

7. Hongos

7.1. Clasificación

Los hongos son agrupados de acuerdo a diversos criterios que convergen en la taxonomía o sea el arte de ordenar a los seres según sus interrelaciones fisiológicas, morfológicas o moleculares. A continuación se indican algunas características de los reinos del dominio Eukarya que contienen a los diversos hongos y en la página siguiente se muestra un esquema de la división de los hongos en grandes grupos. Los mixomicetos y mastigomicetos han sido reubicados en los reinos Protozoa y Chromista que incluyen a los protozoos y las algas respectivamente (1).

Características de los reinos del dominio Eukaryota que contienen a los hongos (1)			
	Fungi	Chromista	Protozoa
Nutrición	Heterotrófica (por absorción u osmotrófica)	Autotrófica (fotosintética o por absorción)	Heterotrófica (fagotrófica) o autotrófica (fotosintética)
Pared celular	celulosa con frecuencia, sin quitina ni β -glucanos	quitina y β -glucanos	ausente en forma trófica, variable si está presente
Crestas mitocondriales	tubulares	achatadas	tubulares
Mastigonemas flagelares	tubulares	ausentes	no tubulares

La característica principal de los hongos mucosos es un estado ameboidal que bajo condiciones apropiadas se reúnen y diferencian para formar estructuras reproductivas semejantes a otros hongos. Algunos miembros del grupo, tal como *Dictyostelium discoideum* y *Physarum polycephalum* fueron estudiados intensamente por los biólogos evolucionistas. Son organismos comunes de vida libre que habitan el mantillo y el suelo, pero algunas especies son parásitas de plantas superiores, algas marinas y otros hongos (2). El parásito asintomático *Polymyxa graminis* está asociado a las raíces de cereales y suele actuar como vector de enfermedades virales.

Los mastigomicetos son hongos que forman zoosporos. Muchos son saprobios del suelo que actúan como descomponedores importantes. También se encuentran en agua dulce así como en aguas residuales. Algunas especies son parásitas de plantas, algas, peces e insectos, por ejemplo *Phytophthora infestans* causa el tizón de la papa (4). Los quitridiomycetos difieren de los oomicetos, entre otras cosas, en el número de flagelos de los esporos y la composición de la pared celular (3).

Los zigomicetos son saprobios comunes en el suelo. Algunas especies están asociadas al estiércol y otras, como *Entomophthora*, son parásitas de insectos. También incluye hongos asociados simbióticamente con plantas formando micorrizas vesículo-arbusculares, como *Glomus* y *Acaulospora* (2).

Los ascomicetos abarcan hongos miceliales y levaduras. Entre éstas que se encuentra *Saccharomyces* empleado en la panificación y la producción de cerveza. Las levaduras están asociadas a frutas, pero también se hallan en agua dulce y ambientes marinos.

Los ascomicetos filamentosos son saprobios comunes del suelo por ejemplo *Chaetomium*, o están asociados con estiércol como *Ascobolus*, o forman micorrizas con árboles por ejemplo *Tuber* que es un hongo comestible muy apreciado. También los hay patógenos de plantas, como *Sphaerotheca pamosa* que causa el mildiú de las rosas (4).

Clasificación de los hongos y organismos relacionados (1)

PROTOZOA: fagotróficos, sin pared

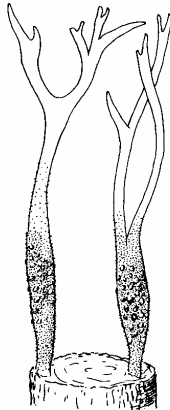
- *Acrasiales*: fase asimilativa ameboide libre, esporocarpo sésil
 - *Dictyosteliomycetes*: fase asimilativa ameboide, esporocarpo pedicelado
 - *Myxomycetes*: fase asimilativa plasmodial, saprobio
 - *Plasmodiophoromycetes*: fase fagotrófica intracelular, parásito
 - CHROMISTA:** no fagotróficos, flagelos con mastigonemas, pared con celulosa
 - *Labyrinthulomycota*: fase trófica reticular con células deslizantes
 - *Hyphochytriomycota*: zoosporas con un flagelo anterior, holo o eucárpico
 - *Oomycota*: zoosporas con dos flagelos, fase asimilativa diploide unicelular o cenocítica
 - FUNGI:** osmotróficos, pared con quitina
 - *Chytridiomycota*: unicelular o micelial, holo o eucárpico, zoosporas con un flagelo posterior o raramente varios
 - *Zygomycota*: micelio en general cenocítico, zigosporas por conjugación hifal
 - *Trichomycetes*: parásitos de artrópodos, adheridos a la superficie
 - *Zygomycetes*: saprobios en su mayoría, si parásitos están inmersos en el tejido hospedante, mitosporas por lo común en esporangios
 - *Ascomycota*: meiosporas dentro de ascas, anamorfos conidiales
 - *Ascomycetes*: micelio septado, ascas en ascomas diversos
 - *Taphrinomycetes*: parásito, micelio subcuticular o subepidérmico, ascas desnudas
 - *Saccharomycetes*: levaduras brotantes, ascas libres
 - *Schizosaccharomycetes*: levaduras que se multiplican por fisión, ascas libres
 - *Basidiomycota*: meiosporas sobre basidios o estructura equivalente, micelio con septos doliporo o levaduras
 - *Basidiomycetes*
 - *Agaricomycetidae*: basidioma visible carnoso, coriáceo o duro; hifas con fibulas; basidio sin septos primarios sobre laminillas, poros o en gasteroma; saprobios (epígeos, hipógeos o lignícolas) o ectomicorrízicos, raramente parásitos
 - *Tremellomycetidae*: basidioma visible gelatinoso o ceroso; basidio septado; lignícolas o micoparásitos
 - *Urediniomycetes*: meiosporas en soros, micelio sin fibulas, parásitos obligados de plantas o insectos
 - *Ustilaginomycetes*: con fase levaduriforme, septo hifal por lo común sin doliporo
 - *Hongos Anamórficos*: no correlacionados con meiosis
 - *Hyphomycetes*: micelio con conidios, conidióforos separados o reunidos en coremios o esporodoquios
 - *Coelomycetes*: micelio con conidiomas
 - *Agonomycetes*: micelio que solo presenta clamidosporas, bulbillos o esclerocios
-

Los basidiomicetos incluyen hongos que viven asociados con plantas formando micorrizas por ejemplo *Amanita* una seta letal y *Boletus* comestible, comprenden a la mayoría de los hongos comestibles como *Agaricus* y *Pleurotus*, y algunos causan enfermedades de vegetales como las royas, pero la mayoría son saprobios que crecen sobre mantillo, compost, estiércol o suelo. Su tamaño es variable, desde levaduriformes hasta enormes hongos en repisa (2).

Los hongos anamórficos contienen más del 95% de los hongos mitospóricos, saprobios y parásitos, conocidos. Algunos causan el deterioro de alimentos y producen micotoxinas, por ejemplo *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (3).

