



40
2ej.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**“TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION
AGRICOLA ACTUAL. PRINCIPALES SUSTRATOS
UTILIZADOS EN LA PROPAGACION DE LOS
HONGOS COMESTIBLES:**

Agaricus bisporus Y Pleurotus ostreatus.”

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERA AGRICOLA

P R E S E N T A

REYNA HORTENCIA RODRIGUEZ VAZQUEZ

ASESOR: M. C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

268140



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

***“TÓPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
ACTUAL. PRINCIPALES SUSTRATOS UTILIZADOS EN LA
PROPAGACIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES:
Agaricus bisporus Y Pleurotus ostreatus.”***

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA
P R E S E N T A
REYNA HORTENCIA RODRÍGUEZ VÁZQUEZ**

ASESOR: M. C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS.

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES
U. N. A. M.
ESTUDIOS SUPERIORES - CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

" Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual. Principales
Sustratos Utilizados en la Propagación de los Hongos Comestibles:
Agaricus bisporus y Pleurotus ostreatus.

que presenta la pasante: Reyna Hortencia Rodríguez Vázquez
con número de cuenta: 9156887-8 para obtener el Título de:
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 21 de Septiembre de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u> M.C. <u>Edvino Josafat Vega Rojas</u>	<u>M.C. Edvino Josafat Vega Rojas</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u> <u>Inq. Carlos Deolarte Martínez</u>	<u>Inq. Carlos Deolarte Martínez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u> <u>Biol. Elva Martínez Holguín</u>	<u>Biol. Elva Martínez Holguín</u>	<u>[Firma]</u>

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme ser parte de ella.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y a sus Profesores: Gracias por haberme compartido sus conocimientos y por la estancia todo este tiempo.

Al M.C. Edvino Josafat Vega Rojas, por sus observaciones y sugerencias brindadas en este trabajo así como el apoyo al aceptar la dirección de este trabajo y por la amistad que me a demostrado.

A la Biol. Elva Martínez Holguín y al Ing. Carlos Deolarte Martínez por las sugerencias aportadas a este trabajo.

Al Ing. Angel López, a la Ing. Leticia De Paz, por su apoyo y las observaciones realizadas a este trabajo. Gracias.

A Mis Amigos y Compañeros:

Gracias por la ayuda que recibí en forma desinteresada de todos y cada uno de ustedes, que de alguna forma u otra contribuyeron en mi formación profesional.

A Todas las personas que de alguna forma, me han apoyado en la vida.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por darme la oportunidad de vivir y de disfrutar todo esto y por la familia que me dio.

A MIS PADRES:

Elia Vázquez Solano.

Por ser quien siempre ha estado conmigo compartiendo buenos y malos momentos, y se que siempre estará apoyandome a pesar de todo.

Moisés Rodríguez Galicia.

Por ser siempre nuestro apoyo, por enseñarnos a tener el carácter para poder luchar por lo que deseamos.

Este triunfo al igual que es mío es de ustedes, por ser la parte fundamental en mi vida. Se los dedico y comparto con ustedes la herencia que me han brindado.

“GRACIAS”

A MIS HERMANAS:

Leticia, Noelia y Diyeneira

Por servirme de ejemplo en esta vida, por su apoyo y porque siempre nos mantengamos unidas.

A MI HERMANO:

Daniel Moisés

Que tome el ejemplo de superación. Y que cuando te propongas algo lo logres a pesar de todo, y que sepa que siempre cuenta con mi apoyo.

A MIS SOBRINAS:

Angélica, Ana Karen y al próximo Ser que nacerá.

Por ser parte de la inspiración para mi superación, por regalarme todos esos gratos momento que a su lado comparto y esas pequeñas ocurrencias. Y que en cualquier momento por difícil que sea pueden contar conmigo.

Gracias a ustedes por ser mi familia, esto es una pequeña muestra de la capacidad que tenemos y el poder demostrarlo sirve como ejemplo de que si se quiere se logra. Es una meta que hemos alcanzado **juntos**.

DEDICATORIAS

A una persona en particular, por haberme brindado una muy especial y diferente amistad.

A TI

Por el tiempo que estuviste junto a mí.

“¡Ahora sé que puedo enfrentar cualquier reto en la vida, si la comparto contigo!”

A MÍ

Por el simple hecho de haber alcanzado mi más grande meta hasta ahora.

Porque se que todo lo que cuesta trabajo, tiene más valor cuando se llega a lograr.

**“TENER ÉXITO ES HACER QUE EL
MUNDO SEA UN POCO MEJOR,
COMO RESULTADO DE UN
TRABAJO BIEN HECHO”**

WALDO EMERSON.

INDICE

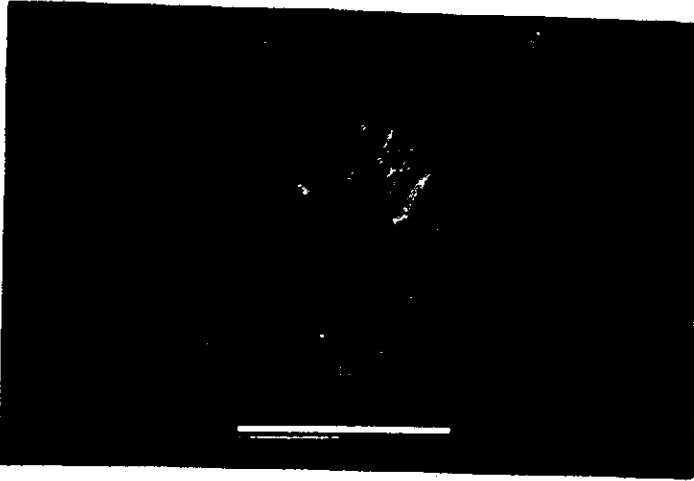
I.-	Introducción	5
	Objetivos	7
II.-	Marco teórico	8
	2.1 Revisión de bibliografía	10
	2.1.1 Descripción del champiñón <i>Agaricus bisporus</i> .	14
	2.1.1.1 Morfología	14
	2.1.1.2 Taxonomía	16
	2.1.1.3 Ciclo de vida	16
	2.1.1.4 Requerimientos ambientales	19
	2.1.1.5 Requerimientos nutricionales	21
	2.1.2 Descripción de seta <i>Pleurotus ostreatus</i>	23
	2.1.2.1 Morfología	23
	2.1.2.2 Taxonomía	24
	2.1.2.3 Ciclo de vida	25
	2.1.2.4 Requerimientos ambientales	26
	2.1.2.5 Requerimientos nutricionales	28
	2.2 Procedimiento de cultivo: para la producción de semilla	29
	2.2.1 Selección de la cepa	29
	2.2.2 Preparación de la semilla	30
	2.3. Tipos de sustratos	34
	2.3.1 Sustratos para <i>Agaricus bisporus</i>	36
	2.3.2 Sustratos para <i>Pleurotus ostreatus</i>	37
	2.3.3 Formas de preparación para <i>Agaricus bisporus</i>	39
	2.3.3.1 Compost	39
	2.3.3.2 Fermentación	40
	2.3.3.3 Pasteurización	41

2.3.4	Formas de preparación para <i>Pleurotus ostreatus</i>	44
2.3.4.1	Fermentación	44
2.3.4.2	Hidratación	46
2.3.4.3	Pasteurización	47
2.4	Formas de comercialización de los hongos comestibles.	49
2.4.1	Hongos comestibles: Frescos.	51
2.4.2	Hongos comestibles: En conserva.	53
2.4.3	Hongos comestibles: Deshidratados.	54
III.-	Conclusiones	55
IV.-	Recomendaciones	57
V.-	Bibliografía	59
VI.-	Glosario.	62

HONGOS COMESTIBLES



SUSTRATOS



➤ I.- INTRODUCCION.

Los hongos son organismos muy comunes en la naturaleza, puesto que viven prácticamente en todos los medios y entre ellos, las especies comestibles gozan de especial importancia desde tiempos remotos.

El conocimiento que tienen los campesinos mexicanos sobre los hongos comestibles, es una herencia del saber que tenían los diversos grupos étnicos que poblaban el país en la época prehispánica. La riqueza de especies en México se debe a la gran diversidad climática motivada por su orografía singular y su posición continental, hace que los hongos tengan un lugar muy especial en el saber tradicional como lo hizo ver Guzmán (1984).

En México el cultivo técnico de los hongos comestibles se inició desde mediados de la década de los 30's, sin embargo, la actual industria en el país data de apenas 40 años, cultivando solamente el champiñón, con técnicas y cepas extranjeras y a partir de 1974 se empezó con las orejas blancas o setas (*Pleurotus ostreatus*) (Martínez- Carrera et al., 1991).

El valor nutritivo de los hongos comestibles es alto. Según estudios realizados por especialistas en alimentos, los hongos tienen 19 – 35 % de proteínas aprovechables en peso seco, que entre las hortalizas sólo se ve igualado por las leguminosas, la tasa proteica varía con la edad y la especie del hongo. A nivel de aminoácidos, las sustancias precursoras de las proteínas, tales como la lisina y triptófano, llegan a niveles de 4.5 – 9.9 y 1.1 – 1.3 g, respectivamente, en las orejas blancas o setas (*Pleurotus ostreatus*) y de 9.1 y 2.0 g en el champiñón (*Agaricus bisporus*). Por otra parte, el bajo contenido en carbohidratos hace de los hongos un alimento bajo en energía y así se recomiendan como dietético. Además, el contenido de ácidos grasos esenciales como el oleico y linoleico se encuentran en cantidades apreciables; por lo que los hongos comestibles son un alimento adecuado. (Chang y Miles, 1989)

Las orejas blancas han llamado la atención de los cultivadores, dadas las ventajas de estos hongos de crecer sobre materiales baratos, como esquilmos y residuos agro-industriales. Las especies de *Pleurotus ostreatus*, *P. eryngii*, *P. cornicopiae* y *P. florida* son altamente apreciadas por los campesinos, siguiendo tecnologías de fácil adaptación. Cultivar hongos comestibles en residuos agro-industriales o esquilmos, ha demostrado sus bondades tanto en países altamente industrializados como en los subdesarrollados del sureste de Asia (Quimio, 1986) y siendo México un país esencialmente agrícola, en el que se producen millones de toneladas anuales de esquilmos y residuos agrícola-industriales, cuenta con un potencial enorme para el cultivo de los hongos en tales desechos, como lo demostraron (Mata y Martínez- Carrera 1988).

OBJETIVOS:

- Dar a conocer la eficiencia de algunos sustratos para la producción de *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus*.

- Indicar los procedimientos de preparación de sustratos y técnicas adecuadas para la obtención de semilla de los hongos de nuestro interés.

II.- MARCO TEORICO.

Los hongos han estado ligados al hombre desde tiempos inmemoriales. Existen nuevos conocimientos que incluyen aspectos taxonómicos, ecológicos, nutricionales y más recientemente los temas farmacológicos y bioquímicos. Sin embargo, uno de los aspectos más explotados es la utilización de los hongos como alimento humano, en vista de su fácil y masiva propagación en substratos naturales y por sus características organolépticas deseables. En épocas recientes algunos hongos destacan por su contenido nutricional, particularmente por su calidad proteica, para la cual se han desarrollado tecnologías semi-comerciales o comerciales.

La utilización de materiales orgánicos agroindustriales para el cultivo de hongos comestibles es el reflejo de una extraordinaria actividad metabólica. El cultivo de los hongos comestibles ha evolucionado con el tiempo y actualmente es uno de los desarrollos de importancia económica, en especial sobre la producción de especies de *Agaricus*, *Pleurotus* y otros, y queda la posibilidad abierta de que varios más pudieran ser empleados con iguales fines. (Casas, 1993)

Ante la elevada demanda de alimentos como consecuencia del incremento de la población. En México, se han realizado recientemente estudios para la transformación de residuos agroindustriales en hongos comestibles como alimento para consumo humano. Con esta biotecnología, los hongos producidos contienen grandes cantidades de proteínas, bajo contenido de colesterol y propiedades antitumorales, además de que dichos hongos se pueden producir en pequeñas áreas, utilizando técnicas sencillas, a bajo costo y en cortos periodos de tiempo, sin ejercer mayor presión sobre los ecosistemas. (Guzmán et al., 1993)

El cultivo de hongos, puede considerarse como un cultivo altamente redituable ya que su ciclo de producción es más corto que cualquier vegetal, y puede obtenerse en forma escalonada durante todo el año, con un manejo adecuado de los factores ambientales se reducen los riesgos en su producción, por esto se considera como una alternativa de producción.

