

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO FORESTAL



HONGOS ECTOMICORRIZICOS

POR:

RIGOBERTO ORTIZ PÉREZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Abril, 2012

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO FORESTAL

HONGOS ECTOMICORRIZICOS

POR:


RIGOBERTO ORTIZ PEREZ

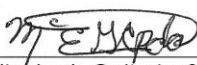
MONOGRAFIA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada


Ing. Sergio Braham Sabag
Asesor Principal


M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor


M.C. Melchor García Valdez
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Abril, 2012

DEDICATORIA

CON AMOR A MIS PADRES

Juvenal Ortiz Morales y Estela Pérez Bravo

Por darme la vida, porque sin ellos no sería nada, me han dado fortaleza y la inspiración para seguir adelante, por apoyarme en la formación de mi carrera.

A MIS HERMANOS

José, Edy, Vicky, Elia y Leonarda.

Por apoyarme en los momentos difíciles y los consejos que me dieron, para fortalecer mis debilidades, en especial a José y Edy, por apoyarme económicamente para poder terminar mis estudios, que por ellos soy lo que he logrado.

A MIS DOS AMORES

A ti Mayra, por darme tu amor, cariño y consejos para continuar con mis estudios, ya que estuviste en los momentos felices y difíciles. A la niña hermosa, preciosa que la quiero y seguiré queriendo, Leslie Dánae.

A TIOS, PRIMOS Y CUÑADOS

Por darme consejos para culminar mis estudios

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por darme la oportunidad de existir y ser parte del mundo, ya que sin él no estuviera en donde hoy estoy, por guiarme en el buen camino que la culminación de la carrera profesional.

A mi Universidad “**Alma Terra Mater**” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por su generosidad que me sentí en casa y por despertar en mí la conciencia y respeto. Por la formación como profesionista logrando el éxito. “INGENIERO FORESTAL”

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por su disponibilidad de tiempo en la asesoría y la aportación de conocimientos sobre el presente trabajo.

A la M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda, por su enseñanza en laboratorio y por la disponibilidad en la revisión y asesoría del trabajo y por formar parte de mis asesores.

Al M.C. Melchor García Valdez, por su disponibilidad de tiempo en la revisión, aclarar dudas sobre el presente trabajo y tiempo empleado en la corrección.

A la Dra. Gabriela Ramírez Fuentes, por ayudarme en la revisión bibliográfica y aclaración de dudas respecto al tema.

A mis compañeros: Horacio García Ayala, Ángel Alfredo Colazo Ayala, Marco Antonio Morales Silva, Josué Agustín López Samaguey, Bernardo García Castillo, Zilmar Adrián Zamora, José Antonio Alfaro Díaz, Francisco Javier López López y Ely Pérez Pérez. Por brindarme su amistad y los momentos felices que pasamos juntos en la formación de la carrera.

En general a todos los profesores del Departamento Forestal por enseñarme las bases necesarias en la formación de la carrera.

Ing. Daniel C.T. por su aportación al material bibliográfico.

Ing. Rubén C.T. por sus consejos para seguir con mis estudios.

A la Sra. Anita y su familia, por los consejos y apoyos que me brindaron en los últimos días de estudios.

Al Ing. Marín Rabanales Roblero, por ofrecerme su amistad, por los consejos y por el apoyo que he recibido. En general a todo el equipo que conforma la ARS sierra motozintla A.C.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCION.....	1
II. DESCRIPCIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS.....	3
2.1 Definición de Hongos.....	3
2.1.1 Características generales de los hongos.....	3
2.2 Origen de las Micorrizas.....	4
2.3 Descripción de las Micorrizas.....	5
2.3.1 Importancia de las micorrizas.....	6
2.4 Tipos de Micorrizas.....	8
2.5 Clasificación de las Micorrizas.....	8
2.5.1 Ectomicorrizas.....	9
2.5.2 Endomicorrizas.....	11
2.5.3 Ecto-endomicorrizas.....	14
III.TAXONOMIA DE LOS HONGOS ECTOMICORRIZICOS (ECM).	16
3.1 <i>Phyllum Zygomycota</i> : zigomycetes.....	16
3.2 <i>Phyllum Ascomycota</i> : ascomycetes.....	18
3.3 <i>Phyllum Basidiomycota</i> : <i>basiodiomycetes</i>	21
IV. BENEFICIOS DE LA MICORRIZACIÓN.....	25
4.1 Transferencia de Nutrientes.....	27
4.2 Captación de Nutrimientos.....	27
4.3 Tolerancia al Estrés Hídrico.....	28
4.4 Restauración en los Trópicos.....	28
4.6 La Biotecnología como Alternativa en la conservación.....	30
4.7 Pobreza Biológica y Micorrizas.....	30
V. METODOS DE MICORRIZACION.....	31
5.1 Criterios de selección de Hongos Micorrízicos.....	31
5.2 Mecanismo de Colonización.....	31
5.3 Producción de Inóculo.....	32
5.4 Métodos de Inoculación.....	33
5.5 Factores que Afectan la Asociación.....	42

5.5.1 La influencia del pH.....	43
5.6 Factores que Afectan al Desarrollo de la Micorrización en Vivero	44
VI. TRABAJOS SOBRE ECTOMICORRIZACIÓN	46
VII. ANALISIS DE INFORMACION CONSULTADA.....	51
VIII. LITERATURA CITADA	54
IX. ANEXO	60
9.1 Glosario de Términos Micológicos	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los HMA de acuerdo con Morton& Benny (1990) y Morton&Redecker (2001).....	14
Cuadro 2. Ventajas de las micorrizas (Vacacla, S.F.).	15
Cuadro 3. Beneficios de las micorrizas (Vacacla, S.F.).	15
Cuadro 4. Lista de hongos que forman ectomicorrizas con especies de <i>Pinus</i> (Harley, 1983).....	26
Cuadro 5. Porcentajes de planta micorrizada y raíces cortas micorrizadas de <i>Pinus halepensis</i> con las dos cepas ensayadas en relación al tipo de sustrato (Carrillo, 2000).....	37
Cuadro 6. En los bosques de <i>Abies guatemalensis</i> y de <i>Pinus rudis</i> , se encontraron los siguientes ejemplares de hongos micorrizicos (Del Carmen <i>et. al.</i> , 1997).....	47
Cuadro 7. Parámetros morfométricos de <i>P. halepensis</i> micorrizadas y no micorrizadas (técnica de cultivo A) valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p < 0.05$) (Díaz <i>et. al.</i> , 2004).....	49
Cuadro 8. Parámetros morfométricos de <i>P. halepensis</i> micorrizadas y no micorrizadas (técnica de cultivo B) valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p < 0.05$) (Díaz <i>et. al.</i> , 2004).....	49
Cuadro 9. Autores de los temas revisados en la monografía y sus totales.....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de cinco de las principales tipos de micorrizas: A). Ectomicorriza; B). Micorrizas Vesículo arbuscular (Endomicorriza); C). Endomicorrizas de ovillo de las orquídeas (Orquideoide); D). Endomicorrizas de los heliantemos y breznos (Ericales). E). Ectendomicorrizas; (Brundrett <i>et al.</i> , 1996).....	9
Figura 2. Colonización de micorrizas (Vacaela, S.F.).....	10
Figura 3. Endomicorrizas; micorrizas vesícula arbusculares (Vacaela, S.F.).....	13
Figura 4. a) La reproducción asexual ocurre por la formación de esporangióforos cuyos esporangios producen esporangiosporas del mismo tipo de compatibilidad sexual que le dio origen. Cuando los esporangios maduran, sus delgadas paredes se desintegran, desprendiendo las esporas que son transportadas por el viento (Alexopoulos, 1995).....	18
Figura 5. Ciclo vital de los ascomicetos se caracteriza por la producción de esporas sexuales llamadas ascosporas (Alexopoulos, 1995).....	20
Figura 6. a) La colmenilla común <i>Morchella esculenta</i> . Estos ascomicetos, junto con las trufas, se encuentran entre los hongos comestibles más apreciados. b) La peziza escarlata, <i>Sarcocyphacoccinea</i> , es un habitante frecuente de los bosques de maderas duras de EEUU. (Alexopoulos, 1995).....	20
Figura 7. Ciclo de vida de un hongo basidiomicete (a) micrografía electrónica de un basidio. Cada basidio produce cuatro basidiosporas. (b) hifas entrelazadas del micelio vegetativo forman el basidiocarpo que llamamos hongo. Las laminillas contienen numerosos basidios (Salomón <i>et al.</i> , 2000).....	23
Figura 8. (Alexopoulos, 1995). Las basidiósporas (superior izquierda) germinan y producen micelios monocarióticos primarios (n). Los micelios dicarióticos secundarios (n + n) se forman por la fusión de las hifas monocarióticas compatibles. Los micelios secundarios crecen, se diferencian y forman las estructuras reproductivas (basidios).....	23
Figura 9. <i>Lactarius deliciosus</i> es comestible pero la mayoría de las especies de este género micorrizante son tóxicas o tienen un sabor desagradable (Carrillo, 2003).....	24
Figura 10. Especies de hongos que se registraron, en la Sierra Fría Aguascalientes (Pardavé <i>et al.</i> , 2007).....	50

RESUMEN

El objetivo de la presente monografía es recopilar información referente a los **Hongos ectomicorrízicos**, esta investigación nos permite conocer sobre los temas de micorrizas que se han escrito, conocer sobre este tipo de organismos y analizar los trabajos afines, con el propósito de adquirir conocimiento sobre los hongos micorrízicos, así como los estudios que se pueden realizar en la universidad.

Los temas principales que se analizan en esta monografía son: la descripción de hongos micorrízicos, taxonomía, beneficios y métodos de micorrización, además de los trabajos sobre ectomicorrización.

En el presente trabajo se encontró un total de 55 bibliografías referentes sobre los temas de hongos *ectomicorrízicos* (ECM). Hay temas que son muy escasos en cuestión de las citas bibliográficas, cabe mencionar que existen estudios sobre este tema, pero se describen de manera general, por lo que se analizaron temas afines a la monografía; como por ejemplo la taxonomía de los hongos *ectomicorrízicos*, de las que se encontraron siete citas bibliográficas (12.72%), seguido por el tema de trabajos sobre Ectomicorrización, con ocho autores (14.54%) y Beneficios de la Micorrización con nueve citas (16.36%). en relación a los dos últimos temas se encontró con más información, Métodos de Micorrización con 17 autores (30.90%), al igual que el tema de descripción de hongos micorrízicos con 23 autores (41.81%). Se recomienda se realicen estudios sobre las micorrización en especies forestales, ya que puede ser una de las probables soluciones, en combinación de otras acciones, para tratar de conservar especies que están en peligro de extinción, la cual se pueden realizar en el vivero/invernadero forestal del Departamento Forestal, UAAAN.

Palabras claves: Monografía, Hongos ectomicorrízicos (ECM), Taxonomía, beneficios y métodos de micorrización.

ABSTRACT

The objective of the present monograph, is collect information concerning the ectomycorrhizal fungi, this research allows us to learn about the themes of Mycorrhizae which they have been written, learn about this type of agencies and analyze related work, with the purpose of acquiring knowledge of micorrizicos fungi, as well as studies that can be performed in the University.

The main themes discussed in this monograph are: The fungi micorrizicos description, taxonomy, benefits and mycorrhization methods, addition to work on ectomycorrhization.

This work found a total of 55 references bibliographies on topics of fungi (ECM) ectomycorrhizal. There are issues that are very scarce in the citations issue, it is worth mentioning that there are studies on this topic, but are described in general, which is why discussed topics related to the monograph; as for example the taxonomy of fungi ectomycorrhizal, of which seven citations were found (12.72%), followed by the theme of works on ectomycorrhization, with eight authors (14.54%) and benefits of the mycorrhization with nine authors (16.36%). in relation to the last two items are found with more information, methods of mycorrhization with 17 authors (30.90%), as well as the subject of description of fungi micorrizicos with 23 authors (41.81%). It is recommended to be performed studies on the mycorrhization in forest species; it can be one of the likely solutions, in combination of other actions, to try to preserve species that are in danger of extinction, which can be performed in the nursery/greenhouse forestry of the UAAAN, Forestry Department.

Keywords: monograph, ectomycorrhizal fungi (ECM), taxonomy, benefits and methods of mycorrhization.

I. INTRODUCCION

Definida de manera sencilla, la biodiversidad es la suma total de la vida en el planeta tierra; es la plétora de especies, comunidades, ecosistemas y procesos ecológicos que hacen de nuestro mundo vivo la que es: el único lugar del universo donde estamos seguros que existe vida. Es nuestra base de recursos vivientes, nuestro capital biológico. Esta diversidad no solo es un recuento de la variación biológica, sino que también incluye una apreciación cualitativa de las diferencias morfológicas, de coloración, de diseños y de conductas, tanto dentro de una especie como entre especies. El comprender que el grado de biodiversidad varía en todas las partes del mundo ha llevado a reconocer a algunas naciones como países megadiversos. Por su abundancia de especies, México ocupa el cuarto lugar (Mittermeier *et. al.*, 1999; Challenger, 1998).

El ecosistema forestal es extraordinariamente complejo al reunir una gran diversidad biológica de flora, fauna y microbiota tanto aérea como subterránea que interactúan entre sí como elementos bióticos y con el entorno abiótico del medio circundante, lo que genera una interdependencia para el mantenimiento de la vida planetaria (Perea *et. al.*, 2009).

En la actualidad las micorrizas están siendo utilizadas en bioremediación y reforestación de suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos, en estabilización de relaves mineros y sedimentos de residuos industriales sólidos, en la generación de cubiertas vegetales de espacios ambientalmente desfavorables como por ejemplo; estrés hídrico y salino, pH extremos, exceso de viento, altas pendientes y en la recuperación del estrato herbáceo afectado por faenas mineras o industriales (Trujillo, 2000). Las plantas no viven solas, como se creyó hasta hace poco tiempo, razón por la cual se les suministraba, para ayudarlas, minerales fácilmente asimilables, los abonos orgánicos. Hoy en día sabemos que casi todas las plantas perennes crecen y se desarrollan en relación estrecha con otros seres vivientes, no descubiertos anteriormente por ser microscópicos (Kugler, 1986).

Como los hongos MA (micorriza arbuscular) son simbioses obligados, el inóculo tiene que producirse multiplicando el hongo aislado en raíces de plantas hospedantes susceptibles. Una de las relaciones más importantes entre plantas y microorganismos es la micorriza, es utilizado para describir diversos tipos de simbiosis que se establecen entre las raíces de las plantas. Las asociaciones simbióticas y en particular, las micorrizas, han despertado un gran interés entre los investigadores de temas vegetales desde hace más de un siglo. Es importante la inoculación en vivero con hongos ectomicorrízicos seleccionados para mejorar el establecimiento de plantas en campo, en sitios rutinarios o adversos (Marx *et. al.*, 1994).

La utilización de planta micorrizada no sólo ha facilitado la revegetación en condiciones particulares, como pueden ser la recuperación de suelos degradados o escombreras de minas y la introducción de especies exóticas en distintas partes del mundo, sino que también ha mejorado la repoblación en suelos forestales (Castellano, 1996, citado por Pera *et al.*, 1998). Las asociaciones micorrizas ocurren en la mayoría de las comunidades vegetales del mundo, desde la zona fría ártica hasta los bosques templados y tropicales, así como, en las condiciones semiáridas y áridas y han coevolucionado como una estrategia para eficientizar el transporte de nutrientes del suelo hacia la planta (Trappe, 1997).

La recopilación bibliográfica para la elaboración de la presente monografía se realizó lo más completamente posible para adquirir conocimiento sobre los hongos *ectomicorrízicos* y que esta información sea útil a personas que realicen trabajos de investigación, con el propósito de tener conocimiento sobre los diferentes tipos de hongos micorrízicos que existen.

El objetivo del presente trabajo es:

- Recopilar información bibliográfica sobre los hongos ectomicorrízicos (ECM) y conocer sobre el método de inoculación de plantas.

II. DESCRIPCIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS

2.1 Definición de Hongos

Los hongos son seres microscópicos o macroscópicos que viven sobre diversos materiales orgánicos, a los cuales descomponen para así alimentarse. Estos organismos, generalmente están formados por masas blancas y algodonosas, de las cuales brotan pequeños o grandes botones, que son las estructuras que producirán infinidad de simientes (esporas), o a través de los cuales se reproducirán. Las estructuras macroscópicas de reproducción de los hongos, constituyen lo que comúnmente se conoce como hongo. Los hongos microscópicos o los llamados mohos que crecen sobre los alimentos, por ejemplo, las masas algodonosas blanquecinas, verdes o anaranjadas que crecen sobre el pan, las naranjas o las tortillas, son hongos microscópicos que nunca forman un cuerpo fructífero macroscópico, como aquellos que vemos en el bosque (Gastón, 1985).

2.1.1 Características generales de los hongos

El soma vegetativo en los hongos es un conjunto de filamentos microscópicos que crecen y se ramifican en todas direcciones, extendiéndose sobre o dentro del sustrato utilizado como alimento. Cada uno de estos filamentos se conoce con el nombre de "Hifa" (Telaraña), y el conjunto se le denomina micelio. Una Hifa se compone de una pared tubular fina, transparente, completamente llena o sola, recubierta por protoplasma. Dependiendo de la especie, este último puede ser continuo o estar interrumpido a intervalos regulares por cepas o tabiques que dividen la hifa en células (Romero, 1993).

Los hongos se reproducen por medio de esporas, en ciertas plantas superiores, lo cual les permite sobre vivir en condiciones desfavorables; sin embargo, los hongos producen esporas en cantidades verdaderamente fabulosas con el único fin de incrementar su población (Romero, 1993).

2.2 Origen de las Micorrizas

El término micorriza, que literalmente significa “hongo-raíz”, fue propuesto por Frank (1885), para definir asociaciones simbióticas (“vivir conjuntamente dos o más organismos”), mutualistas, no patógenas, entre raíces de plantas y micelios de hongos, en las que ambos resultan beneficiados (Honrubia, 2009; Andrade *et. al.*, 2009). Además el principal beneficio para ambos simbioses micorrízicos es el intercambio de nutrientes (Read y Pérez-Moreno, 2003). También segregan elementos que impiden el desarrollo de otros organismos patógenos (Kugler, 1986).

Literalmente la palabra **micorriza** significa “hongos de las raíces” y define la íntima asociación entre el sistema radical de las plantas y un hongo especializado del suelo, el hongo micorrízico. Casi todas las principales plantas terrestres del planeta forman algún tipo de micorriza y salvo pocas excepciones, todas las especies forestales las forman (Castellano, 1989).

Se define el concepto de micorriza en un sentido amplio, como una simbiosis no necesariamente mutualística, para incluir las relaciones tróficas de hongos micorrízicos con plantas “inferiores” y plantas aclorofílicas (Honrubia, 2009).

Frank, estableció que dicha asociación era mutualista dados los beneficios que reporta la misma para ambos participantes, y comprende la penetración radical por parte del hongo y la carencia de respuesta perjudicial hacia éste por parte de la planta hospedera que lo impida (Vacacela, S.F).

La necesidad de micorrizar surge, bien por la aparición de situaciones especialmente donde la supervivencia de la planta a corto o mediano plazo está severamente comprometida, o bien por aprovechar la capacidad de esta simbiosis de producir materia vegetal vascular o fúngico de posible aprovechamiento económico (Peñuelas, 2000).

El 95% de las especies vegetales del mundo utilizan la simbiosis micorrízica como estrategia de desarrollo desde hace 400 millones de años. Muchas de estas especies,

en el medio natural, parece que no pueden vivir solas sin estar asociadas a hongos, considerándose que la práctica totalidad de las especies más importantes son de simbiosis obligatoria (Peñuelas, 2000).