7.2. Los macromicetos

Cada macromiceto está formado por largas hifas ramificadas que se reúnen en cordones rizomorfos y cuerpos de reproducción (ascomas, basidiomas) visibles y medibles en centímetros. Son organismos saprobios que absorben la materia orgánica muerta de los residuos donde crecen, o son parásitos de árboles, o viven en simbiosis con plantas formando ectomicorrizas. Los hay comestibles y venenosos. Su ciclo de vida es complejo y varía según las clases de hongos.



Xylaria hypoxylon
Figura 7-1 (13)

7.2.1. Ascomycota

Xylariales

Pocos son los ascomicetos de gran tamaño. Entre los Xylariales se encuentran *Xylaria hypoxylon* (figura 1) que afecta a las raíces de los manzanos y *X. polymorpha* que aparece en otoño en la base de viejos tocones. Poseen peritecios embebidos en un estroma (4).

Entre los discomicetos u hongos con apotecios, se hallan los órdenes Pezizales, que comprende dos géneros de interés *Tuber* y *Morchella*, y Cyttariales con el género *Cyttaria*.

Pezizales

Las trufas (*Tuber*) son hipógeas o subterráneas, con ascomas cerrados, más o menos globosos, cuyo himenio no está expuesto al exterior sino que recubre una serie de compartimentos internos (figura 2). Tienen una pared gruesa que no se rompe a la madurez de los esporos (indehiscente) (4). Cuando se cortan las trufas jóvenes se ven casi blancas pero se oscurecen con el tiempo, más o menos según las especies, tomando un aspecto marmolado. Estos hongos viven en simbiosis con las raíces de árboles europeos, por ejemplo *T. melanosporum* está asociado a especies de *Quercus* (roble, encina) (5). *T. aestivum* y *T. brumale* micorrizan con avellanos (*Corylus avellana*). *T. magnatum*, la trufa blanca, crece en suelo calcáreo al pie de robles, sauces o tilos, con los que micorriza (7). Las trufas comienzan con la siembra de los plantines de los árboles junto al hongo. Las trufas serán cosechadas bajo tales árboles después de 7 a 15 años (8). Debido a su olor característico los animales entrenados pueden hallar la ubicación de los ascomas subterráneos. Suele confundirse con *Elaphomyces granulatus* que no es comestible y crece semienterrado en suelos ácidos, especialmente al pie de pinos formando micorrizas (7) o con *Gauteria chilensis* que crece en el mantillo de pinares (9).

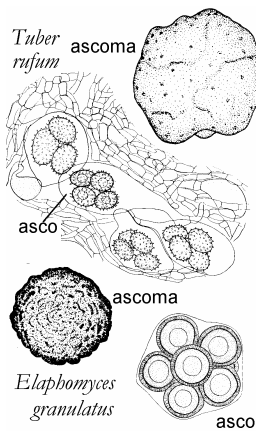


Figura 7-2. (4)

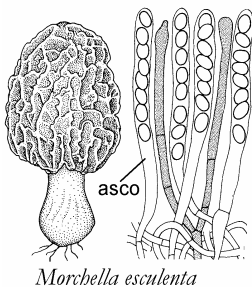
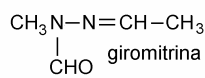
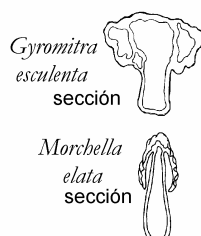


Figura 7-3. (10, 13)



Morchella esculenta (figura 3) es un ascomiceto comestible europeo cuyo apotecio alveolado, con el himenio expuesto, tiene un pie. Alcanza entre 5 y 10cm de alto y un ancho de 3 a 5 cm en el extremo amarillo-verdoso o pardo-amarillento con hoyos y rebordes como un panal, mientras que el pie es hueco y de color blanco (5). Se encuentran en suelo arenoso o

arcilloso-arenoso bajo nogales y viejos manzanos o en suelos húmicos proximo a olmos y fresnos (11). Puede ser confundida con *Gyromitra esculenta* o *G. antarctica* que son tóxicas por las giromitrinas (N-formil-N-metil-hidrazonas). Éstas durante la digestión liberan mono-metil-hidrazina que afecta al sistema nervioso central (10). Las falsas morillas tienen un extremo cerebriforme de tono rosa a violeta o castaño violáceo, y crece en suelos ricos en detritus vegetales (7). También hay otras especies comestibles como *M. elata*, o *M. intermedia* que es una morilla montana con el píleo alveolado cónico a oval de color ocre grisáceo (12).

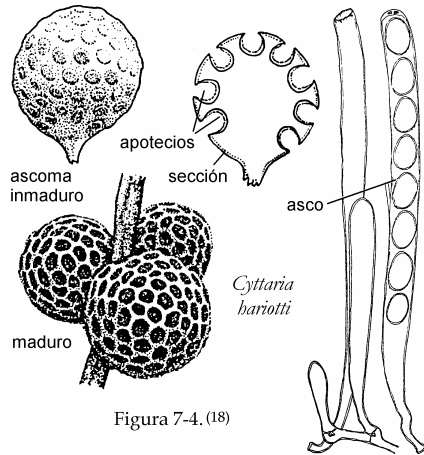


Figura 7-4. (18)

Cyttariales

Cyttaria (figura 4) es un género parásito de *Nothofagus*, que posee algunas especies comestibles. Tienen un cuerpo carnoso de colores claros y casi esférico, en el cual están inmersos los apotecios. Alcanzan un diámetro de 2 a 11 cm según las especies. *C. harti* (llo-llo) crece sobre guindo, ñire, lenga, coihue, roble de Chiloé, y tiene un color amarillo-anaranjado intenso. Es la más extendida geográficamente. Otras especies también comestibles son *C. darwinii* (pan de indio), *C. berteroi* (pinatra), *C. espinosae* (lihueño) (9).

7.2.2. Basidiomycota

Las setas, bejines y otros basidiomas están constituidos por hifas dicarióticas que suelen presentar fibulas. Este micelio puede crecer durante años en el suelo o la madera hasta que bajo la influencia de diversas condiciones ambientales forma los basidiomas (4).

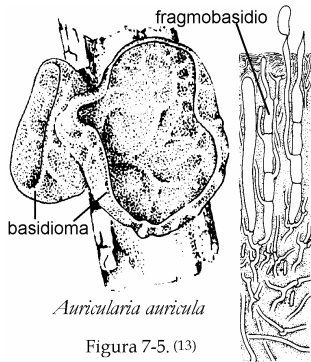
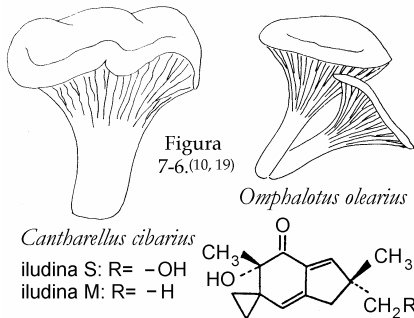


Figura 7-5. (13)

Auriculariales

Auricularia auricula u oreja de palo (figura 5) tiene basidiomas coriáceo-gelatinosos, púrpura o pardo oscuro, que se forman en ramas caídas y tocones de seibo, morera y otros árboles. Miden entre 3 y 10 cm de diámetro. La superficie externa es irregular, tiene un color más pálido y está recubierta de una vellosidad casi imperceptible. Llevan el himenio sobre la superficie interna, cóncava, lisa, opuesta al substrato. Luego de la meiosis los basidios se dividen en cuatro células por tabiques transversales, de cada una nace lateralmente un esterigma que origina un basidiospore (13). La especie comestible que se cultiva es *Auricularia polytricha* (2).