El presente trabajo concentra algunas técnicas y procedimientos del cultivo de los hongos comestibles en México: *Pleurotus ostreatus* (setas) y *Agaricus bisporus* (champiñón), generalmente su producción se realiza sobre desechos agroindustriales, esquilmos y otros sustratos, también se desea presentarlos como una alternativa a la economía familiar y al mismo tiempo contribuir al desarrollo de esta importante actividad socio económica.

2.1 REVISION BIBLIOGRAFICA

Clásicamente se han cultivado desde hace muchos años el champiñón y el shiitake, el primero en casi todo el mundo y el segundo en los países asiáticos del este. El champiñón fue, además, el primer hongo que se cultivó en México hace más de 40 años, el cual fue introducido de Europa a través de cepas de *Agaricus bisporus*, con sus variedades la típica y la albidus, posteriormente se introdujo el *Agaricus bitorquis*, aunque este crece silvestre en el país, no así *Agaricus bisporus* que únicamente es de cultivo.

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* iniciado en Europa, se ha ido extendiendo al Asia y E.U.A y hace unos años en América Latina. En México, en 1974 se inició su cultivo comercial con cepas y tecnología europea, bajo el nombre comercial de "seta". *Pleurotus ostreatus*, por su fácil adaptación, manejo y bajos costos en el cultivo, es el hongo que día a día se cultiva más comercialmente y lentamente va desplazando a los mercados internacionales de las especies competitivas, como el champiñón, el shiitake y otros. (Guzmán, 1993)

Se calcula que en México según datos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), se producen más de cien millones de toneladas de desechos agrícolas. Esos desechos por su monto y difícil manejo, se utilizan muy poco y la mayor parte se considera basura: por ello, los desechos se tiran a los ríos y lagos o a terrenos baldíos potencialmente agrícolas, lo que da lugar a fuentes de contaminación, insalubridad y alteración del equilibrio ecológico. De esta manera, el agua ha sido contaminada y su uso posterior resulta imposible para el riego o para el consumo humano y animal; los terrenos con tales desechos también se ven limitados en su uso agrícola. Los desechos agrícolas están formados por compuestos químicos polimerizados, como la celulosa y la lignina. Los hongos desempeñan un papel importante en la degradación de los vegetales, ya que son los únicos organismos que descomponen y metabolizan eficientemente la lignina. (Guzmán y Martínez- Carrera, 1985)

El cultivo de los hongos comestibles constituye una alternativa viable en la producción de alimentos en México, en virtud de que los hongos pueden producirse a un bajo costo, con técnicas sencillas y en poco tiempo, en gran cantidad y en áreas pequeñas. (Soto, 1986)

Es especialmente importante destacar que la tecnología empleada para el cultivo de los hongos, por su bajo costo de implantación y por su sencillez, resulta muy adaptable y puede emplearse en diferentes niveles, ya sea en forma comercial, comunal, ejidal o incluso en el ámbito rural. (Guzmán y Martínez – Carrera, 1985)

El cultivo de los hongos comestibles es una actividad que se desarrolla ampliamente en diversas partes del mundo, como Estados Unidos, Europa y el Sureste de Asia y alcanzan una producción anual que supera las 1,400,000 toneladas. En los últimos años, esta biotecnología se ha convertido en verdadera alternativa en la obtención de alimentos para el consumo humano. En Latinoamérica, se plantea como una alternativa que puede ayudar a mejorar tanto la dieta del campesino como su ingreso mediante la comercialización de los hongos. Asimismo, permitiría un manejo más adecuado y eficiente de los subproductos agrícolas, los cuales, después de haber sido utilizados para la producción de hongos, pueden emplearse como abono orgánico o forraje para el ganado.

La biotecnología de la producción de hongos comestibles constituye una alternativa en la producción de alimentos en el medio rural porque no afecta los valores, ni las actividades centrales de la vida campesina y tampoco daña su entorno ecológico. Los hongos producidos localmente mediante técnicas sencillas y de fácil establecimiento permiten la integración de la producción con el consumo, evitando así la excesiva especulación e intermediación que tanto afecta a los productos básicos. Además, permite la participación de la mujer en el proceso productivo. (Martínez- Carrera y Larqué, 1990)

Uno de los retos actuales de la biotecnología es la producción de alternativas de alimentos con índices nutricionales satisfactorios y que no requiera de excesivos costos de producción. (Manzola, 1996)

De un tiempo a la fecha, la población de México se ha visto afectada por la crisis económica que atraviesa, reduciéndose las fuentes de empleo y el poder adquisitivo del salario, teniendo como consecuencia la merma de la calidad de vida promedio. El deterioro que han sufrido los últimos días, es causa de una mala administración, pues difícilmente se pueden adquirir los alimentos de la llamada “canasta básica”(arroz, frijol, huevo, leche, aceite, etc.), y más distante queda para la mayoría de la población cualquier tipo de carne, como fuente directa de proteína. No obstante, es posible mejorar su alimentación incluyendo otros alimentos de alto valor nutritivo, como son la soya, el amaranto y los hongos. (Bucio, 1996) Es por eso que el poder crear una planta productora de hongos, representa una alternativa de empleo y alimentación.

En el mundo se conocen mas de dos mil especies de hongos con posibilidades de ser consumidos por el hombre, de las cuales solo 25 son buscadas más frecuentemente, y cinco son las que dominan el mercado, *Agaricus bitorquis* (champiñón), *Agaricus bisporus* (champiñón), *Lentinus edodes* (Shiitake), *Flammulina vetutipe*, *Volvariella volvacea* (hongo paja) y *Pleurotus* spp. (setas u hongos ostra).

La producción mundial de champiñón alcanzó para 1986, 1,202,000 toneladas. Siendo Estados Unidos, China y Francia los principales productores. (Chang y Miles, 1989)

El cultivo de hongos comestibles poco a poco ha ido pasando de meras improvisaciones y técnicas caseras, a ser base de una industria altamente tecnificada y fructífera en países Europeos, Asiáticos y de América del norte. La producción mundial de hongos cultivados entre 1990 a 1993, ha aumentado 725 %, reuniéndose 7.5 billones de dólares.

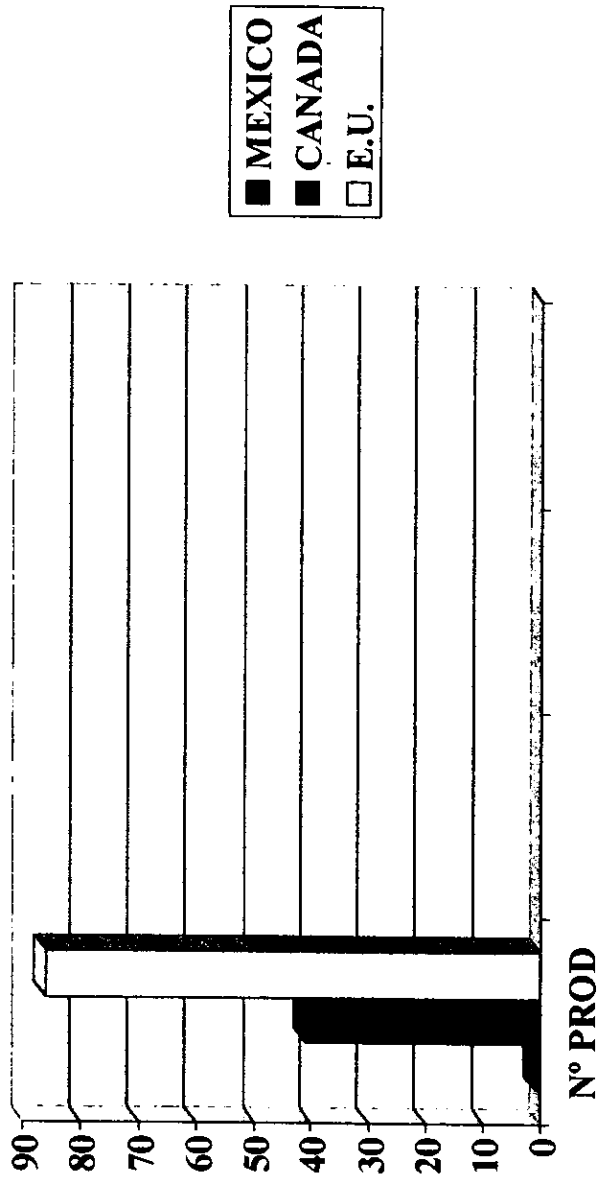
En el caso de *Pleurotus ostreatus*, el desarrollo de la industria en México radica en que se ha adaptado la tecnología a las condiciones del país, resolviendo la comercialización y abasto, así como la creación de técnicas propias. El monto anual de sus operaciones supera los veintidós millones de dólares y genera alrededor de cinco mil empleos directos e indirectos; el volumen de producción asciende a cerca de nueve mil toneladas al año.

En México no se tienen cifras exactas y periódicas de volumen de producción, pero se estiman en 20 toneladas diarias, lo cual significa 7,300 toneladas al año. (Martínez et al., 1991)

Sin embargo, cuando se utiliza la producción de una sola especie de hongos para comparar los tres socios del T.L.C., se tiene que en Estados Unidos existen 86 veces más cultivadores que en México, con una producción de 324, 326 toneladas, ascendiendo a más de 644 millones de dólares. Canadá por su parte, tiene 41 veces más productores que México (ver gráfica 1) (Bucio, 1996)

Martínez-Carrera y colaboradores en 1993, establecen que el precio en el mercado de *Pleurotus* spp. En nuestro país en 1990, ascendió a 336 toneladas, las que tuvieron un valor superior al millón de dólares.

GRAFICA I
COMPARACION DE LOS SOCIOS DEL TLC
DE HONGOS COMESTIBLES



2.1.1 DESCRIPCIÓN DE CHAMPIÑÓN *Agaricus bisporus*

2.1.1.1 Morfología:

Son hongos saprófitos cuyas esporas se producen en la parte externa de estructuras claviformes llamadas basidiocarpos; De acuerdo a su biología y lugar natural donde crecen, se les considera fungí coprófilos, es decir, que habitan en el estiércol directamente, o el que esta diseminado en la tierra. (Crespo, 1987)

Las partes fundamentales del champiñón pueden dividirse en dos: parte vegetativa y cuerpos fructíferos (Steineck, 1987)

La parte vegetativa es el micelio o talo del champiñón. Esta formado por filamentos de células, tabicadas o no, llamadas hifas, que se reúnen en fascículos más o menos gruesos, que crecen bajo la tierra. Este micelio se extiende por el sustrato adecuado en busca de los nutrientes que necesita para su desarrollo. (López, 1990)

Los cuerpos fructíferos son constituidos por carpóforos o basidiocarpos visibles que es lo que vulgarmente se llama champiñón o seta, cuyas principales partes son:

Pedúnculo o estipite: Es una estructura estéril que eleva al himenóforo a un grado suficiente para permitir que la mayoría de las basidiosporas caigan libres del basidiocarpo y sean llevadas a otros lugares por el viento.

Pileo o cuerpo fructífero: Se forma como una expansión del estipite, comúnmente se le denomina sombrero. En la parte inferior del Pileo se encuentra el himenio, una fina membrana que recubre unas laminillas radiales bajo el sombrero en donde se producen las esporas. (Calonge, 1986)

También suele observarse en el estípote un anillo que es el vestigio del velo que cubre al himenóforo antes de la maduración de las esporas.

El pileo tiene una coloración que cambia entre el blanco puro y paja pálido; se presenta desde casi desnudo hasta finamente o casi escamoso, pudiendo las escamas cubrirlo uniforme; se muestra seco es decir ni cambia su color cuando se empapa en agua ni varía de viscoso a glutinoso en condiciones de humedad; sus dimensiones son de 30 a 120 mm, la mayor parte de las veces de 3.5 a 10 cm de anchura

La laminilla radial es de color blancuzco al principio y finalmente adquiere un color rosado.

El estípote es de color blanco o blancuzco; anillado pero no volvado, sus dimensiones son de 30 a 120 mm, por 10 a 18 mm, a menudo es más grueso por la base.

