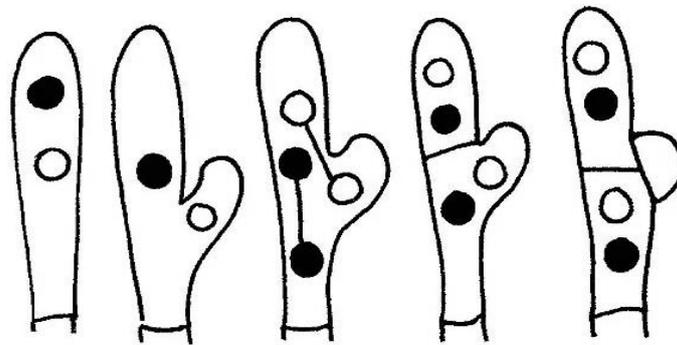


Figura 45. Formación de las fíbulas (© María Tullii).

Tipos principales de basidios (Fig. 46)

- **Fragmobasidios:** Basidios primitivos fragmentados. Muchos forman levaduras.
- **Holobasidios:** Son unicelulares, mientras que los fragmobasidios están divididos típicamente en cuatro células mediante septos transversales o longitudinales.
- **Heterobasidios:** Se refiere a cualquier tipo de basidio distinto de un holobasidio unicelular.

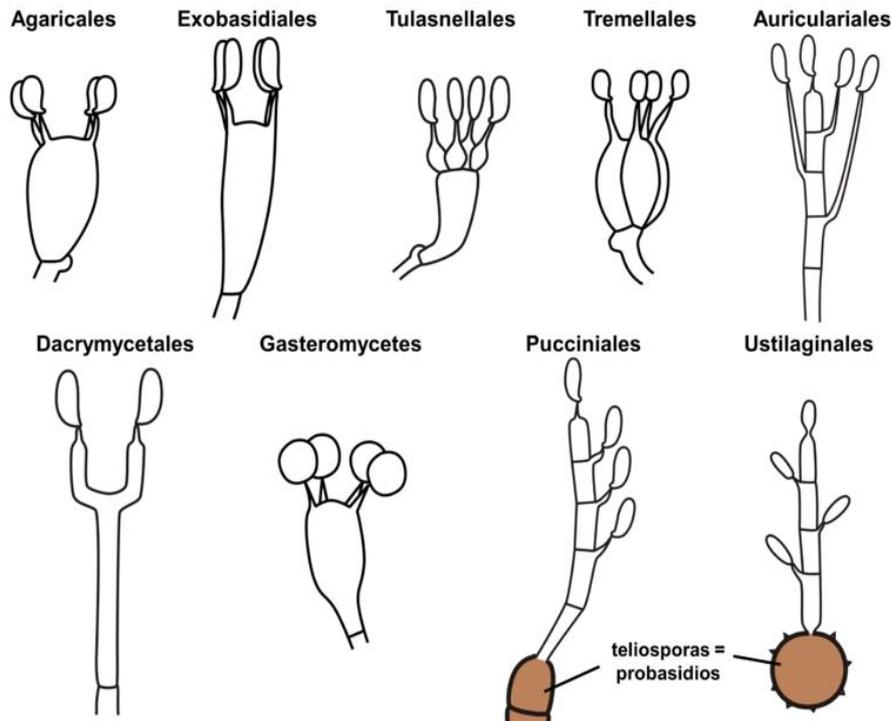


Figura 46. Diferentes tipos de basidios en Basidiomycota. Los basidios de Tremellales, Auriculariales, Pucciniales y Ustilaginales son fragmobasidios, los demás basidios son holobasidios (Piepenbring 2015).

Además, hay muchas características microscópicas que los distinguen de las otras Divisiones:

- **Cistidios:** corresponden a hifas terminales, que presentan diferenciación en su estructura y función, pero a diferencia de los basidios, son estériles. Dentro de las funciones que cumplen, está mantener la humedad para la maduración de las esporas, separar las láminas, o secretar sustancias. Pueden presentar distintas morfologías, tamaños, y ubicaciones, características para cada especie o género:
- **Dermatocistidios:** se pueden encontrar en el píleo (píleocistidios), o en el estípite (caulocistidios)
- **Cistidios himeniales:** si se encuentran en la arista de la lámina (queilocistidios), o en la cara de ésta (pleurocistidios)
- **Pellis:** corresponde capa superficial del cuerpo fructífero. Existen dos tipos:
- **Pileipellis:** superficie del píleo. Puede ser de distintos tipos (dermis, cutis, epitelio, tricodermis, celular, etc). Puede estar conformada por una, dos o tres capas.
- **Estipitipellis:** superficie del estípite.

Variedad de basidiomas

Exobasidiales: Con basidios libres, no hay cuerpos fructíferos. Afectan plantas de la Familia Ericaceae (*Exobasidium japonicum* Shirai).

Crustotecios: Casi exclusivamente presentes en hongos descomponedores de la madera (Aphyllophorales).

Holotecios: Forman estructuras tridimensionales más altas que costras, esporangios sobre todo el cuerpo fructífero (*Guepiniopsis* spp., *Ramaria* spp.).

Pileotecios pleurales: Crecen sobre árboles, sin estípites (conocidos como orejas de palo), por ejemplo: *Trametes versicolor*, *Anthracophyllum discolor* (Mont.) Singer.

Pileotecios estipitados: Setas que pueden tener estípites largos como adaptación a suelos muy secos y también suelos volcánicos. Por ej: *Inocybe sindonia* (Fr.) P. Karst., *Cortinarius effundens* M.M. Moser, E. Horak & Singer.

Gasterotecios epígeos: *Lycoperdon perlatum* Pers., *Calvatia gigantea* (Batsch) Lloyd.

Gasterotecios hipógeos: *Balsamia vulgaris* Vittad., *Terfezia* sp., *Tuber* spp.



CAPÍTULO III.
IMPORTANCIA DE LOS HONGOS

CAPÍTULO III. IMPORTANCIA DE LOS HONGOS

1. Papel de los hongos en el ecosistema

Los hongos juegan un papel muy importante dentro de sus hábitats naturales, pues al ser organismos descomponedores (Fig. 47) son capaces de reciclar una gran cantidad de desechos orgánicos, pueden transformar la materia muerta, devolviendo al medio ambiente elementos asimilables por otros seres vivos como plantas y animales, lo cual permite el flujo de energía y nutrientes a través de los ecosistemas (Ruíz 2001).

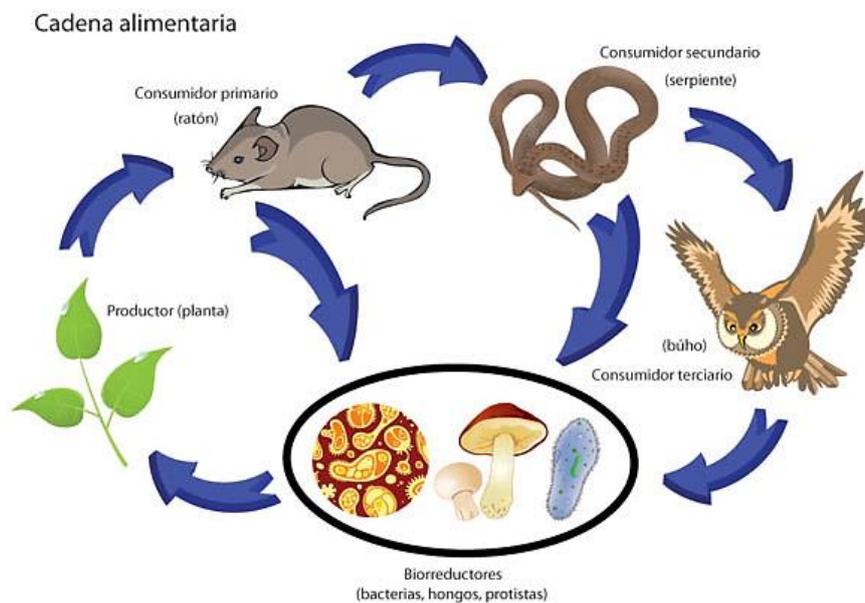


Figura 47. Esquema de la cadena trófica que incluye los hongos (<http://kerchak.com/ciencia>).

Los hongos parásitos tienen una gran importancia económica por afectar la producción de los bosques, algunos animales, tales como los insectos parasitados por hongos del género *Cordyceps* u *Ophiocordyceps* (Fig. 48) y un gran interés científico por su vida multiforme y prolongada (Evans *et al.* 2011).



Figura 48. *Ophiocordyceps unilateralis* sobre una hormiga carpintera (© Ch'ien C. Lee).

Los hongos tienen la capacidad de asociarse con otros organismos mediante simbiosis mutualista (asociación íntima de organismos de especies diferentes para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital), para obtener beneficios que por sí mismos serían incapaces de conseguir, un ejemplo de estas asociaciones son las micorrizas (Fig. 49). Alrededor del 30% de los hongos conocidos hasta ahora viven en asociación estrecha de tipo mutualista con organismos fotosintéticos (algas, briófitas y cormófitas).