Estas especies colonizan las raíces de dos terceras partes de las especies de plantas del planeta. Los géneros más comunes son: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* y *Scutellospora* (Camargo, 1999).

2.3 Descripción de las Micorrizas

Las micorrizas provienen de un grupo de hongos del suelo que infectan las raíces de la mayoría de las plantas. El hongo no es ningún parásito ni plaga, sino que provee a la planta de nutrientes como el fósforo, cobre y zinc, además de incrementar la disponibilidad de agua. La planta alimenta al hongo con carbono orgánico en forma de azúcares. Esta relación simbiótica no afecta a las plantas, ya que éstas producen un exceso de carbono (Cruz, 1999).

Los hongos micorrízicos se encuentran en la mayor parte de los entornos, aunque su importancia es mayor en hábitat extremo, donde los nutrientes o el agua pueden estar limitados. Se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales (Cruz, 1999).

En esta relación, las células del hongo forman una red de la raíz, lo que facilita a la planta la captación de nutrimentos del suelo, nitrógeno, cobre, zinc y azufre, a su vez la planta le proporciona al hongo los productos de la fotosíntesis y un medio que lo protege de la comunidades de microorganismos del suelo como bacterias, hongos y actinomicetos que rodean como fósforo a la raíz, las micorrizas que se forman en latifoliadas son llamadas endomicorrizas, y las que se asocian con coníferas se denominan ectomicorrizas (Cruz, 1999).

2.3.1 Importancia de las micorrizas

Se sabe que las micorrizas juegan un papel muy importante en el desarrollo de las plantas y en el ciclado de nutrientes en el ecosistema. Se encuentran prácticamente en todos los suelos y climas de la tierra y sólo en unas pocas familias botánicas hay especies que no forman micorrizas (Molina *et. al.*, 2005).

En los suelos naturales todas las especies forestales forman asociaciones simbióticas y mutuamente benéficas entre sus raíces y hongos especializados. Esta formación raíz-hongo es llamada micorriza. Las micorrizas proporcionan muchos beneficios a las plántulas y a los árboles adultos, especialmente en la obtención del agua y los nutrientes. Ciertamente las plantas dependen de las micorrizas para crecer y sobrevivir, lo que es evidenciado por la baja supervivencia de plantas no micorrizadas cuando son plantadas en suelos con carencia de hongos micorrízicos (Trappe, 1977).

La disminución de la producción agrícola está causada por la degradación del suelo. Esta situación es debida al empleo, de forma abusiva de fertilizantes químicos y pesticidas, lo que implica un incremento en los costos de producción y una disminución de la microflora del suelo, en la que van incluidos hongos formadores de micorrizas arbusculares. La utilización de abonos orgánicos impedirá la degradación del suelo, pero debido al costo y poca disponibilidad de estos abonos se intenta utilizar residuos orgánicos provenientes de desechos urbanos y vegetales (Martín *et. al.*, 2000).

Las asociaciones simbióticas y en particular, las micorrízicas, han despertado un gran interés entre los investigadores de temas vegetales desde hace más de un siglo. Así, los estudios en este campo fueron ya iniciados durante la primera mitad del siglo pasado en países como Inglaterra, Alemania o Italia. Hoy en día, la investigación sobre micorrizas que se realiza en el contexto internacional, se reparte entre disciplinas tan variadas como son la agronomía, biología celular, bioquímica, ecología, edafología, genética, horticultura, fisiología vegetal, micología, microbiología, patología vegetal y silvicultura, entre otras (García y Honrubia, 1998).

Los microbios que forman parte de estas interacciones pertenecen a dos grandes grupos: bacterias y hongos. El primero está implicado en la fijación de N₂ (*Rhizobium* y *Frankia*), y el segundo está principalmente relacionado con la toma de nutrientes del suelo, este último grupo se encuentran las micorrizas (Fernández *et. al.*, 2005).

Actualmente se conoce que cada tipo de vegetación tiene una diversidad de especies de hongos saprofitos, parásitos, patógenos y micorrízicos que la caracteriza. En el caso de los hongos micorrízicos tipo ectomicorrízico, las asociaciones planta-hongo ocurren con distintos grados de especificación. En el caso de una especificación amplia, algunos hongos ectomicorrízicos, pueden establecer simbiosis con una o varias especies de plantas de diversos grupos taxonómicos. Las plantas por su parte, pueden desarrollar ectomicorrizas con una o más especies de hongos de distintos grupos taxonómicos (Ocañas *et. al.*, 2002).

La materia orgánica del suelo parece jugar un papel importante en mantener la capacidad infectiva de la población micorrízica, suministrando un sustrato para el desarrollo de las hifas. Se ha observado que los hongos arbusculares contribuyen a una mejor utilización del fósforo (P) y otros nutrientes liberados a partir de la materia orgánica, abono verde y/o de composta. Por otro lado, se ha puesto de manifiesto que los hongos micorrízicos confieren resistencia a la planta frente a la aplicación de sustancias fitotóxicas tales como pesticidas y residuos petrolíferos (Martín *et. al.*, 2000).

Por otra parte hay en bosques de coníferas y encinos, infinidad de hongos que viven asociados con las raíces de los árboles, ayudando esta asociación tanto del hongo como al árbol, en una mayor y mejor crecimiento de ambos. Esta asociación, la cual se llama micorriza, se encuentra ampliamente difundida en México en los bosques mencionados y su importancia forestal es indiscutible (Gastón, 1985).

2.4 Tipos de Micorrizas

Las plantas terrestres en su mayoría presentan micorrizas, y lo más probable es que las restantes desciendan de plantas micorrizadas que han perdido secundariamente esta característica. En el caso de los hongos, la mayor parte de las 5000 especies identificadas en las micorrizas pertenece a la división Basidiomycota, mientras que en casos más excepcionales se observan integrantes de Ascomycota. La tercera división que se ha observado formando micorrizas es Glomeromycota, un grupo que, de hecho, sólo se conoce en asociación micorrizógena y cuyos integrantes mueren cuando se les priva de la presencia de raíces (Vacacela, S.F).

Los hongos micorrizógenos es uno de los microorganismos beneficiosos más estudiados y empleados en la actualidad. Son tantas las especies, cepas existentes, y tan diversas sus formas de actuar en la planta y en el suelo, que se puede asegurar que están presentes en casi todas las especies vegetales y los suelos agrícolas existentes en el mundo; estos microorganismos, que por naturaleza son microorganismos del suelo, el hombre ha logrado aislarlos y reproducirlos de manera vertiginosa, convirtiéndolos en un gran aliado del productor y de personas que lo emplean para diferentes fines y propósitos naturales y ecológicos (Vacacela, S.F).

2.5 Clasificación de las Micorrizas

Las micorrizas se han venido clasificando en base a su estructura, morfología y modo de infección en 3 tipos principales: las ectomicorrizas, endomicorrizas y la ectoendomicorriza. Las endomicorrizas se dividen en varios subtipos: arbutoides, monotropoides, ericoides, orquidáceas y las arbusculares. En cuanto a las estructuras formadas, al tipo de colonización y a la cantidad de especies vegetales y fúngicas implicadas. Uno de los más importantes tipos de micorrizas, desde el punto de vista ecológico y biogeográfico, es la ectomicorrizica (Moreno y Read, 2004).

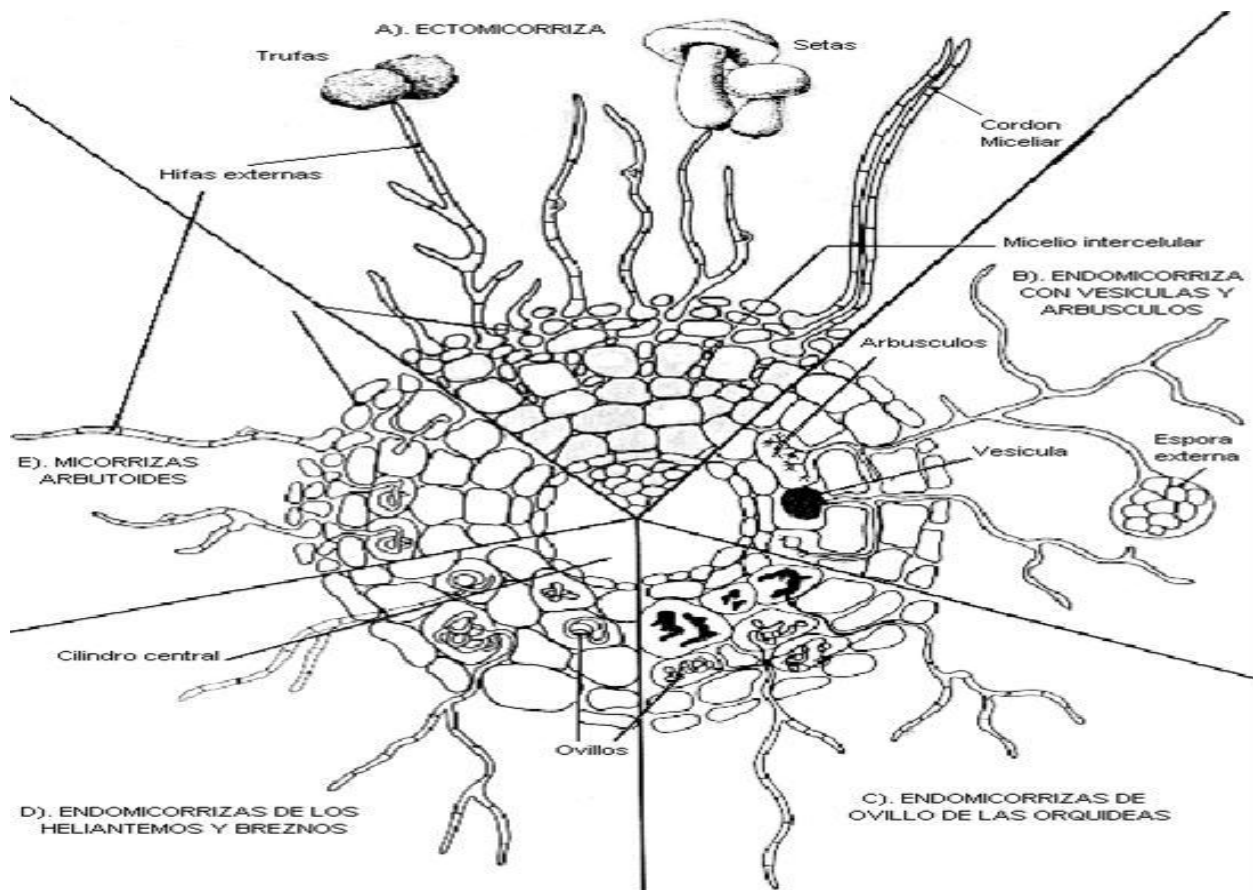


Figura 1. Representación gráfica de cinco de las principales tipos de micorrizas: A). Ectomicorriza; las hifas no penetran en las células radicales, forman manto alrededor de la raíz. B). Micorrizas Vesículo arbuscular (Endomicorriza) las hifas penetran en las células de la raíz, en su interior forman arbusculos y vesículas. C). Endomicorrizas de ovillo de las orquídeas (Orquideoide); forman ovillos en el interior de las células. D). Endomicorrizas de los heliantemos y breznos (Ericales). E). Ectendomicorrizas; forman un manto y las hifas penetran en las células en forma de ovillos (Brundrett *et al.*, 1996).

2.5.1 Ectomicorrizas

Las ectomicorrizas son una asociación mutualista entre hongos superiores y plantas gimnospermas y angiospermas, está rodeada por un manto bien desarrollado y compacto de material fúngico. Alrededor del 3% de todas las plantas, principalmente forestales, forman este tipo de micorriza. La mayoría de estas especies producen hongos con sombrero (carnosos), en forma de pelotas y las llamadas trufas (hongos hipogeos) como estructuras reproductivas, estos hongos producen esporas en sus cuerpos fructíferos, el color puede ser negro, rojo, amarillo, café, blanco o una mezcla de estos (Plascencia, 1995).

La simbiosis ectomicorrízica juega un papel fundamental en la biología y ecología de los árboles al incrementar la toma de agua y nutrimentos, así como el proteger a los mismos contra patógenos radicales. Estas funciones se entenderán mejor si se toma en cuenta que la proporción longitudinal entre raíz y el micelio absorbente de la Ectomicorríza en la etapa de plántula de los pinos es 1:10⁵ (Rodríguez *et al.*, 2004).

Las ectomicorrizas se caracterizan por la presencia de tres estructuras básicas: una capa o manto de tejido fúngico que envuelve a las raíces, donde los hongos que la conforman pueden ser *zigomicetes*, *ascomicetes*, *basidiomicetes* y *deuteriomycetes* u hongos anamórficos; un crecimiento intercelular de las hifas a manera de red entre las células epidérmicas y corticales de la planta, a la cual se denomina red de Harting; y un sistema de elementos hifales externos a las raíces, esenciales en la conexión con el suelo y los esporomas que forman los hongos (Rodríguez *et al.*, 2004).

Se caracterizan porque desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces absorbentes de la planta, las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, si no que se ubican sobre y entre las separaciones de éstas. Se pueden observar a simple vista. Este tipo de micorrización predomina entre los árboles de zonas templadas, se producen principalmente sobre especies forestales y leñosas, siendo especialmente característico en hayas, robles, eucaliptus y pinos. Los hongos que la forman son tanto *Basidiomycota* como *Ascomycota* (Vacacela, S.F).

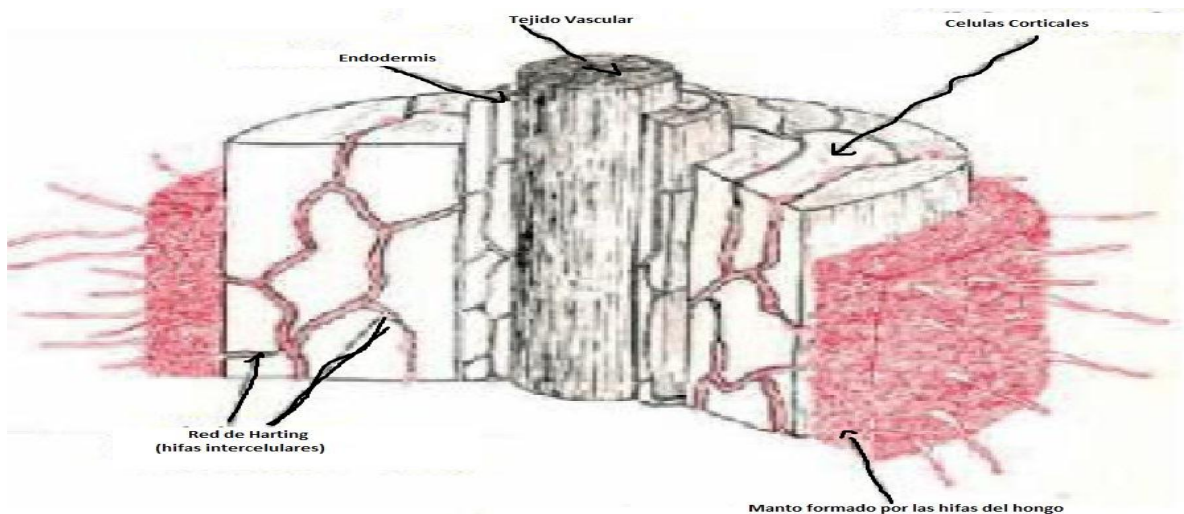


Figura 2. Colonización de micorrizas (Vacacela, S.F).

2.5.2 Endomicorrizas

Es aquella asociación en la cual las hifas se desarrollan tanto intra como extracelularmente en la corteza de la raíz, pero no forman un manto fúngico, este tipo de micorriza también se denomina micorriza vesículo-arbuscular. Los hongos vesículo-arbusculares tienen una amplia distribución; por arriba del 90% de las especies vegetales en el mundo forman este tipo de micorriza. Los hongos endomicorrízicos están presentes en todos los suelos del mundo en forma natural, excepto en aquellos donde el hombre ha provocado alta perturbación (Plascencia, 1995).

Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical o sea que no hay manto externo que pueda verse a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas, formando vesículas alimenticias y arbusculos. Por ello este grupo se las conoce también como micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) los cuales constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta. Los hongos que la forman pertenecen a la división *Glomeromycota* y se dan en todo tipo de plantas, aunque predominan en hierbas y gramíneas (Vacacela, S.F).

La micorriza vesículo arbuscular cambia poco la morfología de la raíz. La infección se origina por la propagación del micelio en la raíz, o por la germinación de clamidosporas o esporas de resistencia que forman apresorios (hifa vegetativa que se adhiere en la superficie del hospedante) sobre la superficie de la raíz y posteriormente penetra en ella. Las hifas no invaden la endodermis, los tejidos vasculares, ni meristemos (Carranza, 2006).

Vesículo-Arbuscular el hongo no causa modificaciones a la raíz. Dentro de la célula de la corteza radical se observan hifas, arbusculos, esporas y vesículas (en algunos géneros), mientras que en la rizósfera se encuentran hifas, esporas y células auxiliares (en algunos géneros). Permite la entrada de iones poco móviles al aumentar la superficie de absorción de la raíz, mejora las relaciones hídricas y la protege de elementos tóxicos y patógenos. Sólo se conocen 147 especies de hongos que forman este tipo de micorriza. Poseen poca especificidad, sin embargo, su efectividad

(aumento en biomasa y supervivencia) puede variar aún dentro de la misma especie vegetal (Carranza, 2006).

Las micorrizas arbusculares son el tipo de micorriza que forman la mayoría de las plantas de interés agrícola. En dicha asociación, el hongo forma arbuscúlos que son las estructuras donde se realiza el intercambio de carbono y fósforo entre el hongo y la planta. Algunos hongos micorrízicos forman vesículas en el micelio interno, las cuales son estructuras de reserva del hongo. Actualmente son bien conocidos los efectos beneficiosos de las micorriza arbuscular (MA), los cuales poco móviles en el suelo como el fósforo, cobre y zinc por parte de las plantas micorrizadas. Por otra parte, las plantas micorrizadas son capaces de hacer un mejor uso de los fertilizantes orgánicos, bien sea debido a la producción de fosfatasa por parte de los hongos mismos, o bien gracias a la asociación existente entre las hifas de las micorriza arbuscular (MA), y los microorganismos que participan en la mineralización de la materia orgánica (Cuenca *et al.*, 2007).

Uno de los nutrimentos que más se ha estudiado en relación con su absorción mediada por micorrizas arbusculares, es el fósforo, debido a que las plantas lo requieren en relativamente grandes cantidades, pero que también se encuentra en concentraciones muy bajas en la solución del suelo. La razón principal para este fenómeno, es que los iones de fosfato inorgánico se unen rápidamente a coloides del suelo y se fijan como sales de hierro o aluminio volviéndose relativamente inmóviles además de que una gran proporción del fósforo inorgánico total está normalmente en forma insoluble, no disponible fácilmente para las plantas (Aguilera *et al.*, 2007).