Cantharellales

Los cantarelos (*Cantharellus*) tienen forma de embudo con el borde ondulado, sinuoso, y el himenio en pliegues espaciados como laminillas que bajan por el pie, anastomizadas, es decir que se juntan y ramifican (figura 6). La especie comestible más apreciada es *C. cibarius* de color amarillo yema en su totalidad. Alcanza de 5 a 10 cm de alto. Forman micorrizas con coníferas y árboles de madera dura (7). Se lo puede confundir con la especie tóxica *Omphalotus olearius* (5).

Agaricales

El champiñón *Agaricus bisporus* (figura 7) es la especie que se cultiva comercialmente en las zonas templadas, pero en las subtropicales se utiliza *A. bitorquis*. El champiñón alcanza de 5 a 10 cm de alto y de 2 - 10 cm de diámetro en la parte superior o píleo. Cuando el hongo madura, se abre el píleo blanco dejando ver por abajo las laminillas

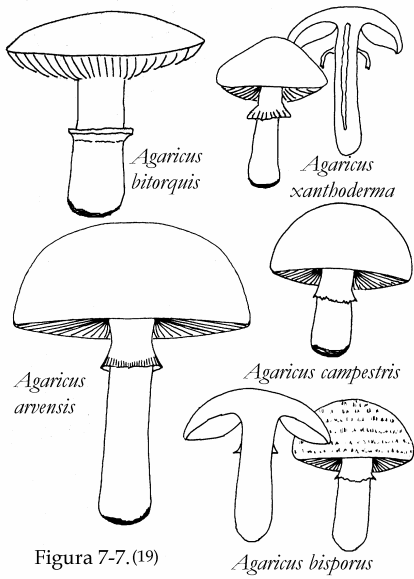


Figura 7-7. (19)

rosadas que llevan el himenio. Después todo el hongo se oscurece y la masa de esporos toma un color pardo violáceo o chocolate (11). Cuando recién surge, el hongo tiene el margen del píleo unido al pie por una membrana, que luego se rompe dejando un anillo persistente sobre el pie. *A. bisporus* que debe su nombre al hecho de tener la solamente dos esporos dicarióticos sobre la mayoría de los basidios, contiene agaritina un derivado de la fenilhidrazina que se descompone con el calor (10). En el champiñón salvaje (*A. campestris*, *A. pampeanus*) se forman cuatro esporos de los esterigmas del cada basidio (14). Aparece entre los pastos, especialmente si hay restos de estiércol, después de las primeras lluvias estivales. *A. arvensis* (figura 7) suele aparecer entre los pastos. El píleo es de color blanco y alcanza de 7 a 15 cm de diámetro. Las laminillas son primero blancas, luego rosadas y

al final negruzcas. El anillo es doble (7). *A. xanthoderma* es tóxico. Se reconoce porque toma un color amarillo neto en el lugar donde se lo tocó y tiene olor a iodoformo (15).

Coprinus comatus (figura 8) es hongo común en jardines y espacios abiertos que crece aislado o en pequeños grupos. Puede alcanzar 5 cm de diámetro y 15 cm de largo. El píleo es blanco, y está cubierto de

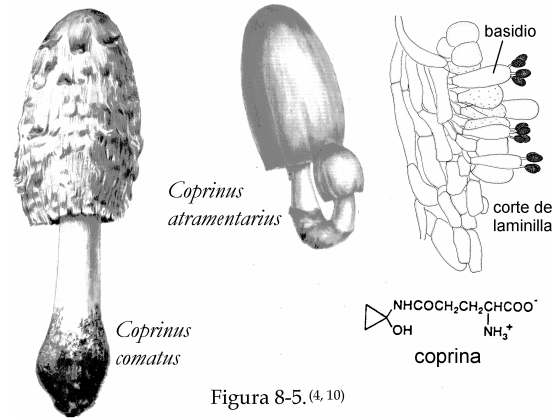


Figura 8-5. (4,10)

pequeñas escamas. No se expande hasta la madurez, en que los bordes se enrollan y las laminillas se disuelven dando una masa negra (8). *C. atramentarius* es comestible, pero no debe ser acompañado de alcohol pues posee coprina (figura 8) que se hidroliza a hidrato de ciclopropanona e inhibe la aldehído-deshidrogenasa con la consiguiente acumulación de acetaldehído tóxico (10). Este hongo suele encontrarse sobre bagazo de caña de azúcar en descomposición.

Las setas del género *Amanita* (figura 9) son muy venenosas. *A. phalloides*, *A. verna* y *A. virosa* contienen toxinas letales (11) que destruyen células del sistema

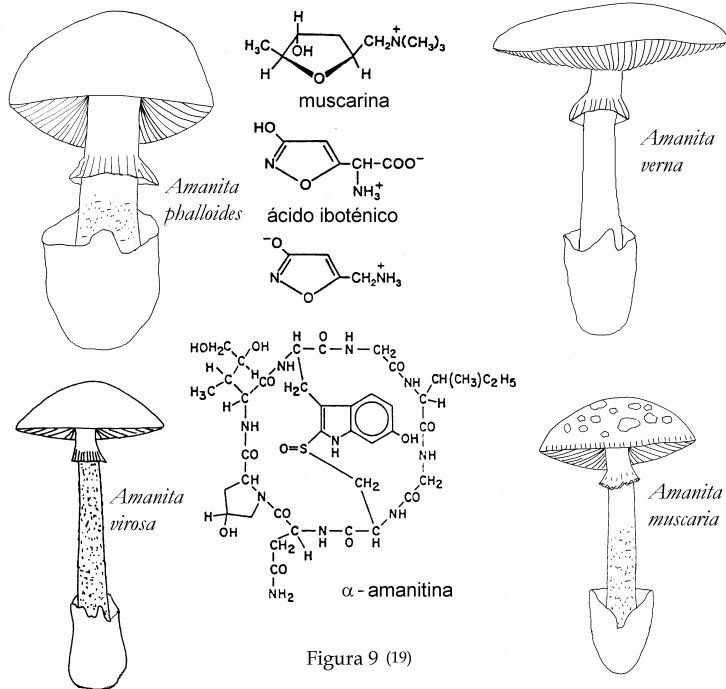


Figura 9 (19)