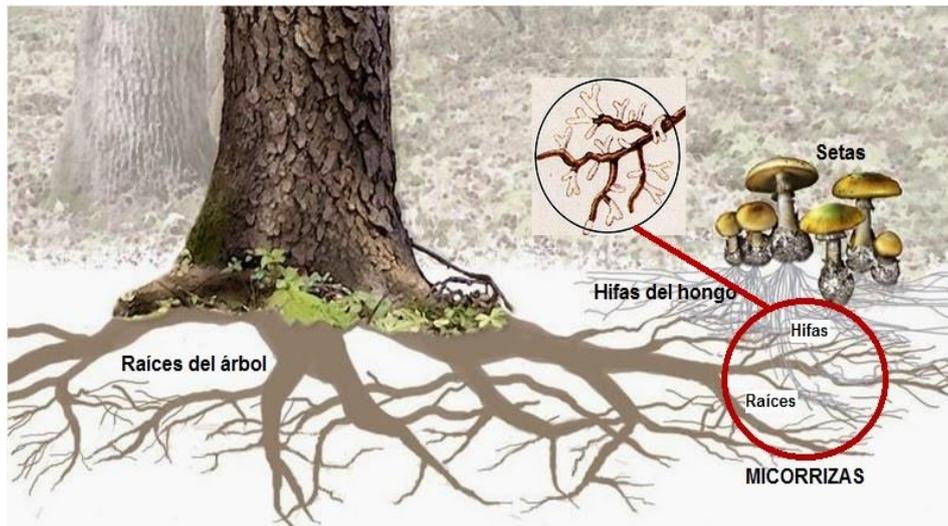


Figura 49. Partes involucradas en una micorriza (www.hifasdaterra.com).

2. Enfermedades ocasionadas por hongos

i. En animales y el hombre

Muchas enfermedades humanas son producidas por hongos. Estas enfermedades generalmente se originan cuando el sistema inmune está debilitado (infecciones oportunistas), pero también pueden ocurrir en personas con sistemas inmune que funcionan correctamente.

Las infecciones humanas por hongos pueden causar pocos o ningún síntoma, aunque algunas enfermedades fúngicas pueden provocar graves efectos negativos, que incluyen la muerte.

Los elementos que influyen en la aparición de los hongos son: la humedad retenida en la ropa y el calzado (especialmente aquellos de materiales sintéticos), y el contacto con distintas superficies como: la arena, ya que se elimina el manto ácido y la grasa de la piel, que nos protege de la acción de organismos patógenos.

La infección por hongos (micosis) puede aparecer tanto en las uñas como en la piel de la planta del pie o entre los dedos. Los hongos en las uñas hacen que ésta cambie su

aspecto, tanto en color (tornándose amarillenta) como en su grosor. Las micosis en la piel (Fig. 50) suelen cursar con picor, quemazón, grietas o ampollas que ocasionan mal estar en el paciente.



Figura 50. Lesiones en la piel y uñas de los pies, causadas por un hongo.

Algunos hongos afectan los órganos de los animales incluyendo el hombre, como el hongo *Aspergillus* que crece en hojas muertas, granos almacenados, pilas de estiércol u otros restos en descomposición. Este hongo causa la Aspergilosis que compromete los pulmones y el sistema nervioso. La especie patógena más común es *Aspergillus fumigatus* que se asocia tanto con las formas alérgicas como las invasivas.

Listado de enfermedades ocasionadas por diversos hongos (de acuerdo a lo descrito en: Facultad de Medicina UNAM: www.facmed.unam.mx):

Coccidiomicosis: Causada por un hongo patógeno llamado *Coccidioides immitis* provoca esta enfermedad en animales y en las personas inmunodeprimidas. El patógeno es normalmente inhalado, lo cual lleva a la infección pulmonar. Los síntomas incluyen fiebre, fatiga, pérdida de peso y tos. La Coccidiomicosis también puede afectar a las membranas que rodean el cerebro (meningitis) y puede diseminarse por el cuerpo.

Criptococosis: Ocasionada por un hongo parecido a la levadura, llamado *Cryptococcus neoformans*, el cual se encuentra en la tierra y en el excremento de las aves y afecta a las personas y algunas especies de animales. Se transmite a través de la inhalación de polvo contaminado. Los síntomas incluyen fiebre, fatiga, náusea, malestar, dolor de cabeza y de cuello, confusión mental, pérdida de memoria, trastornos de visión y de movimiento muscular, y cambios de personalidad; si no es tratada, la enfermedad puede derivar en coma y muerte.

Histoplasmosis: Es una infección producida por el hongo *Histoplasma capsulatum*, el cual reside en la tierra y las heces de murciélago. La enfermedad afecta con mayor frecuencia a los pulmones. También puede afectar a la piel, al sistema gastrointestinal y al sistema nervioso central. Los síntomas incluyen fiebre, pérdida peso, fatiga, tos seca, problemas respiratorios, salpullido e inflamación de los nódulos linfáticos. Se diagnostica con análisis del fluido pulmonar, de sangre u orina, o mediante biopsia. Es tratada con medicamentos antimicóticos.

Candidiasis: Enfermedad infecciosa de la piel y de las mucosas causada por un hongo, especialmente, *Candida albicans*. Afecta a las aves causándoles la muerte, en el hombre afecta las mucosas de la boca, garganta y tracto genitourinario. Hay múltiples factores predisponentes a la infección candidiásica: unos dependen del huésped y otros de las condiciones ambientales.

Hongos tóxicos como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, contaminan los alimentos o productos agrícolas como cereales y concentrados al producir sustancias tóxicas: las micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxinas, fumonisinas o zearalenonas, entre otras) que al ser consumidas por el hombre o los animales les causan enfermedades letales como la Micotoxicosis (Robens 2003).

ii. En vegetales

Muchas enfermedades en las plantas se deben a la presencia de hongos, por ejemplo, la enfermedad de la Roya. En el pasado el hongo *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (Fig. 51), causó en Irlanda un millón de muertes a contaminar la papa. Muchos hongos arruinan las cosechas de frutas y vegetales, afectando un cuarto o la mitad anualmente.



Figura 51. *P. infestans* sobre hojas de papa (© Howard Schwartz, Colorado State University).

La Roya Negra es causada por el hongo *Puccinia graminis* Pers. (Fig. 52), que afecta preferentemente al tallo y vaina foliar de diversos granos de cereal, aunque más tarde puede extenderse a la lámina y, en condiciones favorables, toda la parte aérea de la planta.

Se presenta bajo forma de pústulas enmohecidas, alargadas, aisladas, confluentes o con disposición lineal. Al final, las pústulas, se abultan, rompen la epidermis, dejando escapar un polvo de color amarillo pardusco. A continuación, al lado de estas pústulas, se desarrollan otras de color negro, que también se rompen, pero su contenido no se desprende.



Figura 52. Pústulas de *Puccinia graminis* (© Yue Jin).

Mycosphaerella (Fig. 53) es un género de la División Ascomycota que presenta más de 10.000 especies, es el género más grande de los hongos fitopatógenos.

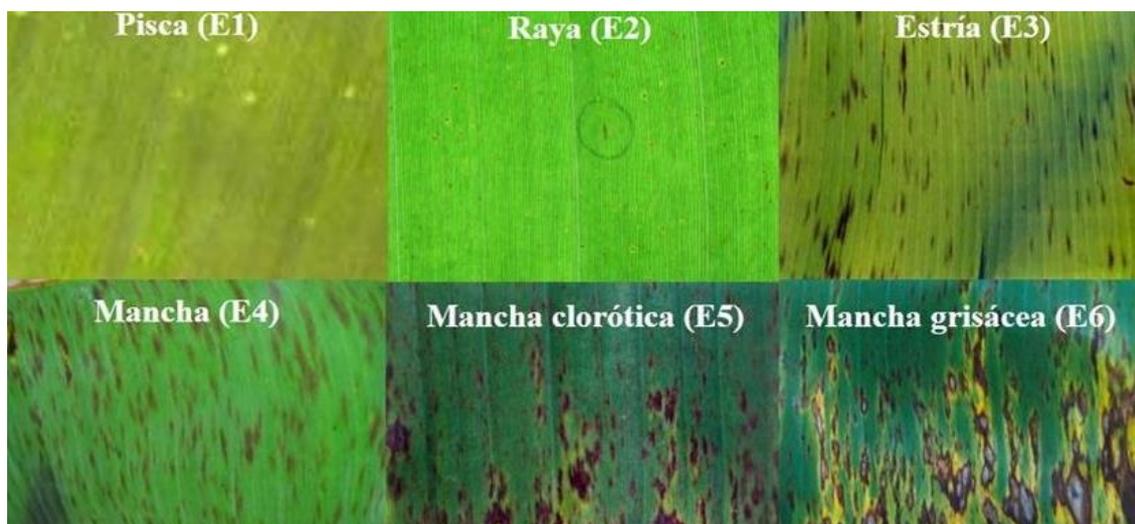


Figura 53. Escala de evolución de los síntomas de la enfermedad Sigatoka negra ocasionada por *Mycosphaerella fijiensis* M. Morelet según Fouré (1985).