Tiene velo superior que aún cuando es adnato, eventualmente puede ser inferior y descortezado hacia abajo. El tejido interno del carpóforo que soporta al himenóforo es blanco cuando está completamente joven, siendo levemente enrojecido por autooxidación. (Guzmán, 1977)

2.1.1.2 Taxonomía:

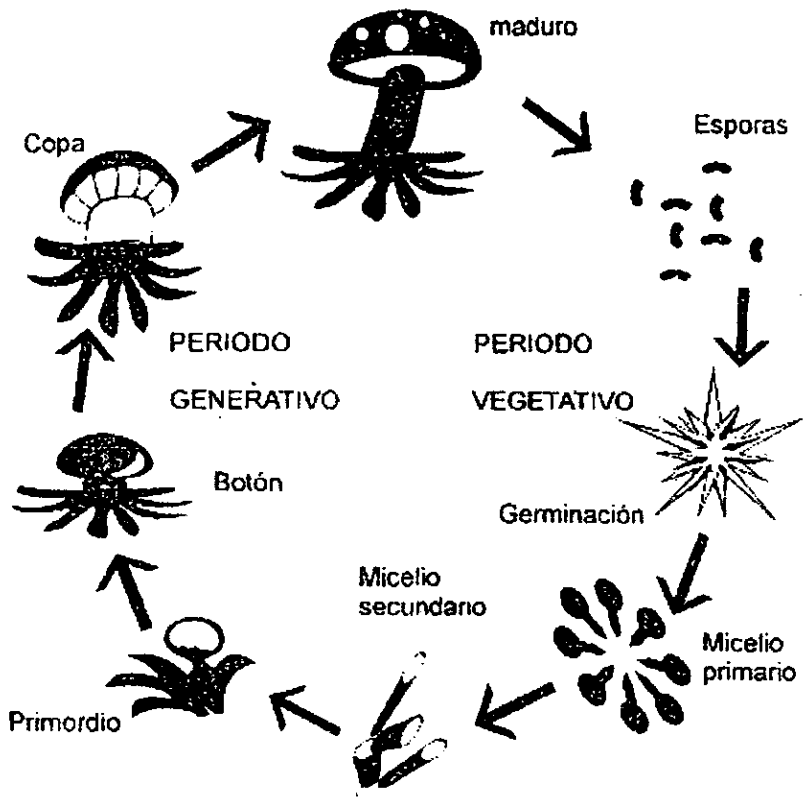
El champiñón *Agaricus bisporus* pertenece a:

Reino:	Fungi
División:	Eumycota
Subdivisión:	Basidiomycotina
Clase:	Holobasidiomycetes
Subclase:	Hymenomycetidae
Orden:	Agaricales
Familia:	Agaricaceae
Género:	<i>Agaricus</i>
Especie:	<i>bisporus</i>

Herrera, 1990.

2.1.1.3 Ciclo de vida:

El ciclo de vida del champiñón es una sucesión de etapas, que va desde la germinación de sus esporas, hasta la formación de sus cuerpos fructificantes. (cuadro 1)



CICLO DE VIDA DEL CHAMPIÑÓN

Fuente: Leal, 1987.

Bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura, pH del sustrato las esporas germinan, desarrollando un tubo germinal que crece y origina una hifa. Esta hifa se ramifica desarrollando en su conjunto el micelio primero, el que continua ramificando a micelio secundario, la absorción de nutrientes se lleva a cabo por medio de este.

El material que se utiliza como blanco, está constituido por masas de filamentos de hifas inoculado en trigo, que es utilizado para la producción del champiñón. En el momento que se inicia la producción, el blanco se organiza en pequeños islotes densos o marcas sobre las cuales aparecen rápidamente elementos o granos, que son las premisas de formación del sombrero del champiñón, reunido con el pie en una masa globulosa mediante un velo parcial. Este velo se desgarrar después en el momento en que se abren los sombreros, de manera que ponen al desnudo las laminillas primero blancas, luego rosas y finalmente café oscuro a medida que maduran las esporas microscópicas, que cayendo al suelo empiezan un nuevo ciclo. (Leal, 1987)

Cuando el carpóforo es joven, el sombrero está cerrado generalmente en forma convexa y está envuelto por un velo que se desgarrar a medida que el hongo madura, permitiendo la apertura del sombrero y dejando en los márgenes o en el punto de unión del mismo con el estípite, fragmentos de membrana o formando en la base del pie una especie de vaina que toma el nombre de túnica. (Villanueva, Galván y Guzmán, 1977)

En la parte inferior del sombrero se hallan los basidios que residen en las laminillas, bien visibles cuando el carpóforo está abierto. (Martinez et al., 1990)

El proceso del cultivo del champiñón implica la creación de las condiciones ecológicas apropiadas para que se realicen cada una de las fases de su ciclo de vida, por lo tanto, se deben establecer condiciones ambientales para que se lleve a cabo la fase vegetativa y, después las correspondientes a la fase generativa o de producción. Previo al desarrollo del hongo se requiere de la preparación de un sustrato adecuado para la propagación del micelio, por lo que deberá reunir ciertas características químicas, físicas y microbiológicas. (Leal, 1987)

2.1.1.4 Requerimientos ambientales.

La humedad ambiental debe ser de un 90-95% durante la fase de crecimiento del micelio. Un exceso de humedad durante la etapa de recolección disminuye la calidad de los hongos y favorece la aparición de enfermedades. De aquí que en esta última fase se considere suficiente una humedad del 80-85%. Cuando las cosechas son abundantes, requiere de mas ventilación y ello obliga a contar con una tasa superior de humedad; en particular durante la formación de los cuerpos reproductores, el aire debe renovarse varias veces cada hora. Así, la humedad relativa puede variar en la nave de cultivo entre el 30 y el 90%. Durante la recolección, una humedad demasiado baja incrementa la evaporación a partir de los hongos, cuya calidad se reduce con esto considerablemente. Sobre todo en invierno, cuando se debe aplicar una calefacción muy intensa, se deseca el aire con gran facilidad. El humedecimiento de los pasillos y paredes y el pulverizado de los bancales, así como el oportuno riego de la tierra de cobertura, constituyen a elevar la humedad ambiental. Una humedad excesiva puede reducirse en invierno aplicando calefacción, mientras que en verano sólo se consigue rebajar la humedad ventilando intensamente. (Steineck, 1987)

El hongo respira y necesita una ventilación suficiente que sirve, además para remover el dióxido de carbono que resulta de la respiración. El hongo vegeta mal con concentraciones de dióxido de carbono superiores al 2-3 % y los granos se forman con concentraciones menores al 0.2 %, de aquí que la ventilación sea muy importante.

El crecimiento vegetativo requiere de bajos niveles de dióxido de carbono con una concentración óptima de .1 a .5 % (Chang y Miles, 1989). Altas concentraciones de dióxido de carbono ocasionan elongación del estípote. El suministro de aire fresco es necesario para remover el dióxido de carbono y el agua evaporada producida por el sustrato. En la época de cosecha, cuando la ventilación es débil se observa la formación de placas blancas de micelio sobre la tierra de cobertura. (Steineck, 1987)

Otro factor importante es la temperatura ya que los mejores rendimientos se consiguen dentro de unos márgenes estrechos. Se considera que el intervalo entre 22°C y 27°C es el más adecuado para el crecimiento del micelio, con un óptimo de 25°C, si la temperatura supera los 35°C se detiene el desarrollo. Para el desarrollo del grano y el crecimiento del champiñón, el intervalo favorable está entre 10°C y 20°C.

La inducción para fructificar se logra disminuyendo la temperatura a menos de 18 °C (Hayes, 1978). Y a temperaturas de 17 °C el tiempo a la cosecha es mayor obteniendo más rendimiento, pero cuando la temperatura se manipula durante el cultivo elevandola primero y después disminuyendo a 17 °C se logra uniformizar la cosecha en tamaño y número de cuerpos. (Noble, 1991)

La época de cultivo tiene influencia marcada en la duración del ciclo de cultivo, en periodos cálidos el tiempo de cultivo se reduce, teniendo bajos rendimientos, mientras que en periodos fríos se alarga el tiempo de cultivo obteniendo un mayor rendimiento. (Shaffer, 1978)

La humedad del sustrato durante el crecimiento debe estar entre 62 y 68%, tiene gran importancia en la obtención de buenos rendimientos ya que influye directamente sobre la aireación del compost y la mayor parte de la humedad del champiñón proviene del agua que está en el sustrato, si es insuficiente se puede parar el desarrollo y perderse la cosecha, y en caso de ser excesiva se puede producir la asfixia del micelio. (López, 1990)

Flegg (1974) menciona que la demanda de agua varia durante el cultivo. De aquí que se tiene poca demanda en las primeras dos semanas después de la cobertura e incrementandose con la primer y segunda oleada. Además de que el régimen de agua afecta el cultivo, teniendo gran efecto el total de agua aplicada sobre el incremento en rendimiento.

Otro factor importante es la luz, la relación entre la superficie humedad y la percepción de la luz se explica por el efecto de la luz sobre la superficie húmeda, la coloración depende principalmente de la reflexión de longitudes de onda, las cuales no son absorbidas por la superficie seca. Pero cuando la superficie permanece húmeda el agua penetra por los espacios entre las fibras del micelio, la luz penetra a los tejidos y no es reflejada. El hongo seco refleja todas las longitudes de luz y aparece blanco y el hongo húmedo refleja menos luz y aparece oscuro. (Barber, 1990)

2.1.1.5 Requerimientos nutricionales.

El champiñón es un organismo heterótrofo. Por carecer de clorofila, y por ello no poder formar por sí mismo hidratos de carbono como las plantas verdes, depende en su alimentación de la sustancia orgánica disponible. Extrae carbohidratos, proteínas y los minerales precisos de organismos muertos, que por la acción microbiana son transformados hasta un estado aprovechable para el champiñón. Referente al consumo de hidratos de carbono durante la constitución del micelio, debe tenerse presente que se utiliza en especial mucha lignina, mientras que la formación del cuerpo reproductor se necesitan grandes cantidades de celulosa y pentosas. Las necesidades de proteína se cubren a expensas de los microbios muertos y del complejo humus- lignina. Para el desarrollo del champiñón parece revestir importancia la incorporación de vitaminas al compost (ácido pantoténico, ácido nicotínico, aneurina y biotina). Son producidas por la acción de los microorganismos que descomponen la celulosa del sustrato. (Steineck, 1987)

Los compuestos orgánicos incluyen monosacáridos, polisacáridos, ácidos orgánicos, aminoácidos, alcoholes, compuestos policíclicos y productos naturales como celulosa y lignina; los compuestos insolubles son desdoblados en compuestos solubles por enzimas secretadas por el champiñón. (Chang y Miles, 1989)

El champiñón es un saprófito que se alimenta de materia vegetal muerta. En la práctica del cultivo se utilizan compost de estiércol con diversos aditivos. Estos aditivos sirven para aumentar la concentración en ciertos nutrientes o corregir el pH. Un nutriente muy importante es el nitrógeno, constituyente de muchas moléculas orgánicas. El champiñón no puede absorber nitratos y las sales amoniacales producen toxicidad en bajas concentraciones. Sólo son útiles en la nutrición del champiñón los compuestos nitrogenados del tipo aminoácidos o proteínas, combinados con el complejo húmico que tiene la capacidad de facilitar su asimilación por las células de la hifa. La formación de este complejo húmico es uno de los objetivos que se persiguen al fermentar el estiércol. Estos nutrientes se agotan en el sustrato por lo que la primera oleada de champiñones es siempre la más importante, mientras que las otras van menguando por el agotamiento de los hidratos de carbono fácilmente asimilables. También es importante el calcio que neutraliza el ácido oxálico producido por el hongo. Si llegase a faltar el calcio la acidez del suelo se haría insostenible. El micelio también libera al medio alcohol etílico, acetato de etilo, etileno y otras sustancias que contribuyen al olor característico de las champiñoneras. (López, 1990)

2.1.2 DESCRIPCION DE SETAS *Pleurotus ostreatus*

2.1.2.1 Morfología:

Pertenece a la clase de los Basidiomicetos se diferencia de los demás hongos porque produce sus esporas llamadas basidiosporas, son generalmente uninucleadas y haploides, estas son resultado de cariogamia y meiosis.

Pileo de 2 – 15 cm en forma de concha, espátula, media luna o cometa convexo o infundibular, liso o escamoso; margen introrso, superficie blanca, parda, parda negruzca, con tonalidades violáceas o amarillentas.

Láminas decurrentes grisáceas, blancas amarillentas o grises, reunidas en la base en forma de retículo. (Kirk, 1970)

El hongo es una masa algodonosa, generalmente blanca, que se llama micelio y el cual crece sobre sustratos en donde se desarrolla el hongo. La unidad microscópica fundamental de un hongo es la hifa, la cual es un filamento tabicado, es un conjunto de células. El micelio es lo que se cultiva en el laboratorio para obtener una cepa.

