UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

PRODUCCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DEL HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS,* EVALUADO EN CUATRO SUSTRATOS DIFERENTES (TALLO DE PALMA, OLOTE, PAJA DE TRIGO Y PAJA DE SORGO).

POR:

ERENDIDA CALZADO RIVERA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. SEPTIEMBRE DEL 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

PRODUCCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DEL HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS*, EVALUADO EN CUATRO SUSTRATOS DIFERENTES (TALLO DE PALMA, OLOTE, PAJA DE TRIGO Y PAJA DE SORGO).

POR:

ERENDIDA CALZADO RIVERA

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

APROBADO POR:

ING. HERIBERTO RÍOS TAPIA
PRESIDENTE DEL JURADO

ING. FELIPA MORALES LUNA
VOCAL

M.C. JUAN MANUEL PEÑA GARZA
VOCAL

M.C. TOMAS E. ALVARADO MARTINEZ
COORDINADOR DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Septiembre del 2010.

Universidad Autónoma Agraria "ANTONIO NARRO"
DIV. CS. SOCIOECONOMICAS
COORDINACION

AGRADECIMIENTOS

A DIOS. Por darme la vida y dejarme llegar hasta estos momentos que me han llenado de felicidad al lado de mi familia, con quienes he compartido cosas tan maravillosas, por haberme brindado la inteligencia y la perseverancia para alcanzar lo que he logrado y por todos los obstáculos que pase para llegar a ser quien soy, GRACIAS A TI DIOS MIO.

A mi ALMA TERRA MATER "UAAAN". Por darme la oportunidad de lograr lo que siempre soñé, obtener una carrera profesional, acogiéndome en su seno durante cuatro años y medio.

AL ING. HERIBERTO RIOS TAPIA.- Gracias por su asesoramiento, participación y por sus valiosas contribuciones hechas a este trabajo de investigación.

A LA ING. FELIPA MORALES LUNA.- Por su participación en la dirección, asesoría y culminación de este trabajo, gracias por su disponibilidad y por el tiempo que le dedico a este trabajo.

AL M.C. JUAN MANUEL PEÑA GARZA.- Muchísimas gracias por su colaboración y apoyo brindado a través de la asesoría, siendo ésta, un elemento fundamental para elaborar este trabajo.

A los Profesores del Departamento de ADMINISTRACION. Les agradezco a todos los profesores por sus enseñanzas, dedicación y confianza y porque fueron una guía y un ejemplo a seguir.

A mis mejores AMIGOS

Sergio y Barby, les agradezco por su apoyo y porque siempre me han escuchado, aconsejado, han sido mis confidentes, son y serán mis mejores amigos, gracias por su amistad, los quiero mucho y saben que siempre pueden confiar en mí.

Gracias a todos los cuates del IPRODER, por ser mis mejores amigos y al buen Oguer por ser tan buena onda y buena persona.

DEDICATORIAS

A TI MAMÁ.- Gabina Rivera Caporal. Te agradezco infinitamente por tu amor, cariño y apoyo incondicional y por confiar en mí, a ti te debo todo cuanto soy, te quiero mucho.

A MIS HERMANOS.- En especial a Chabe y a Mary, este trabajo se los dedico a ustedes, por su apoyo incondicional. Marcelino, Crescencio, José Luis, Guadalupe, Felipe, Francisca; por ser parte de mi vida, aunque no estemos unidos como hubiésemos querido, saben que tiene mi cariño y sé que algún día estaremos unidos como una gran familia.

A MIS TIOS.- Marcelina y Miguel, Gracias por que siempre nos han apoyado incondicionalmente a mi Mamá, a mis hermanas y a mí, Gracias.

A MIS PRIMOS.- A toda la familia Domínguez Rivera, Gracias por su apoyo incondicional y porque siempre me han dado un lugar especial en su familia, los considero como unos hermanos mas, que Dios me ha dado.