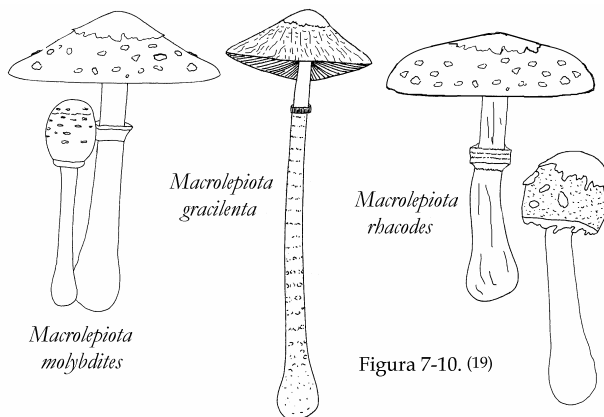


Figura 7-10. (19)

nervioso central, riñones, hígado y musculatura. Las amatoxinas son péptidos cíclicos (10). *A. phalloides* es esférica cuando emerge de la tierra, luego en forma de sombrilla color verde-aceituna con laminillas blancas. Como en otras especies, el pie está ensanchado en la base, con restos en forma de copa (volva) de la cubierta general (velo universal) que envolvía al basidioma joven. Además tiene un anillo, residuo de la membrana (velo parcial) que cubría las laminillas inmaduras (4). *A. verna* tiene un píleo blanco-amarillento y *A. virosa* blanco. El de *A. muscaria* es amarillento al comienzo, luego se torna escarlata, cubierto

de verrugas blancas que son restos del velo universal (7). Posee muscarina, muscimol y ácido iboténico, que afectan al sistema nervioso central y causan trastornos gastrointestinales (10). Las *Amanita* son hongos micorrizantes y *A. diemii* se asocia con *Nothofagus* (9).

Macrolepiota (figura 10) comprende especies de setas con laminillas y esporos blancos, anillo grueso o doble, pero que carecen de volva. Crecen entre la hierba, en lugares soleados (11). Entre especies comestibles se encuentran las introducidas *M. procera* y *M. rhacodes*, junto con *M. bonaerensis*. El aspecto macroscópico de esta última puede confundirse fácilmente con un hongo nativo común en la zona, *M. molybdites* (figura 10), que crece en grupos unidos por el pie, tiene esporos verde-amarillento y es tóxico. Bajo pinares suele crecer *M. gracilentia* que tiene píleo el primero cónico y luego aplanado con un gran mamelón central, de 12 a 20 cm de diámetro, con el pie ensanchándose hacia la base, y alcanza los 20 a 30 cm de alto. El anillo simple y la superficie del píleo permite diferenciarlo de *M. bonaerensis* (12).



Figura 7-12. (19)

Los *Lepiota* (figura 11) son hongos con algunas características similares a los anteriores, pero más pequeños y no comestibles. Algunos producen trastornos gastrointestinales, tal como *L. clypeolaria*.

Otros tienen amanitinas letales, como *L. josserandii*. También hay especies con amanitinas en los géneros *Galerina* y *Conocybe* (16).

Volvariella volvacea (figura 12) es comestible, pero no debe ser ingerida cruda pues tiene una toxina termolábil (10). Junto con *V. bombycina* crecen en la zona subtropical sobre restos lignocelulósicos: ramas y troncos muertos, viruta de madera, bagazo de caña de azúcar. Tienen volva y anillo. Las laminillas son blancas al comienzo y rosa salmón después, debido a las esporas (11).

Lactarius deliciosus (figura 13) es comestible pero la mayoría de las especies de este género micorrizante son tóxicas o tienen un sabor desagradable. Cuando se lo corta exuda un látex. El píleo anaranjado-azafrán, al principio es convexo con bordes ondulados y luego adquiere forma de embudo. Las laminillas son decurrentes o sea baja por el pie anaranjado. Donde exuda látex se vuelve verde. Es una especie que micorriza con pinos (16). Puede ser confundido con *L. torminosus* que es tóxico, pero éste tiene el píleo

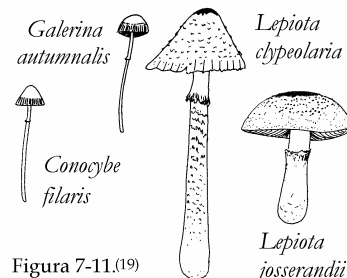


Figura 7-11. (19)

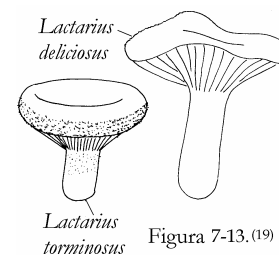


Figura 7-13. (19)

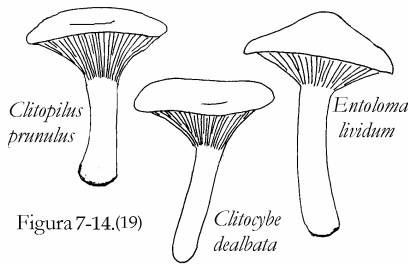


Figura 7-14.(19)

rosado a anaranjado parduzco y veloso (5).

Clitopilus prunulus (figura 14) es una especie comestible de color blanco amarillento que puede confundirse fácilmente con algunos *Clitocybe* blancos que son tóxicos pues contienen muscarina. Tiene el píleo aplanado con laminillas blancas al principio que se vuelven rosadas y bajan por el pie (decurrentes) que es central o excéntrico. No presenta anillo ni volva. Micorriza con coníferas (11). También puede ser confundido con *Entoloma lividum* que causa gastroenteritis severa (5).

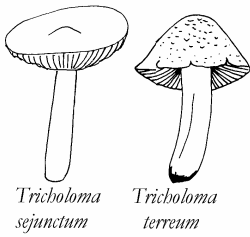


Figura 7-15.(19)

Tricholoma (figura 15) es otro género de hongos que micorriza, fueron descritas algunas especies simbioses de *Nothofagus* en el sur del país y otras de la zona subtropical (9). Tienen laminillas y esporos blancos, y carecen de anillo. Entre las especies comestibles que crecen bajo los pinares se encuentran *T. terreum*, *T. flavovirens* y *T. matsutake*. Algunos son tóxicos como *T. sejunctum* que produce trastornos intestinales (16). *T. fusipes* micorriza con varias especies de *Nothofagus* (9).

Omphalotus olearius (figura 6) es una especie tóxica de color amarillo o anaranjado en su totalidad, con laminillas bien definidas que bajan por el pie. Crece sobre troncos (5). Contiene iludina que provoca gastroenteritis severa (10). Puede ser confundido con *Cantharellus cibarius*.

Todas las especies del género *Psilocybe* y algunas de *Gymnopilus* y *Panaeolus* (figura 16) poseen las sustancias alucinógenas psilocina y psilocibina (10). *G. pampeanus* (= *G. spectabilis*) tiene color anaranjado y crece en racimos sobre tocones de eucaliptos (15).