Las cepas, tienen crecimiento radial y por ello forman masas discoidales sobre la superficie en donde crecen, a estas cepas se les llama colonias. El micelio crece radialmente y cuando fructifica lo hace generalmente en las partes jóvenes, en donde están las hifas nuevas en pleno crecimiento; las fructificaciones únicamente se desarrollarán en la periferia del disco, en forma de círculo.

Las fructificaciones de los hongos constituyen los cuerpos reproductores o fructíferos de los mismos, en los que el hongo forma sus esporas, y que constituye la semilla de dispersión del hongo. Los hongos forman no cientos o miles de esporas, sino millones o billones, que se dispersan en el aire la mayoría de las veces, con la que aseguran su perpetuidad. De esta manera, lo que comúnmente se conoce como “hongo” en el caso de los “champiñones” o de las “setas” son en realidad las fructificaciones del hongo. El verdadero hongo es el “micelio” que generalmente no vemos, por estar enterrado en el suelo o sustrato en donde crece. Es precisamente a partir del micelio por donde se alimenta un hongo, a través de la absorción de las sustancias nutritivas del sustrato.

2.1.2.2 Taxonomía:

Reino:	Fungi
División:	Eumycota
Subdivisión:	Basidiomycotina
Clase:	Holobasidiomycetes
Subclase:	Hymenomycetidae
Orden:	Agaricales
Familia:	Tricholomataceae
Género:	<u><i>Pleurotus</i></u>
Especie:	<u><i>ostreatus</i></u>

Herrera, 1990.

2.1.2.3 Ciclo de vida:

El micelio de la mayoría de los basidiomicetos pasa por tres estados de desarrollo, para que el hongo complete su ciclo de vida.

El micelio primario se desarrolla a partir de la germinación de las basidiosporas, al principio puede ser multinucleado ya que el núcleo o los núcleos de las basidiosporas se dividen muchas veces a medida que el tubo germinativo emerge de la espora y comienza a crecer, la fase multinucleada es corta porque pronto se forman los tabiques; comienza una vez terminada la primera división de los núcleos, de la espora de modo que el micelio primario es tabicado y uninucleado desde el principio.

El micelio secundario se origina del primario las células son típicamente binucleadas, el estado binucleado comienza cuando se fusionan los protoplastos de dos células uninucleadas sin que haya cariogamia después de la plasmogamia, la célula binucleada que así se forma, produce una rama a la cual emigra el par nuclear los dos núcleos se dividen conjuntamente y los núcleos hermanos se distribuyen en dos células, hijas para iniciar el micelio binuclear, el micelio terciario está representado por los tejidos especializados que se originan para formar los esporoforos de los basidiomicetos superiores las células del micelio terciario son binucleadas, los basidiomicetos superiores producen sus basidios en cuerpos fructíferos altamente organizados de varios tipos, el basidio se origina como célula terminal en una hifa binucleada y se haya separado de la misma por un tabique a cuyo lado generalmente se encuentra una fibula, al principio el basidio es angosto y corto pronto se agranda y se hace más ancho, en tanto tienen lugar estos cambios extremos, dentro del basidio joven, se fusionan los dos núcleos (cariogamia) y el núcleo cigótico pronto sufre meiosis, dando lugar a cuatro núcleos haploides, entre tanto emergen cuatro esterigmas en el extremo del basidio y sus extremos se agrandan para formar los esbozos de las basidiosporas los cuatro núcleos pasan a los jóvenes basidiosporas que van a completar su desarrollo como células uninucleadas haploides.

2.1.2.4 Requerimientos ambientales.

El cuarto de incubación (donde tendrá lugar el crecimiento del micelio sobre el sustrato) debe estar aislado para mantener temperaturas de 25 a 30°C, el cuarto de producción debe estar adaptado para permitir una ventilación natural y a la vez dejar salir el aire caliente. (Leal, 1987)

La temperatura ambiental puede ser en incubación de 15 a 17°C como mínima y de 25 a 28°C como máxima, en fructificación y cosecha de 12 a 17°C como mínima y de 22 a 29°C como máxima. Por lo regular las temperaturas mínimas se presentan en las últimas horas de la noche, por lo cual predominan las temperaturas máximas. (Bernabé y Gómez, 1994)

Por debajo de los 10°C bajo cero o por encima de los 35 ó 40°C se muere el micelio. La maduración o desarrollo de los sombreros dura menos días cuanto más alta sea la temperatura, pero cuanto más deprisa crecen, más pálidos y frágiles son. Por ello es preferible bajar la temperatura 2 o 3°C con lo que se mantiene más la humedad y salen sombreros más gruesos y carnosos. (García, 1985)

La temperatura óptima de la nave de cultivo se debe mantener cerca de los 28°C.

Las condiciones óptimas de crecimiento durante la inoculación es una temperatura de 20 – 24°C y una humedad del 85%.

Se mantendrá un ambiente húmedo regando periódicamente con agua a los hongos y al sustrato, así como el suelo del sitio en caso de que la temperatura al medio día sea muy alta. No se recomienda regar las bolsas más de dos veces al día, a menos que la temperatura esté muy alta. Si el sustrato se encuentra demasiado húmedo, los carpóforos entrarán rápidamente en proceso de descomposición y en caso contrario se deshidratarán. Los riegos cuanto más finas sean las gotas de agua, mejor, para evitar problemas por el ataque de otros hongos. (García, 1985)

Si se desea obtener una producción continua y abundante a lo largo del año, hay que disponer, al menos, de dos locales en los que se pueda controlar la temperatura, la humedad, la luz y la ventilación. Se debe disponer de una buena ventilación para que el contenido de dióxido de carbono, esté siempre por debajo del 0.06 %, renovando el aire de 5 a 10 veces por hora.

Para la ventilación, se recomienda colocar extractores de aire. Si la ventilación no es adecuada, los cuerpos fructíferos crecerán anormales, con el pie muy alargado y el sombrero no alcanzará su tamaño natural. Por el contrario si la ventilación es excesiva, las fructificaciones se deshidratarán rápidamente, lo cual se observará a través de un enroscamiento hacia arriba del margen del sombrero de las fructificaciones de los hongos. (Mata et al., 1993)

Se recomienda una iluminación indirecta o difusa, equivalente a la exposición natural durante 12 horas al día con 60 a 300 lux. (García, 1985). Para ello, el techo será semitransparente, con franjas de lámina transparente alternadas con opacas. Se puede suministrar iluminación artificial con lámparas de luz conocidas como luz de día. Las deficiencias en la iluminación afectan el desarrollo de las fructificaciones, en algunos casos la coloración de las mismas y la mayoría de las cepas no alcanzan a desarrollarse en condiciones de oscuridad. (Guzmán et al., 1993)

2.1.2.5 Requerimientos nutricionales.

Los hongos viven de la materia orgánica, ya sea viva o muerta, a la cual degradan para alimentarse de ella.

Para el buen crecimiento de un hongo, es necesario que en el sustrato en donde se desarrolla se encuentren todas las sustancias que necesita, como son fuentes de carbono y nitrógeno, además de otros elementos como el fósforo, materiales que absorben con la degradación del sustrato en donde crecen. En el caso de los cultivos de hongos, los sustratos empleados se hacen más digeribles mediante procesos de fermentación o se mezclan entre sí, para suplementar alguna deficiencia en nutrientes. Los subproductos agrícolas empleados en el cultivo de los hongos, están constituidos principalmente por celulosa (40-60%), hemicelulosa (15-50%) y lignina (10-30%). El pH (acidez o alcalinidad) del sustrato es muy importante para la nutrición del hongo; en general los hongos requieren sustratos con pH ligeramente ácidos o neutros, de 6 a 7. Los hongos requieren pocos nutrientes para su desarrollo y las sustancias esenciales son fuente de carbono, nitrógeno, minerales y factores de crecimiento. (Guzmán et al., 1993)

El hongo utiliza carbono como fuente de energía y para la elaboración de sustancias estructurales de la célula. Entre los compuestos más comúnmente empleados, están los carbohidratos (mono y polisacáridos), ácidos orgánicos, aminoácidos, algunos alcoholes y la lignina. El nitrógeno lo necesita el hongo para la elaboración de sus proteínas. Las principales fuentes de nitrógeno se obtienen a partir de la degradación de los aminoácidos, peptona, caseínas y otros, y de la urea o por medio de sulfatos y nitratos de amonio, sodio, potasio y calcio. Entre los minerales más importantes para el crecimiento de los hongos están el hierro, cobre, magnesio, sodio, potasio, calcio y fósforo, los cuales se pueden administrar por medio de cloruros, fosfatos y carbonatos, entre otras sales. (Guzmán et al., 1993)

Estos nutrientes se absorben disueltos en el agua que constituye la mayor parte del compost en el momento de la siembra (72%) y pasa a formar parte del hongo.

2.2 PROCEDIMIENTO DE CULTIVO: para la producción de semilla.

2.2.1 Selección de la cepa:

Una fase importante en el cultivo de los hongos comestibles, se refiere a la selección y adaptación de las cepas, ya de esta manera se garantizará la cantidad y calidad de los cuerpos fructíferos producidos a escala masiva. (Martínez, 1986)

El proceso del cultivo de un hongo se inicia con la obtención de la cepa, la cual es la masa de micelio desarrollada sobre un medio apropiado. Este micelio una vez desarrollado debe estar en refrigeración para evitar su envejecimiento y se sembrará periódicamente en otras cajas de Petri con el medio apropiado y en condiciones de asepsia. Se debe incubar en una estufa a una temperatura adecuada 27.5-30° C.

La cepa se puede obtener de una casa comercial o de algún laboratorio especializado y debe tener la identificación taxonómica exacta del hongo sin discusión. También se puede obtener la cepa directamente de un hongo fresco seleccionado, el cual se debe desde luego de identificar taxonómicamente y guardarse seco en una colección oficial de hongos (herbario de alguna institución), para casos futuros de alguna aclaración de re-identificación de la especie.

La obtención de la cepa a partir del hongo, se puede hacer a partir de las esporas del cuerpo fructífero o de la "carne" o contexto de dicha fructificación. De obtenerse la cepa directamente de un hongo, deberá hacerse después un estudio de laboratorio, en donde se investigue su desarrollo en diferentes medios y factores que lo controlan, así como un estudio genético para mejorarla.

Una vez obtenida la cepa por cualquiera de los métodos anteriores, se procede a desarrollar masivamente el micelio en otra caja de Petri para la preparación del inóculo en frasco o bolsas, que servirá a su vez, para el cultivo del hongo en el sustrato seleccionado. El medio de la caja de Petri con el micelio ya desarrollado, se cuadrícula con un bisturí, de tal manera que se obtengan bloques de 1 centímetro cuadrado cada uno de estos, se pondrá dentro de un frasco esterilizado de boca ancha con semilla seleccionada y previamente esterilizada. (Guzmán et al., 1993)

2.2.2 Preparación de la semilla.

Para esterilizar, primero se pone a remojar la semilla y una vez hidratada se introduce en los frascos en 2/3 partes de su capacidad y se esterilizan. Enfriados los frascos, se inoculan con el bloque de micelio de la caja de Petri, el cual se coloca sobre la superficie de las semillas. Si los frascos son de ½ litro de capacidad, contendrán aproximadamente 200g de semilla húmeda. Las semillas generalmente empleadas son de trigo, sorgo, centeno, cebada o mijo, dependiendo de su disponibilidad en el mercado. (Guzmán et al., 1993)

Los frascos así preparados, se ponen en la obscuridad a una temperatura variable alrededor de 27.5°C. Al cabo de 10-20 días, el micelio cubrirá todas las semillas y el inóculo estará listo.

El inóculo o también llamado comercialmente “semilla”, es el desarrollo masivo del micelio del hongo sobre un sustrato determinado como lo pueden ser granos o semillas de gramíneas u otros materiales dentro de un frasco, botella o bolsa de polipapel. Esto es lo que constituye la base para el cultivo comercial de los hongos comestibles. Los sustratos que se pueden utilizar para la preparación del inóculo de los hongos:

- 1) Materiales lignocelulósicos como paja de arroz, desechos de algodón, viruta o aserrín de diversas maderas, pulpa de café, etc.
- 2) Semilla (granos) de diversas gramíneas, tales como trigo, sorgo, centeno, mijo y arroz.