Ustilago maydis (DC.) Corda, conocido en México como Huitlacoche o Cuitlacoche (“carbón del maíz”) es una especie de hongo parásito del maíz, que ataca potencialmente todas las partes de la planta, pero con mayor frecuencia las mazorcas. Las plantas atacadas desarrollan malformaciones en forma de agallas ensanchadas, en un principio son de color gris pálido (Fig. 54) y luego se van oscureciendo a medida que se acerca la maduración. Estas agallas contienen en su interior esporas reproductivas en un tejido esponjoso de color negro (de ahí el nombre “carbón”).



Figura 54. Lesiones provocadas por *U. maydis* en mazorcas (www.neulichimgarten.de).

3. Uso de los hongos por el hombre

El uso de los hongos por el ser humano se remonta a varios miles de años antes de Cristo en el continente asiático y africano, para luego continuar expandiéndose a Europa y el resto del mundo (Dugan 2008). Esto ha quedado registrado en diferentes manifestaciones antiguas que incluyen a los hongos (Fig. 55, Fig. 56). Desde que existimos como especie con conciencia de sí misma, hemos utilizado los hongos para diversos fines. Por lo tanto, antes de que la Micología se estableciera como ciencia, las sociedades humanas ya habían interactuado con los hongos.

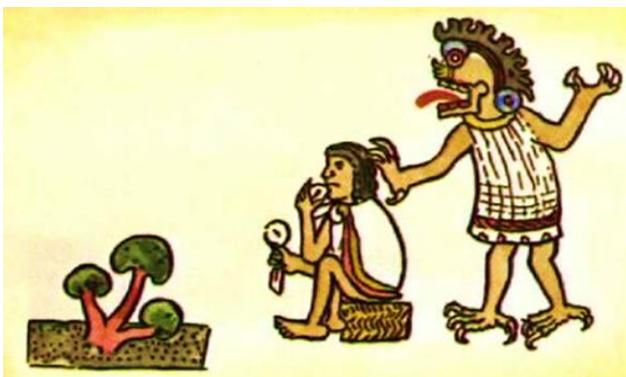


Figura 55. Representación del dios del Inframundo de la cultura azteca visitando a un consumidor de hongos *Psilocybe* (siglo XVI) (Harvard University Archives)



Figura 56. Varias esculturas de barro representando el culto a los hongos en Mesoamérica (Lowi 1974).

La Etnomicología podría definirse como el estudio de los usos tradicionales de los hongos por diversas culturas. Es así como muchos hongos desempeñan un gran papel en las religiones, ya que en ocasiones son necesarios para alcanzar estados alterados de conciencia que les permitan a las personas entrar en contacto con los Dioses. Incluso se llegó a creer que algunos hongos, como setas y trufas, eran directamente generados por los dioses (Letcher 2007). Los chamanes siberianos y de la península de Kamchatka solían beber una bebida llamada “Soma” elaborada en base al hongo *Amanita muscaria*, que produce éxtasis y alucinaciones.

Diversos estudiosos de los hongos alucinógenos de nuestra cultura moderna han dado a conocer su conocimiento a través de algunos libros. Dentro de éstos destaca uno de los libros clásicos en el mundo de los enteógenos (sustancias con propiedades psicotrópicas utilizadas en contexto espiritual o religioso) escrito por Robert Wasson, el principal representante del redescubrimiento de los enteógenos en el siglo XX. Este aficionado a la micología conoció en el año 1955 a María Sabina (Fig. 57), una curandera mazateca que vivía en México, cuyos conocimientos tradicionales sobre el uso ceremonial y curativo de los hongos alucinógenos, a los que ella llamaba “niños santos”, fueron difundidos por Wasson convirtiéndola en una celebridad.



Figura 57. María Sabina, la sabia de los hongos de México (hellodf.com/tag/maria-sabina/).

Uno de los hongos alucinógenos más utilizados en la actualidad es *Psilocybe cubensis* (Earle) Singer (Fig. 58), éste es usado en ciertas ceremonias religiosas americanas, ya que contiene psilocibina, un alcaloide que produce alucinaciones. Por este motivo, es considerado un “hongo mágico” de los rituales indígenas en América Central.

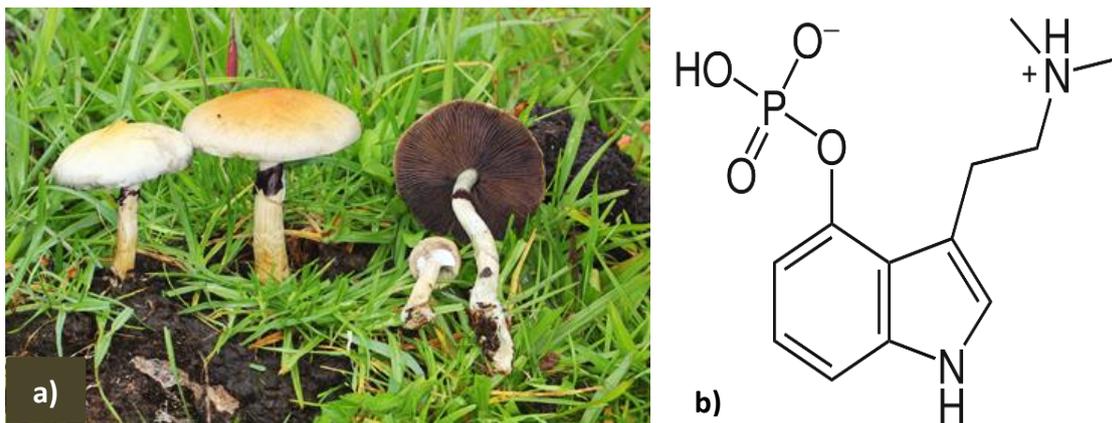


Figura 58. a) Ejemplares de *P. cubensis*; b) Estructura psilocibina (esacademic.com).

Otro micólogo entusiasta que ha contribuido al conocimiento de los hongos del género *Psilocybe* es Paul Stamets, autor de del libro “*Psilocybin Mushrooms of the World*”, considerado una excelente fuente de información sobre la diversidad de especies presentes en el planeta que contienen psilocibina. Hoy en día se están llevando a cabo muchas investigaciones en torno a los hongos alucinógenos, pues luego de que el químico suizo Albert Hofmann purificó el principio activo de la psilocibina en 1958 a partir de *Psilocybe mexicana*, se evalúa su uso como tratamiento experimental para muchas enfermedades como la depresión o la ansiedad.

La mayoría de nosotros no somos conscientes de la importancia que tienen los hongos para nuestras vidas. No hace demasiado tiempo, la tasa de mortalidad infantil era extremadamente alta. Una simple septicemia podía ocasionar la muerte. Desde que se descubrió la penicilina en 1938 por Alexander Fleming (Raper 1978), este antibiótico ha salvado incontables vidas, así como también, lo ha hecho la ciclosporina. Incluso hay hongos que producen taxol, un anticancerígeno.

La fungicultura o cultivo de hongos (Fig. 59) es una disciplina o actividad dedicada a cultivar setas y otros hongos en un medio controlado, a diferencia de la recolección de hongos para consumo o producción de alimentos, medicinas y otros productos.

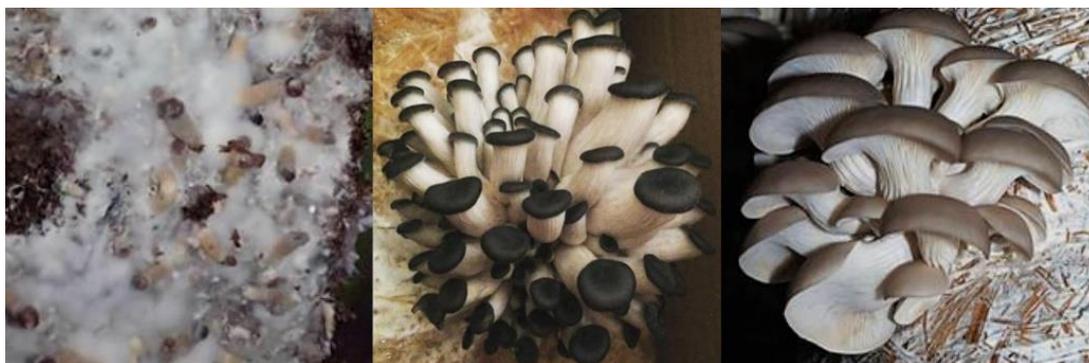


Figura 59. Cultivo casero de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (Fuente: Viviana Salazar).

Los hongos pueden ser útiles en procesos como la deslignificación de la madera (Boerjan 2003) y para que crezcan bien, se les deben proporcionar las condiciones ambientales adecuadas y preparar un sustrato adecuado, siendo fundamental realizar una buena esterilización para que ningún otro hongo o microorganismo compita con la especie a cultivar (Fig. 60).