Al PROFESOR RICARDO COQUIS VELASCO Y A MI PADRINO JOSE

Muchas gracias por su apoyo y agradezco el cariño y confianza que me tienen, Gracias.

INDICE GENERAL

Tema **Página**

CAPITULO I 4

LOS HONGOS COMESTIBLES 4

1.1.-Antecedentes de los hongos comestibles 4

1.2.-Historia de los hongos comestibles en México 5

1.3.- Hongo Pleurotus ostreatus 7

1.4.- Clasificación taxonómica del género Pleurotus ostreatus 8

1.5.- Características taxonómicas generales de los hongos 8

1.6.- Características botánicas 10

1.6.1.-Partes principales de una seta adulta 10

1.6.1.1.-Sombrero 11

1.6.1.2.- La cutícula 11

1.6.1.3.- Himenio 12

1.6.1.4.- Pie 12

1.6.1.5.- El Anillo 13

1.6.1.6.- La Volva 13

1.7.- Características descriptivas de *Pleurotus ostreatus* 14

1.8.- Composición nutricional 15

1.8.1.- Proteínas 16

1.8.2.- Carbohidratos 17

1.8.3.- Lípidos 17

1.8.4.- Vitaminas 18

1.8.5.- Minerales 18

1.9.- Ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus* 19

1.10.- Factores de crecimiento 19

1.10.1.- Hábitat natural del *Pleurotus ostreatus* 20

1.11.- Importancia del *Pleurotus ostreatus* 20

1.11.1.- Importancia medicinal 20

1.11.2.- Importancia en el mercado 21
1.11.3.- Importancia en su Valor nutritivo 21
1.11.4.- Importancia ecológica 22
1.11.5.- Factibilidad de su consumo 22
CAPITULO II 24
REPRODUCCION EN EL HONGO 24
2.1.- Ciclo de reproducción del *Pleurotus spp*. 24
2.2.-Tipos de reproducción en los hongos 24
2.2.1.-Reproducción asexual 24
2.2.2.- Reproducción sexual 26
2.3.- Generalidades sobre el cultivo 27
2.3.1.-Etapas del cultivo de Pleurotus ostreatus 29
2.3.1.1.-Condiciones de incubación 29
2.3.1.2.-Condiciones de fructificación 29
2.3.2.- Sustratos empleados para la producción de Pleurotus ostreatus 29
2.3.2.1.- Cultivo sobre tocones de madera 30
2.3.2.2.- Cultivo sobre paja de cereales 30
2.3.2.3.- Las vainas de Leucaena leucocephala 31
2.3.2.4.- Cascarilla motosa desechos del algodón 31
2.3.3.- Descripción del Sorgo (Sorghum vulgare) 32
2.3.4.- Descripción del Trigo (Triticum sativum) 33
2.3.4.1.- Características del trigo 33
2.3.4.2.- Origen y usos del trigo 33
2.3.5.- Descripción de la Palma Datilera 34
2.3.5.1.- Familia 34
2.3.5.2.- Origen 34
2.3.6.- Cultivo de maíz 34
2.3.6.1.- La Tusa de mazorca 35
2.4.- Instalaciones para el cultivo 35
2.5.- Definición de Sustratos 36
2.5.1.- Preparación del sustrato 37

2.6.- Características necesarias del medio físico para la producción de *Pleurotus ostreatus* 38
2.6.1.-Temperatura 38
2.6.2.- pH 39
2.6.3.- Dióxido de carbono (CO_2) 39
2.6.4.- Humedad 39
2.6.5.- Riego 40
2.6.6.- Luz 40
2.6.7.- Ventilación 41
2.6.8.- Higiene 41
2.7.- Siembra 41
2.7.1.- Área de enfriamiento y siembra del inoculo 42
2.8.- Cosecha 44
2.9.- Recolección 45
CAPITULO III 46
PRODUCCION DE LOS HONGOS COMESTIBLES 46
3.1.- Estados productores de hongos comestibles. 46
3.2.- Generalidades de la producción de hongos comestibles 47
3.3.- Producción mundial de los hongos comestibles 48
3.4.- Producción nacional de hongos comestibles 51
3.5.- Eficiencia biológica 51
CAPITULO IV 53
MATERIALES Y METODOS 53
4.1.-Área de estudio 53
4.2.- Descripción de las instalaciones 53
4.3.- Materiales 53
4.4.- Material genético 54
4.5.- Sustratos 54