Para la selección de la semilla o granos que se emplearán como sustrato en el inóculo, será necesario considerar la disponibilidad, bajo costo, tiempo de almacenamiento y humedad de las mismas, así como que estén libre de contaminación biológicas (otros hongos) y/o químicas (fungicidas, por ejemplo). La técnica para la preparación de las semillas en la elaboración del inóculo es la siguiente:

1. Limpiar las semillas y eliminarles cualquier partícula ajena, mediante enjuagues continuos con abundante agua.
2. Sumergir el grano en agua fría durante 24 a 36 horas o hervirlo durante quince minutos, hasta que quede de consistencia blanda.
3. Transcurrido el tiempo de hidratación, se escurre el exceso de agua. En esta etapa los granos tienen una hidratación del 50 al 55% aproximadamente, lo cual se podrá descubrir al poder reventarlo fácilmente con los dedos.
4. Colocar los granos en frascos de vidrio con boca ancha y capacidad de medio o un litro, se llenarán frascos 2/3 partes de su capacidad con semilla hidratada, que es equivalente a aproximadamente 400g en los frascos de 1 litro.
5. Esterilizar en autoclave u olla de presión (olla express) a 121°C y/o 15 libras de presión, durante 40 minutos.

6. Sacar los frascos y dejarlos enfriar a la temperatura ambiente.
7. Una vez que se ha enfriado la semilla en los frascos, éstos se agitan vigorosamente con la finalidad de separar éstas entre sí y favorecer una aereación e hidratación homogénea.

Después de haber preparado el medio adecuado en donde se hará crecer el micelio en forma masiva, se procede a la inoculación del mismo en los granos, los cuales están dentro de los frascos. Este proceso deberá realizarse en un área aséptica, de preferencia cerrada y ajena a corrientes de aire y con equipo esterilizado. Se recomienda emplear una cámara de flujo laminar, o en su defecto dos o tres mecheros Bunsen colocados de tal manera que originen una zona aséptica en el área de la mesa donde se trabaja. El material empleado (agujas de disección, bisturí, navajas y asas de platino) se esterilizará flameándolo en la llama del mechero y dejándolo enfriar antes de su uso.

Se procederá de la siguiente manera:

1. Con la ayuda de bisturí o navaja, se cuadrificará el micelio contenido en la caja de petri seleccionada, con la finalidad de obtener porciones de más o menos 1 cm^2 .
2. Las porciones de la caja de petri antes señaladas, se depositarán sobre la superficie de cada uno de los frascos con el grano hidratado y estéril, auxiliándose con una aguja de disección o asa de platino.

3. A continuación se incuban los frascos, para las cepas de *Pleurotus*, los frascos se incubarán entre 28-30°C, para otras especies los intervalos de temperatura varían, pero en todos los casos el proceso debe ser en la obscuridad, hasta que el micelio cubra totalmente los granos, lo cual ocurre en dos a tres semanas. Durante este periodo deberán realizarse inspecciones continuas para detectar cualquier irregularidad, como contaminaciones, anaerobiosis, fructificaciones tempranas etc.

Una opción práctica en la elaboración del inóculo de los hongos comestibles, es de substituir los frascos de vidrio por bolsas de polipropileno o polipapel resistentes a las altas temperaturas de esterilización, es una buena alternativa y asegura el fácil y rápido transporte, así como la reducción de costos y de espacios en el almacenamiento (Soto - Velazco et al., 1991)

En la preparación del inóculo de los hongos, repercutirán en la calidad del mismo. Si por ejemplo, la presión del esterilizador (olla de presión o autoclave) se baja rápidamente o si las bolsas o frascos se colocaron a presión, esto puede originar que los frascos o bolsas de polipapel se rompan al abrirse.

2.3 TIPOS DE SUSTRATOS:

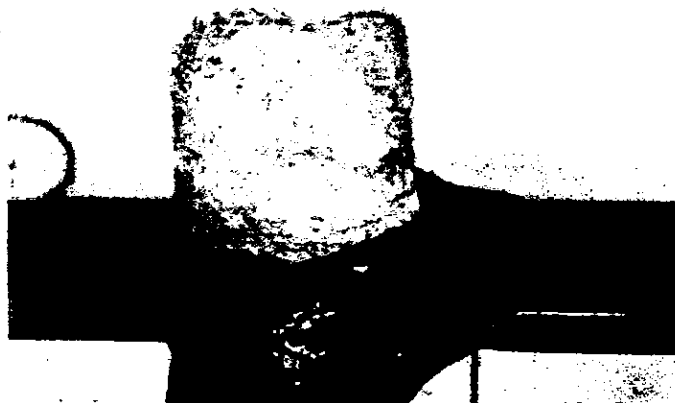
Al tipo de sustrato sobre el que crecen los hongos se le llama sustrato o compost en el caso del champiñón, al cual degradan para su alimentación. La naturaleza química del sustrato, esta en relación directa con las necesidades de crecimiento del hongo. Hay hongos que necesitan más nitrógeno que otros, como sucede con el champiñón que crece en suelos abonados o en sustratos enriquecidos con abono como estiércol de caballo fino (debido a su cuidadosa dieta, lo que hace que dicho estiércol sea homogéneo) y en donde las orejas blancas o *Pleurotus* y otros no pueden crecer.

En la selección de un sustrato para el cultivo de los hongos comestibles, es necesario conocer en primer lugar los requerimientos del hongo que se cultivará (el champiñón es muy específico) y la disponibilidad y abundancia del sustrato, ya que si la producción del sustrato es estacional como es el caso de la pulpa de café o bagazo de caña, existirá un paro en la labor continua del proceso del cultivo, es necesario buscar otros substitutos.

Las pajas donde ha crecido el hongo, pueden ser mas tarde ocupadas para alimentar al ganado o como fertilizante orgánico y como acondicionador del suelo, al proporcionar una fuente útil de nitrógeno y carbono al desarrollo de las plantas.

Los hongos tendrán un crecimiento óptimo en sustratos que tengan 70 a 80% de humedad. Debajo de estos porcentajes, el micelio crecerá de manera irregular y con poco vigor y es más fácilmente afectado por organismos competidores, que limitarán su crecimiento sobre el sustrato. Pero con valores mayores de 80% de humedad, el micelio disminuirá su crecimiento, ya que al encontrarse en un medio anaerobio provocado por el exceso de humedad, el hongo se ahogará al no encontrar espacios disponibles en el sustrato para ejercer su acción enzimática. Debido a eso se debe de contemplar el uso de sustratos que no absorban humedad en exceso (que no se empasten o apelmacen), pero que tengan la capacidad de retener la humedad deseada.

Sustratos:



Sustrato para *Pleurotus* spp. Preparado en bolsas



Sustrato para *Agaricus bisporus*. Preparado en bolsas.

2.3.1 Sustratos para *Agaricus bisporus*.

Particularmente para este tipo de compost como componente principal es la paja, material generalmente abundante y barato.

Para la preparación del compost se utiliza también estiércol de caballo rico en paja, también se preparan cantidades cada vez más importantes de compost de trigo, la materia prima para la fabricación del compost de trigo suele ser paja de trigo, heno o alfalfa, paja de arroz, totomoztle de maíz, bagazo de caña de azúcar, gallinaza, urea o cualquier material de este tipo como son: sulfato de amonio, carbonato de calcio, yeso.

La utilización de otro tipo de aditivo depende mucho de los subproductos que existen en el mercado de la región. (CODAI, 1982)

El estiércol de caballo ya contiene la paja enriquecida con nitrógeno y alberga multitud de bacterias. Como el estiércol de caballo es menos apreciado como abono en los medios agrícolas, se puede adquirir en mayores cantidades. Los mejores resultados con el estiércol procedente de caballos alimentados con avena y heno, y con pajas de trigo como cama. La administración de forrajes verdes, raíces forrajeras y alimentos semejantes suele influir desfavorablemente sobre la calidad. Además de paja de trigo se utiliza la de centeno. No deben mezclarse otras clases de pajas, porque al enmohecerse con distinta velocidad, se perjudica la uniformidad del compost. El mejor es un estiércol rico en paja que a ser posible no tenga más de una semana.

Para obtener un sustrato que resulte especialmente bueno para el cultivo de champiñones, por contener los distintos nutrientes precisados por estos hongos, se agregan sustancias adecuadas para tal fin. Agregando cal y yeso se neutralizan los ácidos, se crea el pH adecuado y se mejora la estructura del sustrato.

La incorporación de nitrógeno favorece la transformación del estiércol y crea un sustrato con un contenido óptimo de nutrientes. El nitrógeno suele adicionarse en forma inorgánica como sulfato de amónico o urea.

Como abonos orgánicos con nitrógeno sirven la harina de sangre, harina de pescado, etc., que contienen una elevada tasa de nitrógeno (10-14%); el germen malteado, harinas de semillas de algodón y de alfalfa, estiércol de gallinas, triturados de ricino, etc. Contienen tasas medias de nitrógeno (4-6%); la pulpa de remolacha, mazorcas desgranadas de maíz, bagazo de caña de azúcar, etc., contienen poco nitrógeno y muchos hidratos de carbono. (Steineck, 1987)

2.3.2 Sustratos para *Pleurotus ostreatus*.

Las especies de *Pleurotus* son lignocelulolíticas, por lo que tienen la capacidad de degradar muchos sustratos, como son los esquilmos de desechos agroindustriales. Se pueden utilizar sustratos catalogados como basura, entre los que figuran gran número de productos.

Mata y Martínez – Carrera (1988) hicieron una revisión y estimación de la producción de los residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de los hongos comestibles en México señalaron que en el país se producen más de 11,000,000 toneladas anuales de esquilmos de pajas de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, trigo y sorgo, de pulpa de café se producen casi 700, 000 toneladas anuales y gabazo de caña de azúcar más de 12,000,000 toneladas anuales. Tomando en cuenta la producción de los hongos, se podrían producir de *Pleurotus* tan sólo en la pulpa de café, cerca de 110,000 toneladas anuales. (Guzmán, 1993)

Sustratos:

1. Pajas de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, sorgo, trigo, avena y zacates en general.
2. Rastrojos de maíz, mijo, garbanzo, frijol, etc.
3. Pulpas de café, cardamomo.
4. Bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, uva, etc.
5. Forestales, tales como aserrín, virutas, troncos y ramas.
6. Otros: papel, olote y tamo de maíz, hojas (brácteas) de piña, fibra de coco, lirio acuático, hojas y tallos (cañones) de plátano, caña de azúcar, desechos de la industria textil como algodón.

Algunas veces, una combinación de sustratos favorece mejor el desarrollo de los hongos como es el caso de mezclas de pajas con pulpas de café o bagazo de caña de azúcar o éste último con pulpa de café, etc.

2.3.3 FORMAS DE PREPARACIÓN PARA: *Agaricus bisporus*

2.3.3.1 Compost:

El proceso para la preparación del compost depende de la actividad metabólica de los microorganismos los cuales generan calor. El incremento de la temperatura en el compost depende de los factores ambientales, el tamaño del montón y la estructura física del mismo compost. (Randle, 1983)

Las bacterias y hongos mesófilos consumen inicialmente los nutrientes fácilmente asimilables produciendo calor metabólico que inicia el proceso microbiológico. La materia orgánica actúa como aislante térmico y esto permite un aumento de temperatura en el interior del montón de materiales en fermentación que normalmente se encuentra a temperaturas mayores de 75 °C. (Leal, 1981)

Para la preparación del compost se necesita estiércol de caballo, rastrojo de maíz, radícula de malta, gallinaza, urea, cal agrícola, yeso y harinolina. Todo esto se mezcla y se forma un montón al que se le adiciona agua, mediante un medio apropiado se estimula la fermentación, quedando preparado al cabo de 16 días. Durante este tiempo, el montón formado se deshace varias veces, se remueve, se sacude, mojándose continuamente.

Durante este tiempo se produce una fermentación y la temperatura alcanza los 80°C, cambiando progresivamente el material, al cabo del tiempo el compost queda terminado.

Trussler, (1982) menciona que es importante tomar en cuenta la consistencia de la paja que tiene efectos directamente sobre el compost, la paja puede clasificarse en pajas de pared gruesa y pared delgada, en las que las pajas de pared gruesa tienen más tejido blando que hace a la paja rígida y dificultando el compost.

El compost en el momento de utilizarlo no debe tener un contenido de amoníaco superior al 2%.

2.3.3.2 Fermentación:

Algunos de los factores favorables para una buena fermentación es en cuanto al olor, el estiércol tiene que haber perdido su fuerte olor amoniacal del principio. Referente al tacto, un puñado de estiércol apretado no debe dejar escurrir agua y no escurrir de la mano, lo que corresponde a una humedad del 55 al 65%. Húmedo debe recuperar su volumen inicial cuando se suelta la mano, lo que demuestra que queda fibras suficientes para evitar la aglutinación; y respecto al color, su aspecto debe ser pardo oscuro, con partes blanquesinas, índices de una buena fermentación.