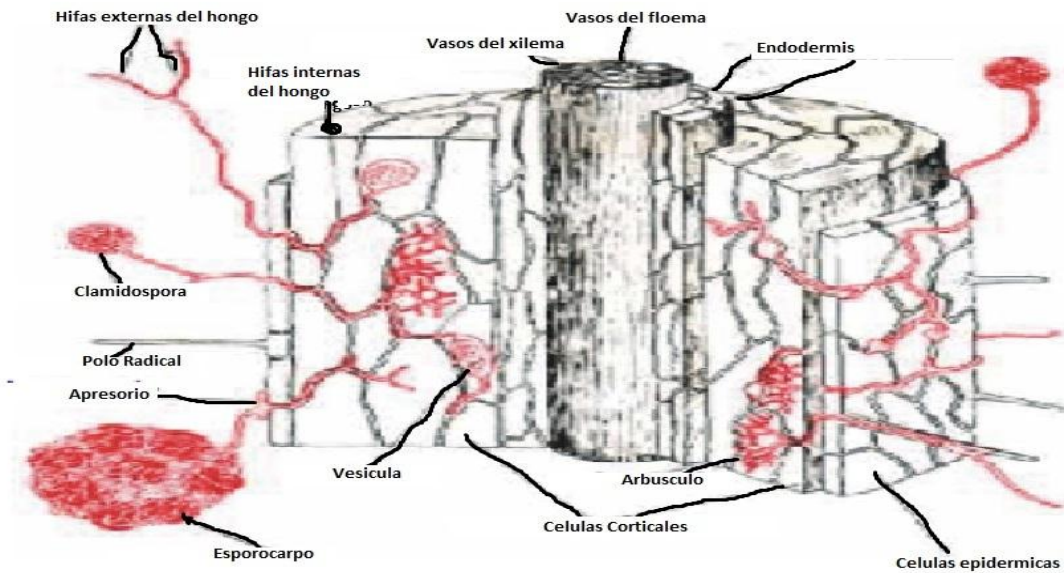


Figura 3. Endomicorrizas; micorrizas vesícula arbusculares (Vacacela, S.F).

- Orquidoides o micorrizas de ovillo

Son micorrizas de orquídeas, los cuales son imprescindibles para su desarrollo y vida juvenil. Una vez que la planta crece y fotosintetiza, cuando está en la fase adulta generalmente se independiza del hongo.

- Ericoides

Son de tipo más sencillo y simple con raíces muy simples e hifas que penetran en las células para formar ovillos.

- Arbutoides

Presenta un manto externo junto con hifas que penetran a las células para formar rulos.

- Monotropoides

La forma de penetración en las células es algo diferente, diferenciada apenas por la forma de penetración de las hifas a las células radicales (Vacacela, sin fecha).

2.5.3 Ecto-endomicorrizas

Este tipo de micorriza presenta características tanto ectomicorriza como de endomicorriza. Esta asociación tiene clase de manto externo, aunque no siempre bien desarrollado; las hifas dentro del hospedante penetran las células y crecen dentro de ellas, cada tipo de micorriza está asociada a un grupo de especies forestales, también este grupo se presenta tanto en *Basidiomycota* como *Ascomycota* y son más abundantes en angiospermas que en gimnospermas. Su distribución es restringida (Plascencia, 1995; Vacacla, S.F).

Cuadro 1. Clasificación de los HMA de acuerdo con Morton& Benny (1990) y Morton&Redecker (2001)(Citado por, Vacacela, S.F).

Orden	Suborden	Familia	Géneros	
<i>Glomales</i>	<i>Glomineae</i>	<i>Glomaceae</i>	<i>Glomus</i>	
			<i>Sclerocystis</i>	
			<i>Acaulosporaceae</i>	
			<i>Acaulospora</i>	
			<i>Entrophospora</i>	
		<i>Gigasporineae</i>	<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>
			<i>Scutellospora</i>	
		¿?	<i>Paraglomaceae</i>	<i>Paraglomus</i>
		¿?	<i>Archaeosporaceae</i>	<i>Archaeospora</i>

Cuadro 2: Ventajas de las micorrizas(Vacacela, S.F).

Favorece la captación de agua y nutrientes minerales	Especialmente Fósforo y Nitrógeno. También K, Ca, S, Zn, Cu, Sr, etc.
	El sistema enzimático y la distribución de los micelios hacen que los hongos sean más eficaces que las raíces para la absorción de agua y nutrientes.
	Los filamentos hifales son capaces de prospectar volúmenes de suelo mucho mayores que las raíces no micorrizadas.
Estimulación del crecimiento: Mayor y más rápida disponibilidad de nutrientes en el aumento considerable de la producción de biomasa aérea y radical	Mayor y más rápida disponibilidad de nutrientes en el sistema vascular de las plantas, que acelera su actividad fotosintética para mantener su equilibrio fisiológico.
	Producción de fitohormonas por parte del hongo.
	Mejora de la estructura del suelo.
	Protección del sistema radical frente a patógenos fúngicos.

Cuadro 3: Beneficios de las micorrizas(Vacacela, S.F).

VENTAJAS	BENEFICIOS
Aumento del aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo	Disminución de los costos de producción
Favorece la captación de agua y nutrientes minerales	Aumento de la producción agrícola
Estimulación del crecimiento aéreo y radical	Ciclo productivo más largo con mayores producciones y mayor seguridad para el agricultor.
Protección frente a patógenos	Disminución del costo de aplicación de fungicidas y mayor seguridad para el productor

III.TAXONOMIA DE LOS HONGOS ECTOMICORRIZICOS (ECM)

3.1 *Phyllum Zygomycota: zigomycetes*

Zygomycota: micelio en general cenocítico, zigosporas por conjugación hifal (Trichomycetes: parásitos de artrópodos, adheridos a la superficie), (Zygomycetes: saprobios en su mayoría, si los parásitos están inmersos en el tejido hospedante, mitosporas por lo común en esporangios (Carrillo, 2003).

Están caracterizados por un micelio aceptado, cenocítico, con septos en la base de las estructuras reproductoras o septos secundarios. El nombre del grupo proviene de la presencia en parte de su ciclo de una zigospora característica. Producen esporas llamadas Zigosporas; estas resultan de la fusión completa de dos gametangios (Alexopoulos, 1995).

Micelio filamentoso, abundante, profusamente ramificado, cenocítico cuando joven, frecuentemente con septas al envejecer consistentes de hifas alimentadoras hundidas en el sustrato e hifas aéreas fértiles; esporangios largos, simples o ramificados, individuales o en grupos, en la mayoría de las especies son prolongadas hasta dentro de los esporangios para formar la columella; esporangios globosos, piriniformes o cilíndricos, multiespóricos o pauciespóricos (esporangiolos); isogametangios que al fusionarse producen "zigosporas" (esporas de resistencia). Tanto los esporangios asexuales como los provenientes de las cigosporas producen esporas inmóviles (aplanosporas); también se consideran en la definición de los zigomycetes caracteres ecológicos, fisiológicos y biológicos, de modo que la mayoría de los micólogos, los admitan como un grupo natural de hongos (Romero, 1993; Alexopoulos, 1979)

Los zigomicetes, son hongos terrestres; su reproducción sexual se caracteriza por la formación de zigosporas que se desarrollan a partir de la fusión de dos gametangios. Este mecanismo se denomina copulación gametangial. La mayoría son saprobios que

viven en el suelo y se alimentan de plantas o de materia animal muertas. Algunos son parásitos de las plantas, insectos o pequeños animales del suelo (Alexopoulos, 1995).

Uno de los miembros más comunes de este *Phylum* es *Rhizopus stolonifer*, el moho negro del pan. La infección comienza cuando una espora germina sobre la superficie del pan, la fruta, o alguna otra materia orgánica y forma hifas. Algunas hifas se agrupan en ramilletes superficiales llamados rizoides (porque su aspecto recuerda al de las raíces) que fijan el hongo al sustrato, secretan enzimas digestivas y absorben materiales orgánicos disueltos. La reproducción sexual en *Rhizopus* ocurre cuando las hifas especializadas -o progametangios- de dos cepas de apareamiento diferentes se encuentran y se fusionan, atraídas entre sí por hormonas que difunden en forma de gases (Alexopoulos, 1995).

Durante la mayor parte del ciclo, el organismo es haploide. El micelio de este hongo está formado por hifas ramificadas que se fijan al organismo y absorben los nutrientes, (fig. 4) (Alexopoulos, 1995).

a) La reproducción asexual ocurre por la formación de esporangióforos cuyos esporangios producen esporangiosporas del mismo tipo de compatibilidad sexual que le dio origen. Cuando los esporangios maduran, sus delgadas paredes se desintegran, desprendiendo las esporas que son transportadas por el viento. En condiciones favorables de humedad y temperatura, las esporas germinarán y darán origen a un nuevo grupo de hifas.

b) La reproducción sexual ocurre cuando las hifas especializadas (progametangios) de dos cepas compatibles (designadas como + y -) se encuentran y se fusionan. Se forman entonces dos células apicales -los gametangios-. Una de las células contiene numerosos núcleos + y la otra, numerosos núcleos -. Los dos gametangios se fusionan y luego se fusionan muchos pares de núcleos + y núcleos -, produciendo núcleos diploides. La célula multinucleada resultante forma una pared dura, pigmentada y verrugosa, y se transforma en un zigosporangio latente que contiene una única zigospora. Cuando las condiciones ambientales son favorables,

justo antes de la germinación, los núcleos diploides sufren meiosis. Luego ocurre la germinación, se rompe la pared del zigosporangio y emerge el esporangióforo a partir de la zigospora. En su extremo, el esporangióforo porta un esporangio que dará origen a esporas (esporangiosporas) las que, al germinar, producirán micelio + o -.

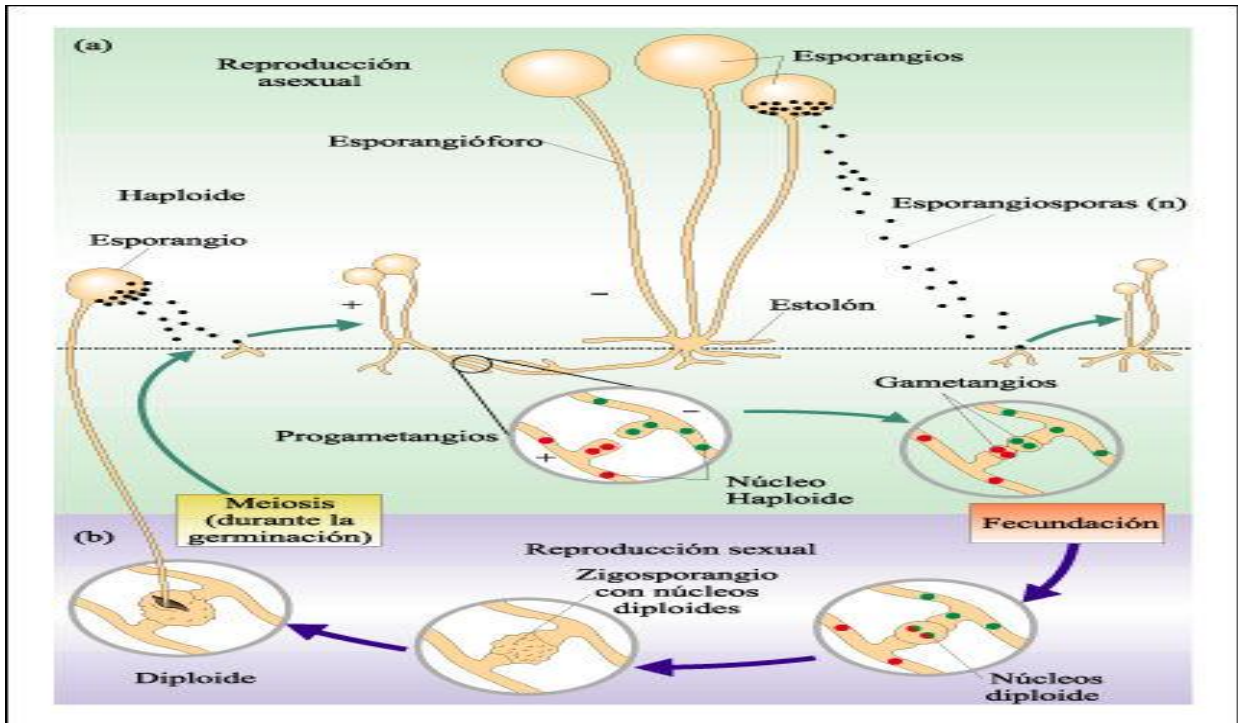


Figura 4. a) La reproducción asexual ocurre por la formación de esporangióforos cuyos esporangios producen esporangiosporas del mismo tipo de compatibilidad sexual que le dio origen. Cuando los esporangios maduran, sus delgadas paredes se desintegran, desprendiendo las esporas que son transportadas por el viento (Alexopoulos, 1995).

3.2 Phylum Ascomycota: ascomycetes

Ascomycota: meiosporas dentro de ascas, anamorfos conidiales (Kirk, 2001).

- 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 (Kirk, 2001).

Los ascomicetes son el grupo de mayor número de especies del reino de los hongos; que producen sus esporas en una estructura llamada "asca", después de cariogamia, meiosis y mitosis. La mayoría vive saprofiticamente, devolviendo al suelo su fertilidad, pero hay algunos que parasitan plantas agrícolas, forestales, frutales, etc., causando daños de consideración, o bien, constituyen formas de supervivencia y producen el inóculo primario para el ciclo siguiente. Entre los ascomycetes están las levaduras y los mildiús pulverulentos, muchos de los mohos negros y verde-azulados comunes, las colmenillas y las trufas (Alexopoulos, 1995; Romero, 1993; Alexopoulos, 1979).

Algunos miembros de este grupo de hongos causan muchas enfermedades a las plantas; otros son productores de micotoxinas, pero también se encuentran algunos que son fuente de muchos antibióticos. En los ascomicetes las hifas están divididas por paredes transversales o tabiques. Cada compartimiento generalmente contiene un núcleo separado, pero los tabiques tienen poros a través de los cuales pueden moverse el citoplasma y los núcleos. El ciclo de vida de un ascomycete incluye típicamente tanto la reproducción asexual como la sexual. Las esporas asexuales se forman comúnmente aisladas, o en cadenas, en el ápice de una hifa especializada. Se caracterizan por ser muy pequeñas y numerosas, y se las denomina conidios, (del griego konis: "polvo") (Alexopoulos, 1995).

La reproducción sexual en los ascomycetes implica siempre la formación de un asco ("pequeño saco"), estructura que caracteriza a este *Phyllum*; al igual que otros organismos vivos, se produce por la unión de dos núcleos compatibles y la formación de cuerpos fructíferos capaces de soportar condiciones desfavorables de humedad y temperatura durante parte del otoño, invierno y principios de la primavera. En la mayoría de los ascomicetes, los ascos se forman en estructuras complejas llamadas ascocarpos. A la madurez, los ascos se vuelven turgentes y finalmente estallan, liberando a sus ascósporas explosivamente al aire. Los ascomicetes están caracterizados por la presencia en su ciclo de vida (fig. 5) de una célula fértil, llamada célula escogena denominado asco, que producirá endógenamente 8 ascosporas (Alexopoulos, 1995; Romero, 1993; Alexopoulos, 1979).

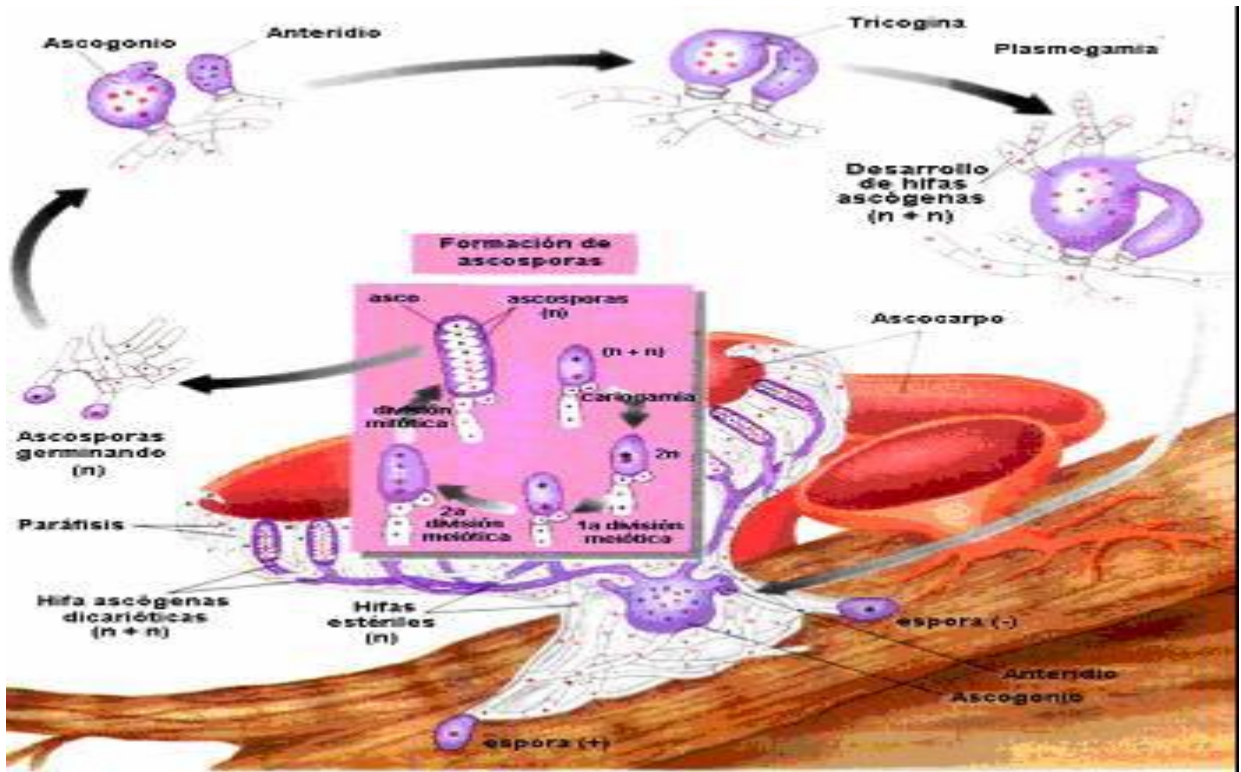


Figura 5. Ciclo vital de los ascomicetos se caracteriza por la producción de esporas sexuales llamadas ascosporas (Alexopoulos, 1995).

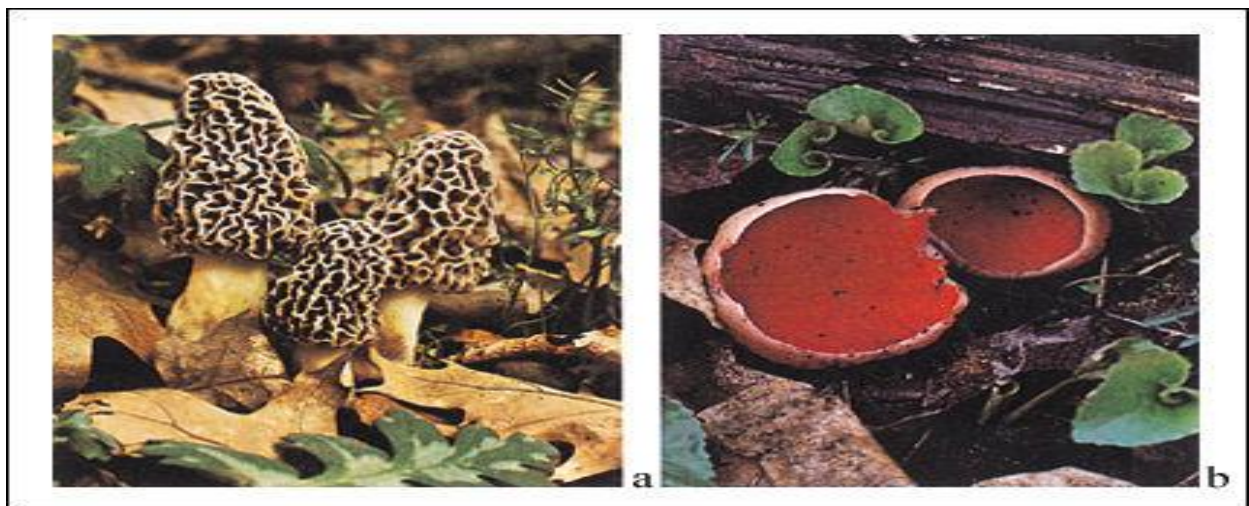


Figura 6. a) La colmenilla común *Morchella esculenta*. Estos ascomicetos, junto con las trufas, se encuentran entre los hongos comestibles más apreciados. La estructura reconocida como colmenilla es el ascocarpo o fructificación, que es la parte visible en donde se producen los ascos y las ascósporas. b) La peziza escarlata, *Sarcocyphacoccinea*, es un habitante frecuente de los bosques de maderas duras de EEUU. Habitualmente se la encuentra en la primavera sobre las ramas caídas (Alexopoulos, 1995).