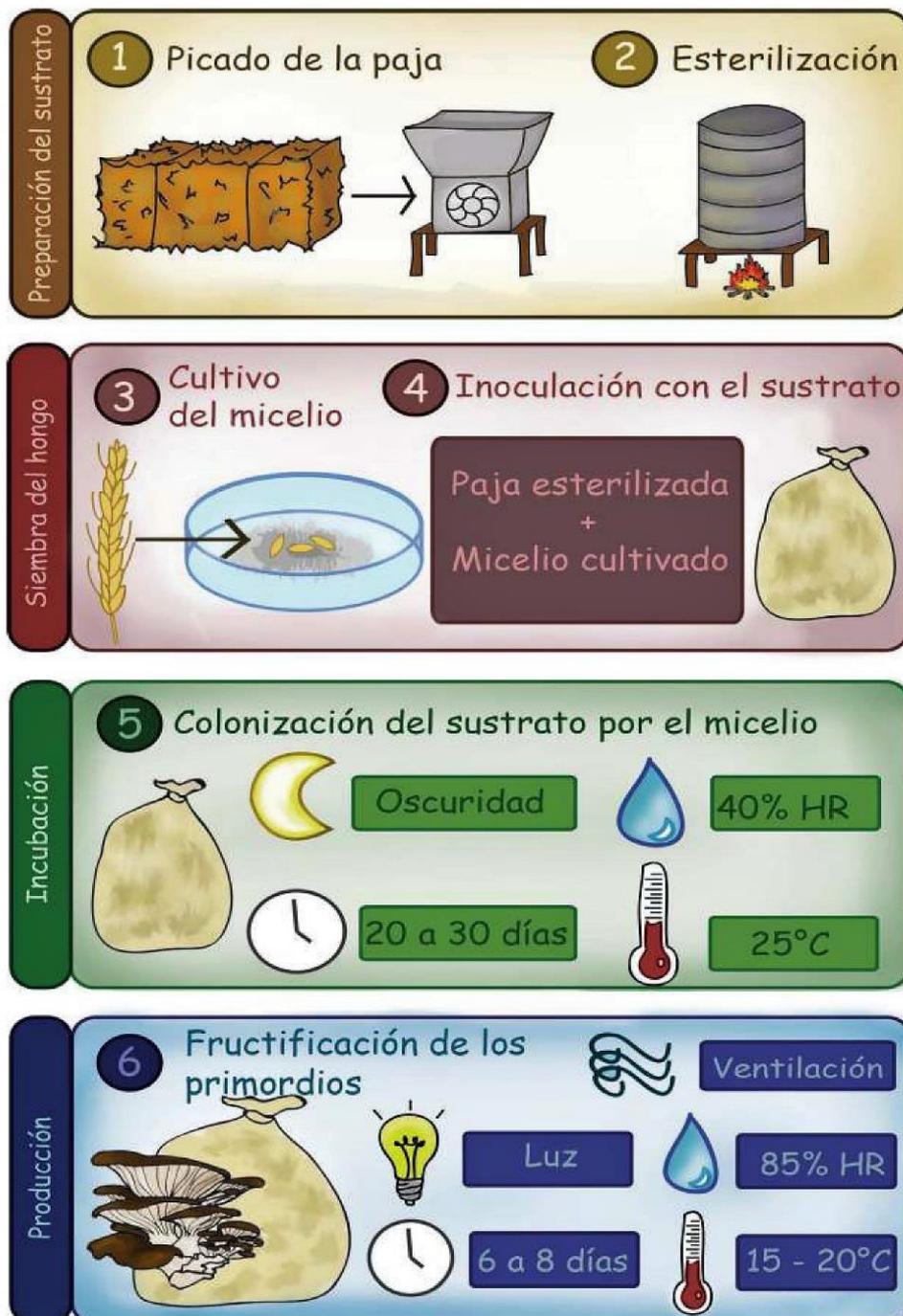


Figura 60. Etapas del cultivo artesanal de hongo ostra (Sánchez *et al.* 2017).



CAPÍTULO IV.
MACROHONGOS EN CHILE

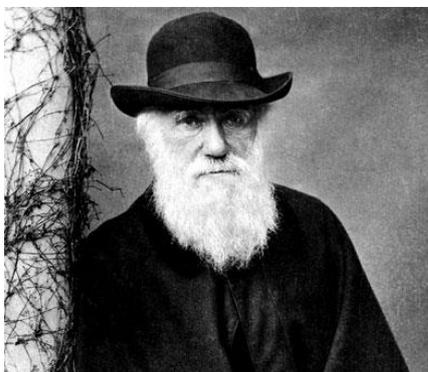
CAPÍTULO IV. MACROHONGOS EN CHILE

1. Historia de la Micología Chilena

La micología chilena, a pesar de tener su auge en los últimos años, a lo largo de la historia ha tenido grandes expositores y científicos, desde Carlo Bertero, Claudio Gay, hasta Charles Darwin. En esta sección se abordará parte de la vida de varias personas que contribuyeron al conocimiento del Reino Fungi, no sólo en Chile, sino también en otros lugares del mundo y cuyo valor es excepcional.

Todo inició a mediados del siglo XIX cuando un físico, médico, naturalista, botánico, briólogo y pteridólogo italiano, llamado Carlo Luigi Giuseppe Bertero, viajó a Chile a estudiar la flora nacional realizando dos viajes, uno en 1828 y el otro en 1830, donde recolectó especímenes fúngicos que fueron incluidos en una obra de Claudio Gay. Además, recorrió las Islas de Juan Fernández donde recolectó no sólo plantas, sino que también hongos y líquenes.

Claudio Gay Mouret fue un polímata, naturalista e historiador francés que luego se nacionalizó chileno, realizó los primeros estudios de flora, fauna, geología y geografía de Chile financiado por el gobierno chileno en 1830, donde viajó desde Atacama a Chiloé. En 1844 publicó el primer tomo de “Historia Física y Política de Chile”, y hasta el año 1871 aparecieron los siguientes 29 volúmenes de su obra: ocho tomos de historia, ocho de botánica, ocho de zoología, dos de agricultura nacional, dos de documentos históricos y dos de atlas con imágenes. En esta obra, el capítulo sobre hongos lo redactó Jean Pierre François Camille Montagne, quien fue un botánico, micólogo, ficólogo y explorador francés, conocido por describir *Phytophthora infestans*, un hongo patógeno, además de ser un pionero en la micología de Guyana Francesa.



Luego, entre finales del siglo XIX y XX, el científico y naturalista británico Charles Darwin, recorrió nuestro país desde Tierra del Fuego a Copiapó, entre los años 1832 y 1835, estudiando la botánica, zoología, geología y antropología de Chile. Al regresar a Inglaterra redactó su obra “Viaje de un naturalista alrededor del mundo” que fue publicado en 1839.

Figura 61. Charles Darwin.
<https://www.biografiasyvidas.com/monografia/darwin/>

Sus colecciones biológicas de hongos fueron estudiadas por el Reverendo Miles Joseph Berkeley, quien fue un clérigo, botánico, pteridólogo y micólogo inglés y que es considerado el padre de la Micología británica, cuyo herbario posee cerca de 10.000 colecciones de hongos, donde sólo se han descrito 5.000. Berkeley describió *Cyttaria darwinii* para Chile publicado en la obra “Linnean Transactions”, volumen XIX en 1841.

En la misma época, Joseph Dalton Hooker, botánico y explorador británico, recorrió el mundo pasando por los Himalayas, Madeira, Tenerife, Santiago, Isla de Quail en el Archipiélago de Cabo Verde, Archipiélago de San Pedro y San Pablo, Trinidad al Este de Brasil, Santa Helena, el Cabo de Buena Esperanza hasta la Antártida. Hooker recolectó y dibujó cada espécimen de plantas y hongos, algas y vida marina durante su viaje. Otro científico de la época fue Peter Dunsén, cuya colección se cita en “Ascomycetes Fuegiani a P. Dunsén collecti”, de Rehm en 1899. Dunsén junto a Nils Otto Gustaf Nordenskjöld, geólogo, geógrafo y explorador polar sueco, emprendió una expedición al Estrecho de Magallanes y Tierra del Fuego, que proporcionó importantes datos sobre la geología glacial.

Un gran trabajo en Chile fue el que realizó Friedrich Richard Adelbart Johow Biehler, quien fue un prestigioso botánico, micólogo y liquenólogo alemán que trabajó cuarenta y cuatro años en Chile y que describió varios hongos Myxomycetes. Publicó un libro llamado “Estudios sobre la Flora de las Islas de Juan Fernández” en 1896, el que se convirtió en el primer estudio formal de la flora de Juan Fernández. Carl Skottsberg, un destacado botánico y explorador sueco también recorrió el archipiélago, en agosto de 1908, pasando por Masatierra y Masafuera, durante la Expedición Sueca a Magallanes, donde también visitó la Patagonia austral, Tierra del Fuego, islas Malvinas y Georgia del sur, además de la Isla de Pascua. Su obra llamada “The Natural History of Juan Fernandez and Easter Island” publicada entre los años 1920 a 1956, está dividida en 3 tomos: el tomo I llamado Geografía, Geología y orígenes de la vida en la isla, el tomo II llamado Botánica, y el tomo III llamado Zoología. También exploró la Antártica y estudió los musgos, hepáticas y líquenes, que según él, se parecen mucho a los helechos, además observó cómo algunos hongos parasitan especialmente las fanerógamas endémicas.

