

*UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO*

*DIVISIÓN DE INGENIERÍA*

*DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO*



Producción de biomateriales a partir de residuos de cosecha con

*Lentinula edodes*

*POR:*

*JOSÉ ALBERTO LÓPEZ NAVA*

*TESIS*

*Presentada como requisito parcial para obtener el título de:*

*INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL*

*Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio del 2012.*

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**

Producción de biomateriales a partir de residuos de cosecha con

*Lentinula edodes*

POR:

**JOSÉ ALBERTO LÓPEZ NAVA**

**TESIS PROFESIONAL**

Que somete a consideración del H. jurado examinador como  
requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**APROBADA**

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Víctor Samuel Peña Olvera  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ángel R. Cepeda Dovála  
Coases

  
\_\_\_\_\_  
Escobar Sánchez  
asesor  
Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO

  
\_\_\_\_\_  
MC. Luis Rodríguez Gutiérrez  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERIA  
Coordinación de  
ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Juxnio del 2012.

## Agradecimientos

A mis padres Jesús López Gómez y María Guadalupe Nava González, a quienes les agradeceré de por vida ya que gracias a sus consejos ayuda y cariño han sabido guiar mi camino, y que también hicieron un esfuerzo enorme para apoyarme en todos los sentidos en mis estudios, sin ustedes nada de esto sería posible, a mi hermana Karla Joana López Nava, a ustedes gracias por todo sobre todo por apoyarme sin importar la distancia.

A mi Alma Terra Mater por ser una mi segundo hogar, en donde se me cobijo se me dio alimento y forme parte de una familia, una institución tan noble que no solo merece mi agradecimiento si no también una retribución por todo lo que me ha brindado y sobre todo por la formación profesional que he adquirido por eso seré orgullosamente por el resto de mi vida un buitre de la Narro.

A Karla Adriana Flores Ceja, mi compañera de vida, mi coach y porrista, a ti gracias por existir y dejarme formar parte de tu vida.

A Víctor Samuel Peña Olvera, Ángel R. Cepeda Dovala, y Alejandra Rosario Escobar Sánchez mis asesores y amigos, a Arturo Gallegos Del Tejo, José De Jesús Rodríguez Sahagún, María Elena Góngora Hernández, Rubén López Cervantes Pedro Recio Del Bosque, Edmundo Peña Cervantes, Idalia María Hernández Torres, Rommel De La Garza Garza, Javier Torres Arreguín, Ricardo Requejo López, Emilio Rascón Alvarado, Antonio Treviño Rivero, Alejandro Hernández Herrera, Fidel Ramos Peña, Oscar Lemus Ramírez, Luis Miguel Lasso Mendoza, Javier Silveyra Medina, todos ellos maestros que me apoyaron no tan solo en este proyecto sino también en mi formación profesional y merecen toda mi gratitud y respeto.

A la licenciada Brenda García Berlanga por facilitarnos los materiales y el laboratorio de microbiología de suelos para poder llevar a cabo los análisis correspondientes.

A Enrique Parra, Carlos Gómez, la familia Orozco Hernández, Erick Fajardo, José Luis López y Sebastián Jiménez quienes me han apoyado en las buenas pero sobre todo en las malas y también en las muy malas a ustedes mis amigos de toda la vida gracias.

A Víctor Manuel López, Omar García, Moisés Marín, Oscar Uribe, José Pedro Pérez, Ismael Playas, Ricardo Reyes, Alejandra Carrillo, todos ellos buenos amigos que compartieron su tiempo y me brindaron su amistad desinteresadamente.

A la familia Baca Soto por esos invaluable momentos en los que estuvieron a mi lado y de los que siempre sentí su apoyo y cariño y quienes siempre me han considerado parte de su familia.

A todos mis compañeros de la carrera Agrícola y Ambiental Jesús Campos, Eliel Arce, Arbeis González, Esperanza Morales, Esperanza Hernández, Axel Ortiz, Salvador Tinajero, Artemio González, Selene Cam, Jairo Solis, Pablo Pérez, Juan Carlos Pérez, Karen Hernández, Nancy Ramos, Jorge Negrete, Roberto Negrete, Lino, Fernando, Ediberto, Romairo Pérez, Fermín Ramírez, Hugo Andulio Méndez, Froylán Gómez, Daniel Carrillo, Celso Darinel Velázquez, con quienes compartí estos últimos 5 años de estudios.

## Resumen

Esta investigación se enfoca en demostrar que, es posible crear un biomaterial a partir del micelio de *Lentinula edodes* con residuos de cosecha con propiedades físicas y químicas similares al EPS, dichos materiales son abundantes en la naturaleza y en el comercio. Esta hipótesis también supone un gasto competitivo en el procedimiento de producción.

La metodología de esta tesis al igual que la mayoría de las demás, comienza con una investigación documental de los materiales elegidos, su origen así como sus aplicaciones en el mercado, además se ha investigado acerca de los biomateriales, su uso en la industria y en el mercado y algunos productos parecidos.

Ahora bien con la información como base de este proyecto, se propuso para la evaluación, dos aplicaciones para el biomaterial, estas aplicaciones son:

- I. Un recipiente de usos similares a los embalajes comerciales de EPS.
- II. Un recipiente de uso similar a las charolas para las plantulas.

Los resultados de esta tesis demuestran que en un periodo de 25 días a una temperatura media de 20.5°C el micelio del hongo *Lentinula edodes* no es capaz de dar una consistencia ideal tanto en un sustrato a base de sorgo como en uno a base de olote de maíz, sin embargo es capaz de colonizar los sustratos, lo que supone que en mejores condiciones ambientales y nutricionales si podría lograr los resultados deseados.

Palabras clave: *Lentinula edodes*, hongo, biomaterial, embalajes, maíz, sorgo, Poliestireno expandido.

## Abstract

This research focuses on demonstrating that it is possible to create a biomaterial from the mycelium of fungi with crop residues with similar physical and chemical properties of the EPS, these materials are abundant in nature and in commerce. This hypothesis also involves a competitive cost in the production procedure.

The methodology of this thesis as well as most others, begins with a documentary investigation of the chosen materials, their origin and their applications in the market also has been investigated on biomaterials, their use in industry and the market and some similar products.

Now well with information as basis of this project it was proposed for the evaluation, two applications for the biomaterial, these applications are:

- I. A container with applications similar to the EPS packaging business.
- II. A container with applications similar to the seedling trays.

The results of this investigation demonstrate that over a period of 25 days at an average temperature of 20.5 ° C the *Lentinula edodes* mushroom mycelium is not capable of giving a perfect consistency both in a substrate based on sorghum as one based on corncob corn, however, is able to colonize the substrate, which supposes, that in improved environmental conditions and nutrition it could achieve the desired results.

Keywords: *Lentinula edodes*, *mushroom*, biomaterial, packaging, maize, sorghum expanded polystyrene.

# Índice General

Agradecimientos.....	i
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. REVISION DE LITERATURA.....	3
4.1 Origen del trabajo.....	3
4.2 Medio ambiente y sustentabilidad.....	5
4.3 Antecedentes del Pensamiento Medioambiental.....	5
4.4 Disminución de los impactos al medio ambiente.....	9
4.5 Tecnologías para la recuperación y el reciclaje de plásticos.....	12
4.6 Los plásticos.....	13
4.7 El maíz.....	16
4.8 El sorgo.....	18
4.9 Definición de materias primas residuos de cosecha .....	19
4.10 Biología de los hongos silvestres.....	22
4.10.1 Características de los hongos.....	25
4.10.2 Taxonomía De Lentinula Spp.....	27
4.10.3 El ciclo de vida de los hongos.....	28
4.11 Producción del shiitake.....	32
4.12 Hongos diversidad cultural y sus diferentes usos.....	41
4.12.1 Los hongos silvestres como fenómeno ecológico.....	42
4.13 Los hongos silvestres: componentes de la biodiversidad de México .....	44
4.14 Uso tradicional y recolección intensiva de los hongos en México.....	46
4.15 Uso sustentable y la conservación de los hongos silvestres en México .....	49
4.16 Especies de setas cultivadas industrialmente.....	50
4.17 Instalaciones para el cultivo industrial.....	52
4.17.1 Preparación del sustrato.....	53
4.17.2 Siembra e incubación.....	54
4.17.3 Operaciones de cultivo.....	55
4.18 Plagas y enfermedades.....	56
4.19 Importancia de los basidiomicetos.....	59
4.19.1 Importancia biotecnológica de la producción de hongos comestibles.....	59
4.19.2 Importancia ambiental de los basidiomicetos.....	61
4.19.3 Importancia farmacológica de los basidiomicetos.....	63
4.19.4 Importancia alimentaria de los basidiomicetos.....	65
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
5.1 Experimentación general.....	68
5.2 Tratamientos usados para la evaluación del cultivo de Lentinula edodes.....	70
5.3 Métodos y pruebas físicas.....	71
5.3.1 Densidad aparente.....	71
5.3.2 pH.....	72
5.3.3 Medición de porcentaje de colonización.....	72

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
6.1 Preguntas de investigación.....	74
6.2 Análisis de resultados.....	75
6.3 Discusión.....	79
VII. CONCLUSIONES.....	80
VIII. LITERATURA CITADA.....	81

## Índice de Figuras

Figura 1. Producción Mundial De Plásticos distribuido por países productores, 2001 .....	13
Figura 2. Consumo de Materiales Plásticos por regiones consumidoras en el mundo 2000.....	14
Figura 3. Estructura del mercado mundial.....	15
Figura 4. participación de las ramas en el sector de productos de plástico.....	16
Figura 5 Producción de maíz en 2010.....	17
Figura 6 Superficie dedicada al cultivo del maíz en 2010 (Ha) .....	18
Figura 7. Fenología de los macrohongos.....	24
Figura 8. Esquema del cuerpo fructífero de los basidiomicetos.....	27
Figura 9: Etapas para la producción de Shiitake.....	33
Figura 10. Porcentaje de colonización de Lentinula edodes.....	76
Figura 11. Número de colonias de sorgo y maíz en M1.....	77
Figura 12. Número de colonias de sorgo y maíz en M2.....	77
Figura 13. Número de colonias de sorgo y maíz en M3.....	78
Figura 14. Prueba T de Student.....	78

## Índice de tablas

Tabla 1. Consumo mundial de plásticos 2003-2010.....	15
Tabla 2. Distribución de los hongos comestibles silvestres en los Estados de la República Mexicana .....	46
Tabla 3. Indicaciones para el cultivo de otros hongos saprofitos.....	51
Tabla 4. Fases del cultivo de la seta.....	55
Tabla 5. Aplicaciones de los hongos de acuerdo a ramas especializadas.....	61
Tabla 6. Funciones del sistema enzimático de Pleurotus.....	62
Tabla 7. Componentes activos con efecto medicinal de Basidiomicetos.....	63
Tabla 8. Composición química de cuerpos fructíferos de Pleurotus spp. cultivados en sustrato comercial pasteurizado.....	66
Tabla 9. Perfil de aminoácidos esenciales de los principales hongos comestibles cultivados comercialmente en México.....	67
Tabla 10. Composición media de micro y macroelementos en cuerpos fructíferos de Pleurotus sajor-caju cultivados en bagazo de caña sin suplementación.....	67
Tabla 11. Contenido vitamínico de los principales hongos comestibles cultivados comercialmente en México .....	68

## I. INTRODUCCIÓN

En este documento se expone el estudio de la propuesta de un biomaterial, que resulta de mezclar Lentinula edodes. (Shiitake) con restos de cosecha y residuos de madera.

Esta propuesta, busca colaborar con la reducción del impacto generado por los residuos del EPS.

El tema principalmente se enfoca en el unicel utilizado para embalaje que, por sus características de uso y después de su corta vida útil son dispuestos para el flujo de residuos que finalmente impactan de forma negativa al medio ambiente.

En este esfuerzo se busca presentar una alternativa al EPS utilizado como embalaje, colaborando en disminuir las cantidades de EPS utilizado así como también disminuir las cantidades de EPS para ser reciclado o reutilizado, y en el mejor de los casos, evitar la contaminación al ambiente cuando son depositados en rellenos, tiraderos. e incineradores.

El progreso tecnológico y bienestar que hoy gozamos lleva de la mano una problemática ambiental, con efectos indeseados como son severos impactos al medioambiente a escala local y global, producto de un consumo desenfrenado de recursos en materiales y energía. Hay otras muchas señales que nos indican la falta de sustentabilidad de nuestras formas de producir, comerciar y consumir.

Como lo menciona Piacente (2010) un mensaje claro de los desajustes del estilo de vida con el entorno, es la evidente acumulación de residuos que se vierten en mayor o menor escala y con diferentes características en la mayoría de las sociedades del planeta. El problema de los residuos es un mal de hoy, difícil de soportar pero factible de atender para reducir sus consecuencias.

Afortunadamente crece de manera consistente en la sociedad el convencimiento de la necesidad por reducir la cantidad de residuos de plástico Frers (2012). Para lograrlo, es necesario disminuir el consumo de los mismos, después aumentar el reciclaje de estos materiales y finalmente proporcionar alternativas para erradicar su uso, para este último paso cabe destacar que existen productos en el mercado que ya cumplen con las características tan nobles de los plásticos, con las ventajas de ser biodegradables y/o menos contaminantes.

De este modo con nuestras posibilidades, buscando aportar a la mejora del medioambiente por medio de un biomaterial, nos hemos propuesto mostrar de una forma sencilla con un bajo consumo de energía la producción de materiales similares al EPS y que por un lado pretenden, disminuir la demanda de materiales de EPS y por otro lado, disminuir también la carga al medioambiente que significan la presencia de residuos de difícil tratamiento.

## **II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El objetivo principal de esta investigación es estudiar una manera rústica de propagar el micelio de Shiitake con la finalidad de producir un biomaterial con propiedades de resistencia similares al unicel.

Esta forma de propagación consiste en la inoculación y posteriormente en la colonización del sustrato en condiciones adecuadas.

### **III. HIPÓTESIS**

Este trabajo ha atendido de forma específica las hipótesis siguientes:

H0

El hongo *Lentinula edodes* se desarrollara igual en el sustrato a base de sorgo y en el sustrato a base de olote molido.

H1

El hongo *Lentinula edodes* no se desarrollara igual en el sustrato a base de sorgo y en el sustrato a base de olote molido.

### **IV. REVISION DE LITERATURA**

#### **4.1 Origen del trabajo**

Sabemos que los procesos industriales impactan al medio ambiente, pero sin duda también se han hecho mas eficientes, debido en gran parte a las regulaciones ambientales y también a la creciente conciencia ambiental en la industria y en la población en general.

Sin embargo la tendencia consumista a nivel mundial, favorece el consumo intenso de productos de todo tipo, y BBC (2004) que para su manejo y distribución son contenidos y protegidos por envases y embalajes de múltiples diseños y fabricados con diferentes materiales. Estos embalajes y envases tradicionales al final de su corta vida útil aunado a la tendencia de usar y tirar y

no obstante con ello la difícil reintegración a la naturaleza provoca una enorme cantidad de residuos de envases y embalajes, entre estos residuos encontramos al EPS que por sus características singulares es uno de los materiales mas difíciles de degradar. Lo que se convierte en un pilar fundamental en este proyecto es el diseño de un biomaterial que a diferencia de estos residuos difíciles de degradar se convierta en algo sencillo y por lo tanto se convierta en una alternativa sustentable al EPS, esa es la premisa mas importante de este proyecto.

El problema de los residuos se ha incrementado en los últimos años y se ha convertido en un asunto preocupante a todos los niveles de gobierno Cortinas (2004), cada vez resulta más difícil gestionar las crecientes cantidades de residuos colectados, ya que los recursos e infraestructuras para atenderlos no crecen a la misma velocidad ni proporción.

La acumulación de residuos y los recursos disponibles para gestionarlos, son variables que han potenciado diferentes respuestas en muchas zonas del mundo. Así, hay países donde la estrategia se concentra en los esfuerzos para abaratar el traslado desde el punto de generación del residuo al vertedero, con escasas acciones para su reciclaje. En la mayoría de los países de la Unión Europea, se han adoptado políticas comunitarias que privilegian el desarrollo de la recuperación organizada, para lo cual se han elaborado normativas y directivas hacia la gestión y tratamiento eficiente de los residuos. Por otro lado, el esfuerzo hacia la gestión de residuos de países industrializados, se ha reflejado también en un dinámico desarrollo de tecnologías de todo tipo para la recolección, selección y reciclaje de residuos. Anónimo (2010)

Todo lo descrito anteriormente, nos lleva a que dentro de la innovación tecnológica hoy se abre un campo, donde la ingeniería y el diseño de productos

tienen una gran oportunidad para cooperar a la mejora en la gestión y reducción de residuos de plástico.

Para hacer posible el desarrollo de productos que no impacten de manera negativa al medio, se deberán considerar:

- Diseñar productos que empleen menos energía, al mismo tiempo que se utilicen procesos que aprovechen la energía de manera eficiente.
- Procurar el uso de materiales que provengan de residuos agrícolas, urbanos e industriales.
- Fomentar el uso de materiales biodegradables a través del mismo diseño del producto. (Gil 2002)

## **4.2 Medio ambiente y sustentabilidad**

El avance de la tecnología y el cambio constante de nuestros ecosistemas ha generado en el hombre la siguiente pregunta desde finales del siglo XIX, ¿Acaso las actividades antrópicas han provocado daños al medio ambiente? gracias a esta pregunta y a través de trabajos de investigación sabemos que efectivamente la pérdida de la biodiversidad, el aumento de las concentraciones de productos tóxicos en el medio ambiente, la erosión de tierras, la disminución de la capa de ozono de la estratosfera, la lluvia ácida, el cambio climático y el agotamiento de los recursos no renovables, entre otros muchos más, son tan sólo síntomas populares de los daños que se han producido por la indiscriminada apropiación de la biosfera por el ser humano.

### **4.3 Antecedentes del Pensamiento Medioambiental**

Estocolmo (Suecia, 1972).- Se establece el Principio 19, que señala:

Es necesaria una educación en labores ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos, y que se enfoque al sector de la población menos privilegiada, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades, inspirada en el sentido de su responsabilidad en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en toda su dimensión humana. Es también esencial que los medios de comunicación de masas eviten contribuir al deterioro del medio humano y difundan, por el contrario, información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos los aspectos. (Anónimo, 2010)

Belgrado (Yugoslavia, 1975).- En este evento se le otorga a la educación una importancia capital en los procesos de cambio. Se recomienda la enseñanza de nuevos conocimientos teóricos y prácticos, valores y actitudes que constituirán la clave para conseguir el mejoramiento ambiental. En Belgrado se definen también las metas, objetivos y principios de la educación ambiental.