3.3 *Phyllum Basidiomycota: basiodiomycetes*

Las setas, bejines, carbones, royas, hongos gelatinosos y cuernos hediondos, están constituidos por hifas dicarióticas que suelen presentar fíbulas. Este micelio puede crecer durante años en el suelo o en la madera, hasta que bajo la influencia de diversas condiciones ambientales forma los basidiomas (Alexopoulos 1979; Webster, 1980; Romero, 1993).

Basidiomycota: meiosporas sobre basidios o estructura equivalente, micelio con septosdoliporto o levaduras (Kirk, 2001).

Basidiomycetes

- *Agaricomycetidae*: basidioma visible carnoso, coriáceo o duro; hifas con fíbulas; 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 fíbulas, parásitos obligados de plantas o insectos.

Ustilaginomycetes: con fase levaduriforme, septo hifal por lo común sin doliporo. (Kirk, 2001).

Los basidiomicetes constituyen el grupo de hongos más familiar, ya que incluyen a los hongos de sombrero o setas. La seta -fructificación o basidiocarpo- es el cuerpo fructífero en donde se producen las esporas. Está compuesto por masas de hifas fuertemente compactas; se diferencian de los demás hongos porque producen sus esporas llamadas basidiosporas, en la parte externa de una estructura especializada productora de esporas, el basidio (Alexopoulos, 1995; Alexopoulos 1979).

El micelio, a partir del cual se producen los basidiocarpos, forma una trama difusa que puede crecer radialmente varios metros. Las fructificaciones habitualmente se forman en los bordes externos del círculo, donde el micelio crece más activamente debido a que ésta es el área en la cual hay más nutrientes. En consecuencia, las

fructificaciones aparecen en círculos y, a medida que el micelio crece, el diámetro de los círculos va haciéndose cada vez mayor (Alexopoulos, 1995).

Las basidiocarpas son generalmente uninucleadas y haploides ya que, como las ascosporas, son el resultado de plasmogamia, cariogamia y meiosis; en cada basidio se produce un número determinado de basidiosporas, generalmente cuatro, muchos especialistas consideran a las basidiosporas como homólogas a las ascosporas, y se estima que los basidiomicetes se han originado los ascomicetes (Alexopoulos, 1979; Romero, 1993).

En los basidiomicetes, las esporas sexuales se desarrollan sobre un basidio. La seta -fructificación o basidiocarpo- es el cuerpo fructífero en donde se producen las esporas. Está compuesto por masas de hifas fuertemente compactas. El micelio, a partir del cual se producen los basidiocarpos, forma una trama difusa que puede crecer radialmente varios metros; como los basidiomicetes no producen órganos sexuales, la manera de pasar la fase monocariótica a la dicariótica es por medio somatogamia entre hifas somáticas, o espermatización de hifas receptoras especializadas (Alexopoulos, 1995; Romero, 1993).

Los basidiomicetes están caracterizados por la presencia de una célula fértil en su ciclo de vida (fig. 7), llamada basidio, que produce exogenadamente 4 basidiosporas. Normalmente originadas en tétrade, desde un basidio, desde donde, generalmente, son violentamente expulsadas, por lo que reciben el nombre de balistosporas (Carranza, 2006).

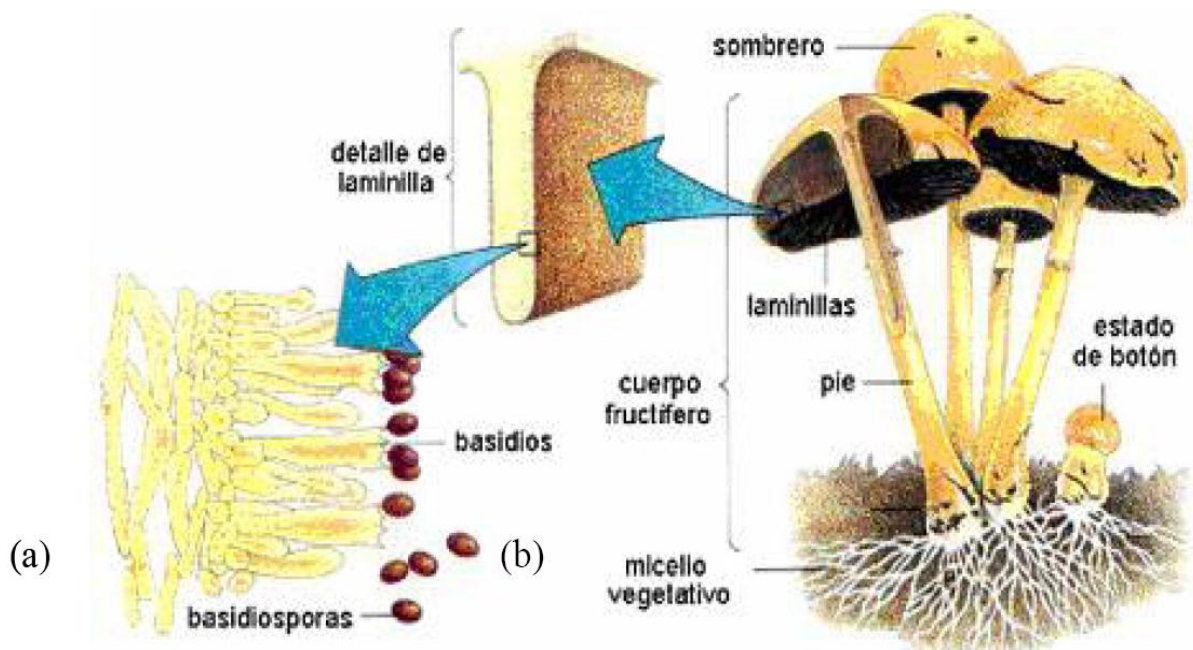


Figura 7. Ciclo de vida de un hongo basidiomycete (a) micrografía electrónica de un basidio. Cada basidio produce cuatro basidiosporas. (b) hifas entrelazadas del micelio vegetativo forman el basidiocarpo que llamamos hongo. Las laminillas contienen numerosos basidios (Salomón *et al.*, 2000).

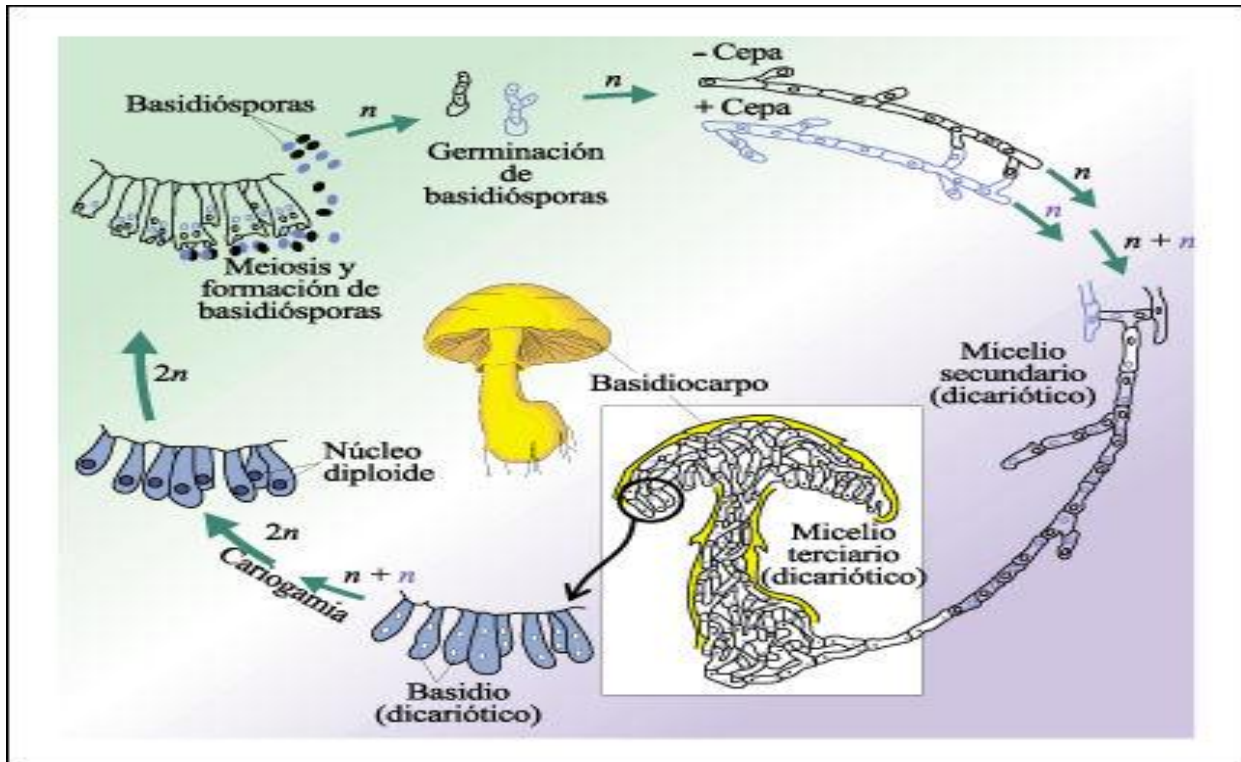


Figura 8. (Alexopoulos, 1995). Las basidiósporas (superior izquierda) germinan y producen micelios monocarióticos primarios (n). Los micelios dicarióticos secundarios ($n+n$) se forman por la fusión de las hifas monocarióticas compatibles. Los micelios secundarios crecen, se diferencian y forman las estructuras reproductivas (basidios). En un agárico, los basidios se

forman en el himenio en una estructura laminar denominada laminilla. Después que el basidio aumenta de tamaño, los dos núcleos, uno de cada cepa de apareamiento, se fusionan. El estadio $2n$ es muy breve; casi inmediatamente ocurre la meiosis, que da como resultado la formación de cuatro núcleos; de cada uno de ellos se desarrolla una basidiospora (n). Después que las basidiosporas se liberan, el basidiocarpo se desintegra.

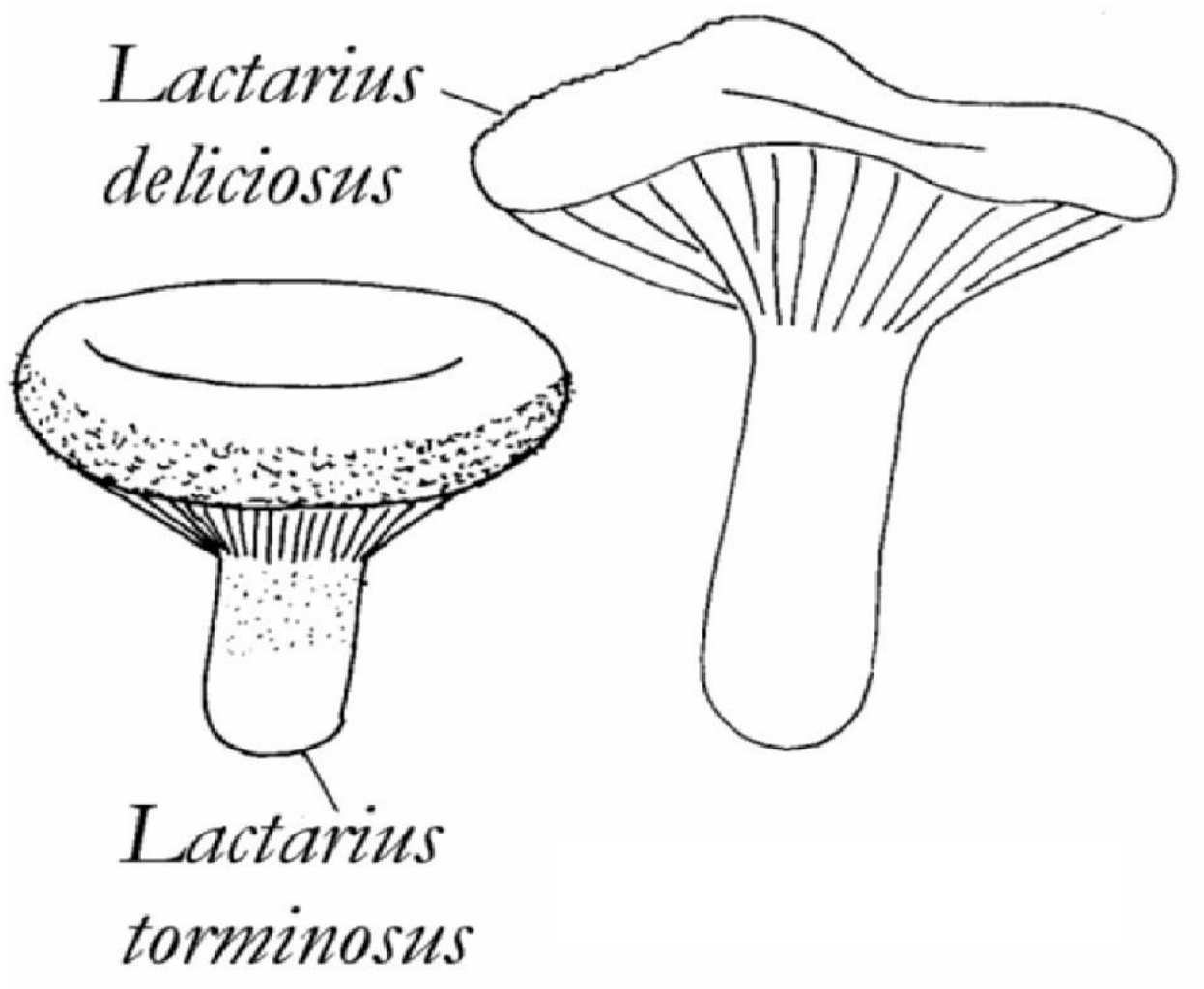


Figura 9. *Lactarius deliciosus* es comestible pero la mayoría de las especies de este género micorrizante son tóxicas o tienen un sabor desagradable. El píleo anaranjado-azafrán, al principio es convexo con bordes ondulados y luego adquiere forma de embudo. Las laminillas son decurrentes o sea baja por el pie anaranjado. Donde exuda látex se vuelve verde. Es una especie que micorriza con pinos. Puede ser confundido con *L. torminosus* que es tóxico, pero éste tiene el píleo rosado a anaranjado parduzco y veloso (Carrillo, 2003).

IV. BENEFICIOS DE LA MICORRIZACIÓN

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* (Carlile, 2001).

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 aun 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 (Harley, 1983).

Las plantas tienen una variedad de defensas contra la infección y ésta puede ser moderada en ejemplares que tienen asociaciones micorrízicas. Los compuestos fenólicos y ciertas proteínas protectoras (quitinasas y peroxidasas) 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 (Carlile, 2001).

Los hongos que forman asociaciones micorrízicas 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 (Harley, 1983).

Cuadro 4. Lista de hongos que forman ectomicorrizas con especies de *Pinus* (Harley, 1983).

<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>glaucopus, 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>rhodopoliis</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,</i> <i>granulatus,</i>	<i>Suillus</i>	<i>granulatus, luteus</i> <i>maculatum,</i> <i>albidum</i>
<i>Luteus</i>	<i>variegatus</i> <i>flavobrunneum,</i>	<i>Tuber</i>	
<i>Tricholoma</i>	<i>flavovirens</i>		<i>Endogone</i> <i>lactiflua</i>
	<i>imbricatum, pessundatum,</i>		
	<i>saponaceum, vaccinium</i>		

La importancia ecológica de la asociación ectomicorrizica se fundamenta en que mejora la capacidad de la planta para la adquisición de nutrientes minerales y agua del suelo, reducción de la toxicidad de metales pesados y otros contaminantes, incrementa la resistencia de las plantas a patógenos e incremento del crecimiento de la planta. Cabe también señalar la gran importancia comercial de este grupo de hongos por su interés culinario lo que supone un valor añadido en la repoblación de áreas forestales con estas plantas (Carrera y López, 2004).

Los hongos que establecen esta simbiosis reciben carbono de las plantas hospederas y las plantas reciben principalmente fósforo y nitrógeno a través de las hifas asociadas. Las plantas micorrízicas en algunas ocasiones pueden adquirir también protección en contra de organismos patógenos por factores distintos al de una nutrición mineral incrementada, las estructuras diagnósticas de la ectomicorriza son: el manto fúngico, la red de Harting y el micelio externo vegetativo que emerge a partir de las raíces (Moreno y Read, 2004).

4.1 Transferencia de Nutrientes.

Más de un siglo de investigaciones en el estudio de la simbiosis ectomicorrízica ha demostrado de manera concluyente su importancia en la transferencia de nutrientes del suelo a las plantas asociadas, la información generada hasta ahora, en su gran mayoría, ha estado relacionado con la movilización de nutrientes, principalmente en forma mineral, desafortunadamente, durante los dos primeros tercios del siglo XX esta idea recibió muy poca atención experimental y no fue sino hasta los años 80's que diversos investigadores demostraron que los hongos Ectomicorrízicos producen una amplia variedad de enzimas capaces de degradar substratos que constituyen parte de los materiales orgánicos del suelo. En todos los casos hasta ahora reportados, las cantidades de nutrientes removidas de materiales vegetales en descomposición por sistemas micorrízicos fueron menores que aquellas removidas a partir de substratos orgánicos naturales mejor definidos, como polen y animales del suelo, además de la movilización de nutrientes desde substratos orgánicos naturales por los sistemas micorrízicos, una proporción significativa de éstos es transferida a las plantas asociadas (Moreno y Read, 2004).

4.2 Captación de Nutrimentos

La importancia de los hongos micorrizógenos en la captación de nutrimentos para las plántulas, radica en que las hifas extrarradicales de estos hongos tienen una mayor habilidad, comparado con las raíces, para explorar el suelo y tomar nutrimentos minerales que se difunden muy lento en la solución de suelo, la mayoría de las especies que se encuentran en las etapas más avanzadas de la sucesión necesitan de los hongos micorrizógenos para completar su ciclo de vida. En este sentido, para acelerar la recuperación vegetal en sitios que sufrieron disturbios, es necesario que las plantas estén asociadas con hongos micorrizógenos y así garantizar el éxito de este proceso (Zapata y Guadarrama, 2004).

4.3 Tolerancia al Estrés Hídrico

Una de las mayores bondades que tienen las micorrizas es la capacidad de absorción de agua y por lo tanto, permiten mayor resistencia de la planta a la sequía. Esta resistencia es debida al incremento de la conductividad hídrica de la planta o a la disminución de la resistencia al flujo de agua a través de ella. También ha sido relacionado con la mayor absorción a través de la extensa red de hifas externas del hongo, extendidas más allá de la zona a la cual tiene acceso directo el sistema radical. De igual forma, se ha encontrado que en suelos arenosos, con poca capacidad de retención de agua, la presencia de micorrizas ha ocasionado retención de agua cinco veces mayor que en ausencia de micorrizas en los mismos (Molina *et al.*, 2005).