Por otra parte, Hans Sydow fue un botánico y destacado micólogo alemán, también fue director de “dresdner Bank” en Berlín en el año 1922 y sin duda uno de los micólogos más conocidos en Chile y Argentina fue Carlos Luis Spegazzini, botánico y micólogo ítalo-argentino, quien describió más de 2.900 nuevas especies para la ciencia pertenecientes a diversas familias de plantas y hongos.

En 1881, en una expedición hacia la Patagonia, viaja por Tierra del Fuego donde descubre 461 especies de hongos publicados en dos obras: “Fungi Fuegiani” de 1888 y “Fungi Argentinii” de 1898. En su colección se encuentran 4.000 variedades de hongos sudamericanos. Entre ellos 2.000 son especies nuevas de Argentina, 1.000 de Chile, 600 de Brasil y Paraguay.

Sus investigaciones fueron fundamentales para conocer la diversidad de ambos países.

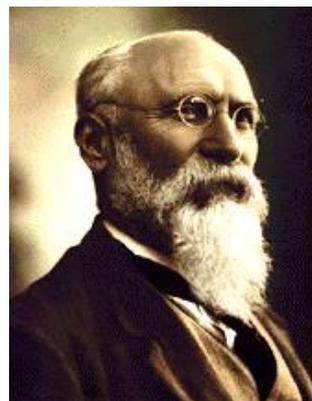


Figura 62. Carlos Spegazzini
<https://www.anc-argentina.org.ar/>

Un botánico chileno dedicado a estudiar las plantas y los hongos de Chile fue Marcial Ramón Espinosa Bustos, quien además recorrió las Islas Galápagos, Ecuador y Santiago. Cuando fue jefe de la Sección de Botánica Criptogámica del Museo Nacional de Historia Natural de Chile fundó la sección de Botánica Criptogámica, además de estar a cargo por un tiempo de la sección de Botánica Fanerogámica. Él recorrió desde Atacama a Aysén, cuyos descubrimientos fueron publicados en el Boletín del Museo y en la Revista Chilena de Historia Natural. Algunos de sus grandes trabajos fueron la publicación de “Un nuevo hongo chileno (*Boletus loyo*)”, “Contribución al conocimiento de los hongos chilenos”, “Una grave enfermedad del trigo chileno producida por un hongo parásito venenoso”, “Sobre las especies chilenas del género *Fomes*”, “Los hongos chilenos del género *Cyttaria*”, “Enumeración de los hongos chilenos”, “Hongos comestibles chilenos”, “*Cyttaria hariotii* en Colchagua y clave de las especies chilenas del género”, “*Cyttaria johowii* Espinosa” y “Un hongo uredinal parasítico del pehuén”.

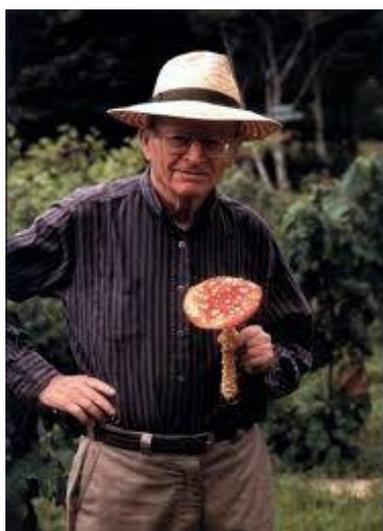


Figura 63. Rolf Singer
cybertruffle.org.uk

Un libro imprescindible para reconocer e identificar taxonómicamente los hongos presentes en Chile es “Mycoflora Australis”, que fue publicado por el micólogo alemán Rolf Singer en 1969, donde destacan sus estudios realizados en la Patagonia entre los años 1949 y 1969. Singer tuvo varios discípulos, entre ellos Egon Horak, que es un micólogo austriaco que ha descrito más de 1.000 especies de hongos, y que publicó junto con Irma Gamundí en 1993 el libro “Hongos de los Bosques Andino-Patagónicos: Guía para el Reconocimiento de las Especies Más Comunes y Atractivas”.

De los últimos años, hay que destacar los aportes de un gran investigador para la micobiota chilena: Waldo Roberto Isidro Lazo Araya, quien es Licenciado en Filosofía de la Universidad de Chile, fue discípulo de Martin, Alexopoulos y Singer, entre otros destacados científicos. Actualmente, es profesor titular de la Facultad de Ciencias de la misma universidad y autor de diversas publicaciones científicas, literarias e históricas, como “Hongos de Chile: Atlas Micológico” (1era y 2da Edición), un libro es fundamental para conocer la diversidad de hongos presentes en Chile y que es utilizado por científicos y aficionados para poder reconocer los hongos en el campo.



Figura 64. Waldo Lazo
<http://www.uchile.cl>

Otras de sus obras son: “Insectos de Chile. Atlas entomológico”, “El Santiago de Ayer”, “Viajeros y Botánicos en Chile durante los siglos XVIII y XIX” premiada como mejor Edición en el año 2011, “Santiago, Calles y Lugares”, entre otros.

Lazo también trabajó junto a Irma Gamundí, micóloga, botánica, curadora, ilustradora y profesora argentina. Un gran descubrimiento para Chile fue la descripción de otra especie perteneciente al género *Cyttaria*, *Cyttaria exigua* Gamundí encontrado en la Región de Los Lagos, cuya distribución se da en Chile y Argentina.

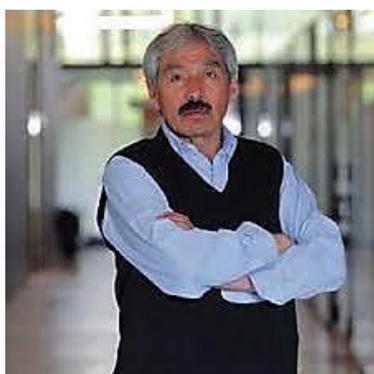


Figura 65. Eduardo Valenzuela
revistas.uv.cl

Eduardo Zenón Valenzuela Flores, Licenciado en Ciencias Biológicas, Magister en Ciencias mención Microbiología y Doctor en Ciencias, trabajó durante muchos años en la Universidad Austral de Chile en Valdivia, hasta su fallecimiento, donde realizó importantes investigaciones en torno a los hongos chilenos, con énfasis en hongos comestibles y sus aplicaciones.

Destacan sus investigaciones realizadas sobre micorrizas en plantaciones forestales y bosque nativo, hongos comestibles de la X Región, hongos entomopatógenos, entre otras.

Algunos micólogos que actualmente continúan con la labor de investigar, descubrir, y dar a conocer los hongos de Chile son Eduardo Piontelli, fundador y editor emérito del Boletín Micológico de la Universidad de Valparaíso, revista encargada de difundir investigaciones ligadas a la micología nacional en general, Norberto Garrido quien se

retiró hace varias décadas, pero cuyos trabajos aún son una referencia para estudiar los hongos en Chile y Götz Palfner, biólogo y Dr. rer. nat., encargado del Laboratorio de Micología y Micorrizas de la Universidad de Concepción, donde se estudia la diversidad de macrohongos en ambientes naturales, plantaciones forestales, así como también, sus metabolitos, micorrización de árboles, y quien ha participado activamente en la entrega de los criterios y consideraciones para la evaluación de impacto sobre los macrohongos en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Asimismo, el Dr. Palfner es quien ha formado a varios futuros y futuras micólogas para Chile. Finalmente, destacar el trabajo realizado por Pablo Sandoval Leiva, quien ha hecho importantes descubrimientos de especies en diversos ambientes, como por ejemplo, el hallazgo de un basidiolíquén en el norte de Chile en la Cordillera de los Andes, llamado *Lichenomphalia altoandina*, así como también, otras especies.



Figura 66. (a) Dr. Eduardo Piontelli (<http://www.sochifit.cl>), (b) Portada Boletín Micológico 2015 (revistas.uv.cl), (c) Dr. Götz Palfner (<http://www.udec.cl>).

Además, existen varias agrupaciones cuyo objetivo es promover y conservar el bosque nativo y los hongos asociados a él, e investigar y divulgar la ciencia, como la Asociación Micológica de Chile (AMICH), Fundación Fungi liderada por Giuliana Furci, que ha publicado “Fungi Austral” en el año 2007 y posteriormente, dos volúmenes de la “Guía de Campo: Hongos de Chile”, utilizados principalmente por aficionados a la micología nacional, ONG Micófilos fundada recientemente, encargada de promover el estudio de los hongos a todas las personas que quieran aprender, de forma gratuita, poniendo a disposición una serie de material descargable en su página web que incluyen este manual, Hongusto en la Región de Aysén, pronta a publicar un libro enfocado en hongos comestibles, entre otros.

Como se puede ver, el esfuerzo en conjunto de muchas personas ligadas al estudio de los hongos, está generando que cada día sean más las personas interesadas en estudiar micología formalmente a través de carreras relacionadas con las Ciencias

Biológicas, que luego pueden continuar estudios de postgrado en Chile o en el extranjero a través de becas que premian a los estudiantes más destacados.