Los objetivos que destacan son:

Toma de conciencia. Adquirir mayor sensibilidad y conciencia del medio ambiente en general.

Conocimientos. Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir una comprensión básica del medio ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y función de la humanidad en él.

Actitudes. Adquirir valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente.

Aptitudes. Adquirir las habilidades necesarias para resolver los problemas ambientales.

Capacidad de evaluación. Evaluar las medidas y los programas de educación ambiental en función de los factores ecológicos, políticos, sociales, estéticos y educativos.

Participación. Desarrollar un sentido de responsabilidad y tomar conciencia de la necesidad de prestar atención a los problemas del medio ambiente, para asegurar que se adopten medidas adecuadas al respecto. (Marcano, 2009)

Tbilisi (URSS, 1977).- En este evento se acuerda la incorporación de la educación ambiental a los sistemas de educación, estrategias; modalidades y la cooperación internacional en materia de educación ambiental. Entre las conclusiones se mencionó la necesidad de no solo sensibilizar sino también modificar actitudes, proporcionar nuevos conocimientos y criterios y promover la participación directa y la práctica comunitaria en la solución de los problemas ambientales.

En resumen se planteó una educación ambiental diferente a la educación tradicional, basada en una pedagogía de la acción y para la acción, donde los principios rectores de la educación ambiental son la comprensión de las articulaciones económicas políticas y ecológicas de la sociedad y a la necesidad de considerar al medio ambiente en su totalidad. (Bellavilla, 2010)

Moscú (URSS, 1987).- Surge la propuesta de una estrategia Internacional para la acción en el campo de la Educación y Formación Ambiental para los años 1990 - 1999. En el documento derivado de esta reunión se mencionan como las principales causas de la problemática ambiental a la pobreza, y al aumento de la población. (UNESCO-PNUMA, 1988)

Río de Janeiro (Brasil, 1992).- En la llamada Cumbre de la Tierra se emitieron varios documentos, entre los cuales es importante destacar la Agenda 21 la que contiene una serie de tareas a realizar hasta el siglo XXI. En la Agenda se dedica un capítulo, el 36, al fomento de la educación, capacitación, y la toma de conciencia; establece tres áreas de programas : La reorientación de la educación hacia el desarrollo sostenible, el aumento de la conciencia del público, y el fomento a la capacitación. (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2007)

Paralelamente a la Cumbre de la Tierra, se realizó el Foro Global Ciudadano de Río 92. En este Foro se aprobaron 33 tratados; uno de ellos lleva por título Tratado de Educación Ambiental hacia Sociedades Sustentables y de Responsabilidad Global el cual parte de señalar a la Educación Ambiental como un acto para la transformación social, no neutro sino político, contempla a la educación como un proceso de aprendizaje permanente basado en el respeto a todas las formas de vida.

En este Tratado se emiten 16 principios de educación hacia la formación de sociedades sustentables y de responsabilidad global. En ellos se establece la educación como un derecho de todos, basada en un pensamiento crítico e innovador, con una perspectiva holística y dirigida a tratar las causas de las cuestiones globales críticas y la promoción de cambios democráticos. (Calderón, 1993)

Guadalajara (México, 1992).- En las conclusiones del Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, se estableció que la educación ambiental es notablemente política y un instrumento esencial para alcanzar una sociedad

sustentable en lo ambiental y justa en lo social, y no se refiere solamente a la cuestión ecológica sino que tiene que incorporar las múltiples dimensiones de la realidad. Se consideró entre los aspectos de la educación ambiental, el fomento a la participación social y la organización comunitaria tendientes a las transformaciones globales que garanticen una óptima calidad de vida y una democracia plena que procure el autodesarrollo de la persona.

Otras reuniones celebradas en diferentes partes del mundo de manera paralela a las señaladas fueron: Chosica, Perú 1976; Managua 1982, México 1984, Caracas 1988; Buenos Aires 1988; Brasil en 1989 y Venezuela 1990.

#### **4.4 Disminución de los impactos al medio ambiente**

Las estrategias desde el punto de vista ambiental se dividen en 4 grandes grupos, que han surgido con el avance de la tecnología y también se rigen por la legislación nacional respectiva.

- **Tratamiento de emisiones**

Es la aplicación de diferentes sistemas de depuración que realizan las empresas durante o al final de los procesos, buscando disminuir los impactos al medio ambiente que resultan de la producción y que pueden afectar a la atmósfera, el suelo o el agua.

- **Reciclaje**

El objetivo de esta actuación también centrada en los procesos, El reciclaje es

un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

- **Producción más limpia**

Esta surge a partir del mejoramiento continuo de procesos, se ocupa principalmente de prevenir al medio ambiente durante la etapa de producción a través del uso de mejores tecnologías, el uso de las materias primas menos impactantes y la búsqueda de la mejora en la gestión de los procesos industriales.

- **Ecodiseño**

El ecodiseño es un gran paso en la búsqueda para disminuir el impacto de los productos sobre el medio ambiente, ya que cambia la preocupación única por las emisiones en los procesos de producción, por una visión ampliada a todo el ciclo de vida de los productos.

El ecodiseño, o diseño verde, diseño sostenible o diseño responsable, se refiere a la metodología aplicada al diseño de un producto y de su proceso de fabricación orientada hacia la prevención o reducción del impacto medioambiental de dicho producto.

A diferencia del diseño comúnmente utilizado en la industria el ecodiseño tiene dentro de sus características la prioridad de los criterios ambientales sobre los criterios de producción, sin comprometer la calidad del producto.

Ejemplos de criterios pueden ser el ahorro de energía, agua y de recursos en general, la minimización de residuos y emisiones externas o el uso de combustibles procedentes de fuentes renovables. Entre los resultados del ecodiseño aplicado a la concepción de un producto se encuentra la reducción de la variedad de materiales que lo componen para facilitar su separación y clasificación final de su uso, así como también el incremento del empleo de materiales reciclables. (Anónimo, 2012)

El ecodiseño también toma en cuenta el rediseño de un producto al cual pueden aplicarse estrategias que mejoren el producto y hacerlo mas amigable.

- Reducción de los Residuos

¿Como disminuir la cantidad de residuos generados? La mejor forma para reducir los residuos es que estos no se generen. La reducción de la presencia de residuos se puede lograr de varias maneras como pueden ser:

- i. Una mejor gestión administrativa
- ii. Mejorar los procedimientos de operación al:
  - a) Promover un correcto mantenimiento de los equipos
  - b) Transformar en tecnología limpia la maquinaria y equipos que no lo sean.

Estos puntos quedan englobados dentro de los conceptos de Producción más limpia. La producción más limpia nació dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y que la definió como “La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva dentro de los procesos, productos y

servicios a fin de aumentar la ecoeficiencia y reducir el riesgo para los humanos y el medio ambiente”.

Los productos. (reduce los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto desde la extracción de materias primas hasta su disposición final).

- iii. Reduciendo el volumen de los residuos ya sea segregando o concentrando los flujos de residuos desde el origen para favorecer su revalorización y recirculación.

Desafortunadamente no en todos los procesos se puede aplicar la reducción de residuos. Muchos presentan obstáculos técnicos, algunos otros de demandas del mercado que impiden un cambio. Así una vez que se da el residuo, la manera más indicada para disminuir su impacto al medio ambiente es reutilizarlo.

## **4.5 Tecnologías para la recuperación y el reciclaje de plásticos**

### **Recolección y Separación**

Existen diversos métodos para la recolección de productos de plástico que entran al flujo de residuos municipales: contenedores comunitarios, recogida a pie de acera, centros de depósito, recogida selectiva y otros.

En aquellos lugares donde se lleva a cabo una separación de los residuos

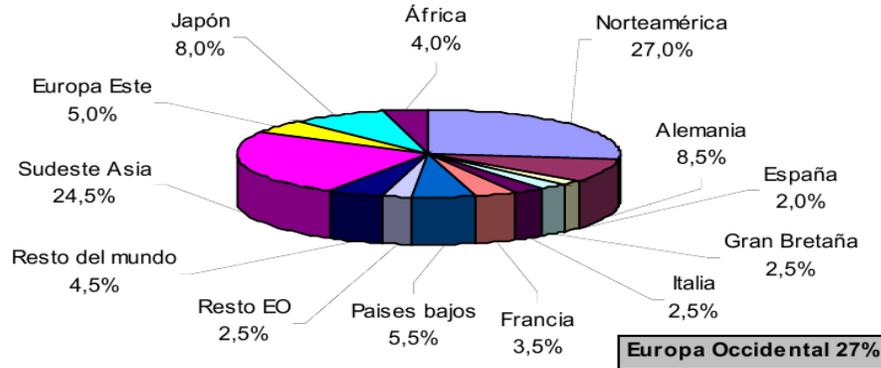
existen alternativas de separación que demandan en mayor o menor medida de equipos especializados y sistemas de planificación y ejecución del trabajo, es aquí donde este proyecto encuentra uno de sus puntos fuertes que a diferencia de la separación selección y procesos para la recuperación de estos residuos, no es necesario, todos estos pasos como lo es el consumo de energía y procesos de recuperación pueden ser omitidos además de favorecer la degradación por medio de seres vivos.

## **4.6 Los plásticos**

Desde su aparición como materiales industriales, tanto la producción como el consumo de plásticos ha crecido a pasos agigantados, a excepción de ciclos que corresponden con hechos puntuales, como fue la crisis petrolera de los años setenta y la guerra de Irak en el 2002. En fechas recientes esta tendencia al crecimiento se ha confirmado.

La producción mundial de plásticos para el año 2001 se concentra en tres grandes bloques de productores. Norteamérica y Europa Occidental dominan con el 27% de la producción mundial cada uno, Sudeste de Asia con el 24,5% y el resto se distribuye en las diferentes áreas geográficas del mundo (ver figura 1). La producción mundial de plásticos declarada por el APME para el año 2003 fue de 169 millones de toneladas.

**Producción Mundial de Plásticos 2001 por países productores**

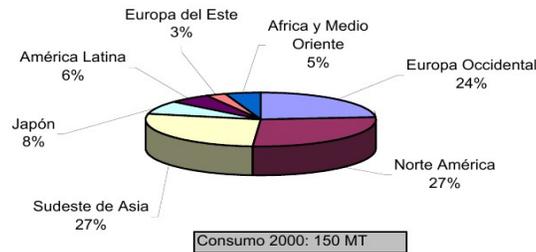


*Figura 1. Producción Mundial De Plásticos distribuido por países productores, 2001*

Fuente: BASF. Sartorius, I. (sep02) Development of plastics Manufacturing in Europe, Trieste: ICS-UNIDO.

Existen tres grandes consumidores de los materiales plásticos a nivel mundial que son Sudeste de Asia, Norte América y Europa Occidental que ocupan el 78 % de la producción mundial de plásticos, el resto del mundo tal y como puede apreciarse en la figura 2.

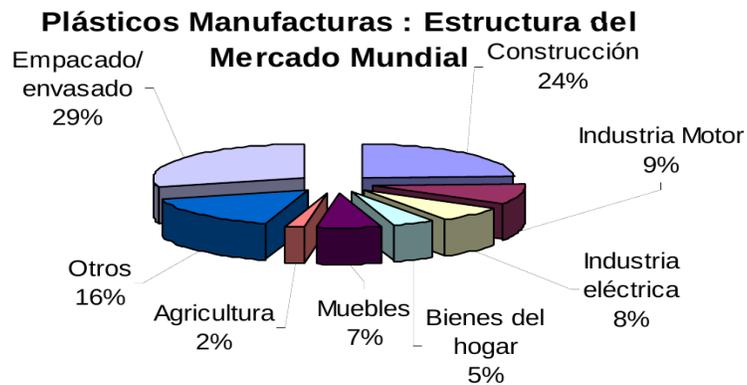
**Consumo de Materiales Plásticos 2000 por regiones del mundo en porcentaje**



*Figura 2. Consumo de Materiales Plásticos por regiones consumidoras en el mundo 2000*

Fuente: BASF AG

El consumo mundial de plásticos reportado para el año 2000 fue de 150 millones de toneladas, sin incluir las aplicaciones no plásticas. Este consumo asciende a 169 millones de toneladas para el año 2003. Las áreas geográficas donde se concentra el consumo a nivel mundial, no varía mucho de sus zonas de producción. Los grandes consumidores de plástico fueron Norteamérica con un 27%, Sudeste de Asia con 27%, Europa Occidental con 24% y el resto del consumo mundial se distribuye entre las otras áreas restantes. (Ministerio de comercio exterior, 2007)



..Figura 3. Estructura del mercado mundial

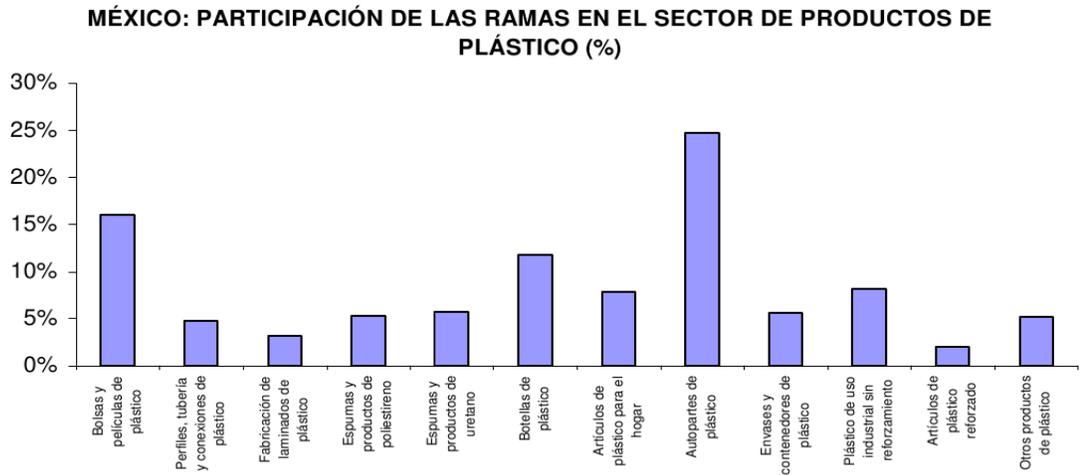
Fuente: BASF

<b>Consumo Mundial de Plásticos 2003-2010</b>		
<b>(en millones de toneladas)</b>		
<b>TIPO</b>	<b>2003</b>	<b>2010 (Proyectado)</b>
PET	9,1	17,5
HDPE	25,7	37,5
PVC	28,6	38
LDPE	31,7	43,5
PP	35,4	53,4
PS	14,6	19,8

..Tabla 1. Consumo mundial de plásticos 2003-2010

Fuente: VKE, BASF/Basell/Bayer Material Science

Se reporto en el 2003 que el consumo mundial estaba liderado por el polietileno de alta densidad HDPE cuyas aplicaciones mas comunes son las bolsas plásticas, los envases de alimentos, detergentes, empaques para partes automotrices entre otros.



Fuente: INEGI

*Figura 4. participación de las ramas en el sector de productos de plástico*

El sector de productos plásticos en México, ocupó a 175,705 personas lo cual representó el 4.2% del empleo en la industria manufacturera del país. Del cual el 6% están empleados en el sector de espumas y productos de poliestireno. (González, 2007)

## 4.7 El maíz

Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los

agricultores hace aproximadamente 7,000 años, existen diversas teorías acerca del origen del maíz sin embargo no es el fin discutir el origen de esta planta. Según la evidencia mas antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México en donde se han encontrado mazorcas de maíz estimadas en mas de 5,000 años de antigüedad. Paliwal citando a Wilkes (2001)

Zea Mays, comúnmente llamada maíz, es una planta gramínea anual originaria de América introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y al arroz (FAO, 2006)

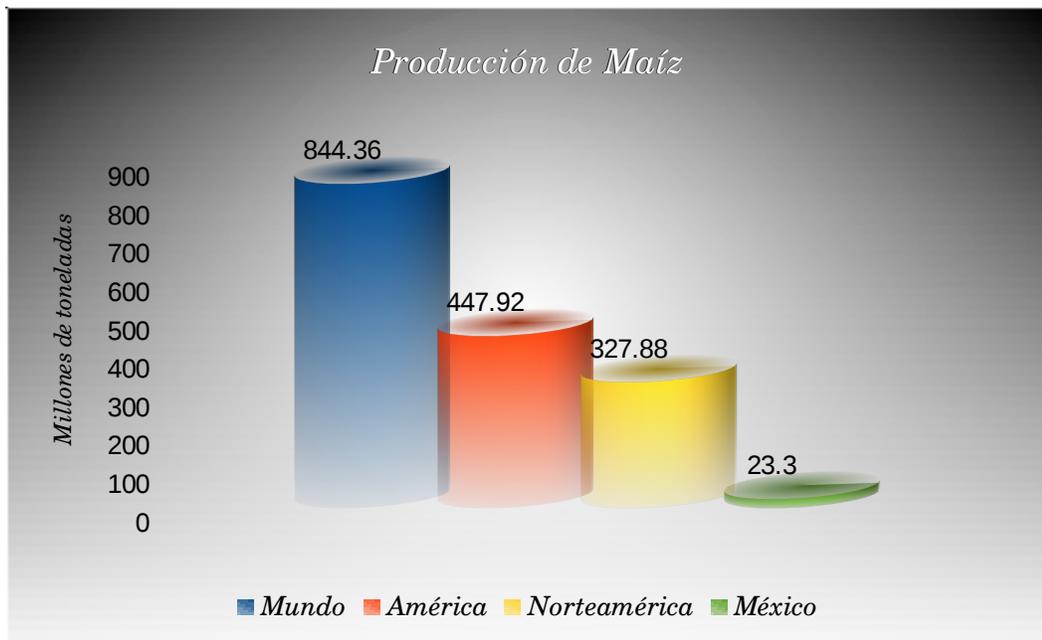


Figura 5 Producción de maíz en 2010

Fuente: FAO

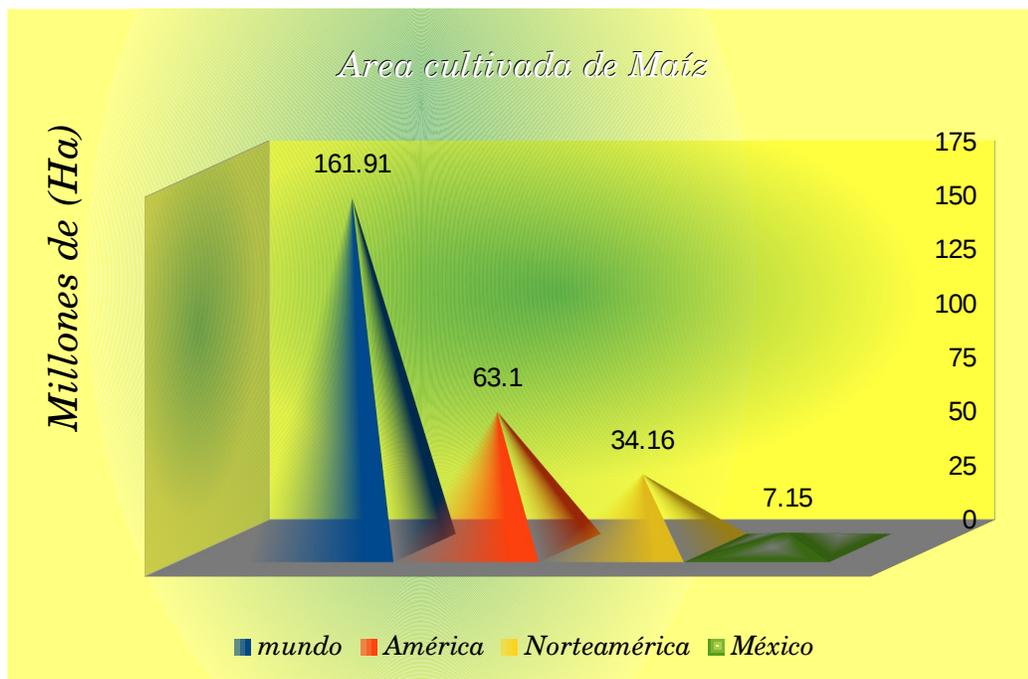


Figura 6 Superficie dedicada al cultivo del maíz en 2010 (Ha)