4.4 Restauración en los Trópicos

En México, la tasa de deforestación alcanza cifras anuales de 800 000 Has, por ello es urgente desarrollar proyectos de restauración acordes con las necesidades de cada área dañada. Entre estas herramientas biológicas se encuentran los microorganismos del suelo, que tienen un papel preponderante debido a su gran diversidad de funciones, las cuales son importantes en la restauración de suelos y vegetación. Algunos de estos microorganismos desarrollan interacciones benéficas con las plantas, como esta asociación micorrízica (Zapata y Guadarrama, 2004).

Los estudios de producción a gran escala de cepas para especies vegetales de sistemas naturales tropicales son escasos, lo que repercute en una nula utilización de estos hongos en programas de restauración a gran escala. Cabe señalar que otro problema es la necesidad de emplear cepas nativas ya que de esta forma se asegura el éxito en el desarrollo de la asociación y con ello el mejor desarrollo de las especies, lograr esto implica un conocimiento básico de la riqueza y abundancia de hongos micorrizógenos presentes en la zona de interés y de sus efectos sobre las posibles plantas hospedadoras (Zapata y Guadarrama, 2004).

Los hongos micorrizógenos arbusculares son importantes en el desempeño de las especies vegetales debido a su gran papel en la toma de nutrimentos, protección en

condiciones de estrés hídrico y prevención contra patógenos, además de ser relevante en la estabilidad de suelos. Muchas de las especies vegetales dependen de los hongos, pero falta información para el manejo, producción de inoculantes de hongos, pero es imprescindible tomar en cuenta la importancia de esta asociación en programas de manejo de ecosistemas naturales, como la repoblación y restauración de ecosistemas degradados (Zapata y Guadarrama, 2004).

Existen pocos trabajos en las zonas tropicales en donde se utilizan a los hongos micorrizógenos arbusculares como una herramienta en las prácticas de restauración, los resultados obtenidos son contradictorios debido al poco conocimiento que se tiene sobre los beneficios ecofisiológicos de la inoculación con estos hongos (Zapata y Guadarrama, 2004).

4.5 La Inoculación en vivero una solución parcial al fracaso de las repoblaciones forestales sobre terrenos agrícolas abandonados.

El cambio al uso forestal de las tierras agrícolas con lleva efectos positivos sobre el clima, suelo, regulación del régimen hidrológico, erosión y biocenosis, con una importante repercusión a nivel social y medioambiental. Las causas de este fracaso obedecen a diferentes aspectos que aparecen a lo largo de todo el proceso de la repoblación forestal y mala planificación, ejecución y gestión de la plantación, y la carencia de inóculo ectomicorrízico en el suelo, debido a que las especies vegetales empleadas en la agricultura no desarrollan este tipo de micorrización, sino que establecen una simbiosis de tipo vesículo-arbuscular. La inoculación en vivero puede reducir los efectos de la competencia herbácea en las primeras fases de desarrollo de la plántula al aumentar el crecimiento de ésta, así como solventar la carencia de inóculo local y aportar mayor vigor a la planta, que la haga más resistente frente a patologías causadas por agentes bióticos y al efecto de los agentes abióticos (Magaña, 1999).

4.6 La Biotecnología como Alternativa en la conservación

Los avances biotecnológicos ofrecen también la posibilidad de la inoculación de semillas y plántulas, antes de ser sembradas con hongos micorrízicos, ayudan al establecimiento de las plántulas así como su crecimiento y desarrollo en un periodo corto de tiempo. En algunos aspectos la biotecnología, también puede contribuir de forma negativa en el ambiente al introducir especies de microorganismos no nativos que pueden alterar y dañar el suelo. Sin embargo, se espera que la inoculación de hongos que forman micorrizas no afecte o altere las relaciones entre microorganismos de la rizósfera, ya que la relación entre la raíz y el hongo es específica y local, es decir, una relación natural. La micorrización, ya sea *in vitro* o en invernadero tendrá que establecerse con especies nativas tanto de hongos como de árboles, de otra manera no será exitosa (Cruz, 1999).

4.7 Pobreza Biológica y Micorrizas

Las características físicas y químicas del medio han sido profundamente alteradas por la continua actividad del hombre y sus cultivos. Sin ir más lejos, la presencia o ausencia de hongos capaces de formar micorrizas con la especie a introducir es de vital importancia para la supervivencia de la mayoría de las especies. Las micorrizas permiten la interconexión de unos sistemas radicales con otros, facilitando el funcionamiento del ecosistema y contribuyendo a su equilibrio, lo cual refuerza aún más de que la simbiosis micorrízica es de vital importancia para los ecosistemas, independiente del grado de intervención antrópica que estos presenten y representa una herramienta de trabajo útil que puede aportar soluciones a la actual problemática sobre producción vegetal (Peñuelas y Ocaña, 2000).

V. METODOS DE MICORRIZACION

5.1 Criterios de selección de Hongos Micorrízicos

Los hongos micorrízicos se caracterizan por una gran diversidad fisiológica, incluyendo la relativa facilidad de aislamiento, crecimiento en cultivos puros (básicamente los hongos ectomicorrízicos), efectividad como inóculo y beneficio para el hospedante. Se han desarrollado varios criterios para seleccionar las cepas promisorias para pruebas en pequeña y gran escala que finalmente permiten alcanzar las metas del vivero. Los criterios más utilizados con este propósito son las siguientes (Plascencia, 1995):

- A) Buen crecimiento.
- B) Efectividad en la formación de la micorriza.
- C) Adaptaciones ecológicas.
- D) Habilidad competitiva.
- E) No especificidad del hospedante.

5.2 Mecanismo de Colonización

Las esporas pueden considerarse solamente uno de los tipos de propágulos de los hongos endomicorrízicos debido a que las raíces de las plantas se colonizan también por trozos de micelio activo que se ramifican para desarrollar la infección. En las micorrizas arbusculares existen dos fases del sistema miceliar: un micelio interno en la corteza de la raíz de la planta y un micelio en el suelo, que varía en extensión y volumen. El inicio de la colonización de la planta y con ello la formación de la simbiosis comienza con la germinación de las esporas de resistencia en el suelo cuando las condiciones de temperatura y humedad son favorables o bien mediante el crecimiento de hifas a partir de propagulos del suelo que se encuentran cerca del sistema radical susceptible. Una vez que la hifa penetra la raíz, generalmente entre las células epidérmicas, se dispersa también intercelularmente a lo largo de la corteza, alcanzando la segunda capa de células corticales. La colonización se vuelve intracelular cuando la hifa degrada la pared de la célula y forma una estructura parecida a un arbusto,

denominada arbusculo, dentro de la célula. Este es el sitio donde se lleva a cabo el intercambio de nutrimentos entre ambos simbioses (Aguilera *et. al.*, 2007).

5.3 Producción de Inóculo

Para el área forestal resulta de gran interés la producción de inóculo, pues esto facilitaría el incremento en el crecimiento y supervivencia de las plántulas de coníferas, para fines de plantaciones masivas en sitios de suelos pobres, erosionados o que han sido abandonados después de prácticas agrícolas improductivas. Actualmente, en países como Estados Unidos, Alemania y Japón se trabaja en el establecimiento de tecnología para la producción de inóculo a gran escala. Así que el éxito de estos programas de inoculación tendría que basarse en la selección de los hongos simbioses que sean efectivos y benéficos en la asociación. En México, se han priorizado los estudios sobre la propagación de hongos endomicorrízicos que están relacionados con las plantas comestibles. Los estudios de los hongos ectomicorrízicos se iniciaron con el conocimiento de la formación de la micorriza en pinos semilleros (Cruz, 1999).

Las plantas obtienen diversos beneficios por la micorriza arbuscular (MA); esto ha motivado al estudio de las mismas con el fin de obtener un mejor aprovechamiento, especialmente porque es consecuente con las estrategias de desarrollo sostenible, el cultivo en macetas para obtener inóculo de MA es un método confiable, en el cual se coloca una pequeña cantidad de fragmentos de raíces o esporas tamizadas del suelo, después de 3 a 6 meses, bajo condiciones apropiadas, el hongo habrá colonizado las raíces y producido nuevas esporas, los siguientes puntos son de interés en la elección de la planta hospedera: debe ser micótrofa obligada y no selectiva; adaptarse a un rango amplia en condiciones de suelo y clima; rustica para su mantenimiento; que no requiera mucho espacio en el invernadero o el laboratorio; puede ser perenne y aceptar podas periódicas; con semillas con alto porcentaje de germinación; no debe contener enfermedades radicales (Salas y Blanco, 2000).

Este proceso debe iniciar con el cultivo de esporas de una sola especie “cultivo monoespecifico” o bien de una multicepa cuya caracterización morfológica (color,

tamaño y otras características microscópicas) se encuentre bien establecida. El cultivo una vez establecido, funciona como trampa en la cual ocurre la esporulación del hongo. Es recomendable conservar el balance de N y P durante el desarrollo del hospedante (Ferrera *et. al.*, 2001).

El proceso de inoculación es complejo. Implica diseñar métodos de aislamiento, selección, multiplicación e incorporación adecuados para cada especie o efecto deseado y por otra parte, es necesario determinar las condiciones y técnicas culturales que permitan la manifestación óptima de los efectos. Esta complejidad hace que su efecto no sea predecible bajo todas las condiciones ni para todas las especies. Por lo tanto, es importante incentivar la investigación al respecto, así como profundizar en el conocimiento de su principio de funcionamiento y de los resultados encontrados con su uso (Molina *et. al.*, 2005).

Las micorrizas tienen aplicaciones inmediatas para resolver problemas aplicados a la escala de los ecosistemas. Se ha señalado que la tasa de sucesión o restauración de un ecosistema degradado podría acelerarse mediante la inoculación de hongos micorrizógenos (HMA) a la manipulación de sus poblaciones. Los propágulos de las micorrizas se encuentran concentrados en los primeros centímetros del suelo. Debido a ello, cuando se produce una perturbación severa en la que el suelo es removido parcialmente, ocurre una drástica disminución de los propágulos de micorriza arbuscular, en consecuencia, las plantas que generalmente invaden estas áreas no forman micorrizas (Cuenca *et. al.*, 2002).

5.4 Métodos de Inoculación

Se conocen muchos métodos para inocular plantas con hongos micorrízicos en campo y en invernadero. No obstante, solamente algunos métodos pueden ser adaptados para producción a gran escala (Verdugo, 2000).

- Colocación del inóculo a la semilla.

La colocación del inóculo en bloques de semillas ha mostrado ser una de los mejores métodos, sin duda muestra efectividad en cítricos (Verdugo, 2000).

Con base a que la preparación de almácigos y semilleros requiere de la manipulación de poco sustrato, solo para el llenado de los semilleros, la aplicación de inoculante micorrízico es factible de utilizarse en estos sistemas. Es posible mezclar inoculantes peletizados en turba o en cualquier material utilizado como sustrato antes de efectuar la siembra de las semillas. Sin embargo, el uso de inoculantes en semilleros debe considerar el tipo de semilla a sembrar ya que semillas de corto período de germinación (especies consideradas como hortalizas) con pocas reservas en los cotiledones, permite que la simbiosis se establezca en corto tiempo y con ello su efecto benéfico.

Cuando se utilizan semillas de largo tiempo de germinación, la viabilidad de los propágulos de los hongos micorrízicos puede ser alterada por el exceso de humedad que se requiere para la germinación. Por otra parte, la mayoría de las plántulas obtenidas por semillas (de plantas de corte arbustivo o leñoso), mantienen por tiempo prolongado sus cotiledones cuyas reservas propician en mayor grado, el crecimiento de las plantas. Esta característica hace que los beneficios de los hongos micorrízicos no se expresen o se retarden ya que éstos requieren de fuentes carbonadas procedentes de hojas fotosintéticamente activas (Alarcón *et. al.*, 2004)

- Inoculación en cepas

El inóculo se coloca cerca de la proliferación de raíces de las plántulas. La información para asegurar una inoculación exitosa es variable, pero se ha demostrado que la inoculación con aproximadamente 100 a 200 esporas por planta es un buen comienzo para la efectividad en contenedores (Verdugo, 2000).

- Trasplante de plantas preinoculadas

Este sistema de inoculación va de la mano con el anterior y se usa para cultivos que pueden ser trasplantados. La preinoculación en almácigos es probablemente el método más efectivo hasta el momento (Verdugo, 2000).

Sin duda, este es el método más recomendado para aplicar los hongos micorrízicos (arbusculares y ectomicorrízicos). En el caso de hongos micorrízicos arbusculares, la aplicación directa del inoculante en el sustrato, en el agujero donde se trasplantarán las plántulas y sobre su sistema radical, permite a los hongos mayor probabilidad de establecerse y expresar sus beneficios en corto tiempo (de uno a cuatro meses, dependiendo de la especie forestal o frutal de que se trate). En función de la calidad del inoculante (cantidad de propágulos contenidos) se puede aplicar desde 1 a 15 g de inóculo por planta (Alarcón *et. al.*, 2004)

Para el caso de hongos ectomicorrízicos, la inoculación al momento del trasplante es factible mediante una suspensión de esporas y en ella remojar las raíces de las plántulas. A continuación se describen los pasos de este proceso:

- Se toma un recipiente limpio, previamente desinfectado con alcohol, donde se vierte una suspensión densa de esporas, la cual se agita vigorosamente para tener una mejor distribución de las esporas
- De un semillero, se toman plántulas de aproximadamente 12-15 cm de altura, según la especie, y se procede a podar la raíz con el fin de evitar la deformación llamada “cola de cochino”.
- Las plántulas una vez podadas, se sumergen en la suspensión de esporas, obtenidas en el paso 1, con el fin de que las raíces queden impregnadas con las esporas del hongo ectomicorrízico a inocular. Después de este paso, las plántulas son trasplantadas en recipientes nuevos conteniendo el sustrato previamente fumigado con productos químicos o vaporizados con vapor de agua.

- Mezcla del inóculo con suelo o sustrato

Este es un método práctico y natural, pero puede ser ineficiente ya que se requieren grandes cantidades de inóculo para obtener una rápida colonización. Generalmente recomendado para su uso en invernaderos y viveros (Verdugo, 2000).

Lo primero que se hace es la recolección de suelos por debajo de los árboles, en los viveros a raíz desnuda, hasta 10% en volumen de suelo inoculado es incorporado a la cama de crecimiento (aproximadamente los 10 cm de la capa superior de la cama) antes de realizar la siembra.

Este método requiere grandes cantidades de suelo cada año. Una de las más serias desventajas de este tipo de inóculo, es que las semillas, rizomas de malezas y patógenos potenciales, pueden ser transportados de forma accidental hacia el vivero a través del suelo. Otra desventaja es la inconsistencia en la calidad del inóculo, debido a los diferentes momentos y fuentes de abastecimiento de suelo. No se recomienda este método a menos que no existan otras formas de inoculación (Castellano y Molina, S.F.).

Para estudiar el efecto del tipo de sustrato en la micorrización de *Pinus halepensis* se realizó un ensayo con dos cepas de hongos ectomicorrízicos *Pisolithus tinctorius* (3SR) y *Lactarius deliciosus* (LDF5). El inóculo utilizado en el caso de la cepa 3SR, fue producido en turba y vermiculita y para la cepa LDF5 en forma de suspensiones miceliales. Se ensayaron 2 tipos de sustrato, uno sólo con turba rubia tipo esfagno (VAPO B0) sin fertilizar y otro, con la misma turba mezclada con vermiculita en una proporción turba vermiculita 75/25 (v/v), de esta forma se pretende aumentar tanto la porosidad como el drenaje del sustrato del cultivo. Para cada tratamiento se dispusieron 4 bandejas de poliestireno expandido, con un total de 100 plantas por tratamiento.

Los dos sustratos ensayados (turba y turba/vermiculita) se pueden considerar apropiados para la obtención de planta micorrizada en contenedor. Sólo se observaron diferencias en el número de raíces cortas micorrizadas en el caso de la cepa *Lactarius deliciosus* (LDF5). Asimismo, con ambos tipos de sustrato se obtiene planta de calidad con unos parámetros morfológicos y nutricionales aceptables, observándose sólo

algunas diferencias aisladas. Dado que no se encontraron diferencias en el porcentaje de plantas micorrizadas debido al tipo de sustrato utilizado y que con el sustrato de turba, el contenido de potasio es significativamente mayor, recomendaríamos el uso del sustrato de turba, debido a las ventajas que supone el aumento de potasio sobre la planta (Carrillo, 2000).

Cuadro 5: Porcentajes de planta micorrizada y raíces cortas micorrizadas de *Pinus halepensis* con las dos cepas ensayadas en relación al tipo de sustrato (Carrillo, 2000).

SUSTRATO	<i>Pisolithus tinctorius</i> (3SR)		<i>Lactarius deliciosus</i> (LDF5)	
	% planta micorrizada	Raíces cortas micorrizadas	% planta micorrizada	Raíces cortas micorrizadas
Turba	85,9 a	3,1 a	41,4 a	1,7 a
Turba/verm	92,3 a	3,2 a	37,2 a	1,3 b

Dentro de una misma columna, y para cada tratamiento de fertilización, los valores seguidos de la misma letra, no son estadísticamente significativos según el análisis de tablas de contingencia ($p \leq 0,05$), para el % de plantas micorrizadas y según el test de Duncan ($p \leq 0,05$), para las raíces cortas micorrizadas.

Para las micorrizas, que son las más habitualmente se forman y se usan en los viveros forestales de *Pinus* y *Quercus*, se distinguen tres tipos de inóculos:

- inóculo bruto: sin depurar, que corresponda a los propágulos existentes en el suelo (micelio, rizomorfos, cordones miceliarios, esporas, esclerocios, trocitos de raíces micorrizadas, etc.), esta se hace de forma natural cuando el sustrato lo constituye la tierra vegetal de monte o como es habitual en algunos viveros, es un sistema de buenos resultados pero de difícil control, muy variables en bastantes ocasiones y se está expuesto, como se ha dicho a la introducción de patógenos, malas hierbas, etc. para inocular plantas con endomicorrizas vesiculo-arbusculares, el método más adecuado es el que hemos descrito, de forma controlada (Ruano, 2003).
- Inóculo esporal: constituido por esporas maduras, se trata de una suspensión de esporas del hongo elegido, que se prepara mediante la trituración de corpofagos maduros limpios en agua destilada, este tipo de inóculo se prepara fácilmente

con todos aquellos hongos con producción de esporas elevada (*Suillus*, *Rhizopogon*, *Pisolithus*, etc.) relativamente económico y puede conservarse a oscura en frigorífico a 4^o-5^oC durante varios meses, se debe proceder a la inoculación del sustrato al mismo tiempo que se siembra, así como posteriormente 4 ó 5 veces, para asegurar que las esporas geminen y desarrollen su micelio. debe tenerse cuidado al preparar la suspensión de las esporas estén maduras, pero sin que lo estén excesivamente (Ruano, 2003).

Este método de inoculación ha dado buenos resultados en *Pinus halepensis* en los cultivos tradicionales con bolsa de polietileno, en la región Murcia. Es posiblemente el método de inoculación más sencilla y económico, aunque requiere unos mínimos conocimientos micológicos para seleccionar las especies más convenientes y recoger las esporas de los corpóforos en el momento preciso. Se aplican tanto para coníferas como para quercinas (*Quercus*), aunque en estas últimas los resultados no son tan espectaculares e inmediatos.

Carrera y López (2004), realizaron la inoculación con este método, lo primero que hicieron fue coleccionar las semillas de *Pinus patula* y *Pinus greggii*, en un bosque natural, al igual se coleccionaron los hongos ectomicorrízicos, para la obtención del inoculante, posterior a su identificación, los cuerpos fructíferos fueron deshidratados y molidos (el tamaño de las partículas se homogeneizó con un tamiz de 1 mm). Se evaluó la concentración de esporas de inoculantes con la cámara de Neubauer (105 a 108 esporas por cm³ de inoculante).