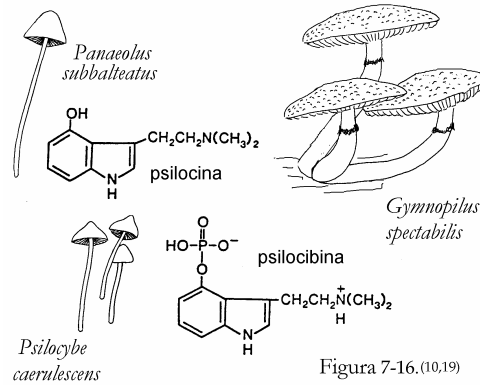


Figura 7-16.(10,19)

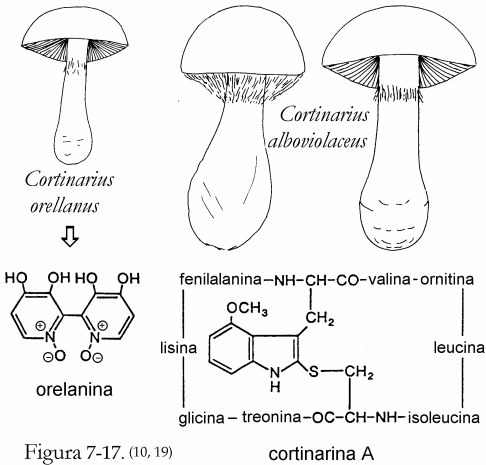


Figura 7-17. (10, 19)

Cortinarinus (figura 17) es otro género de hongos micorrizantes, la mayoría tóxicos o sin valor culinario, pero algunas especies son comestibles como *C. albiviolaceus* (7) y *C. magellanicus* (9). Cuando se rompe la membrana que une al píleo con el pie, quedan restos en el borde que asemejan una cortina, generalmente fugaz. *C. orellanus* y otros producen daño hepático y renal pues contienen orelanina y cortinarinas (10).

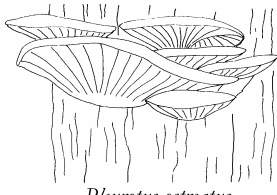
Lentinus edodes (figura 18) es una especie asiática comestible (shii-take) que crece sobre residuos lignocelulósicos. Las laminillas y los esporos son blancos. Se cultiva en muchos lugares (8).

Pleurotus ostreatus (figura 19) crece en racimos sobre los troncos podridos. El píleo carnoso tiene 8 a 13 cm de diámetro y es de color pardo-oliva que se oscurece con el tiempo. Las laminillas y los esporos son blancos. Las laminillas bajan por el pie



Lentinus edodes Figura 7-18.(16)

(decurrentes), el que es lateral u excéntrico (16). *P. eryngii* y *P. laciniato-crenatus* son otras especies comestibles, la última es nativa (15).



Pleurotus ostreatus
Figura 7-19.(19)

Russulales

Russula (figura 20) también es un género micorrizante. Algunas especies son comestibles como *R. cyanoxantha*, pero la mayoría de las especies tienen sabor acre u olor fétido por ejemplo *R. foetens* o son tóxicas, tal como *R. emetica* que causa gastroenteritis (5). Se han descrito especies propias de la Patagonia (*R. nothofaginea*, *R. fuegiana*), algunas relacionadas a *Nothofagus* (9).

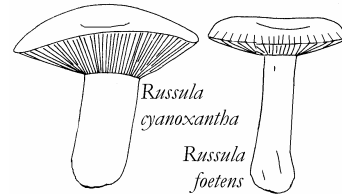


Figura 7-20. (19)

Boletales

Boletus edulis (figura 21) tiene un pie de 5 - 15 cm de alto y un píleo carnoso, pardo, de 10 - 15 cm de diámetro. Por el envés se ven los tubos donde se encuentran los basidios. El pie está recubierto con una

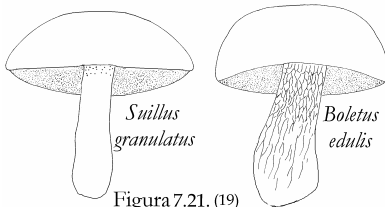


Figura 7.21. (19)

red de finas venas, blancas al comienzo, que se tornan amarillo-verdoso con el tiempo. Una especie comestible nativa es *B. luyo* que micorriza con *Nothofagus* (12). Algunos tienen sabor amargo y otros son tóxicos, como por ejemplo *B. satanas* que causa trastornos gastrointestinales (16). *Suillus* (figura 21) es también micorrizante de coníferas, por ejemplo *S. luteus* y *S. granulatus* (17).

Poriales

Laetiporus sulphureus (figura 22) tiene un basidioma en repisa, de color amarillo azufre, en el reverso se encuentra el himenio en el reborde de túbulos o poros. Se presenta en racimos y provoca la podredumbre parda de muchas maderas (11). *Fistulina antarctica* es otro hongo comestible en repisa (9).

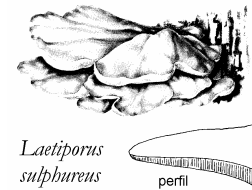


Figura 7-22. (5)

Lycoperdales

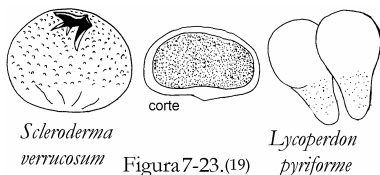


Figura 7-23.(19)

Entre los bejines o basidiomas cerrados, *Langermania gigantea* es una especie grande (de 8 a 51 cm de diámetro), globosa, de color blanco-crema, inconfundible. Los esporos nacen en cavidades internas y una vez maduros el ápice se disuelve dando lugar a la salida de los esporos. Es comestible mientras el interior está blanco (7).

Lycoperdon perlatum y *L. pyriforme* (figura 23) son dos especies comestibles de este género que crece sobre restos lignocelulósicos, generalmente en los bosques. Son comestibles en estado juvenil. Cuando maduran tienen esporos pardos que se liberan por una abertura del ápice (7).

Sclerodermatales

Entre otros bejines se encuentra *Scleroderma* (figura 23), un género micorrizante, con un peridio de consistencia coriácea, olor desagradable y tóxico (5).

7.3. Los hongos micorrizantes

A modo de ejemplo de la diversidad de especies micorrizantes, se da una nómina de especies de basidiomicetos que micorrizan con *Pinus sylvestris* y *P. strobus*, y a continuación las plantas que hospedan a especies del zigomiceto *Glomus*.