El nitrógeno, aumenta la capacidad de fermentación y por ello se debe aportar más hidratos de carbono que servirán de alimento a los microorganismos de la fermentación. Estos hidratos de carbono se pueden aportar en forma de pulpa de remolacha, semilla de algodón, etc.

El compost preparado debe tener mezclados homogéneamente los diferentes componentes, la humedad a la que debe salir es alrededor del 70%.

Pasos para la fermentación.

- | | |
|-------|--|
| Día 0 | Recibir el estiércol, regar, formar montones, añadiendo la paja, zacates y urea. |
| Día 1 | Formar cordones. |
| Día 3 | Primera vuelta disgregar, mezclar y rehacer el cordón. |

- Día 5 al 6 segunda vuelta, añadir harinolina, remover y rehacer el montón.
- Día 8 Tercera vuelta, remover y añadir 25 kg. De yeso por tonelada.
- Día 10 El compost está listo para la pasteurización, aquí se verifica el grado de humedad que se sitúe entre 68 – 70 %.

Durante la fermentación la paja se ablanda bajo la acción de los microorganismos y el amoníaco del compost. Se hace porosa y blanda, y puede absorber mucho agua, la capa cérea que recubre la paja es disuelta rápidamente por el amoníaco presente al principio, sobre todo a alta temperatura. La paja se hace más flexible y se mezcla con los excrementos, además absorbe el agua con más rapidez. (Vedder, 1978)

Durante la fermentación se producen pérdidas de materia seca y humedad debido a la actividad metabólica de los microorganismos implicados.

A través del composteo los materiales orgánicos se convierten en un medio estable el cual es selectivo al champiñón y desfavorable para microorganismos competidores. (Chang y Miles, 1989)

2.3.3.3 Pasteurización:

Se deposita el compost en capas, cada capa está separada por una malla de plástico, esto es con el fin de establecer una buena estructura que permita la ventilación. En la pasteurización se le inyecta vapor vivo de tal manera que se eleve la temperatura a 58-60°C, durante 6 a 8 horas para matar todos los microorganismos perjudiciales. Pasando de 6 a 8 días la temperatura desciende hasta los 48°C, con esto se terminan los procesos biológicos y se aumenta la selectividad.

Chang y Miles (1989) mencionan que la pasteurización tiene el siguiente objetivo:

- a) Eliminar insectos y plagas que hayan quedado en la fase I (compost) y destruir esporas de microorganismos contaminantes.
- b) Mejorar el sustrato para uniformizar la temperatura a aproximadamente 50 a 55 °C. La cual promueve la descomposición del sustrato por microorganismos termófilos.

El compost, al salir de la pasteurizadora está lista para hacer el sustrato donde se desarrollará el champiñón. El compost debe reunir las condiciones siguientes:

- A) Homogeneidad en su composición.
- B) Alrededor de 71-72 % de humedad.
- C) Aproximadamente 1.5 % de nitrógeno.
- D) Nitrógeno integrado en su mayoría en la micro flora y en el complejo húmico.
- E) 0.4- 0.5% de amoniacó.
- F) pH aproximado de 8.5
- G) Hidratos de carbono fácilmente asimilables.
- H) Fragmentos de paja bastante cortos y de color negro.

Fuente: CODAI / CODAGEM, 1982.

Durante la pasteurización se debe efectuar una intensa ventilación con el fin de mantener una temperatura lo más uniforme posible. (Steineck, 1987)

Según López, 1990. Cuando las disponibilidades de estiércol son suficientes se utiliza este para la preparación de compost. Lo ideal es un estiércol con 70% de paja impregnada de orina y un 30% de excremento o boñiga.

Se considera que el estiércol ideal es el que contiene paja de trigo o centeno. Interesa que este estiércol sea lo más fresco posible y en cualquier caso que no haya sufrido la fermentación seca. Se puede decir que a partir de una tonelada de estiércol fresco de caballo (55 a 75% de humedad) se puede obtener entre 1.2 y 1.5 toneladas de compost.

Para el compost, es necesario de disponer de un local cubierto, de techo lo suficientemente alto como para permitir la ventilación, y que se pueda cerrar para aislarlo de las condiciones exteriores. En este local se formarán los cordones de estiércol. Podemos decir que se necesita un metro lineal por tonelada de estiércol, el suelo más adecuado en el local es el hormigón, fácilmente lavable mediante agua a presión. Deberá tener una ligera inclinación para que corra el agua sobrante del montón. Esta agua se recoge en una fosa y se vuelve a regar con ella el compost para recuperar los nutrientes disueltos.

2.3.4 FORMAS DE PREPARACIÓN PARA: *Pleurotus ostreatus*.

2.3.4.1 Fermentación:

La fermentación del sustrato se recomienda únicamente para aquellos materiales que poseen una gran cantidad de azúcares solubles, que si no son eliminados promueven el crecimiento rápido de mohos, levaduras y bacterias, los cuales competirán con el micelio por el sustrato, desplazándolo fácilmente. Los sustratos que se recomienda fermentar son la pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, de maguey pulquero o tequilero, de henequén y de uva, lirio acuático, zacates verdes, tallos de plátano (cañones) y otros materiales provenientes de residuos agro-industriales. Con la fermentación, se obtendrán además un ablandamiento de la fibra que compone tales materiales, lo cual permitirá una mayor retención de la humedad necesarias para el desarrollo del micelio. Así, se reducen considerablemente otros compuestos no deseados en los sustratos, como los taninos, fenoles, ácidos, resinas, etc., que afectan el desarrollo del micelio. (Guzmán et al., 1993)

El tiempo de fermentación depende del sustrato y de la cantidad del mismo, de la temperatura ambiente y de la especie del hongo que se cultivará. En la pulpa de café, como se verá a continuación, es de 3 a 5 días y en los bagazos un mínimo de 10 días. Durante la fermentación se aumenta considerablemente la temperatura del sustrato, llegando hasta 35-45°C o a veces cerca de 60°C en el compost del champiñón. Sin embargo, al final de la fermentación, debido al agotamiento de los nutrimentos disponibles para los microorganismos, disminuye la temperatura, para quedar de mas o menos 35°C..

En la fermentación aerobia el sustrato se coloca en forma piramidal, envuelto en ciertos casos en un plástico negro para mantener el calor y la humedad, lo que favorecerá la actividad enzimática de los microorganismos.

Para que se obtenga una buena fermentación es necesario que el sustrato contenga de 70 a 75% de humedad. Una manera empírica de conocer el porcentaje de humedad, es tomar un puñado del sustrato y presionarlo ligeramente en la mano, si escurren pequeñas gotas de agua entre los dedos, nos indicará que el sustrato tiene la humedad adecuada. Es necesario realizar volteos periódicos, deshaciendo y volviendo a hacer la pirámide, se recomienda realizarlo cada tercer día para evitar una pérdida excesiva de calor y humedad.

Se recomienda revisar la temperatura de la pila periódicamente hasta que alcance cerca de 35°C que es cuando estará lista para el proceso del cultivo. Es conveniente hacer una medición del pH del sustrato, el cual para el caso de *Pleurotus* deberá estar en un intervalo de 5.5-6.5. En caso de una alteración del pH, es necesario modificarlo aplicando cal o carbonato de calcio en pH ácido y yeso en pH alcalino. (Chang y Miles, 1989).

Además de la temperatura de fermentación, el color, olor y textura final de las pulpas serán los indicadores para saber que dicho sustrato está listo para la pasteurización y usarlo en el cultivo de los hongos. Si se ha removido bien la pulpa y han pasado los 3-5 días indicados de la fermentación, el color de la misma será oscuro uniforme, el olor agradable y la textura será fibrosa – granosa y no pastosa.

La fermentación de la pulpa fresca se puede evitar, si ésta se seca, a través de una deshidratación al sol durante el tiempo necesario para que quede totalmente seca. La pulpa así preparada se pasteuriza o se puede almacenar durante mucho tiempo (más de un año), lo que permitirá contar con este material durante los meses del año en que no es posible obtenerlos. (Soto et al, 1987)

2.3.4.2 Hidratación:

La hidratación debe llevarse a cabo con sustratos secos, como pajas, rastrojos, desechos de algodón, papel, aserrín, pulpa de café deshidratadas, etc. En caso de que presenten segmentos muy grandes o largos, como en las pajas, es necesario reducir su tamaño a segmentos de aproximadamente 3 a 5 cm, los cuales permiten una mejor retención de humedad y un fácil manejo del sustrato. Para hidratar el sustrato pueden seguirse varios métodos:

1. Remojo en agua: 20 horas mínimo sumergido en agua, debe tener cerca del 70% de humedad es recomendable hacerlo en pajas y rastrojos ejemplo trigo y maíz.
2. Adición de agua y formación de pilas: es semejante a la fermentación con la diferencia de que el sustrato no se deja fermentar el sustrato se coloca en el piso se extiende y se aplica agua hasta cerca del 80% se cubre con un plástico y se deja por una noche ejemplo cebada y avena.
3. Compactación: se emplea para sustratos que presentan muy poca retención de agua y son difíciles de hidratar, desecho de algodón, papel, cartón, estopa de coco, aserrín, etc.

2.3.4.3 Pasteurización.

Para destruir las formas vegetativas de microorganismos competidores, el sustrato es sujeto a un proceso de pasteurización o prefermentado por un corto tiempo y después enfriado a temperaturas de 20 a 25°C. (Kurtzman y Zadrazil, 1982)

Los métodos son:

1. Sumergir en agua caliente el sustrato: El sustrato se sumerge en agua caliente a una temperatura de 80°C durante 40 a 45 minutos dependiendo del tipo de sustrato que se use, si se incrementa la temperatura se corre el riesgo de modificar la composición química del material, limitando el aprovechamiento eficaz de las fuentes de carbono para el micelio, además los azúcares disueltos en el medio se hacen más accesibles a otros microorganismos contaminantes que los pueden consumir con mayor facilidad y rapidez. (Guzmán et al., 1993)

El sustrato se puede someter a una temperatura de 80 a 100°C, y después es enfriado para inocularlo. Este método puede usarse en producción mecánica y continua del sustrato. La calidad de este es modificada por la temperatura, compuestos solubles de azúcar y soluciones fenólicas son puestas en libertad.

2. El sustrato se puede sumergir en agua caliente más o menos a 70°C, durante un periodo de 15 a 20 minutos, en tambos metálicos los cuales están rodeados de una pared cilíndrica de ladrillo para evitar la pérdida de energía. (Martínez – Carrera, 1988)

3. Utilización de vapor: El sustrato se coloca en camas de madera en cuartos cerrados la capa del sustrato no debe exceder de 20 cm de grosor ya que esto impediría la libre circulación del vapor este se inyecta en el cuarto hasta que la temperatura alcance 60 a 65°C y manteniéndose de 10 a 12 horas. Después se inyecta aire frío filtrado para el enfriamiento del sustrato, este método no es muy confiable ya que durante la elevación de la temperatura pueden surgir otros microorganismos. (Guzmán et al., 1993)

Después de la pasteurización el sustrato debe tener las siguientes características:

- 1.- El contenido de humedad es de 70 –72 %.
- 2.- La paja tiene un color café claro.
- 3.- La paja ya no es quebradiza.
- 4.- El volumen del sustrato ha disminuido.

Manzola, 1995.

2.4 Formas de comercialización de los hongos comestibles.

De las más de 200 especies con valor comestible que existen en nuestro país, solo *Agaricus bisporus* (champiñón), *Pleurotus* spp. (Seta) y *Lentinus edodes* (Shiitake) se obtienen mediante cultivo industrial. Aunque no se tiene un volumen preciso de la producción global, el volumen de producción de estas especies debe superar las 35 toneladas por día. (Manzola, 1995)

La producción de hongos comestibles en el país es de aproximadamente 28,000 toneladas anuales el 93% corresponde al champiñón (*Agaricus*), mientras que el 7% a las setas (*Pleurotus*). (Carrera, 1997)

Durante la temporada lluviosa esta cantidad se incrementa por la producción natural de hongos comestibles en las zonas forestales, algunos de los cuales tienen valor comercial de exportación, como *Tricholoma magnivelare* (Hongo blanco), *Morchella* spp. (Morillas), *Boletus edulis* (Pambazo) y *Cantharellus cibarius* (Duraznillo).

Todas las especies citadas se comercializan frescas, pero también se obtienen productos elaborados de ellas, como son conservas en salmuera y escabeche, deshidratados, sopas, etc.