4.6.- Procedimiento _____ 54
4.6.1.- Preparación del sustrato _____ 54
4.6.2.- Peso del sustrato _____ 55
4.6.3.- Fermentación de los sustratos _____ 55
4.6.4. Pasteurización _____ 55
4.6.5.- Inoculación o siembra _____ 55
4.6.6.- Incubación _____ 55
4.6.7.- Manejo y desarrollo del cultivo _____ 56
4.6.8.- Cosecha _____ 56
4.7.- Diseño del análisis estadístico _____ 57
CAPITULO V _____ 58
RESULTADOS Y DISCUSIONES _____ 58
5.1.- Análisis de varianza _____ 58
5.1.1.-Variable: Longitud de tallo (cm) _____ 58
5.1.2.- Variable: Diámetro de tallo _____ 60
5.1.3.- Variable: Diámetro de sombrero _____ 61
5.1.4.- Variable: Peso fresco _____ 63
5.2.- Diferencias de Medias _____ 64
5.3.- Variable Eficiencia Biológica _____ 65
5.3.1.- Cálculos de Eficiencia Biológica _____ 66
CAPITULO VI _____ 68
CONCLUSIONES _____ 68
BIBLIOGRAFIA _____ 70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 *Pleurotus ostreatus* 7

Figura 1.2 Partes principales del hongo 11

Figura 2.3 Sustrato de paja de sorgo 43

Figura 2.4 Producción de hongos *Pleurotus ostreatus* 44

Figura 2.5 Recolección de *Pleurotus ostreatus* 45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Clasificación taxonómica del *Pleurotus ostreatus* 8

Cuadro 1.2 Contenido Nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* 16

Cuadro 2.3 Fases del cultivo de la seta 28

Cuadro 2.4 Formulación del sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* 36

Cuadro 5.5. Análisis de varianza de la variable longitud de tallo 58

Cuadro 5.6. Tabla de resultados de la comparación de medias de la variable de longitud de tallo 59

Cuadro 5.7 Análisis de varianza para la variable de diámetro de tallo 60

Cuadro 5.8 Tabla de resultados de la comparación de medias para la variable de diámetro de tallo 60

Cuadro 5.9 Análisis de varianza para la variable de diámetro de sombrero 61

Cuadro 5.10 Tabla de resultados de la comparación de medias para la variable de diámetro de sombrero 62

Cuadro 5.11 Análisis de varianza para la variable Peso fresco 63

Cuadro 5.12 Resultados de la comparación de medias para la variable de peso fresco 63

Cuadro 5.13 Resultados de comparación de medias del análisis de los cuatro tratamientos, con sus respectivas variables 65

Cuadro 5.14 Comparación de la eficiencia biológica de cada tratamiento 65

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 5.1 Principales productores de champiñón 2002 en el mundo 49

Gráfica 5.2 Comparación de medias de la variable longitud de tallo 59

Gráfica 5.3 Comparación de medias de variable diámetro de tallo 61

Gráfica 5.4 Comparación de medias para variable diámetro de sombrero 62

Gráfica 5.5 Comparación de medias de variable peso fresco de los hongos 64

Gráfica 5.6 Comparación de la eficiencia biológica en cada tratamiento 66

INTRODUCCIÓN

Los hongos se distribuyen ampliamente por todo el mundo; existen aproximadamente 10,000 especies, de las cuales, solo el 10% son comestibles. El contenido de proteína en los hongos comestibles es considerado como su principal atributo nutricional, ya que contiene un valor promedio de 19 al 35 % en base a su peso seco, comparado con el 23.8 % en el pollo, 19.4 % en carne de res y el 25.2 % en la leche (Velasco V. J., 2004).