Fuente: FAO

Zea mays es una planta monoica; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta. Si bien la planta es anual, su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2.5m de altura, con un tallo erguido, rígido y sólido; algunas variedades silvestres alcanzan los 7m de altura. (Lewis Sturtevant, 1894)

#### 4.8 El sorgo

En la actualidad, el sorgo (*Sorghum bicolor*) es utilizado en la alimentación animal, en la producción de forrajes, y en la elaboración de bebidas alcohólicas, también es uno de los principales granos en algunas partes de África, Asia, India/Pakistán y China donde constituye gran parte de la dieta humana. Además

de su empleo en la alimentación humana y animal tiene interés por su uso como cultivo bioenergético. Existiendo variedades de sorgo dulce con tallos ricos en azúcares, de los que se utiliza toda la planta para la fabricación de biocarburantes. (Anónimo, 2010)

Su resistencia a la sequía y al calor lo hace un cultivo importante en regiones áridas, y es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo.

**Familia:** Poaceae.

**Especies:** Sorghum vulgare L. y Andropogum sorgum sudanensis.

**Tabla 2.** Principales países productores de sorgo.

<b>PAIS</b>	<b>PRODUCCION (1000 t)</b>
<i>Estados Unidos</i>	<i>12635730</i>
<i>Nigeria</i>	<i>9058000</i>
<i>India</i>	<i>7150800</i>
<i>México</i>	<i>6202920</i>
<i>Sudán</i>	<i>4999000</i>
<i>Argentina</i>	<i>2794967</i>
<i>China</i>	<i>2434895</i>
<i>Etiopía</i>	<i>2173599</i>
<i>Burkina Faso</i>	<i>1507162</i>
<i>Brasil</i>	<i>1440750</i>
<i>Australia</i>	<i>1283000</i>
<i>Níger</i>	<i>975223</i>
<i>Mali</i>	<i>900791</i>
<i>Tanzania</i>	<i>900000</i>
<i>Egipto</i>	<i>843840</i>
<i>Yemen</i>	<i>601040</i>
<i>Chad</i>	<i>576571</i>
<i>Camerún</i>	<i>500000</i>

(Fuente: FAO 2007)

#### 4.9 Definición de materias primas residuos de cosecha

Pero ¿que son los residuos de cosecha? Son los materiales que quedan después de recoger el producto principal del cultivo.

Los Residuos de Cosecha del Maíz son:

- Cascarón Capacho
- Mata Seca o Rastrojo

Los residuos de cosecha constituyen, generalmente, un inconveniente para el establecimiento del cultivo siguiente en una rotación, por lo que su destino más frecuente es la quema, tanto en sistemas de labranza convencional como en labranza reducida y cero labranza. Esta práctica, si bien presenta la ventaja de la remoción rápida del residuo, posee el inconveniente de incrementar la erosión eólica e hídrica al dejar el suelo descubierto, lo que a su vez reduce la infiltración, el almacenamiento de agua y provoca la generación de costras en la capa superficial (Mills y Fey, 2003).

La aplicación de residuos al suelo aporta una serie de beneficios físicos, biológicos y nutrimentales, como mejorar su estructura y capacidad de infiltración (Roose y Barthes, 2001), producir un incremento en la población de organismos del suelo gracias a la incorporación de materia orgánica como fuente energética (Vetterlein y Hüttil, 1999), aportar nutrientes liberando nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, entre otros (Tang y Yu, 1999), reducir la erosión hídrica y eólica y disminuir el contenido de aluminio potencialmente fitotóxico (Vetterlein y Hüttil, 1999).

La descomposición de los residuos es producida por sucesivas comunidades de organismos, comenzando con la acción de la mesofauna sobre materiales de mayor tamaño y más fácilmente degradables, como celulosa y proteínas. La velocidad de descomposición de los residuos se verá afectada por factores como la calidad del material que se adiciona (Kwabiah, Stoskopf, Palm, y

Voroney, 2003), pH, temperatura (Magid, Luxhoi, y Lyshede. 2004), precipitaciones y evapotranspiración y la relación Carbono:Nitrógeno de los residuos de cosecha, consecuencia de la cantidad de nitrógeno disponible para los microorganismos (Bertol Leite, y Zoldan, 2004).

La adición de residuos al suelo promueve el desarrollo de todo tipo de microorganismos, sean éstos de vida libre o simbióticos. Entre estos últimos destacan las micorrizas (Schreiner y Bethlenfalvay, 2003), las que se ven favorecidas como consecuencia de un mejoramiento de las condiciones en las cuales se va a desarrollar la simbiosis (Kabir, Halloran, Fyles, y Hamel, 1997).

La aplicación de restos de cosecha en suelos ácidos adquiere especial importancia por la acción del residuo que disminuye la actividad fitotóxica del aluminio, al igual que lo hace la asociación con hongos micorrizógenos por parte de variedades de cereales tolerantes (Borie y Rubio, 1999).

#### **4.10 Biología de los hongos silvestres**

Según Harley, 1971 los hongos, son organismos heterotrófos, es decir, no pueden producir sus propios alimentos y están adaptados en su fisiología y morfología a un modo de vida en el que sus requerimientos nutricionales son absorbidos como materiales solubles de los sustratos donde crecen. En este proceso intervienen mecanismos enzimáticos específicos que transforman los restos orgánicos de plantas y animales en sustancias químicas simples.

Este modo de nutrición es característico de la mayoría de los hongos de vida

libre o saprófitos, sin embargo, existen algunas especies simbiotes antagonistas, que parasitan organismos vivos y mutualistas que mantienen una estrecha relación que beneficia a las plantas y algunos animales del bosque (Villarreal citando a Swift, 1997).

Su ciclo de vida se caracteriza por presentar dos fases:

Fase somática: constituida por células hifales metabólicamente activas, con potencial de crecimiento y diferenciación

Fase reproductora sexual o asexual: integrada por hifas diferenciadas (Villarreal citando a Waid, 1997). El ciclo se inicia con la germinación de las esporas sexuales (producidas por los cuerpos reproductores), las cuales por lo general son dispersadas por el viento. La germinación depende de un sustrato adecuado y de condiciones ambientales favorables como la acumulación de agua, misma que produce un hinchamiento de la spora y la emisión de un tubo germinal que desarrolla células filamentosas denominadas hifas. Estas células tienen un crecimiento radial a partir de la ramificación del tubo germina[ que emerge de la spora madre, formando una colonia circular de apariencia algodonosa denominada micelio, que constituye el verdadero hongo. El micelio coloniza el sustrato y lo degrada, absorbiendo y acumulando los nutrientes necesarios para su crecimiento y para el posterior desarrollo de las estructuras reproductoras (Villarreal citando a Cooke, 1997).

La fructificación de los hongos superiores (iniciación del primordio y su morfogénesis), constituye uno de los eventos reproductivos sexuales, esenciales para la multiplicación de las especies y su dispersión a nuevos sustratos, o la resistencia temporal a condiciones adversas (Villarreal citando a

Hawker, 1997). Este proceso depende de la transición de un ambiente "A", favorable para el desarrollo del micelio y la acumulación de reservas en la época de crecimiento y un ambiente "B" que favorece la formación de los primordios y el desarrollo de las estructuras reproductoras, dicha fluctuación parece estar regida por una sucesión climática anual (Villarreal citando a Delmas, 1997).

Es conveniente mencionar que el potencial reproductivo sexual de los hongos está limitado por su constitución genética (factores endógenos); sin embargo, la expresión de este potencial es controlado por la luz, temperatura, humedad, composición y concentración de los nutrientes del sustrato entre otros (factores exógenos), de acuerdo con Lilly y Barnett (1951).

Las estrategias adaptativas de los hongos silvestres, utilizadas para sobrevivir en sus hábitats específicos se conoce como fenología. La fenología de los hongos se caracteriza por presentar dos fenofases: la somática y la reproductiva. Resulta de particular importancia entender la magnitud de la fenología de los hongos, sobre todo para implementar programas de manejo y uso sustentable de las poblaciones silvestres (Villarreal citando a Widden, 1997).

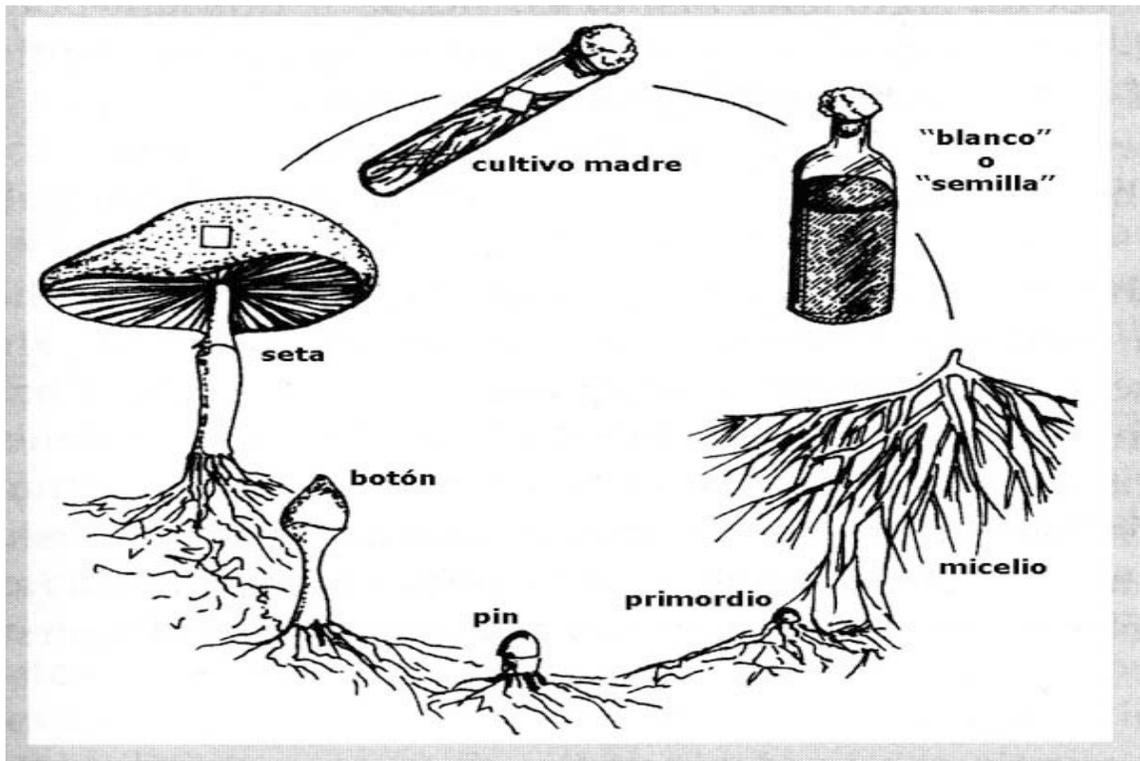


Figura 7. Fenología de los macrohongos

Con base en el tamaño de sus estructuras reproductoras, el tiempo de vida del micelio y el tipo de sustrato utilizado, los hongos silvestres son divididos en dos grupos básicos:

1. Los microhongos: cuyas estructuras reproductoras son "microscópicas", presentan un micelio de vida corta y utilizan sustratos sencillos como los azúcares simples.

2. Los macrohongos: que por lo general forman estructuras reproductoras "macroscópicas", presentan un micelio perenne y se alimentan de sustratos complejos como la lignina y los compuestos húmicos (Villarreal citando a Widden, 1997). La mayoría de los hongos silvestres comestibles forman parte

de la segunda categoría, siendo fáciles de localizar por sus estructuras reproductoras visibles en los bosques, particularmente durante la época de lluvias.

#### **4.10.1 Características de los hongos**

Los hongos, tradicionalmente se han definido con base en sus características, como organismos eucarióticos, productores de esporas, sin clorofila, con nutrición heterótrofa por absorción, capaces de reproducirse sexual y/o asexualmente, cuyos filamentos usualmente son estructuras somáticas ramificadas conocidas como hifas y típicamente son rodeadas por una pared celular rígida (Villarreal citando a Guzmán, Mata, Salmones, Soto-Velazco, Guzmán-Dávalos, 1997).

Los hongos son organismos capaces de vivir en casi todos los hábitats posibles aunque también existen especies endémicas. Todos los hongos son heterótrofos, es decir, requieren materia orgánica preformada que utilizan como fuente de energía y de carbono para la síntesis de estructuras celulares.

La pared rígida (compuesta en mayor proporción por quitina y otros polisacáridos estructurales) con la que cuenta la mayoría de las especies fúngicas ligninocelulósicas, les impide fagocitar su alimento y por ello deben absorber nutrientes simples y solubles que obtienen mediante la degradación de biopolímeros tales como celulosa, hemicelulosa y lignina, por acción de un complejo sistema de enzimas hidrolíticas que liberan al medio (Villarreal citando a Guzmán, 1997). Al conjunto de hifas ramificadas de los hongos se le conoce como micelio, mismo que puede encontrarse en forma monocariótica (un solo

núcleo) o dicariótica (dos núcleos).

En el caso de los basidiomicetos, bajo condiciones fisiológicas y ambientales específicas, el micelio dicariótico comienza a formar estructuras reproductoras denominadas cuerpos fructíferos (también llamados carpóforos, esporóforos o basidiocarpos) y este proceso es acompañado por la transcripción de genes específicos que producen abundante ácido ribonucleico mensajero (ARNm) (Futoshi, Ichijo, Yamaguchi, Nakatsumi, Ando, Iijima, Oguri, Uehara, Nagata, 2004).

En el cuerpo fructífero de los hongos macroscópicos, el estípite o pie y el característico píleo o sombrero están conformados por micelio ramificado; en la parte inferior del píleo se encuentran las laminillas, mismas que constituyen el himenio, lugar donde se forman y se liberan las esporas una vez que el cuerpo fructífero ha madurado (Figura 8).

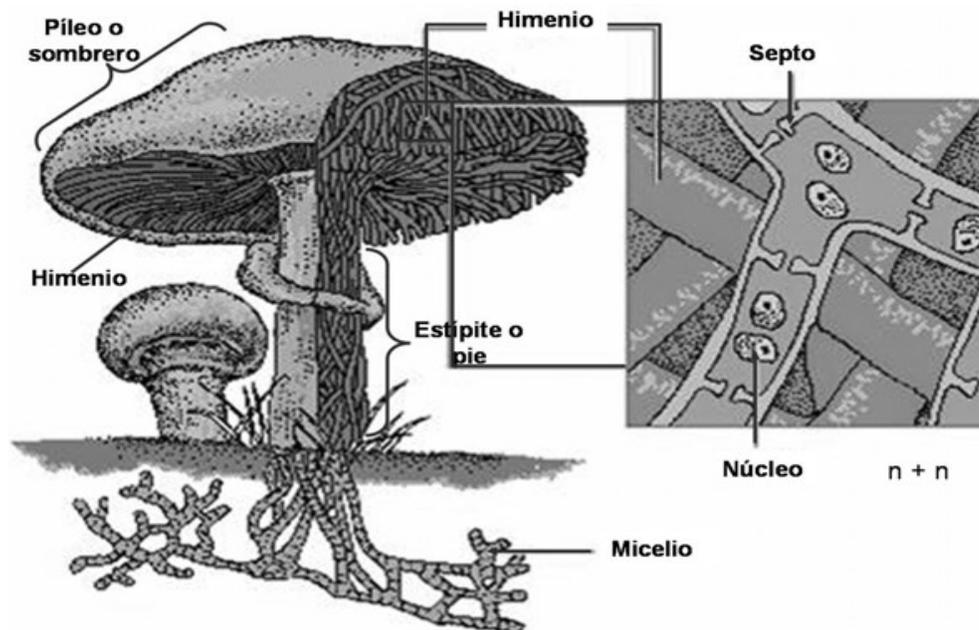


Figura 8. Esquema del cuerpo fructífero de los basidiomicetos

#### 4.10.2 Taxonomía De *Lentinula Spp*

Shiitake es un nombre japonés derivado de take, hongo y shii una clase de árbol de castaño (*castanopsis cuspidata*) donde se encontró que crecía comúnmente este hongo en Japón.