Lista de hongos que forman ectomicorrizas con especies de <i>Pinus</i> (20)			
<i>P. sylvestris</i>		<i>P. strobus</i>	
géneros	especies	géneros	especies
<i>Amanita</i>	<i>muscaria, pantherina</i>	<i>Amanita</i>	<i>muscaria</i>
<i>Coenococcum</i>	<i>graniforme</i>	<i>Boletinus</i>	<i>pictus</i>
<i>Clitopilus</i>	<i>prunulus</i>	<i>Boletus</i>	<i>rubellus</i>
<i>Cortinarius</i>	<i>glaucoopus, mucosus</i>	<i>Cantharellus</i>	<i>cibarius</i>
<i>Lactarius</i>	<i>deliciosus, helvus</i>	<i>Cenococcum</i>	<i>geophilum</i>
<i>Lyophyllum</i>	<i>immundum</i>	<i>Gyrodon</i>	<i>merulioides</i>
<i>Rhizopogon</i>	<i>roseolus, luteolus</i>	<i>Gyroporus</i>	<i>castaneus</i>
<i>Rhodophyllum</i>	<i>rhodopolius</i>	<i>Lactarius</i>	<i>chrysorrheus,</i>
<i>deliciosus</i>			
<i>Russula</i>	<i>emetica</i>	<i>Russula</i>	<i>lepida</i>
<i>Scleroderma</i>	<i>aurantium</i>	<i>Scleroderma</i>	<i>aurantium</i>
<i>Suillus</i>	<i>bovinus, flavidus, granulatus,</i>	<i>Suillus</i>	<i>granulatus, luteus</i>
	<i>luteus, variegatus</i>	<i>Tuber</i>	<i>maculatum, albidum</i>
<i>Tricholoma</i>	<i>flavobrunneum, flavovirens,</i>	<i>Endogone</i>	<i>lactiflua</i>
	<i>imbricatum, pessundatum,</i>		
	<i>saponaceum, vaccinium</i>		

Formación de micorrizas por especies de <i>Glomus</i> (20)	
especies	hospedantes comprobados por cultivos en macetas
<i>G. mosseae</i>	<i>Allium cepa, Fragaria vesca, Sambucus caerulea, Triticum aestivum, Zea mays</i>
<i>G. monosporus</i>	<i>Bellis perennis, Lycopersicum esculentum, Maianthemum dilatatum, Trillium ovatum, Zea mays</i>
<i>G. microcarpus</i>	<i>Fragaria spp., Geum sp., Juniperus communis, Phleum pratense, Rubus spectabilis, Taxus brevifolius, Thuja plicata, Zea mays</i>
<i>G. fasciculatus</i>	<i>Allium cepa, Clintonia uniflora, Crataegus douglasii, Deschampsia danthioides, Epilobium watsonii, Fragaria vesca, F. chiloensis. Geum sp., Hypochaeris radicata, Maianthemum dilatatum, Malus sp., Mentha arvensis, Plantago lanceolata, Potentilla sp., Rubus spectabilis, R. ursinus, Sitanion lystrix, Stachys mexicana, Taxus brevifolius, Thuja plicata, Zea mays</i>
<i>G. macrocarpus</i> var. <i>macrocarpus</i>	<i>Allium cepa, Epilobium glandulosum, Fragaria chiloensis, Galium aparine, Stachys mexicana, Trifolium repens, Triticum aestivum, Zea mays</i>
<i>G. macrocarpus</i> var. <i>geosporus</i>	<i>Fragaria sp., Lycopersicum esculentum, Zea mays</i>
<i>G. caledonius</i>	<i>Triticum sp., Zea mays</i>

Las ventajas nutricionales que obtiene cada integrante de una asociación micorrízica explica, en parte, el éxito de tal interrelación. Algunos hongos micorrízicos pueden producir auxinas o sea hormonas que estimulan el crecimiento de los vegetales, y otros producen antibióticos. Esto ayuda a regular el microambiente alrededor de las raíces y contribuye a prevenir la infección de las plantas. Experimentalmente se demostró que los hongos micorrízicos proveen protección contra *Phytophthora infestans* (2).

Pero, a pesar de los beneficios que las asociaciones micorrízicas de ciertos hongos confieren a determinadas plantas, pueden causar un daño considerable a otros vegetales. Incluso a veces las asociaciones micorrízicas se establecen aún cuando bajo condiciones diferentes esos mismos hongos pueden actuar como patógenos agresivos. Esto ilustra la naturaleza compleja de la asociación biológica y también indica que las plantas poseen mecanismos para prevenir el daño potencial causado por su socio fúngico (20).

Las plantas tienen una variedad de defensas contra la infección y ésta puede ser moderada en ejemplares que tienen asociaciones micorrícicas. Los compuestos fenólicos y ciertas proteínas protectoras (quitinasas y peroxidases) producidas por la planta pueden tener un efecto antimicrobiano significativo. Pero, aquellos ejemplares que crecen sin estar asociados a un hongo forman más de estos compuestos que las plantas micorrizadas, pues previenen la invasión fúngica (2).

Los hongos que forman asociaciones micorrícicas con árboles en bosques son típicamente basidiomicetos superiores. Es poca la especificidad de estas asociaciones ya que varios árboles pueden formar micorrizas con un hongo dado y viceversa. Más raramente los ascomicetos forman micorrizas. En contraste a las micorrizas de los árboles, están las formadas por la orquídeas. Cada una de las diferentes especies de orquídeas tiene una alta especificidad por un hongo particular que generalmente es un zigomiceto. El grado de interdependencia es tal que en muchos casos ninguno de los asociados puede ser cultivado sin el otro, pues forman una verdadera simbiosis (20).

7.3.1. Inoculación de plantines

En general los hongos ectomicorrícicos deben incorporarse a las plántulas de árboles y plantas ornamentales, cuando se desarrollan en medios artificiales con vermiculita o arena. La falta de micorrización acarrea problemas en el transplante, excepto en los casos en que el suelo contenga especies fúngicas (21).

Las raíces se infectan con hongos de las micorrizas vesículo-arbusculares por las hifas desarrolladas de propágulos presentes en el suelo, los que pueden ser esporos o estructuras de resistencia presentes en las raíces muertas (20).

Las primeras técnicas de inoculación consistían en el transporte de suelo desde la zona de origen de la plantación al vivero, pero se corría el riesgo de llevar también microorganismos patógenos. Para inocular con cultivos puros, el substrato (suelo, turba) debe ser previamente pasterizado o fumigado con el fin de disminuir la población fúngica nativa que podría competir con el inóculo (21).

Los hongos son incorporados al substrato de siembra con trozos de raíces

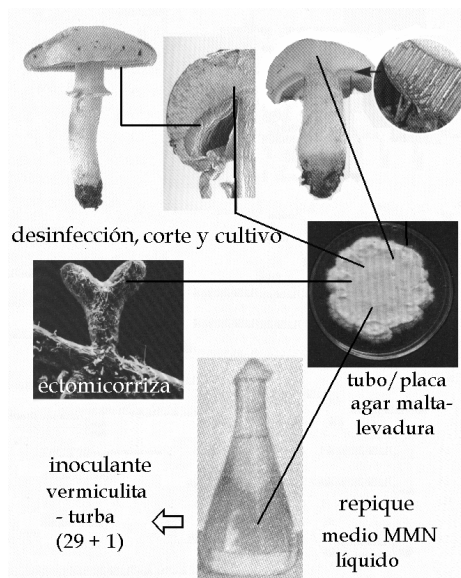


Figura 7-24. Aislamiento del micelio y producción de inóculo (21)

micorrizadas, pedazos de ascoma o basidioma, o micelio obtenido in vitro. El agregado de micelio ofrece mayores garantías en el caso de hongos que se desarrollan bien en cultivo axénico. El primer paso de toda inoculación consiste en la selección del hongo. La introducción de especies de *Pisolithus* en viveros incrementa la calidad de las plántulas de pinos, y especialmente se lo usa para suelos muy erosionados, pobres en materia orgánica y nutrientes minerales (20).