Debido a los patrones culturales de cada región y a la variedad de especies que existen en cada una, este recurso se ha considerado tradicionalmente como de "autoconsumo", es decir, que solo complementa la dieta familiar. No obstante, la abundancia del recurso generó en un principio el trueque (que aún prevalece en algunas localidades) y después la comercialización a nivel local o regional. Actualmente, las especies silvestres siguen aprovechándose de una manera muy similar en nuestro país, lo que ha evolucionado notablemente son los mercados de consumo, ya que hay especies que tienen aprecio gastronómico a nivel internacional, por lo que su comercialización tiene amplias y atractivas perspectivas de desarrollo.

Esto no es muy reciente porque ha sido tal el éxito que desde los años 50 ya había producción de enlatados en nuestro país, y que para esas fechas se habían importado de países como España y Francia; evidentemente sus precios eran poco accesibles para la mayor parte de la población.

La técnica de cultivo para champiñones ha evolucionado tanto que de 6 kg./m² de sustrato que se producía en los años 50, actualmente se alcanzan niveles de hasta 25 kg./m² y una producción aproximada de 40 toneladas diarias en todo el país.

Otros hongos que pueden obtenerse por cultivo son setas (*Pleurotus* spp.) aunque el desarrollo tecnológico de su proceso de producción es todavía más reciente. Su venta se realiza en muy pocos lugares ya que el desconocimiento y la desconfianza le han creado problemas de aceptación, a pesar de esto el mercado va en creciente aumento, y es posible que en poco tiempo tenga mayor demanda.

Es importante destacar que las setas son hongos ampliamente demandados en el mercado norteamericano y que el método para su cultivo es menos complicado que el del champiñón.

La demanda de hongos tanto en el mercado interno como externo va en aumento, incluso puede afirmarse que la producción anual no satisface la demanda que se genera en ambos mercados. (Manzola, 1995)

Por lo que se refiere al aprovechamiento de los hongos exóticos, actualmente tenemos una cartera de clientes en diversas partes del mundo (Estados Unidos, Brasil, Costa Rica, Italia y Japón) los cuales solicitan con frecuencia grandes cantidades de hongos como el Shiitake (*Lentinus edodes*) y las setas (*Pleurotus ostreatus*).

Además, en temporada de lluvias de nuestro país, se esta en posibilidades de comercializar otras variedades silvestres, principalmente el Porcini o Panza (*Boletus edulis*), la Morilla o Panillillo (*Morchella* spp.), el duraznillo (*Cantharellus cibarius*) y el matzutake u hongo blanco (*Tricholoma magnivelare*). (Marvel, 1995)

En la última década, el mercado de los hongos comestibles se ha diversificado más que en todo su desarrollo; de 2 empresas productoras de champiñón que había en 1950, actualmente existen 5 con producción destacada (Estas son Hongos de México, Hongos Leben, Industrias Marvel, Provemex y Champimex) y una gran cantidad de pequeños productores con comercialización local; se han diversificado el número de especies que se cultivan y los productos procesados en el mercado; además, se ha incursionado en el mercado de exportación principalmente con los hongos silvestres.

2.4.1 Hongos comestibles: frescos.

Los hongos silvestres, como un producto de temporada y altamente perecedero, se comercializan frescos en su mayor parte. Su distribución limitada a zonas forestales hace que su venta se canalice principalmente a mercados regionales, a pesar de ello, existen sitios donde cada temporada se venden estos hongos en grandes volúmenes, los más importantes son:

-Mercado de la merced.

-Central de abastos.

-Mercado de Jamaica.

-Además de supermercados (Aurrera, comercial Mexicana, Gigante, etc.).

Los esquemas de comercialización más comunes que se utilizan en estos sitios son dos: La venta directa por parte del recolector (en la central de abastos) y el acopio regional para la reventa (el resto de los mercados). Los hongos que se venden en estas condiciones carecen de un esquema de control de calidad, de tal manera que se adquieren revueltos, mal seleccionados, fragmentados y sucios. A pesar de ello, el precio que alcanzan varía entre \$20.00 y \$60.00 pesos por kilogramo dependiendo de la especie, la calidad y el punto de venta.

Los precios que se registran también son variables en el transcurso de la temporada.

Los hongos cultivados, se comercializan durante todo el año debido a la posibilidad de reproducirlos en condiciones artificiales. La especie con mayor movimiento comercial en todo el mundo es el champiñón blanco (*Agaricus bisporus*), únicamente en nuestro país hay una venta estimada diaria alrededor de 40 toneladas; es un producto que igual puede encontrarse en los mercados de mayoreo (central de abastos), como en mercados regionales, mercados locales y tiendas de autoservicio.

Las setas son hongos que en estos momentos se encuentran en un proceso de franca expansión comercial, los volúmenes de producción son muy inferiores a los del champiñón y a la fecha no existe en el país una empresa que cuente con producción constante y representativa, por otra parte, es necesario promover el producto entre el público consumidor, ya que hay gente que no lo consume por que no lo conoce o por que tienen falsas creencias sobre su comestibilidad (suponen que es tóxico). A pesar de esto, la demanda va en creciente aumento y el mercado de exportación tiene amplias perspectivas.

2.4.2 Hongos comestibles: En conserva.

Uno de los problemas que presentan los hongos como alternativa de alimentación es su vida comercial tan corta, ya que como producto fresco en refrigeración tiene una vida media de 8 días. Se buscó una alternativa de conservación de tal manera que no mermara su capacidad nutrimental ni su aspecto comercial; la preservación en salmuera es el procedimiento que permite mantener en mayor proporción estas propiedades.

Al igual que en el rubro de frescos, los champiñones son los hongos que cuentan con mayor distribución en el mercado de los alimentos procesados; el incremento de la vida útil de los hongos con un cocimiento controlado y la adición de un líquido conservador hace posible el acceso de los hongos a lugares y mercados donde su venta en fresco no era posible.

Existen múltiples presentaciones que están destinadas principalmente a las tiendas de autoservicio y mercados, las más importantes son:

- Producto envasado en lata desde 200 g. Hasta 4 kg.; cubetas de 4 y 19 kg. Y frascos de diferentes capacidades desde 250 g. Hasta 1 kg.
- Champiñones en salmuera y champiñones en escabeche.
- Champiñones en salmuera enteros, rebanados o en trocitos.
- Sopas y cremas a base de champiñones.

2.4.3 Hongos comestibles: deshidratados.

La segunda alternativa para la preservación de los hongos comestibles es la deshidratación, sin embargo, debido a las proporciones tan altas de agua que contienen especies como champiñón (90%), no es un método aplicable en todos los casos.

Con el procedimiento de la deshidratación pueden tratarse especies con contenidos máximos de humedad inferiores al 40%, ya que son los únicos casos en que es viable una rehidratación sin que se pierdan propiedades nutrimentales ni de aspecto; las únicas especies comerciales que pueden manejarse en esta presentación son el Shiitake y las Morillas. Algunas como el Porcini y el champiñón mismo se deshidratan como complemento para sopas y elaboración de condimentos. (Manzola, 1995)

III.- CONCLUSIONES.

Los residuos agro-industriales forman parte del ecosistema los cuales pueden dejar de ser un problema dando un mejor aprovechamiento y uso de ellos. Por eso el interés que se presenta en este trabajo por buscar una solución a este tipo de problema dando recomendaciones para una mejor utilización de los recursos naturales.

La producción de hongos comestibles, *Pleurotus* spp. y *Agaricus bisporus*, resulta ser una alternativa en la producción de alimento, ya que aprovecha residuos agroindustriales y el espacio que ocupa es relativamente pequeño.

El usar esquilmos y desperdicios agro-industriales en el cultivo de hongos comestibles, tiene una función muy importante por una parte de emplear materiales generados por la actividad humana que poco o nada son aprovechables, que por el contrario muchas veces contaminan el medio y alteran el ecosistema, por otro lado, obtener un producto alimenticio de un alto valor nutricional.

Es de gran importancia el hecho de emplear desechos agrícolas para el cultivo de hongos ya que eso significa reciclarse aceleradamente en los ecosistemas mediante un proceso biológico natural a partir del cual el hombre puede obtener beneficios a muy corto plazo.

Para esto se considera que los hongos comestibles tanto silvestres como cultivados, es una solución de nuestro tiempo. Es muy importante hacer notar las elevadas perspectivas que tienen los hongos en el mercado de exportación, en los cuales se puede vender en los mercados más selectos del mundo.

Por lo que respecta al mercado interno, no hay que olvidar que México es un país consumidor de hongos por tradición, estos se encuentran arraigados a las tradiciones y costumbres de la gente desde hace siglos.

Los hongos comestibles, suelen ser de gran importancia en nuestro país, por su riqueza micológica que existe en el país y debido a la amplia gama de microclimas.

Parte de la importancia y el objetivo de la producción de hongos es el proporcionar al mercado consumidor, un producto de buena calidad, con alto contenido proteínico y en forma continua con lo que se puede tener un mercado de consumo más amplio.

Dentro de este trabajo se mencionan métodos y tecnologías que permiten incrementar rendimientos, para tratar de reducir costos para su producción, obteniendo así mayores ganancias, creando a su vez mayores fuentes de trabajo en cada zona y de alguna manera hacer un mejor uso de los recursos que se encuentran a su alrededor.

Los sustratos que se utilizaran son los que abundan más en la zona, pero los que están considerados como mejor sustrato es: paja de trigo, cascara de café entre otros mezclados con aditivos para el caso de *Pleurotus*. Y para *Agaricus* el estiércol de caballo con otros aditivos.

El procedimiento a seguir para la preparación del sustrato para *Agaricus* es un proceso de composteo, fermentación y pasteurización.

Y en el caso de *Pleurotus* el proceso es de fermentación (todos lo viscoso: pulpas, bagazos, etc.), hidratación y pasteurización.

Por otra parte se necesita hacer una mayor difusión con el propósito de aumentar más su mercado, a su vez se necesitan mayores alternativas de comercialización.

Por último a pesar que las técnicas de producción de semilla como para la producción de hongos es aparentemente muy sencilla pero que encierra muchas posibilidades de fracaso si no se sustenta en una base práctica con instalaciones adecuadas en donde se pueda tener un control de los factores luz, temperatura, aireación, humedad y los biológicos estos pueden interferir en la producción.

IV.- RECOMENDACIONES.

El cultivo de hongos comestibles debe iniciar desde la selección del sustrato que es el sitio donde el hongo va a desarrollarse, el cual debe haber con abundancia en la zona, para contar con una producción constante.

En la producción de “semilla” o blanco se requiere de un mayor cuidado (ya que de este depende el éxito de la producción) ya que esta pone en riesgo la producción y los rendimientos del cultivo. Una buena selección de cepa va a asegurar el éxito en el mercado, la cual debe ser de buena calidad y no estar contaminada.

Se considera que muchos de los problemas para una buena producción inician desde la hidratación de pajas en el caso de *Pleurotus* spp. Porque esta no alcanza a absorber el agua necesaria; Por eso se recomienda remojar la paja por 24 horas lo que permite asegurar una mejor hidratación.

Se recomienda tener mucho cuidado con la pasteurización ya que si no se lleva acabo bien este proceso, suele contaminarse el sustrato con otro tipo de microorganismo, como es *Penicillium* y *Trichoderma* con los cuales se tiene muchos problemas durante la invasión de micelio.

Se recomienda sembrar en bolsas para el caso de *Pleurotus ostreatus* de 60 X 90 cm el cual suele ser más práctico.

En el cuarto de producción las mayores fallas reportadas son los factores de humedad, temperatura y aireación donde se recomienda tener mayores cuidados.

Debe regarse bien un día antes de la cosecha, por la mañana. En la cosecha no debe regarse directamente cuando hay hongos; los cortes se recomiendan hacerse por las mañanas.

La mejor manera de conservar los hongos frescos por más de una semana es en refrigeración entre 0 a 5°C.

Por otra parte el sustrato utilizado para la producción de *Pleurotus ostreatus* se puede volver a utilizar para alimentación de ganado o compostear para hacer sustrato para producción de *Agaricus bisporus* y al termino de este incorporarlo al suelo.

Una alternativa para el sustrato ya utilizado es utilizarlo como fertilizante orgánico y como acondicionador del suelo, la degradación de lignina y celulosa aportan una fuente útil de carbono y nitrógeno.

Es de gran importancia para que esto resulte contar con personal técnico calificado.

V.- BIBLIOGRAFÍA

Barber, W.H. 1990 Environmental control of bacterial blotch on Pennsylvania shelf farms" Mushroom news 38 (2).