El legado del Shiitake visto como una planta alimenticia importante fue promovido por el botánico inglés Miles Joseph Berkeley (1803-1889). Él se aseguró de que la gente con el tiempo notara sus delicias cuando lo nombró *Lentinus edodes*, el Latin *edodes* significa comestible. Recientemente el nombre en latín del Shiitake se cambió al de *Lentinula edodes*, pero eso no afectó su atracción. (Solórzano, 2008)

El Shiitake es una buena fuente de proteína, potasio e incluyendo el tallo, es una buena fuente de zinc que es un importante mineral para el funcionamiento

del sistema inmunológico. También es una fuente rica de carbohidratos complejos llamados polisacáridos y contiene más de uno que se sabe que estimula al sistema de inmunológico.(Solórzano, 2008)

En China, el Shiitake se llama Hisang Ku, lo que significa "hongo fragantes", un nombre que le queda bien por su olor como a caramelo. El cultivo de Shiitake emplea aserrín de madera dura o el método más lento y tradicional de inocular troncos de madera dura.(Solórzano, 2008)

De manera general, la ubicación taxonómica del género *Lentinula* spp. se presenta a continuación:

**Reino:** Fungi

**Filo:** Basidiomycota

**Clase:** Agaricomycetes

**Orden:** Agaricales

**Familia:** Marasmiaceae

**Género:** *Lentinula*

### **4.10.3 El ciclo de vida de los hongos**

Se podría decir que el ciclo de vida comienza con una espora que produce un micelio primario. Cuando el micelio procedente de dos compañeros de esporas se junta, un micelio secundario se produce. Este micelio continúa creciendo vegetativamente. Cuando el micelio vegetativo ha madurado, sus células son

capaces de una reproducción a un ritmo fenomenal, que culmina en la construcción de cuerpos fructíferos de hongos. (Statements y Chilton, 1983)

Esto representa el cambio funcional pasado y se ha convertido, en efecto, el micelio terciario. Estos tipos de micelio representan las tres principales fases en la progresión del ciclo de vida de hongos.

La mayoría de los hongos producen esporas que son uninucleado y haploides genéticamente (1N). Esto significa que cada spora contiene un núcleo y tiene la mitad del complemento de cromosomas para la especie. Así, las esporas tienen un "sexo" en el que cada uno tiene que acoplarse con micelios de otro tipo de esporas fértiles para la producción de descendencia. Cuando las esporas son liberadas por primera vez sus células están completamente infladas (húmedo) y fácilmente pueden germinar. Pronto se deshidratan, el colapsando en sus centros y en esta fase pueden permanecer latentes por largos períodos de sequía o sequía severa. Cuando las condiciones climáticas proveen un ambiente lo suficientemente húmedo, las esporas se rehidratan e inflan por completo. Sólo entonces la germinación es posible. (Statements et al. 1983)

Las esporas individuales dentro de una especie son bastante constantes en su forma y estructura. Sin embargo, muchas especies de hongos tienen grandes diferencias en los tipos de esporas. Algunos son suaves y en forma de limón (en el género *Copelandia*, por ejemplo), y muchos son elipsoides (como en el género *Psilocybe*); mientras que otros son de forma irregular (por ejemplo, la manguera en el *Lactarius* o *Entoloma*).

Una característica común en las esporas de muchos hongos, particularmente las especies psilocíbicas, es la formación de un poro germinal apical. (Statements et al. 1983)

El poro germinal, una depresión circular en un extremo de la espora, es el sitio de la germinación de la que emana una hebra de micelio haploide llamado hifa. Esta hifa sigue creciendo, y se convierte en una red de micelios. Cuando dos redes de hifas sexualmente complementarios se interceptan una con la otra y hacen contacto, las paredes celulares que separan los dos sistemas de hifas se disuelven y materiales citoplasmáticos y genéticos se intercambian. Por lo tanto, el micelio resultante es binucleado y dicariótico. Esto significa que cada célula tiene dos núcleos y un complemento completo de cromosomas. Con pocas excepciones, sólo se aparearan (dicariótico) si el micelio es fértil y capaz de producir cuerpos fructíferos. (Statements et al. 1983)

Típicamente, los micelios dicarióticos son más rápidos y tienen un funcionamiento mas vigoroso que el micelio monocariótico. Una vez que el micelio ha entrado en la fase dicariótica la fructificación puede ocurrir poco después. En *Psilocybe cubensis*, el tiempo entre la germinación de esporas iniciales y cuerpo fructífero puede ser tan breve como dos semanas, en algunas especies de *Panaeolus* sólo una semana transcurre antes de que aparezcan los hongos. La mayoría de las especies de hongos, sin embargo, toman varias semanas o meses antes de que los hongos puedan ser generados a partir del momento de la germinación de las esporas. (Statements et al. 1983)

Dos redes de micelio dicariótico también pueden crecer en conjunto, el intercambio de material genético y la forma una nueva cepa. Tal encuentro,

donde dos sistemas de hifas se unen, se conoce como la anastomosis. Cuando dos colonias de micelio incompatibles se encuentran, una zona de inhibición del crecimiento se forma con frecuencia. En agar, esta zona de incompatibilidad es visible a simple vista. (Statements et al. 1983)

Cuando un micelio produce setas, se generan varios cambios radicales en su metabolismo. Hasta a este punto, el micelio ha ido creciendo vegetativamente. En el estado vegetativo, las células de las hifas son nutrientes almacenados. Curiosamente, hay un aumento gradual en el número de núcleos por célula, algunos- veces a tantos como diez justo antes de la formación de hongos. Inmediatamente antes de la formación de cuerpos fructíferos, las paredes celulares nuevas dividen los núcleos, reduciendo su número por célula a un promedio de dos. Un alto número de núcleos por célula en el micelio parece ser un requisito previo para la fructificación de muchas especies de hongos. (Statements et al. 1983)

A medida que el himenio madura, los basidios surgen en número cada vez mayor, aparece por primera vez lo más pequeño burbuja, como las células y adoquines se asemejan en una calle. El basidio es el punto focal en la fase productiva del ciclo de vida de hongos. Los basidio, sin embargo, no maduran todos a la vez. Por ejemplo en el género *Panaeolus*, las células maduran regionalmente, dando a la superficie branquial un manchada de mirar. Las células que dan lugar a los basidios son binucleadas. Normalmente, cada núcleo es haploide (1N) y la célula se dice que es dicariótico. La composición de las células de los basidios jóvenes son similares. En un punto específico en el tiempo, los dos núcleos en el basidio migran hacia el otro y se funden en un núcleo diploide (2N). Este evento se conoce como cariogamia. Poco después,

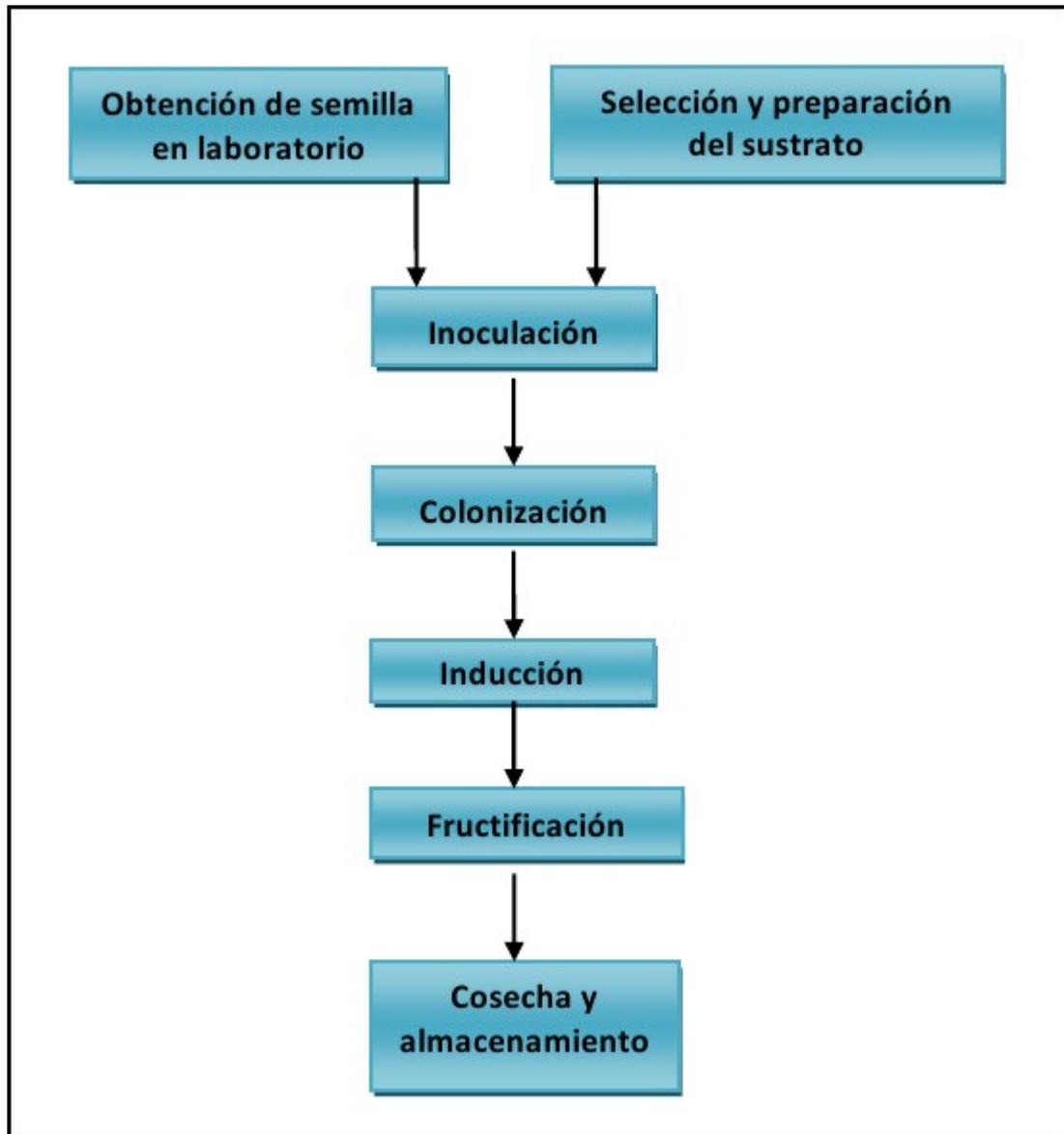
el núcleo diploide sufre la meiosis y, normalmente, produce cuatro células hijas haploides.(Statements et al. 1983)

El mecanismo para la liberación de esporas todavía no se ha demostrado. Pero, el modelo más ampliamente aceptado dentro de la comunidad micológica es donde una "burbuja de gas" se forma en el cruce de la las esporas y los esterigmas. Esto infla la burbuja de gas, explota violentamente en la cavidad entre las branquias, y la espora es llevada por las corrientes de aire. Con la liberación de esporas, el ciclo de vida se ha completado. (Statements et al. 1983)

No todas las especies de hongos tienen basidios que producen cuatro esporas haploides. *Agaricus brunnescens* (*Agaricus bisporus*), el hongo botón común, tiene basidios con dos esporas diploides (2N). Esto significa que cada espora puede convertirse en un micelio que es plenamente capaz de producir setas. (Statements et al. 1983)

#### **4.11 Producción del shiitake**

Para la producción de hongos comestibles, y en particular de Shiitake, es necesario desarrollar una serie de etapas, las que se detallan en la figura 9.



*. Figura 9: Etapas para la producción de Shiitake*

Obtención de la semilla: Se denomina semilla a la forma en que el micelio del hongo es inoculado en un sistema productivo, es decir, la semilla es el vehículo de transporte del micelio desde el medio de cultivo in vitro hasta el sustrato definitivo donde crecerá el hongo. Para la preparación de la semilla, se utilizan

granos de cereal, siendo los más comúnmente empleados el trigo y sorgo, y también avena y centeno. Otra opción es usar tarugos de madera. Silva R. S., Fritz C. F., Cubillos J. A., Díaz M. C. (2010)

Inoculación: El proceso de inoculación o siembra debe hacerse, de preferencia, bajo una campana de flujo laminar desinfectada y ubicada en una sala cerrada y limpia (sala de inoculación). Otra opción, aunque más rústica, consiste en trabajar sobre una superficie desinfectada con cloro o alcohol y ayudado por mecheros. El éxito de estas opciones depende de la asepsia con que trabaje el fungicultor. Silva et al. (2010)

La inoculación consiste en extraer desde una placa Petri un trozo del micelio del hongo (cepa madre), el cual se incubó a 25 °C bajo total oscuridad (Figura 4), para luego ser introducido en los frascos esterilizados y enfriados. Silva et al. (2010)

Colonización o incubación del sustrato: El objetivo de la etapa de incubación o colonización es proporcionar al hongo las condiciones para que invada el sustrato lo más rápido posible. El sustrato, ya sea en forma de bloques o troncos, es llevado a la sala de incubación del invernadero, la que cumple el rol de cámara de cultivo, permitiendo el desarrollo del hongo al interior de él. Para ello deben permanecer en esta zona bajo las siguientes condiciones:

Temperatura: El óptimo desarrollo de los hongos comestibles se logra a una temperatura de entre 24 y 28 °C. Temperaturas menores provocan un retardo en el crecimiento, mientras que temperaturas mayores pueden ocasionar la

muerte del micelio. Silva et al. (2010)

Humedad: si el cultivo se realiza en bloques o bolsas plásticas, la humedad ambiental no es tan importante, ya que la bolsa mantiene la humedad requerida. Por el contrario, el cultivo en troncos requiere de un rango de humedad relativa de entre 70 y 80% para el adecuado desarrollo del micelio. Silva et al. (2010)

Ventilación: durante esta etapa puede ser mínima, ya que la mayoría de los hongos comestibles toleran altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. Es importante realizar perforaciones a las bolsas al 2° o 3° día después de haber sido sembradas para permitir cierta aireación. Esta perforación debe ser realizada con una aguja gruesa previamente desinfectada y, de preferencia, haber sido flameada para evitar contaminaciones. La compactación del sustrato al interior de la bolsa tiene directa incidencia con la aireación, ya que si está muy compactado el intercambio gaseoso es muy deficiente produciéndose al centro una fermentación anaeróbica que elevará la temperatura del sustrato. Por el contrario, al existir poca compactación quedarán muchas zonas con aire, disminuyendo los rendimientos del cultivo. Ya sea si el cultivo se realiza en bloques o en troncos, es necesario rotar o mover el sustrato de lugar, permitiendo una correcta aireación y, en el caso de las bolsas, permitir el drenaje del exceso de agua. Silva et al. (2010)

Luminosidad: durante la colonización el hongo no necesita luz, sino una completa oscuridad. La sala de incubación debe estar cubierta con una malla sombreadora, lo cual evita la entrada de insectos y permite ahorrar energía.

Dependiendo de la cantidad de inóculo y del sustrato utilizado, la incubación o colonización puede demorar de 1 a 4 meses, y su término se nota por el completo cubrimiento del sustrato en el caso de utilizar bloques. Para el hongo Shiitake cultivado en troncos, se ha considerado un período de incubación aproximado de tres meses. Silva et al. (2010)

Es importante señalar que durante el período de colonización los troncos deben permanecer apilados, para lo cual deben formarse castillos, de preferencia, en hileras de 5 a 10 troncos (homogéneos en diámetro), perpendiculares entre sí, con el objetivo de facilitar el flujo de aire entre ellos y mantener su humedad. Se debe evitar el contacto directo con el suelo. Silva et al. (2010)

Existen otras formas de apilar los troncos en la etapa de colonización, las que deben ser evaluadas por los fungicultores en función de la disponibilidad de espacio.

Al interior del invernadero, las condiciones de temperatura son mantenidas utilizando un calefactor eléctrico, al cual se le incorpora un termostato fijado en 25 °C. Una red de tuberías con aspersores inyectará agua al ambiente de modo de mantener la humedad relativa cercana al 80%, evitando la pérdida de humedad del sustrato. Silva et al. (2010)

Se debe evitar el tránsito innecesario al interior del inmueble manteniendo las puertas cerradas, y evitar la presencia de insectos y de hierbas. Además, previo a la colonización se debe aplicar algún fungicida y herbicida al piso de la sala, asegurando un ambiente de trabajo limpio.

Durante todo el proceso de colonización se debe trabajar con las máximas precauciones de asepsia, utilizando guantes de látex, mascarilla y en lo posible desinfectar el ambiente cada vez que sea necesario.

Durante toda esta etapa, y en especial en la primera semana, se deben inspeccionar las bolsas o troncos diariamente con el fin de comprobar un desarrollo del micelio libre de contaminación. En los troncos es común la aparición de mohos en las superficies; si el área afectada es pequeña se debe limpiar con algún desinfectante convencional como el agua oxigenada, pero si las contaminaciones abarcan un área importante, los troncos deben ser desechados de manera de evitar la proliferación de agentes contaminantes, tal como se describió anteriormente. Si en las bolsas se observan indicios de contaminación, éstas deben ser desechadas inmediatamente. Silva et al. (2010)

Inducción a la fructificación: En esta etapa se induce la formación de carpóforos o cuerpos fructíferos. Para ello se entregan estímulos al hongo, tales como cambios bruscos de luz, temperatura y aireación, lo que desencadena un proceso irreversible de inducción de primordios que posteriormente formarán los carpóforos. Silva et al. (2010)

Para realizar esta etapa se debe contar en el invernadero con una sala exclusivamente destinada a la inducción, ya que las condiciones de crecimiento son distintas a las utilizadas en la etapa de colonización. Silva et al. (2010)

Inducción a los bloques o bolsas: se debe producir un shock térmico bajando la temperatura a niveles de entre 7 y 10 °C y se deben hacer perforaciones

mayores a las bolsas o quitar la bolsa, de manera de permitir el desarrollo de los carpóforos. Una técnica utilizada es sacar las bolsas del área de colonización dejándolas al aire libre por toda una noche. Silva et al. (2010)

Inducción en troncos: el shock térmico (golpe de frío) que induce el desarrollo de los carpóforos se realiza sumergiendo los troncos en agua fría. Las condiciones apropiadas son:

Tiempo de inducción: 24 a 48 horas.

Temperatura: 5 a 10 °C

Para realizar la inducción a los troncos, se utiliza un recipiente (estanque, piscina o similar) lleno de agua potable y que sea fácil de limpiar, ya que una vez terminada la inducción se elimina el agua de éste y se desinfecta para una posterior utilización. Durante el período de inducción, los troncos deben permanecer totalmente sumergidos en el agua. Silva et al. (2010)

Los métodos de inducción presentados no son los únicos, sin embargo, son comúnmente empleados debido a su bajo costo y consumo energético.

Transcurrido este período de tiempo, el sustrato (troncos o bloques), es llevado a la zona del inmueble destinada a la etapa de fructificación.