La figura 24 muestra los pasos de la producción del inóculo para micorrizar árboles con hongos ectomicorrícicos. En cambio para la preparación del inóculo de micorrizas vesículo-arbusculares se requiere la separación de los esporos del suelo por técnicas de tamizado húmedo y flotación, luego se colocan en una caja, la que se ubica a 2-3 cm más abajo de las semillas de *Allium cepa* en una maceta con suelo y arena (1+2 vol.) a pH ligeramente ácido. A los 34 meses se extraen las raíces colonizadas, se las secciona y añade al substrato con esporos, y se homogeneiza. Se mantiene a un 50% de la capacidad de campo y a temperaturas de 5-10°C (21).

7.4. Cultivo del champiñón

Algunos hongos (*Agaricus*, *Coprinus*) crecen sobre sustratos que deben descomponerse en parte para que desaparezcan los azúcares solubles favorecedores de los mohos y bacterias competidores (8).

7.4.1. Obtención del micelio

El primer paso lo constituye la obtención del micelio de la especie a cultivar, lo que coincide con la técnica descrita en la figura 24. Una vez logrado el cultivo puro del hongo, se lo repica en semillas esterilizadas, por ejemplo sorgo o trigo (8).

Los granos deben cocinarse durante unos veinte minutos (1 kg en 1,5 L agua), se escurren y mezclan con carbonato de calcio y yeso (3,5 g y 13 g respectivamente, por cada kg de grano cocido). Luego se llenan los frascos y se esterilizan en autoclave.

Una vez repicado el micelio del hongo en los granos, se incuban a unos 25°C hasta que todo el contenido del frasco haya sido invadido por el mismo. Para mantener los granos separados se debe agitar con frecuencia los frascos. Luego se los puede mantener en el refrigerador a menos de 4°C, no más de un mes (8).

7.4.2. Preparación del compost

La obtención de un sustrato adecuado es una fase crítica en la producción de champiñones. Tradicionalmente se lo preparaba de paja de trigo y estiércol de caballo, pero se pueden usar otros residuos (23). Se agrega un suplemento para obtener un 2-2,5% de nitrógeno. Como la paja de trigo es deficiente en potasio se añade cloruro o sulfato de potasio. El yeso mejora la textura final del compost y evita la compactación, además de neutralizarlo (22).

El objetivo del compostado es transformar un sustrato no específico en uno altamente selectivo conveniente para la proliferación de *A. bisporus* y otros agáricos. El proceso se divide en dos fases. La primera ocurre al aire libre, o bajo un tinglado para evitar las lluvias, en largas pilas de aproximadamente un metro de alto y dos de ancho. Durante esta fase que dura entre 7 y 10 días, se produce la termogénesis microbiana alcanzando una temperatura interna de hasta 70 - 80°C. Las condiciones aeróbicas se mantienen volteando el compost a intervalos regulares. La importancia de esta primera fase es lograr que el sustrato sea inadecuado para los mohos que podrían afectar a la producción del champiñón (22). La cantidad de agua añadida debe ser tal que humezca el material en compostaje, pero que no escurra líquido al tomarlo con las manos (24).

La segunda fase ocurre dentro de un galpón aislado. El compost es colocado en cajones, en capas de 15 a 20 cm de altura. Estos que se apilan dejando huecos entre ellos para permitir el pasaje de los gases. Aquí continúa la actividad microbiana elevando la temperatura a 50-60°C, con una adecuada ventilación. Esta fase dura 3 a 7 días. Se producen nutrientes por la actividad microbiana, especialmente proteínas, y se eliminan los restos de amonio o aminos producidos durante la primera fase (22).

Durante el compostado se pasteriza el interior del compost matando esporos fúngicos, ácaros, insectos y nemátodos. Se suele acelerar el proceso introduciendo vapor de agua a 60 - 70°C. La temperatura del compost en la segunda fase no debe pasar los 60°C (24).

7.4.3. Siembra del inóculo.

Se obtiene el inóculo haciendo crecer el micelio del champiñón sobre granos esterilizados adicionados de tiza (carbonato de calcio) para mantener el pH. Estos granos invadidos por el hongo se mezclan con el compost (22).

7.4.4. Producción

Durante el primer período o de crecimiento del inóculo la temperatura de los locales está entre 21 y 28°C. Cuando el micelio coloniza todo el sustrato, unos 10-12 días después de la siembra, éste se cubre con una capa delgada de turba sin esterilizar mezclada con tiza (pH 7 - 8) para evitar la desecación (22) y la temperatura ambiente se reduce a 18°C. Cuando aparecen los primeros botones de *A. bisporus* se baja a 15°C. *A. bitorquis* crece a mayor temperatura (23). La humedad del ambiente se mantiene por encima del 70% (24). Las bacterias de la turba liberan iones ferrosos esenciales para el desarrollo de los basidiomas (22).

Durante el período de crecimiento del micelio se requiere cambiar el aire una o dos veces al día, pero después de colocar la cobertura se aumenta la ventilación haciendo 2 a 3 renovaciones del aire por hora, pues una concentración de 1% de CO₂ provoca la deformación de los champiñones (24). El aire pasa sobre los cajones a 100 - 250 mm³/min. El micelio que está creciendo produce metabolitos volátiles tales como etanol, aldehído acético, acetato de etilo y dióxido de carbono (22). Para mantener la humedad se riega con frecuencia mediante un rociador de niebla sin empapar la cobertura.

Los primeros basidiomas se recogen a los 15-25 días después de colocar la cobertura. La producción depende de numerosos factores y oscila de 5 a 8 kg por m² y la conversión biológica es del orden de 50 kg de champiñones frescos por 100 kg de paja seca (6). El período de cosecha es de unas seis semanas, al final del cual se vacían las bandejas y el compost usado se aleja del local de producción para usarlo como abono (24).

En este proceso complicado hay tres hechos principales: la provisión del sustrato conveniente, la producción de un inóculo adecuado para incorporarlo al compost y la inducción de la formación de los basidiomas por la cobertura y la temperatura.

El compost debe contener fuentes de carbono y nitrógeno adecuadas así como de minerales, vitaminas y acetato. La fuente carbonada es provista por la paja en forma de celulosa, hemicelulosa y lignina. El compostado remueve a los carbohidratos simples que podrían ser usados por mohos competidores, permitiendo el desarrollo de hongos celulolíticos como los agáriscos. También *A. bisporus* necesita acetato para formar algunas macromoléculas esenciales (22). Éste es formado por la actividad microbiana que además origina grasas y aceites que constituyen un reservorio de acetato.