Es una alternativa de subsistencia alimentaria en las áreas rurales en la cual puede participar la familia, ya que permite mejorar la nutrición, en virtud de ser un sustituto de la carne de origen animal (Velasco V. J., 2004).

Este producto nos genera beneficios directos en la alimentación, y beneficios indirectos al hacer uso de los materiales locales como alternativa productiva y otros, con atributos medicinales, como propiedades antivirales y antibacteriales. El cultivo de hongos comestibles se sustenta en la idea de aprovechar los subproductos agrícolas con el fin de generar un producto alimenticio (Velasco V. J., 2004).

Es una tecnología fácil de implementar y puede convertirse en una fuente secundaria de ingresos económicos, presenta ventajas ya que no se requiere de productos químicos; una vez que se obtuvo el producto comestible del sustrato, se puede obtener abono orgánico mediante los procesos de composteo y vermicomposteo; éstos a su vez, pueden utilizarse como abonos orgánicos para la producción de plantas y hortalizas; también, hay un efecto directo en la conservación y mejora de la calidad de los suelos (Velasco V. J., 2004).

El hongo seta tiene requerimientos importantes y específicos; estos requerimientos, determinan el buen desarrollo y producción del hongo; controlando las condiciones de cultivo, aseguramos la obtención de utilidades atractivas para los productores (Velasco V. J., 2004).

El primer aspecto importante es la elección del sitio de producción considerando el área de pasteurización y siembra, incubación y producción. Un segundo aspecto, es la siembra, considerando todos los cuidados de limpieza e higiene para evitar problemas de contaminación con otros microorganismos (Velasco V. J., 2004).

METODOLOGIA

La metodología busca encontrar una alternativa para el cultivo de hongos comestibles, específicamente *Pleurotus ostreatus*, que permita disminuir el tiempo y costo de producción, para obtener altos rendimientos.

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, se realizó el experimento en campo sobre la producción mediante diferentes tratamientos (tallo de palma, olote, paja de trigo- testigo y paja de sorgo) del hongo *Pleurotus ostreatus.*

La información recabada para su análisis se obtuvo con la observación del cultivo establecido; así como, de la revisión de tesis, revistas, páginas de internet (Sagarpa, FAO) y monografías.

A través de la revisión de literatura se recopiló información sobre aspectos agronómicos, económicos, producción nacional y mundial del hongo.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de la elaboración de este trabajo, pretende no solo informar acerca de la situación que se vive actualmente sobre el consumo de los hongos *Pleurotus ostreatus* en nuestro país, sino también, pretende demostrar el rendimiento obtenido en la producción mediante diferentes tratamientos y con ello, elegir el más adecuado para dar a conocer los beneficios tanto nutricionales como medicinales que tiene este hongo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad de crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando cuatro tratamientos (Fibra de palma, paja de trigo, olote y paja de sorgo) bajo condiciones ambientales y nutricionales controladas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cuál de los sustratos analizados (Fibra de palma, paja de trigo, olote de maíz y paja de sorgo) es más eficiente para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus.*
- Evaluar el rendimiento del *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos.
- Determinar el porcentaje de eficiencia biológica del *Pleurotus ostreatus.*

HIPÓTESIS

- **H1** Los cuatro tratamientos tienen los mismos rendimientos y misma eficiencia biológica, en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.
- **H2** Al menos un tratamiento presenta diferente eficiencia biológica.

PALABRAS CLAVE: *Pleurotus ostreatus*, Tratamientos, Rendimiento, Eficiencia Biológica.