Fructificación: En bloques o bolsas: durante el período de fructificación, es recomendable utilizar un sistema que permita colgar las bolsas para el desarrollo óptimo de los carpóforos. Silva et al. (2010)

En troncos: una vez finalizado el período de inducción, los troncos son llevados a la sala de fructificación. En esta etapa, son ordenados de forma vertical con una inclinación aproximada de 50°, tal como se muestra en la Figura 10. Se debe evitar el contacto con el suelo. Silva et al. (2010)

Las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla la etapa de fructificación son muy similares para ambos tipos de cultivo (bloques o troncos) y son las siguientes:

Temperatura: entre 18 y 25 °C.

Humedad relativa del ambiente: entre 80% y 90%.

Aireación: es necesario que las concentraciones de CO<sub>2</sub> sean bajas. Esto se logra manteniendo una ventilación constante con aire externo filtrado. En el caso del uso de bolsas, si éstas no se quitaron en la etapa de colonización se deben hacer perforaciones mayores, o ser retiradas. Silva et al. (2010)

Luminosidad: es recomendable emplear un fotoperíodo inicial de 10 horas de luz y 14 de oscuridad.

Una vez que han aparecido los primeros primordios se debe aumentar el período de luz a 12 horas. Se debe evitar la exposición directa al sol. Silva et al. (2010)

La presencia de primordios puede ocurrir al 3° día luego de la inducción en el caso del cultivo en bloques, mientras que en los troncos lo usual es que se

evidencien a la semana siguiente de la inducción. Silva et al. (2010)

Si se observa que los pies de los carpóforos son excesivamente largos es un indicio de que la ventilación o la luz son insuficientes.

Cosecha y envasado: Si las condiciones ambientales se mantienen constantes en la etapa de fructificación los primeros carpóforos se cosechan alrededor de los 14 días post-inducción, tiempo equivalente para el cultivo en bloques o en troncos. Silva et al. (2010)

La cosecha se realiza empleando un cuchillo previamente desinfectado. El corte se realiza lo más próximo posible a la superficie del sustrato. Desde un punto de vista comercial, las setas de Shiitake óptimas para ser cosechadas son aquellas que presentan un sombrero con una abertura de aproximadamente una pulgada (2,5 cm), antes de que se extienda por completo su borde. Silva et al. (2010)

Se debe tener cuidado de desinfectar los utensilios de cosecha y evitar una excesiva manipulación de las setas. Es imprescindible el uso de guantes y mascarillas y el material de embalaje debe almacenarse en un lugar limpio. Silva et al. (2010)

Inducción de una nueva oleada: En el caso del cultivo en troncos, finalizada la cosecha éstos son llevados nuevamente al área de colonización donde deben permanecer por un período aproximado de tres semanas, aunque este tiempo depende del tamaño de la seta que se desee obtener en la nueva cosecha. Tiempos menores generarán carpóforos de menor tamaño y viceversa.

Cumplido el período en colonización, se procede a una nueva inducción y cosecha de acuerdo a lo indicado previamente. Silva et al. (2010)

En el caso de los cultivos realizados en bloques o bolsas, una vez finalizada la cosecha, las bolsas son llevadas al área de colonización por un período aproximado de 1 semana y nuevamente inducidas, mediante un shock térmico, a la fructificación.

#### **4.12 Hongos diversidad cultural y sus diferentes usos**

Las setas se han consumido por los seres humanos desde la antigüedad como una parte de la dieta normal, además de poseer un sabor y aroma muy deseable (Kurbanoglu y Algur, 2002). Debido a estas características los órganos aéreos de los hongos basidiomicetos *Agaricus* sp. son producidos en grandes cantidades para el consumo humano.

A pesar de ser un componente importante de la biodiversidad global, poco se conoce acerca de los patrones de diversidad de la funga mundial, ya que de acuerdo con las estimaciones de Hawksworth (1991), actualmente se ha descrito el 5 % de las 1.5 millones de especies que deben existir en el planeta. Muchas de estas especies se localizan en la región Neotropical templada-fría, donde forman parte esencial de la productividad heterotrófica de sus bosques. Allen, Allen, Helm, Trappe, Molina y Rincón. (1995), denotaron la necesidad de estudiar los patrones de diversidad de los hongos ectomicorrízicos en las zonas templadas, ya que su distribución se incrementa en los bosques de coníferas de latitud norte (conociéndose a la fecha más de 1000 micobiontes), a pesar de

que la diversidad de plantas hospederas es baja. En México, los estudios ecológicos de los hongos son escasos, desconociéndose la potencialidad de las poblaciones silvestres y sus posibilidades de uso sustentable, a pesar de que son un componente de la Funga: Neologismo para distinguir a los hongos de la flora y fauna y resaltar su importante función ecológica en los ecosistemas. Diversidad alimentaria de sus etnias, consecuencia de su diversidad biológica, ecológica y cultural (Villarreal, 1997).

Tomando en cuenta que los hongos son un componente de la biodiversidad microbiana y un elemento estructural y funcional de los ecosistemas forestales (Hawksworth y Mound, 1991) y que además constituyen un recurso potencial para el descubrimiento de nuevos procesos y productos biotecnológicos (Bull, Good, Fellow y Slater, 1992; Nisbet y Fox, 1991)

Además, es conveniente el monitoreo ecológico de los aprovechamientos comerciales sobre las poblaciones silvestres y determinar la factibilidad de establecer programas de uso sustentable, para la comercialización de este recurso, en beneficio de las comunidades indígenas marginadas que habitan las regiones boscosas templadas y frías del país (Villarreal citando a Villarreal, Rodríguez-Franco, Trinidad-Santos, 1997)

#### **4.12.1 Los hongos silvestres como fenómeno ecológico**

Los hongos cumplen una importante función ecológica en los bosques dentro del subsistema de la degradación y junto con los demás organismos que integran este subsistema, son considerados como uno de los principales

determinantes biológicos de la calidad del sitio forestal. El impacto de los grupos de hongos en los procesos biogeoquímicos que se desarrollan en los ecosistemas forestales, dependen de sus características biológicas tan peculiares que les permiten ser eficientes catalizadores que aceleran o restringen los ciclos de los nutrimentos (Villarreal citando a Remacle, 1997).

Los procesos bioquímicos donde los hongos actúan como catalizadores son diversos, tales como:

- a) mineralización-inmovilización
- b) óxido-reducción
- c) volatilización- fijación
- d) precipitación-solubilización

Dichas actividades incluyen diversos ciclos entre los que destaca el del carbono, además de otros elementos minerales como: el nitrógeno, fósforo, azufre y boro (no metálicos); potasio, calcio y manganeso (metales ligeros) y los metales pesados: hierro, manganeso, cobre, zinc y molibdeno.

Como degradadores, los hongos son los principales agentes de la descomposición de restos orgánicos y del reciclaje de nutrimentos en los bosques. Se estima que el 95% del metabolismo heterotrófico es generado por los organismos degradadores dentro de los cuales los hongos contribuyen con el 90% del total (Reichle, Goldstein, Van Hook y Dodson, 1973).

Su función como simbioses mutualistas es también relevante, ya que se ha

estimado que las micorrizas representan el 50% de la biomasa total y el 43% del nitrógeno recirculado anualmente en un ecosistema de *Pseudotsuga menziesii* en Oregon, E.U.A. (Fogel, 1980).

Finalmente, cabe resaltar que los hongos silvestres (tanto degradadores como micorrízicos) transfieren información de los restos orgánicos de las plantas mediante la degradación, a un sistema de mayor orden, facilitando la producción de fotoasimilados por las plantas.

Estos hechos son de gran relevancia, ya que existe una relación causal entre los siguientes procesos: la degradación favorece la recirculación de los nutrientes y a su vez el flujo de los fotoasimilados de la planta hacia las raíces e hifas de las micorrizas. Dicha distribución de fotoasimilados ayuda a mantener una gran diversidad de comunidades de organismos del suelo, mismos que estabilizan los ecosistemas durante las fluctuaciones ambientales o en periodos de estrés ambiental, manteniendo positivamente la fotosíntesis neta y reduciendo los niveles de entropía del sistema (Perry, Amaranthus, Borchers y Brainerd 1989).

#### **4.13 Los hongos silvestres: componentes de la biodiversidad de México**

México es considerado como uno de los 12 países megadiversos donde se concentra el 70% de la biodiversidad de ciertas formas de vida (vertebrados, mariposas y plantas vasculares) y además en su territorio se localiza el 10% de todas las especies terrestres del planeta.

Actualmente se conocen 6000 especies de hongos, de los cuales 2000 son micromicetos y 4000 macromicetos, (Guzmán 1995). Sin embargo, dicho autor estima que la biodiversidad fúngica mexicana es de más de 100, 000 especies, por lo que sólo se ha estudiado alrededor del 6%. Esta cifra de hongos estimados resulta muy baja considerando la gran diversidad biológica de nuestro país, ya que tan sólo constituyen el 6.6% de las especies conocidas a nivel mundial.

Por otra parte, la diversidad alimentaria de México se sustenta en la articulación de su diversidad biológica, ecológica y cultural, misma que ha dado por resultado el consumo tradicional de 600 especies de plantas silvestres, 300 de peces, moluscos y crustáceos, 100 insectos y alrededor de 100 plantas cultivadas entre otras.

Los hongos comestibles silvestres forman parte de esta diversidad alimentaria, ya que constituyen un recurso que ha formado parte de un patrón tradicional de subsistencia que data de épocas prehispánicas y que está basado en el uso múltiple y sostenido de los recursos naturales.

A la fecha se conocen 205 especies de hongos comestibles de las cuales 112 son objeto de venta en los mercados populares de México, particularmente en la región central del país, el total de especies comestibles presentes en México representa poco más del 10% de las 2000 estimadas a nivel mundial por Villarreal citando a Kaul (1997). De acuerdo con, dichas especies se distribuyen en México a lo largo de un gradiente altitudinal que incluye los bosques de coníferas con 153 especies, encino con 88, mesófilo de montaña con 35, bosques tropicales con 23 y zonas agrícolas y urbanas con 18.

Hongos comestibles de México			
205 hongos conocidos en 28 de los 31 estados de la república mexicana			
Estados Mas Estudiados	No. Spp.	Estados Menos Estudiados	No. Spp.
1. México	*155	1. Baja California sur	2
2. Veracruz	132	2. Colima	2
3. Hidalgo	126	3. Nayarit	2
4. Michoacán	118	4. Sinaloa	1
5. Morelos	97	5. Tamaulipas	1
*Incluyendo D. F.			

Tabla 2. Distribución de los hongos comestibles silvestres en los Estados de la República Mexicana

Las especies conocidas se encuentran distribuidas en 28 de los 31 Estados de la República Mexicana, siendo los estados de México, Veracruz, Hidalgo, Michoacán y Morelos, los mejor estudiados con 155, 131, 126, 118 y 97 taxa respectivamente; en tanto que Tabasco con 3, Baja California Sur con 2, Colima con 2, Nayarit con 2, Sinaloa y Tamaulipas con 1 respectivamente, los menos estudiados. Por su parte Aguascalientes, Querétaro y Sonora son los únicos sin registro de alguna especie comestible (Villarreal citando a Villarreal y Pérez-Moreno, 1997), tal y como se muestra en la Tabla 3.

#### **4.14 Uso tradicional y recolección intensiva de los hongos en México**

El uso de los hongos silvestres en México, constituyen, un corpus de conocimiento estructural, dinámico, relacional y utilitario que mantienen algunas

etnias que habitan las regiones boscosas del país.

El aprovechamiento de la producción natural de los hongos silvestres en los bosques del país, constituye una actividad productiva de carácter estacional que se desarrolla mediante la recolección de las especies en los rodales donde crecen. Este uso está íntimamente ligado al conocimiento de las etnias sobre los hongos, permitiéndoles desarrollar incluso, sistemas de clasificación tradicional que abarcan diversos aspectos sobre las características de éstos, sus atributos como entes biológicos, sus interrelaciones ecológicas y propiedades como elementos de la naturaleza.

Dicho sistema de clasificación fue denominado por Levi-Strauss (1962) como "la ciencia de lo concreto" ya que según él, lo han desarrollado los "hombres primitivos" en forma paralela al conocimiento científico. Desafortunadamente este conocimiento está sujeto a una desaparición progresiva, debido a los procesos de transculturación a que están siendo sujetas las etnias de nuestro país.

Por otra parte, el conocimiento sobre la distribución tanto espacial como estacional de las especies, les permite a los recolectores optimizar el uso de este recurso en ciertas épocas del año, ya que cada hongo tiene zonas dentro del bosque y periodos de abundancia específicos.

Tradicionalmente en México, el aprovechamiento de la producción natural de los hongos en los bosques, se ha desarrollado como prácticas familiares de recolección en épocas debidamente caracterizadas. Estas recolecciones

efectuadas por los "hongueros" se realizan con fines de autoconsumo o para su comercialización a baja escala en los mercados populares de las poblaciones aledañas a sus comunidades, especialmente durante la época de lluvias (Villarreal, 1997).

El aprovechamiento de los hongos ha contado tradicionalmente con un predominio en su valor de uso (autoconsumo) sobre el valor de cambio (comercialización), ya que un "honguero" en promedio puede recolectar entre 4-10 kg/hombre/día, realizando su venta por montones o "pilas" de tamaño y precio variable, dependiendo del tipo de hongos (Villarreal, 1997).

Esta clase de aprovechamiento de los recursos naturales mantiene un equilibrio con los ecosistemas, ya que la cantidad del producto extraído solo se utiliza para satisfacer sus necesidades inmediatas y más elementales, el proceso productivo es poco tecnificado y fundamentalmente de carácter artesanal, además de que no se compra o vende fuerza de trabajo y la actividad tiene un sentido familiar o comunitario.

Sin embargo, en los últimos años diversas compañías comercializadoras extranjeras y nacionales han promovido el aprovechamiento intensivo y con fines de exportación, de las poblaciones silvestres de algunos hongos comestibles como: el "tecomate" (*Amanita caesarea*), las "pancitas" (*Boletus edulis*), el "duraznillo" (*Cantharellus cibarius*), las "mazorquitas" (*Morchella* spp.) y el "hongo blanco" (*Tricholoma magnivelare*), entre otros.

La falta de mecanismos de regulación oficial en un principio favorecieron el

saqueo indiscriminado de dichas especies, mismo que tan sólo de 1990 a 1993 fue 165 toneladas de carpóforos con un valor de \$1,104,833.00 dólares americanos. De no implementarse a futuro un programa nacional de uso sustentable del bosque, que incluya a los hongos como parte del manejo de multirecursos, podría propiciarse la sobreexplotación o explotación inadecuada de las especies de alto valor comercial. Esto tendría un impacto ecológico y socioeconómico severo, debido a la alteración de la tasa de recuperación natural de las poblaciones.

#### **4.15 Uso sustentable y la conservación de los hongos silvestres en México**

A partir de 1994 el Gobierno de México emite la Norma Oficial Mexicana NOM-059- ECOL-1994 para la protección de las especies en peligro de extinción donde se determinan las especies y subespecies de flora, fauna y funga nativa, para "establecer las regulaciones que permitan protegerlas, conservarlas y desarrollarlas". Esta Norma fue diseñada con un criterio eminentemente conservacionista, proporcionando una "lista-roja" donde se incluyeron aquellas especies de hongos presumiblemente amenazadas, en peligro de extinción o que debían estar bajo protección especial. Desafortunadamente la lista fue elaborada arbitrariamente sin bases científicas, que estuvieran respaldadas en trabajos minuciosos de inventario y monitoreo ecológico en los bosques bajo aprovechamiento. (Villarreal, 1997)

Villarreal (1997) también considera que la creciente demanda en el consumo y comercialización de los hongos a nivel mundial representa amplias expectativas

para México, ya que se ubica en un "zona rica", bajo condiciones climáticas favorables y aunque tiene poca tradición en el cultivo de los hongos, existe una vasta tradición en el conocimiento y uso de especies silvestres. Sin embargo, existe un creciente interés por el cultivo intensivo de algunas especies como el "champiñón" (*Agaricus* spp.), la "seta" (*Pleurotus* spp.) y el "Shiitake" (*Lentinula* spp.).

Entonces es necesario desarrollar investigaciones sobre la ecología de las poblaciones de hongos de alto valor comercial bajo explotación intensiva para determinar el posible impacto de la recolección a largo plazo, intensificar los esfuerzos para la domesticación de aquellas especies nativas para su cultivo intensivo. Además es necesario:

- 1) Establecer redes de monitoreo ecológico para evaluar el posible impacto y declinación de especies de alto valor comercial bajo aprovechamiento;
- 2) Ejercer un control más riguroso sobre las empresas comercializadoras;
- 3) Iniciar acciones para la conservación biológica in situ mediante el esquema de microreservas;
- 4) Crear bancos de germoplasma fúngico para su conservación biológica ex-sitú
- 5 ) Elaborar "listas rojas" realistas de especies amenazadas, raras, en peligro de extinción o que deberán estar bajo protección especial, basadas en estudios científicos bien fundamentados.

#### 4.16 Especies de setas cultivadas industrialmente.

Me enfocare en el cultivo industrial de *Pleurotus ostreatus*, debido a su gran

importancia económica. Se trata de un hongo, que en ambiente natural crece sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera y destruyéndola.

El cultivo de diversas especies de hongos del género *Pleurotus* está adquiriendo una gran importancia, en Francia, Italia y España, siendo el más conocido *Pleurotus ostreatus*. (Villarreal, 1997)

Existen otras especies de interés comercial como son *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus cornucopioides*, *Lentinus edodes* (Shiitake, en Japón) y otros hongos pertenecientes a los géneros *Pholiota*, *Coprinus*, *Lepiota*, *Volvariella*, etc, cuyas indicaciones para su cultivo se recogen en la tabla siguiente:

HONGO	SUSTRATO UTILIZABLE	CONDICIONES DE CRECIMIENTO	FRUCTIFICACIÓN	OBSERVACIONES
<i>Pleurotus ostreatus</i> Fr.	Paja enriquecida y molida de diversos vegetales	24° C bajo protección plástica	T<24° C. Luz. Aireación. Gran humedad.	Muy apreciado. Está siendo mejorado en Francia con ecotipos salvajes
<i>Volvariella volvacea</i> (Bull ex Fr.) Sing.	Paja de arroz saturada de agua	21° C	Temperaturas altas. Luz	Muy cultivado en Taiwan, China, Madagascar, etc.
<i>Pholiota aegerita</i> Fr.	Paja de trigo. Cortezas molidas de álamo. Serrín de álamo.	25° C. Higrometría elevada. Crecimiento lento.	Cobertura de tierra. Luz. 18-20° C.	Cultivo parecido a <i>Pleurotus</i> . Gran resistencia al CO2.
<i>Rhodopaxillus nudus</i> (Sin. <i>Legista</i> y <i>Tricholoma</i> ) (Bull ex Fr.) R. Maire	Hojas de hayas. Compost de champiñón.	Incubación dura seis o más meses.	Shock frío. Maduración en 8-15 días.	Producción continuada durante varios años. Posibilidad de colecciones en todas las épocas

Tabla 3. Indicaciones para el cultivo de otros hongos saprofitos

(Fuente: Infoagro)

#### **4.17 Instalaciones para el cultivo industrial**

Las instalaciones se diseñarán en función de la época y del volumen de producción que se desea conseguir. Si la producción es de otoño, bastará con un pequeño local con la iluminación, ventilación y humedad necesarias.