2. Diversidad y amenazas para los hongos chilenos

En Chile se han registrado más de 3.000 especies de hongos (Mujica & Vergara 1980, Moser & Horak 1975, Garrido 1986, 1988, Minter & Peredo 2006), que pueden ser encontrados en bosques, matorrales, praderas, sobre madera muerta o semipodrida y restos orgánicos, donde es posible observar sus aparatos esporíferos que contienen esporas para su reproducción, aunque ésta también puede realizarse a través de trozos de micelio (Herrera & Ulloa 2013). Los hongos son de gran importancia para el hombre, pues han sido utilizados por varios pueblos originarios a lo largo de la historia, debido a su poder medicinal. En términos ecológicos, la mayoría de los hongos se encuentran estrechamente asociados a especies vegetales nativas, lo que en conjunto con el aislamiento biogeográfico de Chile, ha generado un alto número de especies endémicas (CONAMA 2008).

Como se mencionó en capítulos anteriores, los hongos son organismos que cumplen diversos roles en el ecosistema, siendo saprófitos, parásitos o simbioses mutualistas formando micorrizas con las raíces de árboles (Gamundí & Horak 1993) y líquenes con algas, cianobacterias y levaduras. Como se sabe estos organismos son importantes para el reciclaje de materia orgánica y actores relevantes en el ciclo biogeoquímico del carbono, desempeñando una enorme variedad de funciones esenciales para el correcto funcionamiento de los ecosistemas (Arnolds 1992, Pan *et al.* 2008, Montoya *et al.* 2010). Por esta razón, los monitoreos de hongos con fines de conservación son muy importantes para promover medidas de protección y se basan principalmente en un grupo artificial, seleccionado y representativo designado “macrohongos” (Senn-Irlet *et al.* 2007).

La conservación de los hongos en Chile aún se encuentra en desarrollo, esto porque recién se están realizando esfuerzos en elaborar descripciones detalladas y catastros sobre la distribución real de las especies presentes a lo largo de nuestro país. Si bien, en Chile existieron estudios sobre hongos en la antigüedad, sólo a partir de los años 80 la micología inicia investigaciones con el fin de conocer y describir la micobiota presente en nuestro país. Mujica *et al.* (1980) realiza una recopilación de información profunda, en la cual relaciona 2.342 especies de hongos asociados a 117 familias de varias plantas vasculares, distribuidos entre las Regiones de Coquimbo y Magallanes. Más tarde, Garrido *et al.* (1985) describen aspectos ecológicos relevantes de 764 especies de macrohongos agrupados en 17 familias y la relación de éstos con sus hospederos,

distribuidos en 111 localidades a lo largo del país, siendo la Familia Tricholomataceae la más diversa con 229 especies, que corresponden al 30% de las especies de macrohongos descritos. Finalmente, Lazo (2001) publica “Hongos de Chile: Atlas Micológico” el primer libro sobre hongos chilenos con fotografías a color que reúne más de 250 especies de hongos, fruto de más de 10 años de investigación sobre la diversidad de estos organismos en el país y que no sólo incluye fotografías macroscópicas, sino también una descripción microscópica de cada especie muy útil para su determinación en laboratorio, además de abordar las especies comestibles y tóxicas en sus últimos capítulos. Este libro fue actualizado en una segunda edición el año 2016. También es necesario mencionar que se han publicado otros libros para aprender sobre las características macroscópicas de los hongos chilenos, como la “Guía de Campo: Hongos de Chile” (2013) Fundación Fungi, que contiene interesantes registros y han significado un aporte para quien desee aprender sobre los hongos presentes en el país.

Respecto a los hongos de la Patagonia, es necesario destacar que existen libros sobre la diversidad de especies presentes en esta zona geográfica desde el año 1881; sin embargo, las primeras excursiones se remontan a 1833 y fueron realizadas por Charles Darwin, donde se describen nuevas especies para la ciencia, muchas de ellas endémicas de Chile (no se encuentran en ningún otro lugar del mundo). Asimismo, hubo expediciones realizadas por Carlos Spegazzini, Rolf Singer, Meinhard Moser, Egon Horak e Irma Gamundí, entre otros, quienes dieron a conocer la diversidad fúngica encontrada a través de distintas publicaciones, incluyendo libros, tales como: Fungi fuegiani, Hongos de los Bosques Andino-Patagónicos, etc.

De un tiempo hasta ahora se ha producido la disminución y desaparición de varias especies a nivel global, incluyendo los hongos. Las causas de esto son los cambios y la destrucción de sus hábitats naturales a causa de la actividad humana, así como también, la contaminación ambiental, la inadecuada política forestal, la recolección poco sustentable de sus cuerpos fructíferos y la fragmentación de los ecosistemas donde viven.

A pesar de su enorme importancia, los hongos generalmente no son considerados en los programas de conservación, lo que es alarmante si reflexionamos sobre todas las funciones que cumplen en el ecosistema. Si bien el año 2014 nuestro país dio un gran paso hacia la conservación de la diversidad biológica al incluir en su legislación ambiental a los organismos del Reino Fungi, aún queda mucho por hacer y regular para lograr que la diversidad de estos organismos se mantenga y prospere.

3. Setas comestibles presentes en Chile

i. Setas comestibles

Desde los comienzos de nuestra historia, la recolección de Productos Forestales No Madereros (PFNM) asociados a los bosques se ha ido desarrollando, tanto por los pueblos originarios como por las comunidades rurales, pero su estudio e investigación son muy recientes.

Existen muchas definiciones para describir los PFNM, donde destaca la realizada por FAO (1992), que señala que son “todos aquellos bienes y servicios de uso comercial, industrial o de subsistencia derivados del bosque y su biomasa, que puedan ser sustentablemente extraídos del ecosistema forestal en cantidades y formas que no alteren las funciones reproductivas básicas de la comunidad vegetal”.

Chile posee una amplia variedad de PFNM, los cuales han sido usados históricamente por habitantes rurales, destacando las especies que poseen propiedades medicinales, frutos silvestres y alimentos, entre otros bienes en su mayoría endémicos.

Los hongos son importantes de distintas formas en nuestro entorno, si bien hay algunos que parasitan a otros organismos, convirtiéndose en peligrosos patógenos, muchos de ellos han sido utilizados como alimento desde épocas ancestrales por el ser humano (Ruíz 2001). Los registros arqueológicos revelan especies de hongos comestibles asociadas con las poblaciones chilenas desde hace 13.000 años (Rojas & Mansur 1995).

ii. ¿Qué es un hongo comestible?

Es una especie de hongo que ha sido caracterizada previamente como apta para el consumo humano y que contribuye a una dieta equilibrada, debido a su contenido nutricional. Los hongos comestibles tienen un buen sabor, contenido de proteínas y minerales. Además, poseen aminoácidos esenciales y un bajo contenido en grasas, lo que los convierte en una buena fuente de nutrición (Richards 1939).

Varias especies de hongos se utilizan para la alimentación, pero para ello es necesario saber identificarlos correctamente y evitar confundirlos con especies venenosas. Por ejemplo, algunos hongos al ser consumidos por animales no les provocan ninguna reacción negativa; sin embargo, sí pueden ser tóxicos para el ser humano.

iii. ¿Por qué los hongos comestibles son un recurso importante?

Tanto en Chile como en otros países, los hongos silvestres comestibles proporcionan beneficios fundamentales para la población: son fuentes de alimento, de beneficios económicos y algunas especies son medicinales (Reshetnikov *et al.* 2001).

Existen más de 100 mil especies de hongos descritos en el mundo (CONAMA 2008), de los cuales se han definido científicamente más de 2.000 especies comestibles a nivel mundial (Boa 2004).

Según López & Fuenzalida (1998), 15 son las especies de hongos consumidos por las poblaciones Mapuche, siendo recolectados en tiempos de invierno en los troncos podridos y en el suelo, a excepción de los Digüeñes (*Cyttaria* spp.) que se recolectan durante la primavera. El resto de la población chilena en general se caracteriza por ser micófoba, esto quiere decir con miedo a consumir hongos silvestres comestibles, principalmente, por miedo a intoxicaciones.

Los hongos comestibles más consumidos a nivel mundial son: los champiñones, las trufas, las morchelas y las callampas de pino (rosada y café). Mientras que los hongos comestibles chilenos nativos más apetecidos de acuerdo a Valenzuela (2003) son: Loyo (*Boletus loyo*), Changles (*Ramaria* spp.), Gargal (*Grifola gargal*), Lebre (*Cortinarius lebre*), Digüeñe (*Cyttaria espinosae*), Pinatra (*Cyttaria berteroi*), entre otros.

4. Setas tóxicas presentes en Chile

i. Setas tóxicas

Es completamente necesario, referirnos a los hongos tóxicos presentes en nuestro país luego de conocer las especies comestibles. Si sabemos cuáles son las especies tóxicas, tendremos más precaución al momento de recolectar hongos.

ii. ¿Qué es un hongo tóxico?