CAPITULO I

LOS HONGOS COMESTIBLES

1.1.-Antecedentes de los hongos comestibles

El cultivo de hongos comestibles es una actividad que data desde los siglos VII, X, XI en China y Japón con los hongos *Auricularia, Flammulina velutipes y Lentinus edodes* y desde el siglo XVIII con el *Agaricus bisporus* (champiñón) en Francia. Esta tecnología llegó al nuevo mundo hacia fines del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX de una manera muy discreta. No fue sino hacia la segunda mitad del siglo XX, gracias al mejoramiento de las técnicas existentes, que esta industria se hizo presente de una manera importante en varios países de América (Guzmán, *et al* 1993; Ancona, 2001).

En estos últimos años, esta actividad se ha convertido en una verdadera alternativa en la obtención de alimentos para el consumo humano, por la posibilidad de obtener grandes cantidades en pequeñas áreas mediante técnicas sencillas, bajo costo, en periodos cortos de tiempo y con el empleo de residuos agroindustriales como sustratos (Guzmán, *et al* 1993; Ancona, 2001).

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* (setas) pertenece al siglo XX y a pesar de ser relativamente reciente, ha tenido un desarrollo muy rápido; en la actualidad, se cultiva en casi todas las latitudes del mundo. Su caso merece una atención especial, debido a la diversidad de substratos sobre lo que es capaz de crecer, además, que permite apreciar de manera directa su impacto benéfico en el aprovechamiento de desechos agropecuarios. A pesar de haber sido cultivado comercialmente por menos de 30 años en México, se ha destacado por una rápida aceptación en el mercado y un crecimiento rápido de la agroindustria.

Actualmente, el cultivo de esta especie representa el 7% de la producción y se disputa con *Lentinus edodes (Shiitake*) con el segundo lugar en producción; (el primer puesto lo ocupa la especie *A. bisporus* o champiñón) (Martínez, C. *et al* 2002).

Los hongos comestibles se han convertido en una fuente alimenticia muy importante debido a sus propiedades Nutricionales y Terapéuticas. Los recientes avances logrados en el campo de la medicina natural y tradicional como una alternativa para el tratamiento de varios trastornos fisiológicos y el reconocimiento de numerosas modificaciones biológicas en las setas comestibles, ha conducido a la definición del término "*setas nutraceuticas*" (Chang, *et al*., 2004).

Las setas están consideradas, desde tiempos inmemorables, como un plato exquisito al que algunos le atribuyen virtudes medicinales. En tiempos de los emperadores romanos, el comercio de setas comestibles estaba regido por leyes. Aunque antiguamente gran número de personas sentían un sacrosanto temor ante la idea de comer setas, pues entre las especies silvestres y su diversidad de formas y colores, existían algunas menos sabrosas, poco comestibles, e incluso venenosas (Chang, *et al*., 2004).

Este cultivo de setas puede alcanzar en el futuro gran importancia económica; si se cultivan, es posible producir alimentos de calidad partiendo de diversos restos vegetales: como paja de arroz, heno de hierbas, restos de maíz, cortezas de árbol, restos de caña de azúcar (bagazo), de coco o piña, o mezclas de todos estos productos. En muchos países, la elevación del nivel de vida ha llevado consigo un cambio en las costumbres alimenticias, provocando en los últimos años un fuerte aumento del consumo de champiñones (Chang, *et al*., 2004).

1.2.-Historia de los hongos comestibles en México

El cultivo de hongos en nuestro país se remonta a la llegada de José Leben Zdravie a México en 1931. Nativo de Trento Italia, y que había visto como se cultivaba el champiñón en Europa, estimuló a Leben Zdravie para llevar a cabo su producción. Sin contar con capital disponible en 1933 Leben Zdravie inició los primeros ensayos del cultivo del champiñón en México, en el rancho ganadero conocido como "Tolimpa", cercano a Texcoco. Esos intentos dieron resultado y se llevaron a cabo utilizando el sistema de camellones. El sustrato de los

camellones estaba formado de estiércol de caballo mezclado con pequeñas cantidades de paja de trigo o cebada. La mezcla se fermentaba de 15 a 21 días, efectuando un volteo a los 4-7 y 7-10 días, dependiendo de las condiciones ambientales y del grado de humedad del sustrato. La fermentación daba como resultado una composta adecuada para el cultivo del hongo. El micelio o "semilla" empleado, procedía de la empresa estadounidense Mushroom Supply Co. de Pensilvania, la cual ya venía funcionando desde 1924 (Martínez, C. *et al*., 1991; Martínez C. 2002).