Pero si la producción va a ser continua durante todo el año serán precisos dos locales en donde se puedan controlar los parámetros climáticos (temperatura, humedad, luz y ventilación). Estos dos locales son:

- Un local de incubación, en el que tendrá lugar el crecimiento del micelio sobre el sustrato. La temperatura será de 18 a 22° C y la ventilación de 1 metro cúbico de aire por hora y por kilogramo de sustrato.
- Local de cultivo. En él se producirán las setas sobre bloques ya invadidos de micelio. La temperatura será de 12 a 14<sup>a</sup> C y la HR entre el 85 y 95%. La ventilación ha de ser tal que el contenido en CO<sub>2</sub> sea inferior al 0,06 % (150 m<sup>3</sup> de aire por tonelada métrica de sustrato y hora, y una frecuencia de 8 a 10 veces por hora). La iluminación será de 12 horas diarias (200 a 500 lux).

Para obtener estas condiciones climáticas se utilizan pequeños locales que pueden estar dotados de sistemas de calefacción por infrarrojos, humidificación con cortina de agua en los ventiladores, circulación de aire mediante conducciones de plástico perforadas que cuelgan del techo, aislamiento del exterior, sistemas de filtro para evitar la entrada de otros hongos, enfermedades o insectos, etc.

#### 4.17.1 Preparación del sustrato

La preparación de sustratos a base de paja de cereales (centeno, trigo o cebada) requiere los siguientes pasos:

- Mojado de los montones de paja en depósitos durante 1 ó 2 días, en mezcladoras o mediante sistemas de riego por aspersión. La temperatura no debe sobrepasar los 60° C para evitar problemas futuros con hongos del género *Trichoderma*. La humedad de la masa de paja deberá ser del 70-80 %. Se añadirá carbonato cálcico para que el pH sea de 6,5.
- Enriquecimiento del sustrato. Algunos cultivadores añaden heno picado, harina de maíz, harina de soja, harina de girasol, alfalfa deshidratada, salvado de arroz, etc. Al sustrato se le añaden distintos aditivos para mejorarlo y proporcionar mayor producción: harina de plumas (5%), yeso (10-40%), etc.
- Tratamiento térmico. Con ello se consigue destruir semillas, insectos parásitos, hongos, etc, que puedan en desarrollarse sobre el sustrato. Para ello se realiza una pasteurización al vapor en cámaras. La temperatura y el tiempo de pasteurización varía según los sitios. En general se emplean temperaturas comprendidas entre los 60 y 80<sup>a</sup> C durante unas 5-6 horas, con periodos intermedios de 50° C durante 1-2 días.

Así de una tonelada métrica de paja se obtienen entre 2 y 3 toneladas de sustrato. Cuando el sustrato tiene entre 20-25° C y un 70% ya está preparado para la inoculación del micelio.

#### **4.17.2 Siembra e incubación**

La siembra consiste en mezclar el micelio con la paja o sustrato ya preparado, de un modo uniforme. La cantidad de micelio comercial varía entre 1 y 4 % del peso húmedo. A mayor cantidad el desarrollo del hongo será más rápido y abundante pero la temperatura también será mayor, lo que perjudicará al desarrollo del micelio.

El micelio comercial se prepara en laboratorios especializados germinando las esporas en placas con agar-maltosa u otros medios de cultivo. Después se hace crecer sobre granos de cereales esterilizados, y una vez colonizados, se envasan para la venta. Existen varias cepas comerciales de *Pleurotus* según el tamaño, color, necesidades de frío, resistencia al calor, etc.

El sustrato sembrado se introduce en sacos de plástico transparente de 15 a 30 Kg de capacidad. El diámetro de los sacos debe ser inferior a los 40-50 cm, para evitar sobrecalentamientos del sustrato y una densidad inferior a 0,36. También se pueden emplear jaulas o cajones de tela metálica de malla amplia recubiertos de plástico. Pero las condiciones básicas que han de reunir los envases son:

- Su tamaño no puede sobrepasar los 50 cm en ninguna de sus dimensiones, para facilitar el transporte.
- La mayor parte de la superficie ha de ser vertical para obtener setas de mayor calidad.

Los bloques de sustrato se colocan en la sala de incubación a 18-22° C. Para

que el micelio crezca ha de estar a una temperatura óptima de 25° C. A los 15-20 días el micelio habrá invadido el sustrato.

#### 4.17.3 Operaciones de cultivo

Una vez colonizados los bloques, se les quita el plástico y se trasladan a la sala de cultivo. Los bloques se apilan de forma que las superficies expuestas al aire sean las mayores y queden verticales. Se darán riegos frecuentes pero no excesivos para evitar el desarrollo de enfermedades.

Fases	Procesos	Tiempo	Cultivo industrial	Cultivo doméstico
Preparación del sustrato	Acondicionamiento del material de base		Paja de cereales, residuos de maíz, serrín, etc. Solos o mezclados. Picados	Paja de cereales picada, etc.
	Empajado	De unas horas a días	Con agua	Con agua algo templada
	Mezcla de aditivos		Yeso (10-40%), harina de plumas (5%), etc.	Un poco de yeso fino bien mezclado con el resto.
	Pasteurización.	18-24 horas. 8 horas. 18 horas.	80° C. Al vapor. 60° C 50° C. En aerobiosis	Una hora en agua a 80° C. Ecurrir y lavar
Siembra del micelio	Mezclado		Al 2% con el sustrato (que estará a unos 25° C y con 70% de humedad)	3% del sustrato húmedo
Incubación		15-20 días	En sacos de plástico transparente o en recipientes cubiertos de plástico. Temperatura del local: 18 a 22° C. Temperatura del sustrato: 25° C.	Igual que en el cultivo industrial
Producción de setas	Control del ambiente	Hasta 60 días (en tandas de 3-8 días, con descansos de 10-20 días)	Temperatura del local: 12-18° C según la cepa empleada. Humedad del ambiente: 85-95%. Mantener el sustrato húmedo regando finamente, o dejando el plástico sin quitar si tiene perforaciones grandes. Iluminación diurna: 60-200 lux. Ventilación: 150 m3 de aire nuevo por tn y hura, reciclando de 5 a 10 veces por hora su totalidad.	Temperatura del local menor de 15° C. Humedad grande (rociar). Iluminación diurna. Mucha ventilación.

. Tabla 4. Fases del cultivo de la seta

(Fuente: GARCÍA-ROLLÁN, 1985)

## 4.18 Plagas y enfermedades

Moho verde (*Trichoderma* spp.)

Hay muchas especies y cepas, como *T. viríde*, *T. koníngíi*, *T. polysporum*, *T. longíbrachiatum* y *T. glaucum*, de las cuales las primeras dos son las principales durante el cultivo de Shiitake en bolsa. *T. viride* se caracteriza por el crecimiento de un micelio blanco denso, seguido por una extensa esporulación verde del hongo. Una corrida de Spawn aparentemente normal de Shiitake puede dar lugar a grandes parches de esporulación verde de *Trichoderma*. Puede ocurrir una reacción de color amarronado, o los cuerpos fructíferos pueden cubrirse con un moho verde. Fan L., Pan H., Wu Y., y Kwon H. (2005).

El hongo patógeno ingresa a los cuartos de cultivo principalmente a través del sustrato gastado y del personal y equipo contaminados. Otras fuentes incluyen al sustrato mal esterilizado o a la transferencia de las bolsas entre los cuartos de cultivo sin una higiene adecuada. Una vez introducido en el sustrato, el hongo se difunde rápidamente en forma de parches grandes, interactuando con el micelio del Shiitake. Fan L. et al. (2005).

En el borde de crecimiento de los parches de moho verde, se observa en forma macroscópica el amarronamiento del micelio de Shiitake. o la lisis de la fase inicial de los cuerpos fructíferos, sugiriendo una degradación enzimática Fan L. et al. (2005).

Las investigaciones microscópicas han demostrado un colapso del micelio y desorganización celular. La infestación por moho verde resulta en una

esporulación verde y parches oscurecidos, que a su vez no pueden ser colonizados por el micelio de Shiitake. Si fueran colonizados, esos parches producirán rendimientos mucho menores de Shiitake. y de calidad inferior. Luego de la infección, los cuerpos de fructificación de Shiitake. pueden volverse blandos y producir un líquido negro. También se ha informado sobre *T. koningii*, y es difícil distinguir si un problema es causado por *T. víride* o *T. kaningii*. Estas infestaciones con *Trichoderma* normalmente se encuentran en sustratos mal esterilizados cuando la humedad del ambiente es alta Fan L. et al. (2005).

#### Moho rojo del pan (*Neurospora sitophila* y *N. crassa*)

Los síntomas de la infestación con moho rojo del pan son similares a los del moho verde. El hongo se caracteriza por un crecimiento micelial de color blanco, pero seguido por una esporulación roja o anaranjada extensa. Los patógenos invaden particularmente los sustratos mal esterilizados o altamente humedecidos. Como se transporta a través del aire, se disemina rápidamente y se convierte en epidemia cuando la temperatura y la humedad del cuarto son relativamente elevadas. Un tronco sintético con la bolsa de plástico removida es bastante susceptible a la contaminación, lo cual podría producir malformaciones del primordio Fan L. et al. (2005).

#### Moho azul (*Penicillium* spp.)

El moho azul es una amenaza menor que el moho verde. Hay muchas especies informadas, como *P. Citrínum*, *P. funiculosum*, *P. chrysogenum*, *P. cyclopium*, *P. pallidum*, *P. digitatum* y *P. italicum*. Los síntomas iniciales del moho azul son similares a los del moho verde. La colonia del moho azul muestra crecimiento micelial blanco en primer término, y luego una extensa esporulación azul del hongo. La colonia se difunde en forma mas lenta que la del moho verde. Este

moho prefiere sustratos ácidos Fan L. et al. (2005).

#### Mucar spp

Estos hongos normalmente se encuentran en la tierra, el aire, el estiércol, la paja vieja y el compost. Se caracterizan por el rápido crecimiento de las colonias, que son algodonosas y espesas debido a los abundantes esporangióforos 2 verticales, blancos al principio, luego gris aceituna a marrón pero blancos vistos desde la base de la placa de Petri Fan L. et al. (2005).

Las esporas son parduzcas. El Mucor tiene una tasa de crecimiento más alta que el micelio del Shiitake. Este hongo puede ocupar el sustrato, y tiene el efecto de impedir el crecimiento del micelio de Shiitake., causando su amarillamiento Fan L. et al. (2005).

#### Aspergillus spp

Estos hongos se reconocen por sus conidióforos distintivos, que terminan en una vesícula hinchada que soporta fiálidas (phialides) con forma de frasco. La colonia es al principio blanca y se toma amarillo verdosa, normalmente gruesa debido a sus abundantes conidiosporas. El hongo está muy difundido en la tierra, el aire y los residuos orgánicos, y es muy probable que aparezca en los cuartos de cultivo de Shiitake húmedos y poco ventilados Fan L. et al. (2005).

#### Ácaros

Entre las muchas especies de ácaros, los dos tipos que particularmente causan daño al Shiitake son el pyemotid (Siteroptes) y el acarid o ácaro de la harina (Acarides). El pyematíd es pequeño e invisible a simple vista, es parduzco cuando se lo observa en grupos sobre el sustrato, mientras que el acarid es

grande, blanco, y parece harina cuando se presenta en grandes cantidades. Ambos se alimentan del micelio y de los cuerpos fructíferos del Shiitake, disminuyendo la calidad y el rendimiento del hongo Fan L. et al. (2005).

### Colémbolos

Los Colémbolos son invertebrados diminutos de cuerpo suave, generalmente de menos de 10 mm en longitud. En su mayoría se distinguen por su pequeño órgano en forma de cola ahorquillada en la parte inferior de su abdomen, que les permite brincar lejos cuando son perturbados. La principal especie es el colémbolo purpúreo, *Hypogastrura communis*. Normalmente se esconden en las esquinas húmedas y se alimentan del micelio y de los cuerpos fructíferos del Shiitake. A veces, se juntan en cantidad suficiente como para formar masas visibles en el sustrato. Causan disminución del rendimiento y de la calidad Fan L. et al. (2005).

### Babosas

Varias especies de babosas dañan frecuentemente los cuerpos fructíferos del Shiitake, incluso la babosa salvaje (*Agriolímux agrestis*), la babosa fago (*Phílomycus bilíneatus*) y la babosa amarilla (*Límax flavus*). Son activas por la noche y durante los días nublados o brumosos, cuando pueden esconderse fácilmente en lugares húmedos y sombreados Fan L. et al. (2005).

## **4.19 Importancia de los basidiomicetos**

### **4.19.1 Importancia biotecnológica de la producción de hongos comestibles**

El cultivo de hongos comestibles es una industria biotecnológica en continuo proceso de expansión y que poco a poco va cobrando mayor importancia en el ámbito económico de muchos países. Hasta 1980, las cuatro especies de hongos comestibles más importantes por su cultivo eran *Agaricus bisporus* (champiñón), *Pleurotus* spp. (Seta, ostra), *Lentinula edodes* (Shiitake) y *Volvariella volvacea*. Desde entonces el género *Agaricus* ha sido el hongo comestible más cultivado y consumido en Europa, Norteamérica y México. Por su parte, *Lentinula edodes* es producido en su mayor parte en Japón, *Volvariella* en países Asiáticos y *Pleurotus* en México y Sudamérica (Chang, 1999).

En lo que se refiere a los hongos del género *Pleurotus*, han incrementado su popularidad mundial en los últimos años, debido a su habilidad para crecer en un amplio intervalo de temperaturas (22- 28C°) y su capacidad para utilizar como sustrato diversos materiales ricos en lignina y celulosa tales como rastrojo de maíz, paja de cereales, papel, pulpa de café, residuos vegetales así como desechos ligninocelulósicos de la industria alimenticia; para la preparación y acondicionamiento de estos sustratos, se han utilizado varias técnicas tales como la inmersión en agua caliente, pasteurización, esterilización con inyección de vapor, composteo, y otros. (Moda, Horii, y Fillet, 2005).

Zervakis et al. (2002), consideran que cada cepa tiene un potencial bioquímico distinto, por ejemplo, en la degradación de celulosa, hemicelulosa y lignina, lo cual puede ser utilizado como criterio para identificar la calidad de cepas que

sean convenientes para programas de hibridación. Por otro lado, *Pleurotus* y muchos otros basidiomicetos, producen compuestos de interés industrial tales como ácidos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, enzimas y otros metabolitos secundarios con aplicaciones farmacéuticas. Gracias a estas características, los hongos tienen diversas aplicaciones en distintos ámbitos biotecnológicos tales como el ambiental, farmacológico y alimentario (Tabla 5).

#### **4.19.2 Importancia ambiental de los basidiomicetos**

Al igual que la celulosa, la lignina es un biopolímero vegetal muy abundante en la biosfera; es un compuesto aromático que provee rigidez, impermeabilidad al agua y resistencia al ataque microbiano hacia las paredes vegetales; debido a sus características estructurales, este compuesto impone una barrera física y química que restringe su degradabilidad (Cohen, Persky y Hadar, 2002).

Los sustratos utilizados para el cultivo de basidiomicetos, están conformados básicamente por compuestos ligninocelulósicos y para degradarlos, estos organismos poseen un complejo sistema enzimático entre las que destacan las

enzimas celulasa, hemicelulasa, manganeso peroxidasa (MnP), versátil peroxidasa (VP), alcohol aril oxidasa (AAO) y lacasa, mismas que son capaces de hidrolizar los polímeros de celulosa, hemicelulosa y lignina de diversos materiales.

Boyle, Kropp, y Reid en 1992, demostraron que la degradación de la lignina por los hongos de la pudrición blanca (como también se les conoce a los basidiomicetos), es extracelular, de forma oxidativa no específica y está regulada por una serie de condiciones (Mn, pH) independientes de los efectos ejercidos por ellas sobre el crecimiento fúngico y el proceso de degradación culmina en la producción independiente de dióxido de carbono y otros productos solubles.

Del mismo modo, los basidiomicetos tienen la capacidad de biodegradar y mineralizar compuestos xenobióticos tales como hidrocarburos poliaromáticos (HPA) como el fenantreno, colorantes industriales y otros contaminantes del suelo tales como atrazina, diaminas, y fenoles debido a que la conformación estructural de estos compuestos (fenólica) es similar a la que presenta la lignina

y los productos de la oxidación no son necesariamente utilizados como fuente de carbono y energía por la célula.

Las enzimas ligninolíticas pueden decrecer la biotoxicidad para los hongos y presumiblemente, también incrementar la disponibilidad de HPA a futuros procesos de degradación (Cohen et al. 2002).

Por todo lo anterior, estos organismos son considerados candidatos ideales para la bioconversión de desechos ligninocelulósicos producidos por la agricultura e industrias procesadoras de vegetales reduciendo, en última instancia, la contaminación generada por dichos procesos.

#### **4.19.3 Importancia farmacológica de los basidiomicetos**

Como se muestra en la tabla 8, los organismos pertenecientes al género *Pleurotus*, al igual que otros basidiomicetos, producen una serie de biomoléculas con actividades biológicas importantes incluyendo lectinas, proteínas, polisacáridos y glucoproteínas con actividades antiproliferativas y antitumorales, proteasas y ribonucleasas (Cohen et al. 2002).