Se puede considerar como tóxicos a aquellos hongos cuya ingestión puede provocar trastornos gástricos (vómitos, diarrea, calambres, dolores abdominales), somnolencia, fiebre, taquicardia y en algunos casos de mayor gravedad, la muerte, dependiendo de la especie consumida y de la atención oportuna de un doctor.

iii. ¿Cómo reconocer un hongo tóxico?

Los hongos tóxicos en Chile representan un riesgo para nuestra salud y en algunos casos pueden poner en peligro nuestra vida, por esta razón es importante saber reconocerlos. La mayoría de las intoxicaciones ocurren por falta de información y se producen en bosques de zonas rurales del sur de Chile (Lazo 1982).

Una manera segura de reconocer especies tóxicas es observando con atención sus características macromorfológicas y compararlas con las de las especies comestibles que conocemos. Los caracteres más importantes para distinguir las setas tóxicas de las comestibles son: el color de la esporada y otros elementos del himenio, forma, tamaño, color y textura de píleo y estípite. Sin embargo, sólo usando la microscopia se puede tener certeza de qué especie se trata.

Amanita phalloides es la especie tóxica más mortal, seguida por *Amanita toxica*, estas especies tienen un 90% de probabilidades de muerte y son causantes de la mayoría de las intoxicaciones por hongos en Chile (Salazar 2016).

Los hongos venenosos más comunes que podemos encontrar en nuestro país son: en general, las “amanitas”, tales como: el Ángel de la muerte (*Amanita phalloides*) y el Matamoscas (*Amanita muscaria*), Amanita amarillenta (*Amanita toxica*), el Hongo de la risa (*Gymnopilus junonius*), Chicharrón del Monte (*Gyromytra antarctica*), el Falso niscaló (*Lactarius torminosus*), Paxilo enrollado (*Paxillus involutus*), entre otros, la mayoría de ellos asociados a plantaciones forestales.

iv. ¿Cuáles son las intoxicaciones más frecuentes?

Muchas setas pueden producir diferentes intoxicaciones, por lo cual los síntomas y tratamientos de cada una de ellas son diferentes. Lo más recomendable es llamar a un doctor como medida protectora y si los síntomas de envenenamiento se presentan de forma instantánea originando vómitos, jamás se debe ingerir alcohol (Lazo 1982, Valenzuela 1992).

Los ejemplos de intoxicaciones más frecuentes que suceden en Chile y otros países son:

Faloidiana: Es mortal en un 52% de los casos y dependiendo la cantidad ingerida, donde los síntomas se presentan de forma tardía a las 10 horas (en promedio) después de ser ingerida la seta (*Amanita phalloides*, Fig. 67).



Figura 67. Hongo tóxico *Amanita phalloides*, el “Ángel de la Muerte” (Fuente: David Espinosa).

También hay vómitos, diarreas, dolores abdominales, decaimiento, ansiedad y crisis periódicas. Como tratamiento se recomienda utilizar suero antifaloidiano y si no es posible, practicar una transfusión y vaciar el estómago. Lo más importante es proteger el hígado y el corazón.

Sudoriana: Es una intoxicación provocada por la toxina muscarina (*Amanita muscaria*, Fig 68) y cuyos síntomas comienzan de una a tres horas después de la ingestión de setas de los géneros *Clitocybe* e *Inocybe*. Hay mucha sudoración, hipersecreción salivar, pulso lento y contracción de las pupilas. Se debe aplicar una inyección de sulfato de atropina, de 0,25 a un miligramo, como contraveneno de la muscarina.



Figura 68. Hongo tóxico *Amanita muscaria*, “Matamoscas” (Fuente: Viviana Salazar).

Atropoide: Es muy grave y a veces resulta mortal. Es ocasionada por ingerir *Amanita muscaria*, *Amanita pantherina* y otras setas en exceso. Sus síntomas se producen entre una y cuatro horas después de la ingestión. Provoca exaltación, vértigo, dilatación de pupilas, incremento del pulso, una baja en la secreción salival. Para desintoxicar a una persona que está envenenada con estas setas es bueno que intente vomitar para vaciar su estómago, junto con un tratamiento adecuado para alteraciones nerviosas y delirios. Jamás beber alcohol.

Gastrointestinales: Especies que producen estas intoxicaciones suelen ser algunas especies del género *Clavaria* y muchos otros géneros. Los síntomas se dan una a dos horas después de la ingestión y consisten en vómitos, diarrea y cólicos. Se recomienda ingerir carbón para limpiar el tubo digestivo y así eliminar las toxinas.

Hemolítica: Es un envenenamiento que a veces puede ser mortal, es ocasionado por el consumo de setas crudas como morillas, amanitas (*Amanita toxica*, Fig. 69) y lepiotas. Sus síntomas suelen ser vómitos, coloración amarillenta de la piel (ictericia) y movimiento incontrolado de los músculos en casos graves. El tratamiento debe incluir apoyo a la función renal con aporte de líquidos y si el cuadro es muy grave transfusión de sangre.



Figura 69. Hongo tóxico *Amanita toxica*, “Ámanita amarillenta” (Fuente: David Espinosa).

5. Guía visual de hongos silvestres comestibles de Chile

HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES MÁS COMUNES EN CHILE



Boletus loyo



Boletus loyita



Cortinarius lebre



Ramaria botrytis



Ramaria flava



Ramaria subaurantiaca



Macrolepiota sp.



Suillus luteus



Lactarius deliciosus



Cyttaria espinosae



Cyttaria berteroi



Cyttaria hariotii

Nombres comunes: Loyo (*B. loyo*), Loyita (*B. loyita*), Lebre (*C. lebre*), Changles (*Ramaria* spp.), Parasol (*Macrolepiota* sp.), Callampa de Pino Café (*Suillus luteus*), Callampa de Pino Rosada o Níscalo (*L. deliciosus*), Digüeñe común (*C. espinosae*), Pinatra o Caracucha (*C. berteroi*), Llao Llao (*C. hariotii*).

(Fuente: Götz Palfner, David Espinosa & Viviana Salazar)

Conclusión

Los hongos son muy importantes para los seres humanos, por ejemplo, tienen gran importancia económica, debido a que gracias a las levaduras se pueden crear productos que consumimos diariamente como el pan, el yogur, el queso y la cerveza. Además, las setas silvestres son recolectadas para consumo humano representando un beneficio económico y, en ocasiones, alternativas medicinales.

Del mismo modo, tienen gran valor en el ámbito de la salud, ya que la penicilina, uno de los antibióticos más utilizados y recetados en el mundo desde su descubrimiento, se obtuvo a partir del hongo *Penicillium notatum* descubierto por Alexander Fleming.

Se puede decir que la función más importante de los hongos para la vida es que son los principales agentes de reciclaje natural junto con las bacterias y otros microorganismos, al alimentarse de materia orgánica, la descomponen en pequeñas partículas y minerales que proveen el material necesario para el crecimiento de otros seres vivos y; al formar micorrizas con las plantas, obtienen nutrientes para nutrirse y, a su vez, permiten que éstas capten agua y minerales de manera más eficiente.

Si bien el consumo de algunos hongos es bueno desde el punto de vista nutricional, y en ocasiones, también para nuestra salud, no se deben consumir por ningún motivo, especies desconocidas o dudosas que signifiquen un riesgo para nuestra salud.

Por lo descrito anteriormente y muchas otras razones, se puede afirmar que los hongos son organismos fascinantes que deben ser estudiados para comprender mejor una serie de procesos en los que participan y entender cómo estos organismos conviven en la naturaleza proporcionándole a ella y a nosotros múltiples beneficios.

Referencias Bibliográficas

- Arnold, N., Palfner, G., Schmidt, J., Kuhnt, C., & J. Becerra. 2012. Chemistry of the aroma bouquet of the edible mushroom "Lebre" (*Cortinarius lebre*, Basidiomycota, Agaricales) from Chile. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 57(3), 1333-1335.
- Arnolds, E. 1992. The analysis and classification of fungal communities with special reference to macrofungi. In *Fungi in vegetation science* (pp. 7-47). Springer Netherlands.
- Blackwell, M., Vilgalys, R., James, T. & J. Taylor. 2012. Fungi. Eumycota: mushrooms, sac fungi, yeast, molds, rusts, smuts, etc. <http://tolweb.org/Fungi/2377/2012.01.30> in The Tree of Life Web Project.
- Boa, E. 2004. Wild edible fungi. A global overview of their use and importance to people. *Non-wood forest products 17*. FAO, Roma, Italia. 147 pp.
- Boerjan, W., Ralph, J. & M. Baucher. 2003. Lignin biosynthesis. *Annual Review of Plant Biology* 54: 519-546.
- CONAMA. 2008. Capítulo II. Nuestra diversidad Biológica: Diversidad de especies de hongos. In G. Furci (ed). *Biodiversidad de Chile: Patrimonios y desafíos*. Segunda Edición. Santiago de Chile. Pág. 366-372.
- Corwell, W., Bedford, B. & C. Chapin. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization. *American Journal of Botany*, 88 (10), p. 18-24.
- Deacon, J. 2006. *Fungal Biology*. Fourth Edition. Blackwell Publishing, Malden, MA.
- Dugan, F. 2008. *Fungi in the Ancient World. How Mushrooms, Mildews, Molds, and Yeast Shaped the Early Civilizations of Europe, the Mediterranean, and the Near East*. APS Press, St. Paul, MN.
- Evans, H., Elliot, S.L. & D. Hughes. 2011. Hidden diversity behind the zombie-ant fungus *Ophiocordyceps unilateralis* Four new species described from carpenter ants in Minas Gerais, Brazil.
- FAO. 1992. *Productos Forestales No Madereros; Posibilidades Futuras*. Roma, Italia. Estudio FAO MONTES N° 97. 36 pp.
- Fouré, E. 1985. Black leaf streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), study of the symptoms and stages of the disease in Gabon. Ifra, Paris.
- Gamundí, I. & E. Horak. 1993. *Hongos de los bosques Andino-Patagónicos: Guía para el reconocimiento de las especies más comunes y atractivas*. Editorial Vázquez Mazzini. Buenos Aires, Argentina. 141 pp.
- García J. 2004. *Los aprovechamientos micológicos en España*. Editorial Dykinson. España.