Bucio, P.E., Onofre, C.M. y Jiménez, M.A. "Producción de hongos setas en el ejido la Concepción - Chapingo, Texcoco, Edo. De México"
Artículo de Chapingo, Julio de 1996.

Calonge, F. 1986 "Hongos" Ed. Mundi- prensa. España.

Chang, S.T y Miles, P. 1989 " Edible mushrooms and their cultivation" CRC Press, Boca Ratón, Florida.

CODAI / México CODAGEM. 1982 "planta productora de champiñones"
Factibilidad. San Felipe del Progreso. SARH.

Crespo, M 1987 "Cultivo comercial del champiñón" Ed. Albatros. Buenos Aires.

García, R.M. 1985 "Nuevas técnicas de cultivo de *Pleurotus ostreatus*" Ministerio de agricultura, pesca, y alimentación. Folleto 9,675.

García, R. 1991 " Cultivo de setas y trufas" Ed. Mundi- prensa. España.

Guzmán, G 1977 "Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores" Ed. Limusa. México.

Guzmán, G. 1984 "El uso de los hongos en Mesoamérica" Ciencia y desarrollo"
Vol. XVI N°59.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Guzmán G. Y Martínez –Carrera. 1985 “Planta productora de hongos comestibles sobre pulpa de café”. Ciencia y Desarrollo. Vol. XVI N°65.

Guzmán G., Mata G., Salmones D., Soto C. Y Guzmán – Davalos L. 1993 “El cultivo de los hongos comestibles” I.P.N. Xalapa, Ver. México.

Herrera, T y Ulloa, M. 1990 “El reino de los hongos” Ed. UNAM y Fondo de cultura económica. México.

Hongos del bosque Marvel S.A. de C.V. 1995 “El aprovechamiento de los hongos silvestres”. Artículo México D.F

Leal, H. 1987 “El cultivo de champiñón y otros macromicetos comestibles” CONACYT. México.

López, E. 1990 “ El cultivo de champiñón, la trufa y otros hongos” Ed. Aedos. España.

Manzola, C.J 1995 “Bases Técnicas para la producción de hongos comestibles Setas (*Pleurotus* spp.) Artículo de Chapingo, Julio

Manzola, C.J.M. 1995 “ La comercialización de los hongos comestibles en México” articulo de Chapingo, Julio.

Mata, G. Y D. Martínez – Carrera, 1988. “Estimación de la producción de residuos Agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. Rev. Méx. Mic. 4: 287-296.

Martínez- Carrera, Soto, C., Morales, P. y Guzmán, G. 1988 "El cultivo de los hongos comestibles" Ciencia y Desarrollo. Vol. 39 N°2 Septiembre.

Martínez D. Y Larque S. 1990 "Biotecnología en la producción de hongos comestibles" Ciencia y Desarrollo. Vol. XVI, N° 95 Nov. – Dic. México.

Martínez- Carrera, D., Leben, R., Morales, P., Sobal, M. Y Larque Saavedra. 1991 "Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México" Ciencia y Desarrollo XVI.

Noble, R. 1991 " Manipulation of temperature at controlled CO₂ level to synchronise the flushing pattern of the mushroom *Agaricus bisporus*. Scientia Horticulturae. N°46.

Paccioni, G. 1987 " El cultivo moderno del champiñón" Ed. Venchi España.

Quimio, T. 1986 " Guide to Low cost mushroom cultivation in the tropics" University of the Philippines at Los Baños, la Laguna.

Steineck, H. 1987 "Cultivo comercial del champiñón" Ed. Mundi- prensa. España.

Soto V., Arias A. Y Fausto S. 1991 "Elaboración en inóculo en bolsas de polipapel para el cultivo de especies de *Pleurotus*." IV congreso Nacional de Micología (Resúmenes), Tlaxcala.

Villanueva, Galván y Guzmán. 1977 "Estudio florístico sobre los hongos" UNAM. México.

Zadrazil F. Y Kurtzman R. 1982 " The biology of *Pleurotus* cultivation in the tropics. Irr. Chang, S.T y T.H. Quimio (eds), Tropical mushrooms. Biological nature and cultivation methods. The Chinese University Press, Hong Kong.

VI.- GLOSARIO:

- Aclorófilos** Sin clorofila, el pigmento fotosintético de las plantas verdes.
- Adnato** Se dice que las laminitas de las agaricáceas son adnatas cuando llegan hasta el pie y se adhieren a él.
- Aerobia** Son microorganismos que viven en presencia de oxígeno. se refiere a la fermentación que se lleva a cabo en el sustrato por varios hongos, la cual debe ser aerobia.
- Aminoácidos** Compuestos orgánicos en cuya molécula figuran los dos grupos carboxilo y amina.
- Anaerobio** Microorganismos que son capaces de vivir sin la presencia de oxígeno libre.
- Anaerobiosis** Se aplica a la vida de los organismos anaerobios, que ocurre fuera de la presencia de aire.
- Anillo** En los hongos agariales, corresponde a los fragmentos de velo parcial que permanecen en la parte adheridos a la porción superior del pie o estipite del basidiocarpo, en forma de collarillo, como sucede en *Agaricus* y otros.
- Basidio** Estructura que lleva sobre su superficie un número definido de basidióporas (típicamente cuatro) que se forman, por regla general después de la cariogamia y meiosis.
- Basidiocarpos** Aparato esporífero o cuerpo fructífero de los basidiomicetes que produce basidios y basidiosporas.
- Basidiosporas** Espora formada sobre la parte externa de un basidio, después de la cariogamia y meiosis.
- Bínucleadas** Con dos núcleos. Fase binucleada, de muchos hongos.
- Cámara de flujo** Sistema mecánico que funciona a través de filtros de aire, para proporcionar un ambiente de esterilidad y facilitar la siembra y resiembra de los hongos en el laboratorio.

- Carbohidratos** Se les llama también azúcares. Son sustancias formadas por carbón, oxígeno e hidrógeno y muy importante en la constitución orgánica de los seres vivos, junto con las proteínas y los lípidos
- Cariogamia** Fusión de dos núcleos para formar el núcleo cigoto. Corresponde a la segunda fase de la reproducción sexual y posterior a la plasmogamia y anterior a la meiosis.
- Carpóforos** En hongos superiores tienden los conidióforos, ascóforos y basidióforos a reunirse para formar verdaderas fructificaciones, que reciben respectivamente los nombres de conidiocarpos, ascocarpos y basidiocarpos y su soporte el de carpóforo.
- Celulosa** Formado de células. Es el principal componente estructural de la pared celular de las plantas. Es una sustancia compleja del tipo de los polisacáridos, formada por cadenas muy largas de glucosa.
- Celulolítico** Tiene la capacidad para degradar la celulosa de los substratos donde crece; muchos hongos son celulolíticos.
- Cepa** Es el micelio de un hongo desarrollado en una caja de petri o en un tubo de ensaye, es decir un conjunto de hifas. La cepa es la base para el cultivo de un hongo.
- Claviformes** En forma de clava o mazo.
- Compost** Sustrato, generalmente preparado por fermentación y suplementación del estiércol de caballo, en el que se desarrolla el micelio de los champiñones para su cultivo industrial.
- Conidióforo** Hifa, simple o ramificada, que se diferencia de una somática y que produce y sustenta conidios; estos son generados en células especializadas denominadas conidiógenas, que pueden disponerse de maneras muy diversas.

- Contexto** En los basidiomicetes, corresponde al tejido fibroso que constituye el cuerpo del pileo del basidiocarpo, sin abarcar la corteza y el himenio. Equivale a la carne del cuerpo fructífero de un hongo.
- Coprófilo** Que habitan en el estiércol directamente.
- Cuerpo fructífero** También llamado fructificación, esporóforo o simplemente hongo, es la parte reproductora de origen sexual de un micelio, la cual es macroscópica y aérea (o subterránea en las trufas).
- Decurrente** Se aplica a las láminas que se adhieren al estípite y se prolongan hacia la base de este, pegados al mismo por su borde.
- Degradación** En la mayor parte de los casos se refiere, Este proceso, que suele ir acompañado de una disminución en la producción de la materia es consecuencia de la explotación de la vegetación por el hombre.
- Discoïdales** Forma parecida a un disco.
- Enzimática** Es un activador natural de procesos bioquímicos sintetizados por la célula viva. Una de las características principales de estas sustancias es su especificidad, actuando cada una solamente sobre un determinado producto (sustrato) o una clase de ellos.
- Espora** Pequeña unidad de propagación, unicelular o pluricelular, asexual o sexual, móvil o inmóvil, que funciona como una semilla, aunque difiere de esta última porque una espóra no contiene un embrión preformado.
- Esporada** Conjunto o masa de esporas de un hongo desprendidas del esporóforo.
- Esporóforos** Cualquier estructura portadora de esporas. También se denomina fructificación o cuerpo fructífero.
- Esterigmas** Cada uno de los sutiles divertículos en que remata el basidio, en el ápice de los cuales se insertan sendas basidiosporas.
- Esterilización** Proceso en el que por medio de altas temperaturas se eliminan todos los microorganismos o gérmenes de un material.

Estipite	Pie que sostiene el pileo de un basidiocarpo o de un ascocarpo pedunculado.
Fascículo	El haz o manojo.
Fermentación	Proceso bioquímico que se lleva a cabo por medio de bacterias y hongos sobre materiales orgánicos diversos degradándolos y en el cual las enzimas juegan un papel muy importante. El sustrato fermentado sufre una transformación química y se libera gran cantidad de energía (calor).
Fíbula	Divertículo hifal en forma de puente, característico del micelio secundario de muchos basidiomicetes.
Fructíferos	Estructura fúngica compleja que contiene o sostiene las esporas.
Fungicida	Es cualquier sustancia capaz de destruir los hongos, especialmente de aquellas a las que los eumicetes son sensibles, como las sales de cobre.
Haploide	Que contiene un solo juego (n) de cromosomas.
Heterótrofa	Las células que no son capaces de transformar la energía luminosa en energía de enlaces químico.
Hifas	Unidad estructural de la mayoría de los hongos, son filamentos tabicado(lo más común) o no tabicados, cuyo conjunto forma el micelio o las fructificaciones de los hongos.
Himenio	Capa fértil del cuerpo fructífero de un hongo, en donde se producen las esporas, son las laminillas que tiene el sombrero en la parte inferior.
Himenóforo	Parte de los aparatos esporíferos en que se apoya el himenio.
Hongo	(L. Fungus = Seta) eucariotas aclorofilos, portadores de esporas, con talo dotado de pared típica, con nutrición por absorción o con un talo sin pared que presenta nutrición fagotróficas.
Infundibular	De forma de embudo.

Inóculo	Micelio desarrollado sobre un material determinado(grano o semilla de gramíneas, medio de cultivo, etc.), el cual se usa para sembrar el hongo en otros substratos. El inóculo para el cultivo masivo se produce en frascos o en bolsas de polipapel.
Láminas	En los basidiomicetes del orden Agaricales, son las estructuras en forma de placa sobre las que se encuentra el himenio que produce los basidios y las basidiosporas.
Levadura	Fermento, organismo capaz de realizar la fermentación.
Lignina	Es la sustancia que estructura la pared celular de las plantas, en íntima asociación con la celulosa. Se encuentra en grandes cantidades en pajas, bagazos y cascarilla de diversos vegetales.
Micelio	Masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo (talo) de un hongo.
Micofagia	Consumo de hongos como alimento o condimento.
Meiosis	Serie de dos divisiones nucleares que en general, suceden con rapidez, en los cuales el número de cromosomas se reduce a la mitad.
Pileo	(pileus = sombrero) parte superior o sombrero de ciertos tipos de ascocarpos y basidiocarpos.
Plasmogamia	Fusión de dos protoplastos.
Saprobio	Organismo que utiliza materia orgánica muerta como alimento.
Tubo germinativo	Tubo que parte del gametangio masculino y penetra en el femenino, a través del cual son transferidos los gametos masculinos.
Vegetativo	Se refiere a las partes no reproductoras de un hongo. Un aislamiento vegetativo es el realizado de la carne(o contexto) del cuerpo fructífero del hongo, contrario al aislamiento esporico que viene de las esporas. Crecimiento vegetativo alude al crecimiento de las hifas del micelio.

- Velo** Membrana delgada, en forma de velo, que recubre a ciertos tipos de setas jóvenes, al ir creciendo la seta, el velo se desgarrar y sus restos pueden verse en forma de escamas sobre el pileo y en forma de volva.
- Volva** Dedal membranoso situado en la base del estipe de ciertas setas, restos de velo universal.
- Zigótico** Célula diploide resultante de la unión de dos células haploides.