En el establecimiento del experimento. Las semillas de *P. patula* y *P. greggii* fueron mantenidas en refrigeración a 5 °C. Previo a su siembra, fueron tratadas con H₂O₂ al 30 % durante 30 minutos y con agua destilada estéril por 40 minutos. La siembra se efectuó a una profundidad de 2 cm. Se utilizaron contenedores tipo tubete de plástico negro de 62 mm de diámetro, 180 mm de largo y 250 cm³ de volumen (desinfectados por inmersión en alcohol al 90 % durante cinco minutos). El sustrato consistió de suelo agrícola: arena de río en proporción 1:2, previamente esterilizados. El suelo empleado presentó las siguientes características químicas: pH 6.2, contenido de materia orgánica 4.97 %, N total 0.25 %, Ca intercambiable 17.13 Cmolckg⁻¹, Mg

intercambiable 12.47 Cmolckg-1, K intercambiable 0.77 Cmolckg-1, Na intercambiable 0.08 Cmolckg-1 y P intercambiable 2 Cmolckg-1. El inoculante fue colocado a una profundidad de 3 cm. Cada planta fue inoculada con alrededor de 106 esporas. Posteriormente, el inoculante se cubrió con una capa de substrato hasta llenar el contenedor y se adicionó una capa de tezontle esterilizado.

Este experimento se mantuvo en invernadero durante 11 meses con riegos de agua destilada estéril. Se sembraron cinco semillas por tubete y al mes después de la germinación se seleccionó una plántula de 4 cm por tubete para homogeneizar el experimento.

Los métodos para la cosecha y evaluación; las plantas de todos los tratamientos fueron cosechadas: en el caso de *P. patula*, nueve meses después de la siembra y para *P. greggii*, 345 días después de la siembra. Se extrajeron las plantas de los tubetes y se evaluó la presencia y abundancia de micelio externo en la superficie de los cepellones. Se midió la altura y el diámetro del tallo con Vernier. El sistema radical fue examinado con estereomicroscopía para contar el número de raíces cortas ECM y no ECM siguiendo los métodos propuestos por Grand y Harvey (1984). El porcentaje de colonización fue calculado como el número total de raíces cortas formadas por los hongos inoculados/ número total de raíces cortas ectomicorrízicas X 100. La parte aérea y el sistema radical fueron deshidratados para determinar su peso seco. Para el análisis micromorfológico de los morfotipos involucrados en el caso de *P. patula* se utilizaron ectomicorrizas *Suillus pseudobrevipes*, *Laccaria laccata* y *Boletus pinophilus*; los cortes se realizaron con el microtomo de congelación a 45 micras y se elaboraron preparaciones semipermanentes para la caracterización anatómica. En el caso de *P. greggii* se tomaron muestras de las raíces ECM, a partir de las cuales se hicieron preparaciones fijas de acuerdo a la técnica de inclusión en parafina de López *et al.*(1998): se fijaron en FAA, se deshidrataron con alcoholes graduales y xilol, se incluyeron en parafina; se obtuvieron cortes de 9 micras de grosor con microtomo rotatorio, se montaron en portaobjetos, desparafinaron, se hidrataron con alcoholes graduales y tiñeron con safranina y verde rápido. Se hicieron observaciones con microscopía campo claro y de contraste de fases.

- Inóculo miceliar: producido en el laboratorio y consiste en el micelio aislado y cultivado en medios sintéticos. la micorrización con inóculo miceliar por cultivos puros o inoculación vegetativa es posiblemente el método más seguro y más efectivo, con el único agravante de resultar hoy por hoy prohibitivo económicamente (Ruano, 2003).

Este tipo de inóculo se produce en laboratorio por aislamiento y cultivo estéril de tejidos, por germinación *invitro* de esporas o por cultivos de micelios. Una vez conseguido el inóculo se lleva a cabo el tratamiento de vivero como en el caso del inóculo esporal (Ruano, 2003).

Trabajo de laboratorio que se realizó en el laboratorio del Departamento de Parasitología, de la UAAAN.

Se colectaron muestras con micelios en el bosque de *Pinus arizonica*. El área de colecta se encuentran en el Ejido Jagüey de Ferniza, municipio de Saltillo, Coahuila, aproximadamente a una hora de la universidad, rumbo a la carretera 54 México, se encuentra entre los paralelos 25° 14' 58"N y entre los meridianos 100° 55' 27" W.

La recolección de las hifas se realizó de forma manual y se colocaron en las bolsas de papel debidamente etiquetadas con fecha y lugar de colecta. Una vez colectados se trasladaron a las instalaciones del invernadero del campus universitario, y se colocaron dentro del invernadero con las condiciones que allí se trabajan.

Posteriormente se pasó a la identificación morfológica que se llevó a cabo en el laboratorio del departamento de Parasitología, tomando muestras pequeñas de hifas depositándolo en cajas Petri.

Existen medios de cultivo para saber identificar el género del hongo, se realizaron en una cámara de transferencia, esto se hace para no contaminarse con otros agentes dañinos, esta cámara cuenta con un mechero que nos sirve para desinfectar el azar, para tomar la muestra de las hifas, ya que son tan pequeñas, lo primero que se hizo es agarrar una caja petri que contiene Papa Dextrosa Agar (PDA) y se depositaron 4

muestras. En una siguiente caja que contiene Agar Nutritivo (AN) se depositaron 4 muestras más, se pasó a sellar las cajas y se llevó a la incubadora que está a 25 ° -27° C, para que se empiecen a desarrollar.

Después de una semana se hizo la preparación de laminillas para ver si el producto comercial estaba activo para empezar el experimento de la inoculación, de cada una cajas Petri se tomaron una pequeña muestra del producto, con alfileres, después se colocaron en el porta objetos cada una de ellas, se pasa a cubrir con sus respectivos cubreobjetos, posteriormente se llevó al microscopio para ver hongo e identificarlo.

También se les agrego una gota de lacto fenol para teñir los hongos y ver con más claridad en el microscopio con sus diferentes enfoques (4 x, 10 x, 40 x y 100 x). De acuerdo a los trabajos que se hicieron en el laboratorio del departamento de Parasitología se identificó que pertenece al género *Trichoderma*. Este hongo es un agente antagonista de patógenos y también estimulan el crecimiento radicular.

- Capacidad infectiva de 6 cepas de *Pisolithus tinctorius*, en relación a la cantidad de glucosa presente en el medio de cultivo.

Las cepas utilizadas en este ensayo fueron: 3SR, 30AM, PtF3, CA01EU, Mx y U8. Se utilizaron dos tipos de inóculo, el primero es miceliar producido en turba y vermiculita y el segundo fue suspensiones miceliars. En el caso de las suspensiones miceliars, al medio de cultivo se le añadió 1,5 g de agar/l para favorecer el crecimiento del hongo y, una vez crecido éste, se fragmentó durante unos pocos segundos para homogeneizar la suspensión. Para los dos tipos de inóculo, el medio MMN fue producido con la cantidad normal de glucosa (10 g), según fórmula original, y con la mitad de glucosa (5 g). La dosis de inóculo para el micelio producido en turba y vermiculita fue de 25 ml inóculo/alveolo y de 10 ml inóculo/alveolo en el caso de las suspensiones miceliars. Para cada tratamiento se dispusieron 2 bandejas de poliestireno expandido, con un total de 112 plantas por tratamiento (Carrillo, 2000).

En todas las cepas ensayadas, y para los dos tratamientos, el número de planta micorrizada al aplicar el inóculo en forma de suspensiones miceliales fue muy bajo. En cambio, al utilizar como inóculo turba y vermiculita, los porcentajes de planta micorrizada fueron sensiblemente más elevados. Para producir inóculo en programas de inoculación en viveros, es conveniente disminuir la cantidad de glucosa en el medio. De esta forma, se pretende conseguir que el hongo sea más agresivo favoreciendo así el establecimiento de la simbiosis micorrízica (Carrillo, 2000).

Con las cepas fúngicas y especie vegetal ensayadas, no se observaron diferencias, ni en el porcentaje de plantas micorrizadas, ni en el número de raíces cortas micorrizadas, en general, los inóculos que mejores resultados producen son el inóculo sólido con la cantidad mayor de glucosa en el medio. Las suspensiones miceliales o “slurries”, no parecen funcionar con *P. tinctorius*(Carrillo, 2000).

5.5 Factores que Afectan la Asociación

Los factores que afectan a la raíz son los mismos que inciden en la micorriza, entre las cuales está el potencial fotosintético, la fertilidad del suelo, y la intensidad luminosa elevada, las pequeñas raíces a pesar de que contienen pocos azúcares simples, crecen rápidamente debido a la fertilidad de suelo y la presencia de la micorriza. A su vez, el crecimiento del hongo simbiote está regulado por la temperatura, el pH, la humedad extrema y la presencia de ciertos organismos antagónicos en áreas cercanas a la raíz. Es evidente que la pérdida del suelo implica la pérdida de comunidades de microbios que participan en la dinámica de este ecosistema. De igual manera, la pérdida de árboles del bosque rompe con todas estas relaciones y favorece la erosión, lo que establece una cadena de destrucción y deterioro, que de no ser atendida a corto plazo se corre el riesgo de favorecer los procesos de desertificación (Cruz, 1999).

El factor a tener en cuenta es definir las cepas micorrízicas nativas para las inoculaciones de cada especie o cepa. Si esto no se tiene en cuenta es posible que el

hongo inoculado en el vivero sea desplazado en el campo por otros hongos más adaptados al medio (Molina *et. al.*, 2005).

5.5.1 La influencia del pH.

El pH es considerado como una de las propiedades químicas más importantes del suelo, debido al significativo efecto que ejerce tanto sobre las características físicas, químicas y biológicas de éste, como también sobre el rendimiento de los cultivos. Esta variable puede determinar desde el punto de vista biológico el tipo de organismo que se desarrolle sobre un suelo, debido a su significativa influencia sobre la disponibilidad de nutrientes. Los hongos y el grupo de bacterias-actinomicetos constituyen los dos grandes grupos de microorganismos del suelo y el predominio de uno u otro grupo depende de las condiciones locales, especialmente del pH y del contenido de humedad. Se debe tener presente que el desarrollo y actividad de los hongos micorrízicos puede verse afectado por diversos factores del sitio, y que además cada especie fúngica (cepa o ecotipo) tiene sus propias limitaciones ecológicas, existiendo por ello algunos más benéficos que otros en determinadas condiciones ambientales. Por ello la adecuada selección de las especies de hongos micorrízicos como simbiosistas y su posterior manipulación, tanto en laboratorio como en vivero, pueden ser aspectos claves para lograr con éxito el establecimiento de muchas especies vegetales en campo (Pereira *et. al.*, 2007).

El pH del suelo es muy importante porque influye en la población microbiana, así como en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, entre otros, considerándose que la mayoría de los nutrientes están disponibles para las plantas a los pH de 6.5 a 7.5. Sin embargo, la intervención del hombre induce cambios importantes en el pH edáfico, la susceptibilidad de las plántulas a ser micorrizadas depende de factores ambientales y químicos como disponibilidad de nutrientes, temperatura y pH, donde la tolerancia de los hongos a estos factores puede influir en la colonización y establecimiento de las micorrizas. Cada tipo de hongo puede tener diferentes reacciones en cada valor de pH, pero la información concerniente al pH

óptimo necesario para el establecimiento de una simbiosis entre un hongo y las raíces de su hospedero es todavía limitada (Vázquez *et. al.*, 2002).

El pH del suelo y el uso de especies vegetales o fúngicas determinadas, no es un factor crítico para el proceso de micorrización. Es cierto que cada hongo tiene un óptimo de crecimiento a un determinado pH, pero su viabilidad suele estar asegurada en un amplio rango que va de cuatro a seis (Parladé, 1992; Pera 1992).

5.6 Factores que Afectan al Desarrollo de la Micorrización en Vivero

A) Sustrato

El sustrato utilizado en los viveros debe adaptarse de manera que permita una aireación y drenaje suficientes para el buen desarrollo del micelio fúngico, característicos que también son imprescindibles para un buen desarrollo de la planta. Normalmente, una mezcla de turbas, en las que predomine la turba de esfagno, o mezclas 1:1 v/v de turba /vermiculita o perlita, son compatibles con la formación de micorrizas (Carrillo, 2000).

B) Riego

Las ectomicorrizas facilitan el transporte de agua a las raíces de la planta hospedante, ya que las hifas extramatriciales y los rizomorfos actúan como extensiones del sistema radical y se comportan como estructuras de absorción de agua y nutrientes (Carrillo, 2000).

C) Pesticidas

Muchos de los fungicidas que se utilizan en vivero para controlar las enfermedades que afectan a las plantas, pueden afectar también al desarrollo de ectomicorrizas. Los fungicidas que afectan al hongo micorrízico o a la formación de micorrizas pueden influir en la productividad del vivero mejorándola o empeorándola (Carrillo, 2000).

D) Fertilización

Las concentraciones de fósforo y nitrógeno en el suelo influyen directamente en el desarrollo de las micorrizas. Varios experimentos, en los que se compararon diferentes niveles de fertilización en plántulas producidas en contenedor, muestran que la formación de micorrizas está relacionada con los niveles de N y P añadidos al cultivo. Estos nutrientes, también pueden afectar a los hongos indirectamente, puesto que la asimilación de nutrientes consume energía y carbohidratos, lo cual puede reducir el carbono disponible para el desarrollo de la cepa fúngica. Altos niveles de nitrógeno y fósforo, reducen la cantidad de carbohidratos en las raíces a niveles demasiado bajos para mantener al hongo simbiote (Carrillo, 2000).

VI. TRABAJOS SOBRE ECTOMICORRIZACIÓN

Carrera y López (2004), establecieron la capacidad simbiótica de hongos ectomicorrízicos con *Pinus patula* y *Pinus greggii* en este trabajo se evaluaron ocho hongos ectomicorrízicos, los cuales se seleccionaron debido a su amplia distribución y comestibilidad. Los porcentajes de colonización micorrízica variaron entre especies de 9 a 66 %. Las plantas inoculadas con *Laccaria laccata* y *Suillus pseudobrevipes*, presentaron un mayor porcentaje de colonización y desarrollaron un micelio externo abundante; el método de inoculación que se utilizó fue la de inóculo esporal.

Para la obtención del inoculante, posterior a su identificación, los cuerpos fructíferos fueron deshidratados y molidos (el tamaño de las partículas se homogeneizó con un tamiz de 1 mm). Se evaluó la concentración de esporas de inoculantes con la cámara de Neubauer (105 a 108 esporas por cm³ de inoculante). Las plantas inoculadas, independientemente de la especie de hongo ECM utilizado, tuvieron mayor altura, diámetro del tallo y peso seco total que las plantas no inoculadas.

Ocañas *et al* (2002), encontraron por primera vez 51 especies de macromicetos pertenecientes a 19 familias y 42 géneros, que se asocian al bosque de *Pinus culminicula* a 3650 m.s.n.m. en el cerro El potosí.

Molina *et al* (2005), encontró que el manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles silvopastoriles encontró, que en su menor aplicación de fertilizantes, riego y pesticidas, lo que permite un sistema de producción más rápido, limpio y eficiente, que aumenta la sostenibilidad de los cultivos, convirtiéndose en una estrategia válida para entregar a los agricultores.

Magaña (1999), encontraron que en *Pinus halepensis* el diámetro fue mayor en las plantas inoculadas en vivero, que en las plantas no inoculadas, y para *Pinus pinea* el diámetro fue mayor en las plantas inoculadas en vivero que en las plantas no inoculadas, al igual que las otras variables que evaluó, tales como la altura, y la longitud de las raíces.

Meraz, González (1999) señala que en la germinación de *Pinus arizonica* en semillero para condiciones de invernadero, se recomienda utilizar mezclas de sustrato de arena de río esterilizada y tierra de monte, previamente harneadas con malla fina, en proporción de 3:1, ya que esta última favorece la micorrización de las plántulas en sus primeras etapas de desarrollo. (Citado por Sánchez, 2003).

Del Carmen *et al.*, (1997) realizaron el proyecto de Hongos ectomicorrízicos asociados a *Abies guatemalensis*, *Pinus rudis* y *Pinus ayacahuite* de la Sierra de Los Cuchumatanes y su aprovechamiento para la producción de planta forestal micorrizada, identificaron, aislaron y cultivaron hongos ectomicorrízicos asociados a las especies, de la Sierra de los Cuchumatanes, para producir inóculos que favorezcan el cultivo de planta forestal micorrizada de estas especies. En donde se identificaron 13 géneros de hongos micorrízicos asociados a *Abies* y 11 géneros asociados a *Pinus rudis*. El endemismo parece ser una cualidad en la micoflora de los lugares mencionados, principalmente en los géneros *Amanita*, *Cortinarius*, *Gomphus*, *Inocybe*, *Hydnum*, *Lactarius* y *Russula*, así como en otros géneros no micorrízicos. Se detectó una buena cantidad de géneros de hongos ectomicorrizógenos en *Abies guatemalensis* y *Pinus rudis*.

Cuadro 6. En los bosques de *Abies guatemalensis* y de *Pinus rudis* se encontraron los siguientes ejemplares de hongos micorrízicos (Del Carmen *et al.*, 1997)

Bosques de <i>Abies</i>	Bosques <i>Pinus rudis</i>
<i>Lactarius salmonicolor</i>	<i>Lactarius aff. Deliciosus</i>
<i>Lactarius mexicanus</i>	<i>Lactarius spp.</i>
<i>Lactarius aff. uvidus</i>	<i>Cantharellus cibarius</i>
<i>Lactarius spp.</i>	<i>Lactarius aff. Laccata</i>
<i>Gomphus aff. floccopus</i>	<i>Lactarius aff. Bicolor</i>
<i>Cantharellus cibarius</i>	<i>Cortinarius spp.</i>
<i>Russula olivaceae</i>	<i>Inocybe spp.</i>
<i>Russula aff. queletii</i>	<i>Hysterangium sp.</i>

<i>Russula spp.</i>	<i>Russula spp.</i>
<i>Hydnum aff. repandum</i>	<i>Thelephora sp.</i>
<i>Hydnum aff. umbilicatum</i>	<i>Suillus sp.</i>
<i>Amanita aff. rubescens</i>	<i>Ramaria spp.</i>
<i>Amanita spp.</i>	<i>Boletus sp.</i>
<i>Ramaria sp.</i>	
<i>Boletus sp.</i>	
<i>Tricholoma aff. terreum</i>	
<i>Tricholoma spp.</i>	
<i>Cortinarius aff. violaceus</i>	
<i>Cortinarius spp.</i>	
<i>Inocybe spp.</i>	
<i>Dermocybe spp.</i>	
<i>Thelephora sp.</i>	

Díaz *et al.*, (2004) evaluaron la micorrización controlada en *Pinus halepensis*, micorrizados con las especies fúngicas *Pisolithus tinctorius*, *Suillus mediterraneensis*, *Suilluscollinitus* y *Rhizopogon roseolus*. para mejorar las técnicas de restauración de la cubierta vegetal en los ecosistemas semiáridos del Sureste Peninsular, los resultados fueron durante los 3 años siguientes de la plantación y se observó una mayor supervivencia de las plantas micorrizadas (71-93%) respecto de las no micorrizadas (50%). En general, las plantas inoculadas con *Suillus* y *Rhizopogon* mostraron un incremento significativo en los parámetros de crecimiento con respecto a las plantas control hasta tres años después de la fecha de plantación. Se utilizaron dos tipos de inoculación que fueron: el miceliar y el esporal. Para el primero se utilizó una dosis 1/10 en proporción de volumen de sustrato del contenedor, el segundo método la dosis de inoculación utilizada fue de 1,2 X10¹⁰ esporas/planta y se aplicó mediante inyección

sobre el sistema radical. El control de la micorrización se llevó a cabo a los seis meses de inoculación, mediante la estimación del porcentaje de micorrización de todas las plantas.