- Garrido, N., Bresinsky, A., & C. Marticorena. 1985. Index Agaricalium Chilensium. Bibliotheca Mycologica J. CRAMER. Germany. 339 pp.
- Garrido, N. 1986. Survey of ectomycorrhizal fungi associated with exotic forest trees in Chile. Regensburg Univ. (Germany, F.R.). Dept. of Botany. Nova Hedwigia 43: 423-442.
- Garrido, N. 1988. Agaricales sl und ihre Mykorrhizen in den *Nothofagus*-Wäldern Mittelchiles. Bibliotheca Mycologica. 120:1-528.
- Gómez J. 2000. Pautas básicas para distinguir las setas tóxicas más peligrosas. Servicio Navarro de Salud. Toxicología Clínica. Navarra, España.
- Hacskeylo, E., Palmer, J. G., & Vozzo, J. A. 1965. Effect of temperature on growth and respiration of ectotrophic mycorrhizal fungi. Mycologia, 57(5), 748-756.
- Hawksworth, D. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. Mycological Research 105: 1422-1432.
- Herrera, T., & M. Ulloa. 2013. El reino de los hongos: Micología Básica y Aplicada. UNAM, Fondo de la Cultura Económica. México D.F. 552 pp.
- INIA. 2008. Manejo integrado del tizón tardío y estrategias de control químico. Informativo N° 62. Ivette Acuña. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Remehue, Osorno, Chile.
- Kendrick, B. 2000. The Fifth Kingdom. Third Edition. Focus Publishing, Newburyport, MA.
- Kirk P. M., Cannon P. F., Minter, D. W. & J. A. Stalpers. 2008. Dictionary of the Fungi, 10th ed. Wallingford, UK: CABI.
- Lazo, W. 1982. Hongos venenosos en Chile. Bol. Inst. Salud Pub. De Chile. 23 (1 y 2):122-126.
- Lazo, W. 2001. Hongos de Chile. Atlas Micológico. Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Santiago. Chile. 231 pp.
- Letcher, A. 2007. Shroom. A Cultural History of the Magic Mushroom. Harper Collins, New York.
- López, L. & F. Fuenzalida. 1998. Algunos Problemas Identificados en Comercialización de Productos Provenientes del Bosque Nativo. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo. CONAF.
- Lowi B. 1974. *Amanita muscaria* and the thunderbolt legend in Guatemala and Mexico. Mycologia 66: 188-190.
- Marzluf G. 1981. Regulation of nitrogen metabolism and gen expression in fungi. Microbiological Reviews 45 (3): 437-61.

- Minter, D., & H. Peredo. 2006. Hongos de Chile. www.cybertruffle.org.uk/chilfung [sitio internet, versión 1.00].
- Money, N. 2007. *The Triumph of Fungi. A Rotten History*. Oxford University Press, New York.
- Montoya, S., Gallegos, J., Sucerquía, A., Peláez, B., Betancourt, O. & D. Arías. 2010. Macromicetos observados en bosques del departamento de Caldas: su influencia en el equilibrio y la conservación de la biodiversidad. *Boletín Científico. Museo de Historia Natural*. 14(2): 57-73.
- Moser, M., Horak, E., & Gruber, I. 1975. *Cortinarius* Fr. und nahe verwandte Gattungen in Südamerika. *Beih. Nova Hedwigia* 52, J. Cramer, Berlin & Stuttgart.
- Mujica, R., Vergara, C., & B. Oehrens. 1980. *Flora Fungosa Chilena*. Ed. 2. Ciencias Agrícolas, no. 5. Santiago de Chile, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. 308 pp.
- Pan, H., Yu, J.F., Wu, Y.M., Zhang, T.Y. & Wang, H.F. 2008. Diversity analysis of soil dematiaceous hyphomycetes from the Yellow River source area. *J Zhejiang Univ Sci B*. 6:64–69.
- Palfner, G. 2001. Taxonomische studien an ektomykorrhizen aus den *Nothofagus*-Wäldern Mittelsüdchiles. *Bibliotheca Mycologica* 190. J. Cramer, Berlin, Stuttgart, Alemania.
- Pereira, G. Herrera, J. Machuca, A. & M. Sánchez. 2007. Efecto del pH sobre el crecimiento de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. *Revista Chilena de Biodiversidad* 28: 215-219.
- Piepenbring, M. 2015. *Introducción a la Micología en los Trópicos*. St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society. 366 pp.
- Raper, B, 1978. The Penicillin Saga Remembered, *ASM News*, 44, 645–53.
- Redecker, D., Kodner, R. & L. Graham. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science* 289: 1920-1921.
- Reshetnikov, S., Wasser, S. & K. Tan. 2001. Higher basidiomycota as a source of Antitumour and immunostimulating polysaccharides. A review. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 3: 361-394.
- Richards, A. 1939. *Land, Labour and Diet in Northern Rhodesia. An economic study of the Bemba tribe*. London, Reino Unido, Oxford University Press.
- Robens, J. & K. Cardwell. 2003. The costs of mycotoxin management to the USA: Management of aflatoxins in the United States. *Journal of Toxicology-Toxin Reviews* 22: 139-152.

- Rodríguez, R., White J., Arnold A. & R. Redman. 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist* 182: 314-330.
- Rojas, C. & E. Mansur. 1995. Ecuador: Informaciones Generales Sobre Productos Non Madereros en Ecuador. In: Memoria, Consulta de Expertos Sobre Productos Forestales no Madereros Para América Latina y el Caribe, Serie Forestal N°1. Santiago, Chile, FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, 1995: 208 – 223.
- Ruíz, J. 2001. El asombroso mundo de los hongos. Departamento de Ingeniería Genética de la Unidad Irapuato del Cinvestav. Irapuato, México. Avance y perspectiva, 20: 275-281.
- Salazar, V. 2016. *Amanita diemii* Singer y *Amanita merxmulleri* Bresinsky & Garrido (Agaricales, Basidiomycota), las amanitas comestibles de Chile. *Bol. Micol.* 2016; 31(1): 28-35.
- Salerni, E., Laganà, A., Perini, C., Loppi, S., & Dominics, V. D. 2002. Effects of temperature and rainfall on fruiting of macrofungi in oak forests of the Mediterranean area. *Israel journal of plant sciences*, 50: 189-198.
- Sánchez-Jardón L., Soto D., Torres M., Moldenhauer L., Solís Ehijos M., Ojeda J., Rosas B., Salazar V. & C. Truong. 2017. Hongusto, innovación social en torno a los hongos silvestres y cultivados en Aysén. Ediciones Universidad de Magallanes, Coyhaique, Chile. 96 pp.
- Selosse M., Richard, F., He, X. & Simard, S. 2006. Mycorrhizal networks: des liaisons dangereuses? *Trends in Ecology and Evolution*. 21: 621–628.
- Senn-Irlet, B., Heilmann, J., Genney, D. & D. Anders. 2007. Guidance for Conservation of Macrofungi in Europe, European Council for Conservation of Fungi (ECCF) within the European Mycological Association (EMA) 39 pp.
- Stamets, P. 2002. *MycoMedicinals An informal treatise on mushrooms*. Hong Kong: Colorcraft Ltd.
- Sussman, A.S., & Halvorson, H.O. 1966. Spores, their dormancy and germination. Harper & Row, New York.
- Valenzuela, E., Moreno, G. y M. Jeria. 1992. *Amanita phalloides* en bosques de *Pinus radiata* de la IX región de Chile: taxonomía, toxinas, métodos de detección, intoxicación faloidiana. *Bol. Micol.* 7: 17-21.
- Valenzuela, E. 2003. Hongos silvestres comestibles colectados en la X Región de Chile. *Boletín Micológico* Vol. 18: 1-14.
- Webster, J. & R. Weber. 2007. *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press, New York.

Este manual pretende ser una guía para todos aquellos que estén interesados en la **Micología**, entregándoles información básica para adentrarse en el **mundo de los hongos**.

En este texto, se dan a conocer las **generalidades y clasificación del Reino Fungi**, además se muestran fotografías de algunos hongos presentes en Chile.