A. bisporus requiere proteínas como fuente de nitrógeno (22). Los compuestos simples, como la urea, presentes en la mezcla inicial son convertidos a proteína microbiana. Los compuestos minerales de potasio, fósforo, magnesio, calcio, hierro y microelementos se encuentran en la paja, el estiércol y los aditivos o bien son añadidos. Además requiere algunas vitaminas, como biotina y tiamina, que son formadas por otros organismos durante el compostado.

El micelio del hongo produce metabolitos volátiles que estimulan el crecimiento de bacterias en la capa de recubrimiento (*Arthrobacter*, *Bacillus*, *Rhizobium*), particularmente especies de *Pseudomonas* como *P. putida* que parece ser esencial para la producción de champiñones. Además, la capa de recubrimiento realiza otras funciones como la de proporcionar un medio pobre en nutrientes donde se desarrollan los cordones miceliales (4).

7.5. Cultivo de hongos lignívoros

Volvariella volvacea es un hongo cultivado en China sobre paja de arroz y en el sudeste asiático sobre otros materiales como hojas de banana, bagazo de caña de azúcar y residuos de algodón (22). *Pleurotus* se cultiva con una eficiencia de 63 kg de basidiomas

frescos por 100 kg de substrato seco (6) tanto sobre troncos cortados o tocones, como sobre paja (8).

7.5.1. Preparación del substrato

Se puede aprovechar la paja de cereales, especialmente trigo o centeno, marlos de maíz, aserrín de maderas blandas (8), también hojas de bananero, bagazo de caña de azúcar o de algodón (22). Se pican o muelen y se mezclan con 3-5% de yeso o 1-2% de carbonato de calcio. Los residuos se mojan hasta que al tomar un manojo no gotee (70-80% de agua) y luego se agrega el yeso o el carbonato. El pH conveniente oscila entre 6 y 6,5. El tratamiento térmico consiste en una pasterización análoga a la empleada para el compost del champiñón (8).

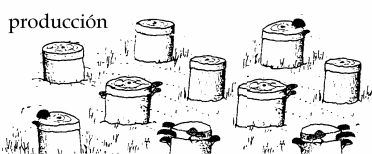
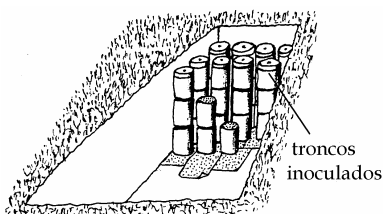


Figura 7-25. Cultivo de hongos lignívoros (8).

7.5.2. Inoculación y producción de las setas

Cuando el substrato se ha enfriado hasta a unos 25-30°C y tiene un 70% de humedad se mezcla con 14% del micelio comercial sobre granos de cereales, y se llenan bolsas plásticas negras, o no, que se colocan sobre alambres separadas unas de otras. La siembra debe hacerse de la forma más limpia posible. La humedad relativa dentro del local deberá ser del 90%.

Una vez que el micelio ha cubierto al substrato, se perforan las bolsas con agujeros de unos 2 cm de diámetro o bien se las quita, para permitir el desarrollo de los basidiomas a la luz. La concentración de CO₂ debe ser menor que 600 ppm y el día anterior a la cosecha la humedad ambiente debe ser reducida al 70% (6).

7.5.3. Cultivo sobre troncos

Los troncos más adecuados son los de madera blanda, por ejemplo álamo y sauce. Se cortan al final del otoño o en invierno y se guardan en un sitio fresco. En primavera se coloca los troncos en una zanja intercalando una capa de micelio preparado sobre granos u otro substrato, tal como se muestra en la figura 25. Después se tapa la zanja con tabla o chapa y se cubre con tierra. Si la temperatura dentro de la zanja llega a los 25°C y la humedad es alta, los troncos serán invadidos por el micelio. Para asegurar la humedad se suele drenar agua en la zanja. Luego de unos tres meses se sacan los troncos cubiertos de una costra blanquecina, se entierran en parte protegidos del viento y a la sombra. Se riegan lo suficiente con una fina lluvia. En otoño empiezan a salir las setas, hecho que se repite durante dos o tres temporadas (6).

Referencias

1. Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 9° ed. CAB International, Wallingford, 2001.
2. Carlile MJ, Watkinson SC, Gooday GW. The Fungi. 2nd ed. Academic Press, San Diego, 2001.
3. Deacon JW. Introducción a la Micología Moderna. Limusa - Noriega Editores, México, 1993.
4. Webster J. Introduction to Fungi. 2° ed. University Press, Cambridge, 1980.
5. Kaufmann B, Bremse N, eds. The Great Encyclopedia of Mushrooms. Koenemann, Cologne, 1999.
6. Andrade RL. Taller de Producción de Hongos Comestibles. La Habana, 1996.
7. Pacioni G. Guía de Hongos. Barcelona, Grijalbo, 1988.
8. García Rollán M. Cultivo de Setas y Trufas. 3a ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1998.
9. Calonge F de D. Setas. Guía Ilustrada, Mundi-Prensa, Madrid, 1990.
10. Simons D.M. Poisonous Mushrooms. En: Food and Beverage Mycology. 2° ed. Beuchat L.R., editor. Van Nostrand Reinhold, New York, 1987, pp. 391 - 433.

11. Raitelhuber J. Flora Mycologica Argentina. vol. I - III. Edición del autor, Stuttgart, 1987.
12. Gamundi JJ, Horak E. Hongos de los bosques andino-patagónicos. Vazquez Mazzini, Buenos Aires, 1993.
13. Bresinsky A. Sinopsis del reino vegetal: hongos. En: Tratado de Botánica. 7° ed. Strasburger E. et al. Marín, Barcelona, 1986, pp. 635 - 689.
14. Heinemann P. Clave para la determinación de las especies de Agaricus de la Patagonia y Tierra del Fuego. Darwiniana 28: 283 - 291, 1987.
15. Singer R, Digilio APL. Pródromo de la Flora Agaricina Argentina. Lilloa 25: 5 - 461, 1951.
16. Arora D. Mushrooms Demystified. Ten Speed Press, Berkeley, 1987.
17. Singer R, Digilio APL. Las boletáceas austro-sudamericanas. Lilloa 28: 247-268, 1957.
18. Minter DW, Cannon PF, Hawksworth DL. The Ascomycetes. A Course Book. CAB International, Mycological Institute, Kew, 1989.
19. Guzmán G. Identificación de los Hongos Comestibles, Venenosos y Alucinantes. Limusa, México, 1979.
20. Harley JL, Smith SE. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London, 1983.
21. Frioni L. Ecología Microbiana del Suelo. Universidad de la República, Montevideo, 1990.
22. Hudson HJ. Fungal Biology. Edward Arnold, London, 1986.
23. Pacioni G. Cultivo del Champiñón. De Vecchi, Barcelona, 1995.
24. Toovey FW. Cultivo de Champiñón. Acribia, Zaragoza, 1976.