<i><b>Efecto Medicinal</b></i>	<i><b>Componentes bioactivos</b></i>
<i>Antibiótico</i>	<i>Micelio Polisacáridos</i>
<i>Antibacterial</i>	<i>D-glucanas</i>
<i>Antiviral</i>	<i>Polisacáridos</i>
<i>Inmunomodulación</i>	<i>Proteínas</i>
<i>Antitumoral</i>	<i>Polisacáridos</i>
<i>Hipocolesterolémico</i>	<i>Proteínas-polisacáridos</i>
<i>Hematológico</i>	<i>D-glucanas</i>
<i>Antioxidantes</i>	<i>Lectinas</i>
<i>Antialérgico</i>	<i>Cuerpo fructífero</i>
<i>Antiinflamatorios</i>	<i>Lovastatina</i>
	<i>Lectinas</i>
	<i>D-glucanas</i>
	<i>Extractos etanólicos</i>
	<i>Extractos metanólicos</i>

*Tabla 7. Componentes activos con efecto medicinal de Basidiomicetos*

Fuente: Cohen et al. 2002

Las lectinas son proteínas de alto peso molecular, unidas de manera específica e irreversible a carbohidratos, han sido encontradas en una amplia variedad de organismos, incluyendo a los hongos y son ampliamente utilizadas como sondas para el estudio de carbohidratos. Algunas lectinas aisladas de cuerpos fructíferos de basidiomicetos, muestran una actividad tóxica contra insectos, lo cual sugiere que la función biológica de estos compuestos en los hongos puede ser de autodefensa (Futoshi et al. 2004).

La contribución in vivo de las lectinas, al igual que otras proteínas con efecto antitumoral de hongos, no ha sido esclarecida por completo aún; sin embargo, se ha demostrado que los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* en ratas, protegen de ciertos efectos cancerígenos y disminuye la toxicidad de la ciclofosfamida (Lindequist, Timo, Niedermeyer, y Wolf, 2005).

Por su parte, Bobek, Galbavy, y Ozdin en 1998, concluyeron que una dieta de

5% en base seca de *Pleurotus ostreatus*, reduce los cambios patológicos del cáncer de colon inducido por la dimetilhidrazina en ratas y dicho efecto lo explican por las propiedades antioxidantes de este basidiomiceto y por su contenido de fibra; un año después, estos mismos autores demostraron que una dieta del 10% de este mismo hongo, reduce significativamente la incidencia y el tamaño de las placas arterioescleróticas en conejos a la vez que se observa un efecto hipocolesterolémico, combinado con la inhibición de la peroxidación de lípidos (Bobek y Galbavy, 1999).

También se han encontrado efectos antimutagénicos y de reducción tumoral en extractos metanólicos de *Pleurotus pulmonarius* (José, Ajith y Jananrdhanan, 2002), *P. ostreatus* y *Lactarius vellereus* y de extractos acuosos de *A. bisporus* y *Ganoderma lucidum* los cuales son atribuidos a la enzima tirosinasa (Shi, James, Benzie, y Buswell, 2004). Por otro lado, José et al. (2002) demostraron que los extractos metanólicos de cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* suministrados en ratas (500 a 1000 mg/kg) tienen efectos antiinflamatorios debido a que ayudaron a disminuir el edema de patas inducido por carragenina y formalina y dicha actividad fue equiparable a la que presentó el diclofenaco, lo cual fue atribuido a la actividad antioxidante de dicho extracto.

Por su parte, las ribonucleasas (RNAsas) pertenecen a un importante grupo de enzimas proteolíticas, tienen una amplia variedad de actividades, incluyendo antivirales, inmunomoduladoras y antineoplásticas (Ng y Wang, 2004). Todos estos componentes celulares además de los metabolitos secundarios producidos por los basidiomicetos, afectan el sistema inmune del huésped y de esta forma pueden ser utilizados para tratar una amplia variedad de enfermedades entre las que destaca el cáncer de estómago, hígado, esófago,

etc. (Cohen et al. 2002).

#### 4.19.4 Importancia alimentaria de los basidiomicetos

En lo que respecta al campo alimentario, los hongos comestibles y en especial los del género *Pleurotus*, constituyen una buena fuente de nutrientes; sin embargo, se ha reportado que la composición química de los cuerpos fructíferos, depende básicamente del tipo de cepa (Tabla 9), la composición del sustrato (solo o suplementado), técnicas de cultivo, así como la edad y etapa de desarrollo del hongo (Moda et al. 2005).

<i>Parámetro*</i>	<i>Cepas</i>		
	<i>IE136</i>	<i>POROS</i>	<i>INI8</i>
<i>Humedad</i>	93.3	92.8	92.2
<i>Proteína (N x 4.38)</i>	27.8	28.2	26.7
<i>Fibra cruda</i>	11.1	11	11.9
<i>Lípidos</i>	4.58	4.61	5.19
<i>Cenizas</i>	4.42	4.04	3.6

. Tabla 8. Composición química de cuerpos fructíferos de *Pleurotus* spp. cultivados en sustrato comercial pasteurizado

g/100 g base seca Fuente: Valencia-del Toro, Castelán, Garín-Aguilar, y Leal-Lara, 2006.

Uno de los principales atributos nutricionales de los hongos comestibles es su alto contenido proteico (~25%), el cual es equiparable al de la leche (25.2%) y frijol (24.2%) y más alto que el reportado para el arroz (7.3%), maíz (11.2%) y trigo (13.2%) (Martínez-Carrera, Sobal, Morales, Martínez, Martínez, y Mayett, 2004).

Sin embargo, la calidad proteica de un producto, está determinada por su valor biológico (contenido de aminoácidos esenciales) y digestibilidad más que por el contenido proteínico total. Como lo muestra la tabla 10, los tres principales hongos comestibles cultivados con fines comerciales en nuestro país, están compuestos por todos los aminoácidos esenciales (Martínez-Carrera et al. 2004) y ellos comprenden del 25 al 40% del contenido total de proteína.

También, se ha determinado en promedio un 98% de digestibilidad proteica en diferentes cepas del género *Pleurotus* (Valencia-del Toro et al. 2006) lo que corrobora que las proteínas de estos organismos, son de alta calidad.

<i>Hongo</i>	<i>Aminoácidos esenciales*</i>								
	<i>Cis</i>	<i>Phe</i>	<i>Ile</i>	<i>Leu</i>	<i>Lis</i>	<i>Met</i>	<i>Tyr</i>	<i>Tre</i>	<i>Val</i>
<i>Pleurotus</i>	28	111	82	139	126	35	219	106	112
<i>Agaricus</i>	23	107	91	153	143	33	283	111	121
<i>Lentinula</i>	24	91	79	133	122	29	265	98	124

Tabla 9. Perfil de aminoácidos esenciales de los principales hongos comestibles cultivados comercialmente en México

Fuente: Martínez-Carrera et al. 2004

<i>MACROELEMENTOS*</i>		<i>MICROELEMENTOS**</i>	
<i>Ca</i>	<i>102</i>	<i>N</i>	<i>17.4</i>
<i>Al</i>	<i>42</i>	<i>K</i>	<i>4.32</i>
<i>Na</i>	<i>215</i>		
<i>Fe</i>	<i>163</i>	<i>P</i>	<i>1.97</i>
<i>Zn</i>	<i>192</i>		
<i>Cu</i>	<i>14</i>	<i>Mg</i>	<i>0.46</i>
<i>Mn</i>	<i>21</i>		
<i>B</i>	<i>3</i>	<i>S</i>	<i>0.77</i>

\*  $\mu\text{g} / \text{g}$  en base seca \*\* % Base seca

Tabla 10. Composición media de micro y macroelementos en cuerpos fructíferos de *Pleurotus sajor-caju* cultivados en bagazo de caña sin suplementación

Fuente: Moda et al. 2005.

Además de su alto contenido proteico, los cuerpos fructíferos de los basidiomicetos están compuestos de carbohidratos (incluyendo fibra dietética tales como D-glucanas, quitina y sustancias pécticas), minerales (Tabla 10) y vitaminas (Tabla 11), así como un bajo contenido de grasa el cual fluctúa entre el 3 y el 5% total en base seca (Sturion y Oetterer, 1995) con predominancia en el píceo y de la cual, entre 70 y 80% corresponden al ácido linoleico (18:2); de esta forma, el consumo de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles resulta muy adecuado debido a que aporta un buen número de nutrientes básicos para la dieta humana.

<i>Componente</i>	<i>Contenido en base seca (mg / kg)</i>		
	<i>Pleurotus</i>	<i>Agaricus</i>	<i>Lentinula</i>
<i>Vitamina A (retinol)</i>	0.035	0.022	0.031
<i>Vitamina B1 (tiamina)</i>	5.7	7.1	5.9
<i>Vitamina B2 (riboflavina)</i>	25	51	18
<i>Vitamina B6 (piridoxina)</i>	5.5	6.3	4
<i>Vitamina B12 (cobalamina)</i>	0.006	0.008	0.008
<i>Vitamina C (ac. ascórbico)</i>	200	170	250
<i>Vitamina D2 (ergosterol)</i>	0.092	0.082	0.091
<i>Vitamina D3 (colecalfiferol)</i>	0.236	0.139	0.201

Tabla 11. Contenido vitamínico de los principales hongos comestibles cultivados comercialmente en México

Fuente: Martínez-Carrera et al. 2004.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

El micelio *Lentinula edodes* se obtuvo de un vendedor comercial de micelio ubicado en el municipio de Tultepec, Estado de México (19°41' N, 99°08' O)

El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la ciudad de Saltillo, Coahuila (25°21'12.39'' N, 101°02'02.39'' O). Con una precipitación pluvial anual de 432.4 mm a 1779 msnm.

## 5.1 Experimentación general

Se picaron/molieron los sustratos a fin de facilitar la colonización y degradación de los mismos.



Se pasteurizaron los sustratos sometiéndolos a la estufa eléctrica a 75° por dos horas con el fin de eliminar hongos y patógenos.



Se inocularon los sustratos con el micelio de Shiitake, se colocó el sustrato inoculado en moldes y se sometieron a incubación durante 25 días.



Se establecieron 2 tratamientos con 30 repeticiones cada uno, la unidad experimental fue el hongo de Shiitake. Se realizó un análisis estadístico simple con la prueba de T de Student para averiguar si existía diferencia significativa entre los sustratos utilizados.



## **5.2 Tratamientos usados para la evaluación del cultivo de *Lentinula edodes***

T1= 3.2 kg de sorgo picado + 362 gr de micelio de Shiitake

T2=3.5 kg de olote molido de maíz + 362 gr de micelio de Shiitake

Después de la incubación que duro 25 días a una temperatura media de 20.5°C

se analizo el sustrato para comprobar el porcentaje de colonización.  
Posteriormente se determino si el sustrato inoculado tomo la forma de los moldes y también se determino si su estructura era resistente a la deformación al tacto.

## **5.3 Métodos y pruebas físicas**

### **5.3.1 Densidad aparente**

#### Descripción

La densidad aparente de un cuerpo es la relación entre el volumen que se le presupone (incluyendo los huecos o poros que pueda contener, aparentes o no a simple vista) y su peso real.

#### Equipo

- Probeta graduada
- Bascula

#### Procedimiento

Se obtuvo el volumen de la probeta graduada (Pv)

Se peso la Probeta (P)

Se peso la probeta con el sustrato (Ps)

Se resto el (Ps-P) Para obtener el peso del sustrato (S)

Se divide (S/Pv) para obtener (Da)

$$Da=(S/Pv)$$

Resultados del ensayo de la densidad aparente

Da de Sorgo=380 kg/m<sup>3</sup> Da de olote molido de maíz=406 kg/m<sup>3</sup>

### **5.3.2 pH**

#### Descripción

El pH es una medida de alcalinidad o acidez en una disolución, el químico danés Sørensen, definió al pH como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. El pH es comúnmente utilizado en la agronomía para conocer la facilidad o dificultad que presentan los cultivos para desarrollarse plenamente en un medio.

#### Equipo

- Potenciómetro
- Agua destilada
- Sustratos

#### Procedimiento

El método de medición consiste en efectuar la calibración mediante los ajustes apropiados del medidor de pH para que las lecturas proporcionadas por dicho equipo, sean lo mas exactos posible.

Para medir el valor de pH de la disolución problema, se sumergen los mismos electrodos ya calibrados.

El medidor de pH calibrado permite obtener el valor de pH por lectura directa:

### 5.3.3 Medición de porcentaje de colonización

Se realizaron cultivos sobre dos sustratos diferentes en moldes de plástico y aluminio de diferentes medidas y formas, sembrando simultáneamente discos de 0,3 cm de diámetro de *Lentinula edodes*.

Se efectuaron 30 repeticiones de cada cultivo. Las placas se incubaron en un almacén a 20.5°C por un período de 25 días.

Se tomo la formula de porcentaje de colonización de Rollan, Monaco, Rico (1999). citando a Camporota 1985

$C = DT/DE \times 100$  DT = distancia recorrida por la colonia de *Lentinula edodes* sobre el eje que separa ambas siembras.

DE= distancia entre ambos puntos de siembra.

C= porcentaje de colonización de *Lentinula edodes*.

Se consideró colonización efectiva cuando la misma fue superior al 50 %.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Preguntas de investigación

Con atención a lo mostrado a lo largo de la investigación preliminar surgen las siguientes preguntas:

¿Se le puede dar la forma deseada al micelio de Shiitake, para cumplir con el requisito de un biomaterial alternativo al unicel?

¿Se puede lograr la formación de un biomaterial con el micelio del Shiitake en un periodo de 20 días?

¿Tendrán las hifas del Shiitake el desarrollo suficiente para dar estructura al biomaterial?

¿Colonizará el micelio del Shiitake los sustratos elegidos?

¿Es viable esperar más de 20 días para que el micelio colonice los sustratos?

De las preguntas de investigación se ha desprendido que esta tesis busca mostrar que a través del uso de tecnologías rústicas, se pueden hacer aportaciones para la mejora de la calidad de vida de la sociedad, obteniendo un biomaterial con una resistencia a la presión provocada por golpes o caídas, similar al unicel con un bajo consumo energético y con la posibilidad de ser

biodegradable y amigable con el medio ambiente.

## **6.2 Análisis de resultados**

Los resultados obtenidos en la etapa de experimentación se han procesado de acuerdo a un modelo establecido para esta propuesta, de manera que ha permitido evaluar sus oportunidades reales para convertirse en una alternativa a las aplicaciones actuales del unicel.

### **Análisis De Resultados Del Ensayo De pH**

El pH obtenido por lectura directa para el sorgo fue de 4.7 y según Hasegawa, Megumi, y Dantas (2005) el pH óptimo para el desarrollo del micelio de *Lentinula edodes* es 3.3, y conforme aumenta el pH disminuye el desarrollo del micelio, lo que sugiere que el sorgo puede no ser un buen sustrato para *Lentinula edodes*.

Por otro lado el olote molido de maíz presento un pH de 5.1 lo que aunado a la densidad aparente podría significar mejores resultados para el sorgo.

### **Análisis De Resultados Del Ensayo De La Densidad Aparente**

Según Varnero, Quiroz y Álvarez (2010) la densidad aparente óptima de los sustratos para el cultivo de hongos comestibles esta en 320 kg/m<sup>3</sup> y de acuerdo con los resultados obtenidos para el sorgo y olote de maíz, 380 y 406 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, se puede inferir que no tiene la densidad aparente óptima sin embargo si tiene una densidad adecuada para el cultivo de Shiitake.

## Análisis De Resultados Del Ensayo De Porcentaje De Colonización

La colonización efectiva fue considerada al 50 % el porcentaje observado en el sustrato de sorgo fue de 33% mientras que el de el olote molido de maíz fue de 50%, sin embargo cabe mencionar dos diferencias importantes en los sustratos, mientras que en el sorgo se observó una colonización mas lenta y poco uniforme, en el olote molido de maíz se observó que aunque las colonias eran claramente visibles había una película muy delgada del micelio de Shiitake cubriendo por completo el sustrato y gracias a esta película se evitó la contaminación con otros hongos.

El Sorgo por su parte no mostró esta misma película antes mencionada y el 20% de los moldes con este sustrato se contaminaron con *Trichoderma* spp.

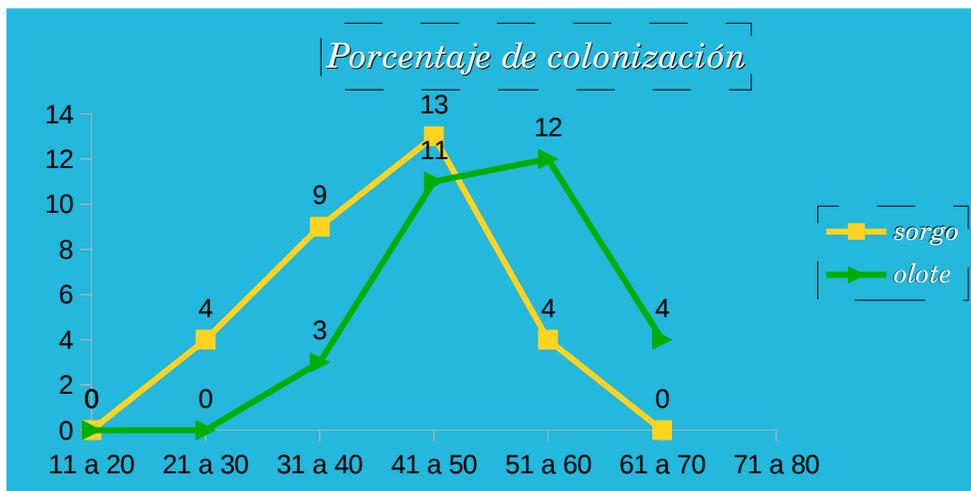


Figura 10. Porcentaje de colonización de *Lentinula edodes*

Como se observa en la gráfica la mayoría de los moldes con sustrato de sorgo tuvieron una colonización de 40% y en el sustrato del olote molido maíz se observa que la mayoría de las repeticiones tuvieron lugar en un orden del 50%

esta cantidad es considerada como efectiva hablando en porcentaje de colonización.