Cuadro 7. Parámetros morfométricos de *P. halepensis* micorrizadas y no micorrizadas (técnica de cultivo A) valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p < 0.05$) (Díaz *et al.*, 2004)

Tratamiento	1 mes después de plantación			1 año después de plantación			2 años después de plantación		3 años después de plantación	
	Altura (cm)	Diametro (mm)	Ramas (n°)	Altura (cm)	Diametro (mm)	Ramas (n°)	Altura (cm)	Diametro (mm)	Altura (cm)	Diametro (mm)
Control	11.8 a	2.3 a	7.7 ab	22.5 a	4.1 ab	11.5 ab	30.1 a	6.9 ab	37.4 a	10.3 a
<i>P. tinctorius</i> 30 AM	11.7 a	2.6 bcd	7.4 a	29.1 bc	4.9 cde	12.1 ab	36.3 abc	7.0 ab	37.8 a	11.7 ab
<i>P. tinctorius</i> 11 AM	12.1 a	2.7 cd	7.8 ab	22.8 a	4.4 abc	10.1 a	33.7 ab	5.9 a	44.3 abc	15.5 c
<i>P. tinctorius</i>	12.8 abc	2.8 d	8.6 b	25.5 ab	3.9 a	12.6 ab	34.3 ab	6.3 a	43.2 ab	10.4 a
<i>R. roseolus</i> 32 AM	12.5 ab	2.5 abcd	7.1 a	28.4 bc	4.6 bcd	13.8 ab	39.9 bcd	8.1 bc	52.6 bcd	13.9 bc
<i>R. rubescens</i> 33 AM	13.5 bc	2.5 abc	8.5 b	28.0 b	4.5 abc	14.7 b	41.4 cd	8.8 cd	56.6 d	14.4 bc
<i>S. mediterraneensis</i> 35 AM	13.8 c	2.4 ab	7.9 ab	28.3 bc	4.3 abc	13.4 ab	40.0 bcd	7.9 bc	48.8 bcd	12.6 abc
<i>S. collinitus</i> 34 AM	14.9 d	2.5 abcd	8.0 ab	33.1 cd	5.2 de	13.5 ab	45.2 d	9.0 cd	53.9 cd	13.9 bc
<i>S. collinitus</i> J3-15-32	15.9 e	2.7 bcd	8.6 b	34.5 d	5.4 e	14.6 b	45.7 d	9.7 d	58.4 d	15.4 c

Cuadro 8. Parámetros morfométricos de *P. halepensis* micorrizadas y no micorrizadas (técnica de cultivo B) valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p < 0.05$) (Díaz *et al.*, 2004)

Tratamiento	1 mes después de plantación			1 año después de plantación			2 años después de plantación		3 años después de plantación	
	Altura (cm)	Diametro (mm)	Ramas (n°)	Altura (cm)	Diametro (mm)	Ramas (n°)	Altura (cm)	Diametro (mm)	Altura (cm)	Diametro (mm)
Control	12.5 b	2.4 b	6.9 a	17.4 a	3.5 a	9.2 a	21.5 a	4.3 a	25.9 a	7.7 a
<i>P. tinctorius</i>	12.9 b	2.3 b	5.2 a	19.3 a	3.5 a	10.5 a	27.6 ab	5.8 bc	32.8 ab	9.1 ab
<i>R. roseolus</i> 13 AM	13.9 b	2.5 b	5.1 a	18.9 a	3.7 a	12.2 a	25.0 ab	5.2 ab	30.8 ab	8.3 a
<i>R. roseolus</i> 26 AM	13.7 b	2.5 b	5.5 a	21.7 a	3.9 a	12.7 ab	29.0 ab	6.9 c	38.1 b	11.9 b
<i>S. mediterraneensis</i> 22 AM	10.5 a	1.9 a	5.5 a	17.5 a	3.3 a	10.3 a	30.3 b	6.3 bc	31.3 ab	9.5 ab

Pardavé *et al.*, (2007) Contribuyeron al Conocimiento de los Hongos (Macromicetos) de la Sierra Fría, Aguascalientes; de la cual se identificaron 372 especies colectadas en el área natural protegida Sierra Fría correspondientes a las subdivisiones *Ascomycotina* y *Basidiomycotina*. En *Ascomycotina* el número fue de 22 especies, con 8 líquenes y *en basidiomycotina* 302, con solo 40 *gasteromycetidae*. Se registraron 12 especies micorrízicas, 106 comestibles, 34 venenosas, 36 destructoras de madera y 104 no comestibles. Siendo colectadas la mayoría en bosques de encino.

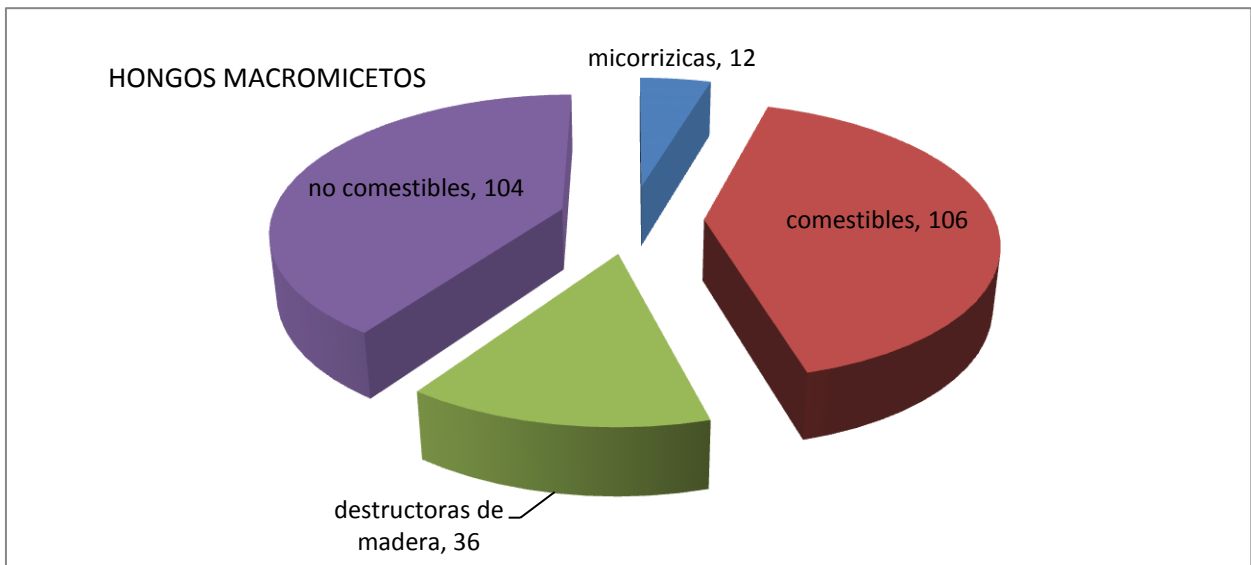


Figura 10. Especies de hongos que se registraron, en la Sierra Fría Aguascalientes (Pardavé *et al.*, 2007).

VII. ANALISIS DE INFORMACION CONSULTADA

En esta monografía de Hongos ectomicorrízicos (ECM), al realizar todas las consultas se encontraron un total de 55 bibliografías. Esta monografía se dividió en cinco apartados que se mencionan a continuación:

El primer apartado consistió en la descripción de los hongos micorrízicos, se encontraron 23 autores correspondientes a un 41.81% del total de los autores citados; el segundo apartado es relacionado a la taxonomía de los hongos ectomicorrízicos, que cuenta con siete autores, que corresponde al 12.72% del total de los autores citados; por otro lado se tiene los beneficios de la micorrización, que cuenta con nueve autores, representando un 16.36% del total de los autores citados; también se tienen los métodos de micorrización con 17 autores encontrados, que pertenecen al 30.90% del total de los autores citados; y por última parte se tiene el tema trabajos sobre ectomicorrización, con ocho autores, que corresponde al 14.54% de los autores totales en esta monografía (Cuadro 9).

Cuadro 9. Autores de los temas revisados en la monografía y sus totales.

Temas revisados	Autores	Total
2. DESCRIPCION DE HONGOS MICORRIZICOS	Gastón (1985); Romero (1993); Honrubia (2009); Andrade et al., (2009); Read y Pérez-Moreno (2003); Kugler (1986); Castellano (1989); (Vacacela, S/F); Peñuelas (2000); Camargo (1999); Cruz (1999); Molina et al., (2005); Trappe (1977); Martín et al., (2000); García y Honrubia (1998); Fernández et al., (2005); Ocañas et al (2002); Moreno y Read (2004); Plascencia (1995); Rodríguez et al., (2004); Carranza (2006); Cuenca et al., (2007) y Aguilera et al., (2007).	23
3. TAXONOMIA DE LOS HONGOS ECTOMICORRIZICOS ECM	Carrillo (2003); Alexopoulos (1995); Alexopoulos (1979); Romero (1993); Kirk (2001); Webster (1980) y Carranza (2006).	7
4. BENEFICIOS DE LA MICORRIZACION	Carlile (2001); Harley (1983); Carrera y López (2004); Moreno y Read (2004); Zapata y Guadarrama (2004); Molina et al., (2005); Magaña (1999); Cruz (1999) y Peñuelas y Ocaña (2000).	9
5. METODOS DE MICORRIZACION	Plascencia (1995); Aguilera et al., (2007); Cruz (1999); Salas y Blanco (2000); Ferrera et al., (2001); Molina et al., (2005); Cuenca et al., (2002); Verdugo (2000); Alarcón et al (2004); Ruano (2003); (castellano y Molina, sin fecha); Carrera y López (2004); Pereira et al., (2007); Vázquez et al., (2002); Parladé, (1992) Pera (1992) y Carrillo, (2000).	17
6. TRABAJOS SOBRE ECTOMICORRIZACION	Carrera y López (2004); Ocañas et al (2002); Molina et al (2005); Magaña (1999); Sánchez (2003); Del Carmen et al., (1997); Díaz et al (2004) y Pardavé (2007).	8

En la primera parte que corresponde a la descripción de los hongos micorrízicos, se encontraron 23 autores, la cual pertenece al 41.81%, del total de los autores citados, en este apartado podemos darnos cuenta que existe mayor información recopilada; ya que los hongos micorrízicos son de gran interés en la investigación, por lo que estos son aportadores de nutrientes a las plantas en donde se lleva a cabo la simbiosis, en donde ambos salen beneficiados a esto se le conoce como micorriza la cual significa Hongo-Raíz. Se sabe que 95% de las especies vegetales del mundo utilizan la simbiosis micorrízica como estrategia de desarrollo desde hace 400 millones de años, entonces la mayoría de las plantas no pueden vivir solas si no que es necesario estar asociadas con los hongos. Los hongos ectomicorrízicos son de gran importancia para las especies forestales, por la cual es necesaria la realización de estudios micorrízicos, de acuerdo a la recopilación de información se puede ver que no existen investigaciones a fondo de este tipo en la universidad.

Con respecto al segundo apartado se refiere a la taxonomía de los hongos ectomicorrízicos, se encontraron siete autores que pertenece al 12.72% del total de los autores citados, se puede ver que es la información más baja, pero que están descritas de manera general cada uno de los *Phillum* de los hongos ectomicorrízicos, las asociaciones micorrízicas que se dan en arboles de bosque se da típicamente por los *Basidiomycetos* superiores, por la cual es la que más nos interesa seguir estudiando. En donde se muestra cómo se reproducen cada uno de estos, también este apartado tiene mucha relación con el primer tema antes mencionado.

Por otro lado se tiene los beneficios de la micorrización, se encontraron nueve autores, representando un 16.36% del total de los autores citados; por lo que en este apartado existe información valiosa sobre el conocimiento de las ventajas nutricionales de la micorrización, con base a estos datos se conoce la importancia ecológica en la asociación ectomicorrízica, para mejorar la capacidad de la planta en la adquisición de nutrimentos minerales y agua del suelo, reducción de la toxicidad de metales pesados así como el incremento a la resistencia de las plantas a patógenos e incremento del crecimiento de la planta, para la repoblación de áreas degradadas, que hoy en día nos

estamos enfrentando a grandes deforestación por diferentes factores ambientales y humanos.

El siguiente apartado son los métodos de micorrización, se encontraron 17 autores, que pertenece al 30.90% del total de los autores citados; en este punto existe información insuficiente en cuestión sobre métodos mexicanos, ya que la información recopilada son de diferentes países, por lo que es necesario realizar experimentos con diferentes métodos, ya que es lo más importante para que la colonización de las plantas sea un éxito, para esto se debe de tener buena planeación para que no nos lleve al fracaso. Los tipos de inóculos brutos son los más económicos pero los menos aconsejables ya que se puede tener un error en elegir si es o no la correcta para la planta, ya que por otro lado pueden ser dispersores de patógenos y su control es difícil. Lo conveniente para los viveristas es comprar productos micorrízicos para que la planta tenga una colonización excelente, pero los costos son mayores. Por otro lado el PH es uno de los factores que se deben de considerar para que las esporas tengan una colonización, pero se considera que no es un factor crítico, la viabilidad en la que tiene buen crecimiento el rango va de cuatro a seis. Pero no es receta ya que cada hongo tiene un óptimo de crecimiento a un determinado pH.

El último tema referente a los trabajos sobre ectomicorización, se encontraron ocho autores, que corresponde al 14.54% de los autores totales, en este apartado se muestran algunos estudios realizados en especies de coníferas, pero se sabe que no existen muchos estudios sobre los pinos en México, ni mucho menos en el estado de Coahuila, existen muchas estudios pero son sobre hongos endomicorrízicos. Se recomienda se realicen estudios sobre las ectomicorrizas en especies forestales, ya que puede ser una de las probables soluciones, en combinación de otras acciones, para tratar de conservar especies que están en peligro de extinción, la cual se pueden realizar en el vivero/invernadero forestal del Departamento Forestal, UAAAN.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilera, G., L. I. Víctor. O, P. M. Rubí A y Rogelio C, A., 2007. Micorrizas Arbusculares. Ciencia Ergo Sum. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Vol. 14(003) pp. 300-306.
- Alarcón *et al.* 2004. MICORRIZAS. Parte II. 40 P. http://www.ctpf.cl/publicaciones-forestales/doc_download/10-alarcon-et-al-2004-texto-parte-ii-micorrizas.html (Fecha de acceso 05 de Febrero 2012).
- Alexopoulos C, J and Mins. 1995. "Introduction to Mycology". Redactado por el Dr. Orlando Popoff, Instituto de Botánica del Nordeste, Corrientes, Argentina. <<http://fai.unne.edu.ar/biologia/fungi/fungi.htm>> (fecha de acceso el 28 enero 2012).
- Alexopoulos C, J. 1979. Introducción a la micología. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Tercera edición. Argentina. 615 p.
- Camargo R, S, L. 1999. Hongos Micorrizógenos Arbusculares, Departamento de biología, división de CBS, UAM-1. México D.F. Vol. 31. Pp. 62-67.
- Castellano, M., and R. Molina. 1989. "Mycorrhizae". In: Landis, T., R. Tinus, S. Mc. sin página.
- Castellano, M. A y Molina, R. [sin fecha] Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor. Volumen Cinco. El Componente Biológico: Plagas, Enfermedades y Micorrizas en el Vivero. Capítulo 2 Micorrizas. pp. 94-149.
- Carlile M J, Watkinson S C and Gooday GW. 2001. The Fungi. 2nd. ed. Academic Press, San Diego. Sin página.
- Carrera N, A y G. F. López. 2004. Manejo y Evaluación de Ectomicorrizas en especies Forestales, Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. vol. 10 (002). Pp. 93-98.
- Carranza D. Z. 2006. Selección e identificación de especies de hongos ectomicorrizógenos del estado de Hidalgo, más competentes en medio de cultivo sólido. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Instituto de Ciencias Agropecuarias. Tulancingo de Bravo, Hidalgo. 110 p.
- Carrillo S. C. 2000. Técnicas de micorrización en vivero con hongos ectomicorrícicos. Experiencias realizadas en el Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", ministerio de medio ambiente. Tercer Curso Avanzado de Viveros y Producción de Planta Forestal. Guadalajara, España. 19 p.
- Carrillo L. 2003. Microbiología Agrícola. Capítulo 7. 14 p.

- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO. 847 p.
- Cruz U, B, S.1999. Micorrización en la conservación de los bosques, revista científica multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Vol.VI (2) pp. 159-164
- Cuenca G., Z de Andrade., M Lovera., L Fajardo., E Meneses., M Márquez y R Machuca. 2002. El uso de arbustos nativos micorrizados para la rehabilitación de áreas degradadas de la gran sabana, estado Bolívar, Venezuela. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. Vol. 27(004) Pp. 165-172.
- Díaz E, G., A. Gutiérrez A y M. Honrubia G. 2004. Utilización de micorrización controlada en la reforestación de un suelo agrícola con pino carrasco. Dpto. Biología Vegetal-Botánica. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. Murcia, España. Vol. 17, pp. 151-156.
- Del Carmen B, M., R. Flores A., E. Rodríguez y F. O. Culajay. 1997. Hongos Ectomicorrizicos Asociados a *Abies guatemalensis*, *Pinus rudis* y *P. ayacahuite*, de la Sierra de los Cuchumatanes y su aprovechamiento para la producción de planta forestal micorrizada. Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación–Digiinstituto de Investigaciones Químicas y Biológicas-IIQB. Guatemala. 24 p.
- Fernández, N., S. Fontenla y M. I.Messuti. 2005. Micorrizas en pteridofitas de los bosques templado-lluviosos del Noroeste de Patagonia,II Convención Ambiental Universitaria Patagónica. 24 de junio de 2005. 7p.
- Ferrera C. R y Alarcón A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. Revista científica multidisciplinaria. Universidad Autónoma del estado de México, Toluca, México. Vol. 8 (2) Pp. 175-183.
- García, R. J, L., J. Pérez M., A. Aldrete., V. M. Cetina A y H. Vaquera H. 2006. Caracterización del Hongo Silvestre Ectomicorrízico *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker et Couch en cultivo y en simbiosis con Eucalipto y Pino. Agrociencia. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México. Vol. 40(005) pp. 665-676.
- García, G y Honrubia, M. 1998. Investigación y docencia sobre micorrizas en España en 1996. Dpto. Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España. Revista Iberoamericana Micol. Vol. 15, Pp.243-247.
- Gastón G. 1985, Hongos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del I.P.N. Editorial Limusa. (Sin página)
- Honrubia, M. 2009.Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura Más de 400 millones de años. Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de

Biología, Campus de Espinardo Universidad de Murcia, E-30100.Murcia, España.
Vol. 66S1. Pp. 133-144.

Harley JL, Smith SE. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London. 483 p.

Kirk P M., Cannon P F., David J C., Staplers J A and Ainsworth & Bisby's. 2001.
Dictionary of the Fungi. 9° ed. CAB International, Wallingford.

Kugler, Marianne. 1998. micorrizas: Abono con hongos. Universidad de Laval.
Quebec, Canadá. pp. 5-6.

Magaña, M. S.1999.Crecimiento y supervivencia de repoblaciones forestales sobre
terrenos agrícolas con *Pinushalepensis* Mill. Y *Pinus pinea* L. producidos en vivero
sobre diferentes sustratos e inoculados con *Rhizopogon roseolus* (Corda) Th.
M.Fr. Universidad de Lleida, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria,
Trabajo Practico Tutorado. 77p.

Martín J., I. García R., J.M. Garcia G y J.A. Ocampo. 2000. Influencia de micorrizas
arbusculares sobre la fitotoxicidad del alperujo seco y extractado; III jornadas
mediterráneas de olivar ecológico-ecoliva 2000; departamento de microbiología,
estación experimental del zaidín, profesora albareda 1, 18008 granada. Pp.1-7.

Marx, D. H., J. L. Ruehle, and C. E. Cordell. (1994). Methods for studying nursery and
field response of trees to specific ectomycorrhiza. In: Techniques for Mycorrhizal
Research: Methods in Microbiology. Norris, J. R., D. Read, and A. K. Varma (eds).
Academic Press, London. Pp 383–411.

Mittermeier, R., N. Myers, P. Robles-Gil y C.G. Mittermeier. 1999. Biodiversidad
amenazada:Las ecorregiones terrestres prioritarias del mundo.Agrupación Sierra
Madre, S.C., CEMEX, S.A. de C.V., México, D.F. 431 p.

Molina L, M., Z, Esp., L. Mahecha L., Zoot., MSc y M. Medina S. 2005. Importancia del
manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas
silvopastoriles; revista colombiana de ciencias pecuarias. Universidad de
Antioquia. Facultad de ciencias Agrarias. Vol.18 (2) Pp.162-175.

Moreno P, J y Read J D. 2004, Los hongos ectomicorrizicos, lazos vivientes que
conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. Interciencia. Asociación
Interciencia. Caracas, Venezuela. vol.29 (005) Pp.239-247.

Ocañas G. F., J. García J., E. Estrada C y H. Villalón M. 2002. Macromicetes.
Ectomicorrizas y cultivo de *pinus culminicola* en Nuevo León. Universidad
Autónoma de Nuevo León, Monterrey México. Ciencia UANL, vol. V (002) Pp.
204-210.

Parladé X. 1992Técnicas de Inoculación de Abeto Douglas (*Pseudotsuga menziensis*)
con hongos ectomicorrizicos y su aplicación en reforestación. Barcelona, España:
Universidad Autónoma de Barcelona, (tesis doctoral, Facultad de Biología). 202 p.

- Pardavé D. L.M., L. Flores P., V. Franco E y M Robledo C. 2007. Contribución al Conocimiento de los Hongos (Macromicetos) de la Sierra Fría, Aguascalientes. Investigación y Ciencia de la Universidad de Aguascalientes. núm. 37. Pp. 4-12.
- Peñuelas, R. J.L y Ocaña. B. L. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor, principios y fundamentos. Ediciones mundo-presa, segunda edición, ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid. Pp. 120-127.
- Perea-Estrada, V. M, J. Pérez-Moreno, L. Villareal R, A. Trinidad S, M. L. de la I. de Bauer, V. M. Cetina A y L. Tijerina C. 2009. Humedad edáfica, nitrógeno y hongos ectomicorrízicos comestibles en el crecimiento de pino. Revista Fitotecnia Mexicana 32(2) Pp.93–102.
- Pera J. 1992. Selección de hongos ectomicorrízicos de *P. pinaster* para su aplicación en reforestación. España: Universidad Autónoma de Barcelona, (tesis doctoral, Facultad de Biología). 178 p.
- Pera J., I.F. Álvarez y J. Parlade. 1998. Eficacia del inoculo Miceliar de 17 especies de hongos Ectomicorrízicos para la Micorrización controlada de: *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* y *Pseudotsuga menziesii*, en contenedor. Dpto. de Patología Vegetal. IRTA. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 7 (1 y 2). Barcelona. España pp. 139-153.
- Pereira C, G., J. Herrera S., A. Machuca H y M. Sánchez O. 2007. Efecto del pH sobre el crecimiento in vitro de hongos ectomicorrízicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura, Laboratorio de Biotecnología Forestal, Concepción, Chile vol.28 (3) Pp. 215-219.
- Peñuelas J, L y L. Ocaña, B. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Principios y Fundamentos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. pp. 24-25.
- Plascencia, E., F. Ofelia. 1995. Efecto de la micorrización sobre la respuesta a la sequía en plántulas de Eucalipto. Colegio de Posgraduados. Pp. 7-10.
- Read D. J. and J. Pérez-Moreno. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevant. *New Phytologist* 157: Pp. 475–492.
- Rodríguez G, L. 2006. Interacción micorrizas arbusculares *Trichoderma harzianum* (*Moniliaceae*) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (*Poaceae*), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Live Systems Technology S.A., Bogotá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 11 (1) Pp. 43-54.

- Romero C, S. 1993. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección General del Patronato Universitario, A.C. México. 347 P.
- Ruano, M J.R. 2003. Viveros Forestales. Manual de cultivos y proyectos. Edición Mundi-Prensa. Madrid. 281 p.
- Salas E y Blanco F. 2000. Selección de plantas hospederas y efecto del fósforo para la producción de inoculó de hongos formadores de micorrizas arbusculares por el método de cultivo en macetas, Agronomía Costarricense. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Vol. 24 (001)pp. 19-28.
- Sánchez, M. I. Ricardo. 2003. Estado del conocimiento de Pinus arizonica Engelm. Tesis profesional. División de ciencias forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. 232 p.
- Trujillo C. Carmen.2000.Las micorrizas como procesos simbióticos Escuela de Educación – Universidad de Viña del Mar. 8p.
- Trappe J.M., 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. Ann. Rev. Phytopathol., 15: 203-222.
- Vázquez G, A., G. Santiago M y A, Estrada T. 2002. Influencia en el Ph de quince cepas de hongos ectomicorrizógenos. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito federal, México. Anales del instituto de biología Serie botánica vol. 73 (001) Pp.1-15.
- Vacaela Q, V. M. [Sin Fecha] Tipos de Micorrizas. Universidad de Pinar del Río “Hnos.Saiz Montes de Oca”. Facultad de Forestal y Agronomía. Sin página.
- Verdugo. O, Vicente. 2000. Efecto de los ácidos Húmicos y Fúlvicos sobre hongos micorrizicos arbusculares en chile ancho cv gigante. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Pp. 16-17.
- Webster J. 1980. Introduction to Fungi. 2°ed. University Press, Cambridge, New. York. 669 p.
- Zapata R. J y P. Guadarrama, 2004.Los hongos micorrizógenos arbusculares en la restauración de comunidades tropicales, Universidad y Ciencia, número especial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México. Pp. 59-65.

Citas del glosario

Carreón A, Y., M. Gómez P., S. Fernández P., V. M. Gómez R y E. Garay S.
2001. Manual de Prácticas de Laboratorio de Micología. Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. Morelia, Michoacán. 40 P.

Alexoupoulus C, J. 1979. Introducción a la micología. Editorial Universitaria de Buenos
Aires. Tercera edición. Argentina. 615 p.

Romero C, S. 1993. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección
General del Patronato Universitario, A.C. México. 347 P.

<http://dicciomed.eusal.es/palabra/zigospora>(fecha de acceso 02 de febrero 2012).

www.es.wikipedia.org/wiki (fecha de acceso 02 de febrero 2012).

html.rincondelvago.com/biologia-vegetal_2.html (fecha de acceso 02 de febrero 2012).

www.biologia.edu.ar/fungi/fungiclas.htm(fecha de acceso 02 de febrero 2012).

www.buenastareas.com › Ciencia (fecha de acceso 02 de febrero 2012).

www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/glosario.html(fecha de acceso 02 de
febrero 2012).

<http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070730131018AANyuG0>

IX. ANEXO

9.1 Glosario de Términos Micológicos

Arbustular: Crecimiento o desarrollo en forma de arbusto.

Aplanospora: Espora sin movimiento.

Artrospora: Espora que resulta de la fragmentación de una hifa.

Asca (O): Estructura en forma de clava o saco generalmente con ocho ascosporas uní o binucleadas, propia de los ascomicetes. Esporocisto típico de los hongos Ascomycetes, en forma de dedo de guante, en cuyo interior se originan esporas endógenas o ascosporas.

Auxinas: son un grupo de fitohormonas que funcionan como reguladoras del crecimiento vegetal. Esencialmente provocan la elongación de las células

Ascocarpio: Cuerpo fructífero de origen sexual de los ascomicetes. Cuerpo fructífero que contiene ascos.

Ascosporas: Esporas haploides, propias de los hongos ascomicetes, que nacen en el interior de las ascas como resultado de un proceso de reproducción sexual.

Antimicrobiano: agente que destruye microorganismos o impide su multiplicación o crecimiento.

Apresorios: Estructura adhesiva, achatada, a partir de la cual se origina una hifa afilada que rompe la cutícula de una célula epidérmica del huésped por punción permitiendo la penetración del micelio para establecer la infección de un hongo parásito de plantas superiores.

Autótrofo: Organismo capaz de sintetizar materia orgánica a partir de inorgánica

Aseptado o cenocítico: Que carece de tabiques o septos.

Basidio (A): Estructura que lleva basidiosporas, por lo general en número de cuatro.

Basidioma: Un basidiocarpio o basidioma (o en plural: basidiomata) es el esporocarpio de un basidiomicete, que consiste en una estructura multicelular sobre la que se dispone el himenio productor de esporas

Basidiocarpio: Aparato esporífero o cuerpo fructífero de los basidiomicetes que produce basidios y basidiosporas.

Basidiospora: Esporas haploides, propias de los hongos basidiomicetes, que se producen en los basidios como resultado de un proceso de reproducción sexual.

Clamidospora: es un tipo de espora de paredes gruesas de varias clases de los hongos. Es una etapa del ciclo vital del organismo que sobrevive en condiciones desfavorables, tales como estaciones secas o cálidas.

Cenocítico: Un talo en que los núcleos se encuentran incluidos en un citoplasma común, continuo, sin estar separados por tabiques o septos transversales (la mayoría de los zigomycota son cenocíticos).

Cigospora: Espora de latencia, contenida en el cigosporangio, que resulta de la fusión de los gametangios en los zygomicetes.

Conidióforo: Hifa diferenciada de las hifas somáticas que llevan conidias (conidiospora) apicales o laterales.

Conidios: (conidiosporas): espora asexual, no móvil, esporas asexuales de los, Ascomicetes y Basidiomicetes.

Coloide: El nombre de coloide proviene de la raíz griega kolas que significa «que puede pegarse». Este nombre hace referencia a una de las principales propiedades de los coloides: su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos.

Columella: (L. *columen* = columna): estructura estéril dentro de un esporangio u otro fructificación; a menudo una prolongación del pie.

Cuerpo hifal: Fragmento del micelio de los zygomicetes, los cuales crecen por medio de fisión y gemación y finalmente producen conidioforos.

Doliporo: Engrosamiento del tabique en la parte central de una hifa, formando un conducto con forma de barril con los extremos abiertos. Característico de Basidiomycotina.

Dicariótica: Célula de complemento cromosómico $n+n$, Término referido a una célula que lleva un par de núcleos estrechamente asociados, cada uno por lo general originado en células madres diferentes y que no se fusionan. Sería el estado hifal dominante en los Basidiomycotina. El dicarion es funcionalmente diploide pero citológicamente dicariótico o $n+n$.

Espermatización: plasmogamia que se produce por la unión de un espermacio con una estructura reproductora.

Espora: Pequeña unidad de propagación unicelular o pluricelular, sexual o asexual, móvil o inmóvil, que funciona como una semilla, aunque difiere de esta última porque una espora no contiene un embrión preformado.

Esporangio: Estructura de diversas formas, que produce esporas de origen asexual. Todo el contenido protoplasmático de un esporangio se convierte en un número indefinido de esporas, ya sea aplanosporas o zoosporas, en este último caso, también se le llama zoosporangio.

Esporangioleto: (Gr. *sporos* = semilla, espora + *angeion* = recipiente + *L. olum* = sufijo diminutivo): pequeño esporangio que contiene pocas esporas.

Esporangióforo: Hifa especializada que produce y sostiene uno o varios esporangios.

Esporangiosporas: Esporas producidas dentro de un esporangio; pueden ser inmóviles (aplanosporas), o flageladas y móviles (zoosporas).

Esporóforo: Estructura portadora de esporas, ya sea sexual o asexual; también se le denomina fructificación o cuerpo fructífero.

Esporulación: Es el método más frecuente de reproducción de los hongos, que consiste en la liberación de esporas asexuales o sexuales de muy diversos tipos, según los grupos.

Esporangio: es la estructura de las plantas, hongos o algas que produce y contiene las esporas. Se encuentran esporangios en las angiospermas, gimnospermas, helechos y sus parientes, en las briófitas, algas y hongos.

Fíbula: una conexión hifal a manera de puente, característica del micelio secundario de muchos basidiomicetes.

Fibroso: Estructura de consistencia más o menos elástica y correosa.

Fisión: es una reacción nuclear, lo que significa que tiene lugar en el núcleo atómico. Reproducción asexual por división del cuerpo en dos o más partes, cada una de las cuales forma un individuo independiente

Fisión binaria o bipartición: es una forma de reproducción asexual que se lleva a cabo en bacterias, levaduras de fisión, algas unicelulares y protozoos. La célula madre se divide en dos células hijas de igual tamaño.

Fructificación: Cualquier estructura fúngica que produzca o lleve esporas, ya sean sexuales o asexuales; también se denomina cuerpo fructífero o esporoforo.

Fusiforme: En forma de aguja.

- Fotobionte:** El componente fotosintético de una asociación simbiótica (en líquenes y micorrizas).
- Gametangio:** Estructura uní o multicelular productora de gametos; Célula diferenciada en la cual se originan las gametas, Órgano sexual que contiene gametos, que pueden ser células móviles (planogametos) o núcleos gaméticos, según las especies.
- Haustorio:** Órgano absorbente que se origina de la hifa de un hongo parásito y que penetra en una célula del hospedante; los haustorios son formados principalmente por parásitos obligados pero también por parásitos facultativos y micorrízicos.
- Hifa:** Estructura tubular que representa la unidad estructural de la mayoría de los hongos; puede ser cenocítica o tabicada.
- Hifas:** En los hongos y líquenes, cada uno de los elementos filamentosos que constituyen su aparato vegetativo.
- Hongo:** Talófito heterótrofo con alimentación saprofitica o parásita.
- Inocular:** Transmitir por medios artificiales una enfermedad contagiosa. Introducir en el organismo una toxina o patógeno.
- Isogametangia:** (Gr. *ison* = igual + *gameies* = esposo+ *angeion* = recipiente): gametangios, presumiblemente de sexo opuesto, que son morfológicamente indistinguibles.
- Laminas:** En los basidiomicetes del orden agaricales, son las estructuras en forma de placa sobre las que se encuentra en himenio que produce los basidios y las basidiosporas.
- Levadura:** Hongo de forma esférica capaz de realizar la fermentación; se refiere particularmente a los miembros de *Saccharomycetaceae*. Hongos microscópicos unicelulares de la clase Ascomycota que son importantes por su capacidad para realizar la fermentación de hidratos de carbono, produciendo distintas sustancias.
- Macroconidios:** Conidios o esporas de reproducción asexual que se distinguen en los microconidios tanto por su mayor tamaño como por ser pluricelulares.
- Macromicetes:** Hongos con cuerpos reproductores o aparatos esporíferos macroscópicos; corresponden a los hongos superiores, pertenecientes a ciertos ascomicetes y basidiomicetes.

Médula: Área constituida por hifas fúngicas laxas en los talos heterómeros de los líquenes.

Meiospora: Espora producida por meiosis, siempre es haploide

Micelio: Masa algodonosa, generalmente blanca, que crece en suelo y del cual se desarrollan los cuerpos fructíferos.

Micromicetes: Hongos con cuerpos reproductores o aparatos esporíferos microscópicos; corresponden tanto a hongos superiores, como inferiores.

Micobionte: Es el componente fúngico de un liquen o de una asociación micorrízica.

Micorriza: Organismo compuesto por la asociación simbiótica entre las hifas de algunos hongos y las raíces de plantas vasculares. Una asociación entre hifas fúngicas y las raíces de plantas superiores, probablemente en estado de parasitismo equilibrado gracias al cual, por lo menos en algunos casos, la planta obtienen nutrimento de las hifas fúngicas.

Micotoxina: es una toxina producida por un organismo del Reino Fungi, que incluye setas, mohos y levaduras.

Mitosporas: son esporas originadas por mitosis y se considera una modalidad de reproducción asexual en vegetales, y es típica en hongos, musgos, helechos y líquenes.

Moho: Hongos cuyas estructuras somáticas y reproductoras son microscópicas y constituyen masas polvorientas que invaden alimentos en descomposición.

Moocariotico: Que contiene un solo núcleo.

Oospora:Una espora con pared celular gruesa (de resistencia) originada por fertilización o partenogénesis; en algunos hongos acuáticos.

Ovillo: Bola que se forma enrollando un hilo sobre sí mismo:

Peroxidasas: son un tipo de enzimas muy extendidas en toda la escala filogenética. Pertenecen a la categoría de las oxidorreductasas y según el Comité de Nomenclatura de la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular se clasifican con los números EC 1.11.

Pelitizados:es la preparación de cápsulas cubiertas con una capa de alguna sustancia o producto que tiene efectos deseados.

Píleo o Sombreo: Parte superior dilatada de ciertos tipos de Basidiomicetes y Ascomicetes, en la que se forma el himenio o parte fértil, generadora de esporas. Se le conoce técnicamente como sombrero.

Poros o poro: (en griego 'senda', 'camino') era, en la mitología griega, el *daimon* o espíritu que personificaba la oportunidad, la conveniencia, los medios para conseguir algo y la utilidad. Por lo tanto, su *daimon* opuesta sería Aporia, la dificultad. Es aquel que se utiliza para designar a todos los pequeños huecos de aire que pueden encontrarse en una superficie.

Plasmogamia: La fusión de dos protoplastos.

Progametangio: Célula hifal que dará origen a un gametangio. Zygomycotina, En los Mucorales (ficomicetos) el extremo de la rama fértil que interviene en la conjugación (el gametangio se individualiza al depositarse una pared separadora en el progametangio).

Propágulos: son una modalidad de reproducción asexual en vegetales, por la que se obtienen nuevas plantas y órganos individualizados. Los tejidos de la porción separada deben recuperar la condición de meristemas para producir todo el conjunto de órganos de la planta.

Quitina: Sustancia impermeable de la que está formada el esqueleto externo de los artrópodos Radical. Referente a la raíz.

Rizoide: es una estructura equivalente a la raíz o parte inferior de las plantas que realizan la fijación al sustrato en algunos organismos acuáticos sésiles, tales como algas, crinoideas, cnidarios coloniales y esponjas.

Rizoformos: estructuras fúngicas con aspecto de raíces.

Rulo: cilindro, rizador, rodillo, rollo

Saprobio: Organismos que viven en medios ricos en sustancias orgánicas en descomposición. Degradan progresivamente la materia orgánica y llevan a cabo una autodepuración biológica. Los saprobios son limpiadores del ambiente.

Septo: Pared transversal en una célula o en una hifa; los septos o tabiques se forma por crecimiento centrípeto de la pared celular, y se presentan con cierta regularidad especial en los micelios septados.

Seta: Se les llama a las especies de hongos superiores que tienen las formas de sombrero o casquete sostenido por un pie o estípite.

Soma: el cuerpo de un organismo, distinguido de sus órganos reproductores o fase reproductora.

Somático: se refiere a la estructura o función de la fase cuerpo- en los vegetales la fase vegetativa- para distinguirlo de la reproductora.

Somatogamia: La fusión de células somáticas durante la plasmogamia

Zigospora: espora de sobrevivencia. Propia de hongos Zygomycetes.

Zoosporangio: Esporangio que contiene zoosporas, (en Chytridiomycota y Oomycota).

Zoosporas: (animal, semilla, espora): Esporas de origen asexual flageladas, y por lo tanto móviles; característica de los hongos acuáticos.