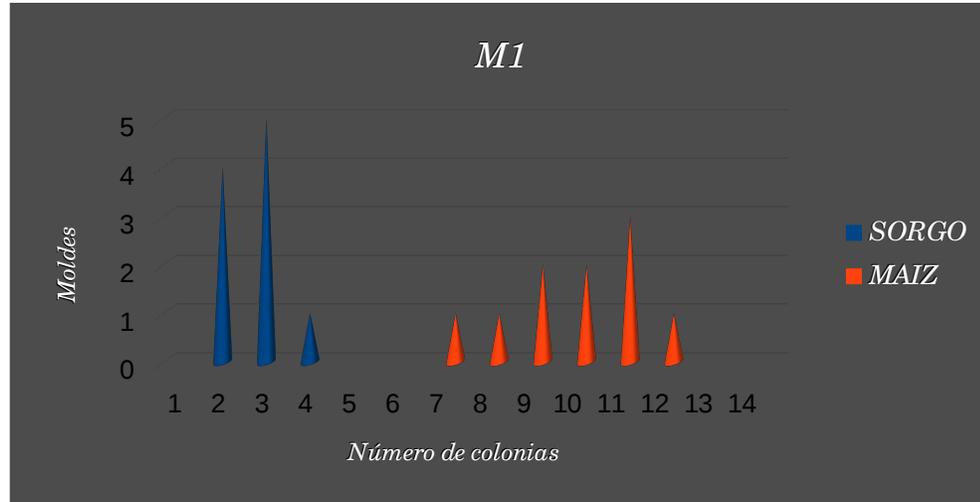
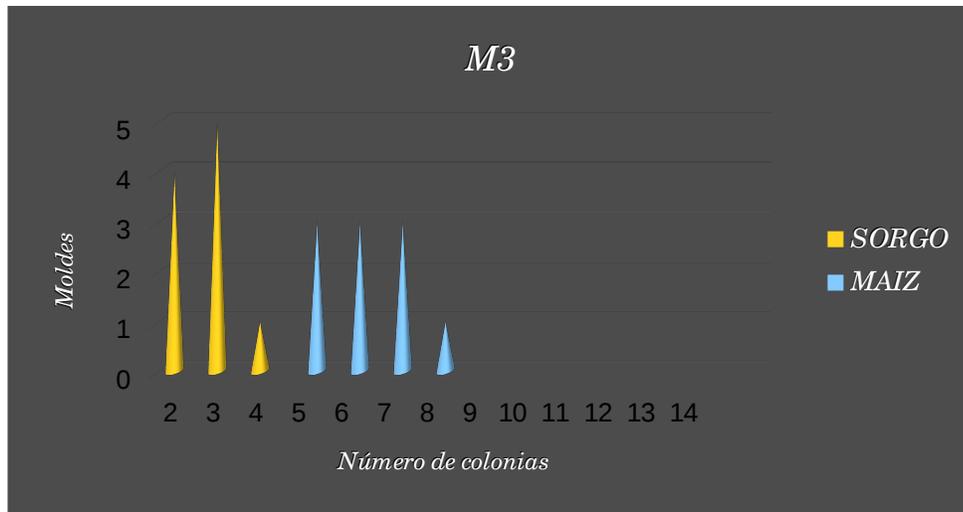


Figura 11. Número de colonias de sorgo y maíz en M1

En cuanto a las colonias como se puede observar en la figura 11, 12 y 13 en el sustrato de olote de maíz tiene un mayor numero de colonias, lo que contribuye a un desarrollo mas rápido que en el sorgo.

Mientras que se observan diferencias claras en cada sustrato también se debe tomar en cuenta que el número de colonias por molde también tiene una diferencia visible, la cual se explica sencillamente por que el área de contabilización es diferente en cada molde, ya que en el molde 3 (M3) se obtuvo una media en el peso de las muestras de 31gr en el molde 2 (M2) y molde (M1) se obtuvieron muestras con pesos promedio de 209gr y 124gr respectivamente, esto nos indica que las medidas de los moldes son diferentes y evidentemente también lo sera el número de colonias.



.. Figura 13. Número de colonias de sorgo y maíz en M3

Se realizo la prueba T de Student al .05 en el programa Statistica para verificar si los sustratos son diferentes estadísticamente.

Mean 1	Mean 2	t-value	df	p	Valid N 1	Valid N 2	Std.Dev. 1	Std.Dev. 2	F-ratio Variances	p Variances
37.90000	52.00000	-3.71439	18	0.001587	10	10	7.475144	9.392669	1.578843	0.506991

.. Figura 14. Prueba T de Student

Como se puede apreciar en la figura 14 descartamos la H0 en donde los sustratos son iguales para el desarrollo de Lentinula edodes, ya que  $P < .05$  esto

significa que hay diferencia significativa entre los sustratos y tomamos H1 como cierta.

### **6.3 Discusión**

En base a los resultados obtenidos y a las observaciones en los sustratos, se puede concluir que el hongo *Lentinula edodes* no se encontraba en condiciones óptimas para su desarrollo, colonizo los sustratos de sorgo y olote molido de maíz en un orden de 41% y 51%, con fundamento en la prueba T de Student el hongo se desarrollara mejor en un sustrato formado de olote de maíz ( $t=3.7$ ,  $df=18$   $p=.0015$ ) tomando H1 como cierta.

También se observo que aunque el micelio de *Lentinula edodes* colonizara satisfactoriamente un sustrato también produce unas hifas macroscópicas muy delgadas lo que evito que la propuesta para un biomaterial tuviera la consistencia deseada.

El tiempo de incubación fue de 25 días, durante este periodo no se obtuvo la consistencia deseada, sin embargo el micelio estuvo en óptimas condiciones para continuar su desarrollo, lo que indica que en un periodo mas prolongado se podrían obtener los resultados esperados, entonces surge una pregunta inherente ¿Por que no esperar mas tiempo?

Por una razón sencilla, la finalidad de la producción de un biomaterial como el que se ha mencionado anteriormente era ser competitivo en todos los ámbitos, entre ellos se encuentra el proceso de producción, en donde se buscaba el ahorro de energía en la producción, el bajo costo y un tiempo de producción relativamente corto, dicho esto se entiende que un material que tarda mas de

un mes en ser producido no puede competir contra producciones industriales intensas, aunado a esto debemos tomar en cuenta que pasado este periodo de tiempo es muy probable que el micelio empiece a fructificar, es por eso que el método rustico que se utilizo es factor clave para determinar que este hongo requiere condiciones mas controladas, a diferencia de otros hongos como el *Pleurotus spp.* que parecen tener menos dificultad para desarrollarse con métodos rústicos. (Flores, 2012)

## VII. CONCLUSIONES

En síntesis el hongo *Lentinula edodes*, no parece ser un fuerte candidato para la producción de este biomaterial, ya que aunque el porcentaje de colonización si se alcanzo en por lo menos un sustrato, y a pesar de esta colonización efectiva, el grosor de las hifas del micelio parece ser insuficiente para dar una estructura resistente al material en un periodo de tiempo no mayor a 25 días.

A pesar de no ser un fuerte candidato por las razones aquí expuestas, se pudieran obtener resultados mas alentadores en mejores condiciones.

## VIII. LITERATURA CITADA

ALLEN, E.B.. M.F. ALLEN, D.J. HELM, J.M. TRAPPE, R. MOLINA and E. RINCÓN. 1995. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. Plant and Soil. Vol 170 pag: 47-62.

Anónimo (2010). El cultivo industrial de las setas Obtenida el 7 de marzo de 2012 de <http://www.infoagro.com/forestales/setas.htm>

Anonimo 2010. Declaracion de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente Humano. Obtenida el 07 de marzo del 2012 de: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0506104.pdf>

Anónimo 2010. El cultivo del sorgo. Obtenida el 05 de marzo del 2012 de <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>

Anónimo 2010. La solución al problema de los residuos urbanos. Obtenida el 6 de marzo del 2012 de: <http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina2.htm>

Anonimo 2012. Ecodiseño. Obtenida el 19 de febrero del 2012 de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ecodiseño>

BBC Mundo. 2004. Consumismo no significa felicidad. Obtenida el 9 de marzo de 2012 de:

[http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/business/newsid\\_3383000/3383529.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/business/newsid_3383000/3383529.stm)

Bellavilla E. 2010. Declaración de Tbilisi. Obtenida el 09 de abril del 2012 de: <http://martes-verdes.blogspot.mx/p/declaracion-de-tbilisi.html>

Bertol, I., D. Leite, and W.A. Zoldan. 2004. Corn crop residue decomposition and related parameters. Revista Brasileira de Ciencia Avícola. Vol. 28 pag: 369-375.

Bobek P, Galbavy, S., Ozdin, L. (1998). Effect of oyster mushroom (*P.ostreatus*) on pathological changes in dimethylhydrazine-induced rat colon cancer.

Oncology Reports. Vol. 5 pag: 727–730.

Bobek P., Galbavy, S. (1999). Hypocholesteremic and antiatherogenic effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in rabbits. *Nahrung*. Vol 43 pag: 339–42.

Borie, F., and R. Rubio. 1999. Effects of arbuscular mycorrhizae and liming on growth and mineral acquisition on aluminum-tolerant and aluminum-sensitive barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 22:121-137.

Boyle, C. D., Kropp, B.R., Reid, I.D. (1992). Solubilization and mineralization of lignin by white rot fungi. *Applied and environmental microbiology*. Vol. 58(10) pag: 3217-3224.

Calderón M. del Rayo 1993. El tratado de la educación ambiental. Obtenida el 6 de marzo del 2012 de [quijote.biblio.iteso.mx/CatIA/EDUDOCDC/cat.aspx](http://quijote.biblio.iteso.mx/CatIA/EDUDOCDC/cat.aspx)?

Chang, S. T. (1999). World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. in China. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. Vol 1 pag: 291–300.

Cohen R., Persky, L., Hadar, Y. (2002). Biotechnological applications and potential of Wood- degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 8 pag: 37-45.

Cortinas C. 2004 Marco legal y residuos solidos en México. Obtenida el 5 de marzo del 2012 de: <http://www.slideshare.net/enriquebio2/marco-legal-y-de-residuos-slidos-en-mxico>

E. Lewis Sturtevant 1894 Bulletin of the Torrey Botanical Club Vol. 21, Lancaster, PA 20 de agosto N° 8 Notes On Maize, p. 1.

FAO 2006. producción mundial del maíz en 2006. Obtenido de: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

FOGEL, R. 1980. Mycorrhiza and nutrient cycling in natural forest ecosystems. *New Phytol.* 86:199-212.

Frers C. 2012. El reciclado de plástico. Obtenida el 6 de marzo del 2012 de:  
<http://waste.ideal.es/recicladoplastico.htm>

Futoshi, S., Ichijo, N., Yamaguchi, H., Nakatsumi, H., Ando, A., Iijima, N., Oguri, S., Uehara, K., Nagata, Y. (2004). Molecular properties of mycelial aggregate specific lectin of *Pleurotus cornucopiae*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Vol. 98(4) páginas: 25

GARCÍA-ROLLÁN, M. 1985. Nuevas técnicas de cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Hojas Divulgadoras Núm 8/85 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Gil J. 2002 Recomendaciones para un proyecto que respete el medio ambiente. Obtenida el 7 de marzo del 2012 de:  
[www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6825/20CAPITULO14.pdf?...](http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6825/20CAPITULO14.pdf?...)

GUZMÁN, G. 1995. La diversidad de hongos en México. *Ciencias* No. 39, julio-septiembre: 52-57.

HARLEY, J.L. 1971. Fungi in ecosystems. *Journal of Ecology*. Vol. 59 pag: 653-668.

HAWKSWORTH, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research* vol. 95 pag: 641-655.

HAWKSWORTH, D.L., and L. A. MOUND. 1991. Biodiversity databases: The crucial significance of collections. In: Hawksworth, D.L. (Ed.) *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture*. C.A.B. International, Wallingfo

José, N., Ajith, T. A., Jananrdhanan, K. K. (2002). Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor activities of culinary-medicinal mushroom *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué'l.

Kabir, Z., Y. O Halloran, J. Fyles, and C. Hamel. 1997. Seasonal changes of

arbuscular mycorrhizal fungi affected by tillage practices and fertilization: hyphal density and mycorrhizal root colonization. *Plant Soil* 192:285-293.

Kurbanoglu EB, Algur OF (2002). The influence of ram horn hydrolyzate on the crop yield of the mushroom *Agaricus bisporus*. *Sci. Hortic.* 94: 351-357.

Kwabiah, A.B., N.C. Stoskopf, C.A. Palm, and R.P. Voroney. 2003. Soil P availability as affected by the chemical composition of plant materials: implications for P-limiting agriculture in tropical Africa. *Agriculture Ecosystems and Environment*. Vol. 100 pag: 53-61.

LEVI-STRAUS, C. 1962. *El pensamiento salvaje*. Fondo de Cultura Económica. México.

LILLY,G.V. and H.L. BARNETT. 1951. *Physiology of the fungi*. McGraw Hill, New York.

Lindequist, U., Timo, H. J., Niedermeyer., Wolf, D. (2005). The pharmacological potential of mushrooms. *eCAM*. 2(3): 285–299.

Magid, J., J. Luxhoi, and O.B. Lyshede. 2004. Decomposition of plant residues at low temperatures separates turnover of nitrogen and energy rich tissue components in time. *Plant Soil* Vol. 258 pag: 351-365.

Marcano, J. 2009. La carta de Belgrado. Obtenida el 09 de marzo del 2012 de: <http://www.jmarcano.com/educa/docs/belgrado.html>

Mills, A., and M. Fey. 2003. Declining soil quality in South Africa. Effects of land use on soil organic matter and surface crusting. *South African Journal of Science*. Vol. 99 pag:429- 436.

Ministerio de comercio exterior AACUE 2007. Plásticos. Obtenido el 22 de febrero del 2012 de: [www.aacue.go.cr/comercio/sectoriales/presentaciones/Plasticos.pdf](http://www.aacue.go.cr/comercio/sectoriales/presentaciones/Plasticos.pdf)

Moda, M. E., Horii, J., Fillet, S. M. E. (2005). Edible Mushroom *Pleurotus sajor-*

caju production on washed and supplemented sugarcane bagasse. *Sci. Agric.* 62(2): 127-132.

Ng, T. B., Wang, H. X. (2004). A novel ribonuclease from fruiting bodies of the common edible mushroom *Pleurotus eryngii*. *Peptides*. 25: 1365-1368.

NISBET, L.J. and F.M. FOX. 1991. The importance of microbial biodiversity to biotechnology. In: Hawksworth, D. L. (Ed.) *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in: sustainable agriculture*. C.A. B. International, Wallingford.

Omar González 2007. El sector de productos de plástico en México y Nuevo León. Obtenido el 25 de febrero del 2012 de: [sg.nl.gob.mx/DataNL/files %5CDNL00000387.pdf](http://sg.nl.gob.mx/DataNL/files/%5CDNL00000387.pdf)

Paliwal R. L. 2001. Origen, evolución y difusión del maíz. Obtenida el 7 de marzo del 2012 de: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s03.htm>

PERRY. D.A., M.P. AMARANTHUS. J.G.. BORCHERS and R. E. BRAINERD. 1989. Bootstrapping in ecosystems. *BioSciences* 39: 230-237.

Piacente P. 2010 Los problemas ecológicos que produce la basura. Obtenida el 07 de marzo del 2012 de: <http://www.ecogestos.com/los-problemas-ecologicos-que-produce-la-basura/>

REICHLER, D.E., R.A. GOLDSTEIN, R.I. van HOOK and G.J. DODSON. 1973. Analysis of insect consumption in a forest canopy. *Ecology* 54: 1076-1084.

Roose, E., and B. Barthes. 2001. Organic matter management for soil conservation and productivity restoration in Africa: a contribution from Francophone research. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 61 pag:159-170.

Schreiner, R.P., and G.J. Bethlenfalvay. 2003. Crop residue and Collembola interact to determine the growth of mycorrhizal pea plants. *Biology and Fertility*

of Soils Vol. 39 pag: 1-8.

Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable 2007. Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el medio Ambiente y el Desarrollo. Obtenida el 07 de marzo del 2012 de:

<http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/agei.ndi.htm>

Shi, Y. L., James, A. E., Benzie, I. F. F., Buswell, J. A. (2004). Genoprotective activity of edible and medicinal mushroom components. *Internat. Journal of Med. Mushrooms*. 6: 1–14.

Silva R. S., Fritz C. F., Cubillos J. A., Díaz M. C. (2010) Manual para la producción de hongos comestibles (shiitake). PROYECTO CONAMA-FPA RM-027-2010 Santiago Chile.

Solórzano H. E., (2008) Los efectos farmacológicos del Shiitake. Obtenida el 15 de marzo de 2012 de <http://www.monografias.com/trabajos913/efectos-farmacologicos-shiitake/efectos-farmacologicos-shiitake.shtml>

Stamets, P., Chilton, J. S. (1983). *The mushroom cultivator*. Ed. Agarikon Press Olimpia. Washington. 415p.

Tang, C., and Q. Yu. 1999. Impact of chemical composition of legume residues and initial soil pH on pH change of a soil after residue incorporation. *Plant Soil* Vol. 215 pag:29-38.

UNESCO-PNUMA 1987. Estrategia internacional de acción en materia de educación y Formación ambientales para el decenio de 1990. Obtenida el 07 de marzo de 2012 de: [unesdoc.unesco.org/images/0007/000750/075072sb.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000750/075072sb.pdf)

Valencia-del Toro, G., Castelán, V. R., Garín-Aguilar, M. E., Leal-Lara, H. (2006). Biological quality of proteins from three strains of *Pleurotus* spp. *Food Chemistry*. 94(4): 494-497.

Vetterlein, D., and R. Hüttl. 1999. Can applied organic matter fulfill similar functions as soil organic matter? Risk-benefit analysis for organic matter application as a potential strategy for rehabilitation of disturbed ecosystems. *Plant Soil* Vol. 213 pag:1-10.

VILLARREAL, L. 1997. Los hongos silvestres: componentes de la biodiversidad y alternativa para la sustentabilidad de los bosques templados. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. México, D.F.

Zervakis, G., Venturella, G. (2002). Mushroom breeding and cultivation enhances ex situ conservation of Mediterranean *Pleurotus* taxa. En: Engels, J.M.M., Rao, V.R., Brown, H.A.D., Jackson, M.T. (Eds.). *Managing Plant Genetic Diversity*. CABI Publishing, UK

Varnero T. María, Quiroz S. Madelaine y Álvarez H. Cristian (2010) Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Ministerio del Trabajo, Santiago, Chile.

Hassegawa Hiroko R., Megumi Kasuya M. C., y Dantas Vanetti M. C. (2005). Growth and antibacterial activity of *Lentinula edodes* in liquid media supplemented with agricultural wastes. *Electronic Journal of Biotechnology* Vol.8 No.2, Valparaiso, Chile.

Rollan M., Monaco C., Nico C., (1999). Efecto de la temperatura sobre la interacción in vitro entre especies de *Trichoderma* y *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. minor* y *Sclerotium rolfsii*. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 14 (1-2) Buenos Aires, Argentina.

Fan L., Pan H., Wu Y., Kwon H., (2005) *Shiitake Mushroom Handbook*. Ed Mushworld, China.