En 1939, después de notables esfuerzos y ensayos constantes, Leben Zdravie logró establecer en el rancho "Tonalco" la primera planta productora de hongos en México. La planta quedó ubicada donde actualmente se encuentra la zona Industrial de Vallejo, en México, D.F. La "semilla" utilizada en este caso provenía de Francia. Sin embargo, dicha planta era muy rústica y todavía funcionaba en un plan experimental (Martínez, C. *et al*., 1991; Martínez, C. 2002).

En 1974 por primera vez en México, se cultivó en Cuajimalpa una especie de hongo comestible diferente al champiñón cuyo nombre científico corresponde a la especie *Pleurotus ostreatus*. El cultivo de este hongo se originó a raíz de la compra de cuatro pacas de paja de trigo previamente inoculadas, las cuales fueron adquiridas por Cano Faro en Europa. Se trasladaron por avión a México, donde se incubaron y desarrollaron sus primeros fructificaciones. Inicialmente, como había ocurrido antes con el champiñón, la venta de este hongo era bastante difícil, ya que poca gente lo conocía. Sin embargo, en la actualidad su distribución en el mercado es bastante amplia y se le comercializa curiosamente con el nombre de "setas", a pesar de los diferentes nombres vernáculos que en México existen para esta especie (Martínez, C. *et al*., 1991; Martínez, C. 2002).

En América Latina y especialmente en México, el cultivo de hongos comestibles se encuentra muy poco desarrollado a pesar de la potencialidad que existe en la región para cultivar hongos que se desarrollan en forma silvestre; en las regiones boscosas de México crecen alrededor de 200 especies de hongos comestibles, los cuales se desarrollan cada año de manera abundante en la época de lluvias y son utilizados en su mayoría por diversos sectores de la población indígena y mestiza del país. En México el cultivo de los hongos comestibles inició desde

mediados de la década de los treinta, sin embargo, la actual industria en el país data de apenas 40 años, cultivándose solamente el champiñón (*Agaricus bisporus, Agaricus albidus y Agaricus bitorquis*), mediante técnicas extranjeras (Martínez, C. *et al*., 1991; Martínez, C. 2002).

1.3.- Hongo Pleurotus ostreatus

En la Clase Basidiomicetes destacan los hongos del Género *Pleurotus*, hongos comestibles, de gran valor nutritivo, poco exigentes en relación al sustrato y de buen desarrollo en condiciones rústicas (Schmidt *et al*., 2003). Su color es blanco o castaño, aunque hay variedades azuladas y rosadas. Su carne es compacta y fibrosa en el sombrero, y blanca en el pie con sabor y olor agradable (Romero, 2002). Entre las numerosas especies existentes, las más conocidas son *ostreatus, sajor-caju, florida, cornucopiae, eryngii, tuber regium, pulmonaris, y djamour* (Mendaza y Díaz, *et al*., 1981).

Pleurotus ostreatus es un hongo saprófito o parásito débil, descomponedor de madera; crece abundantemente sobre aliso, balso y arce, principalmente en los valles de los ríos. La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al píleo; *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Staments & Chilton, 1983).Figura 1.1.

Figura 1.1 *Pleurotus ostreatus*



Fuente: Esta foto fue tomada en el departamento de Agrotecnia de la UAAAN.

Los hongos en general presentan casi siempre forma de sombrilla o sombrero circular (píleo) y un eje o pie (estípite) que los sostiene. En la cara inferior de la sombrilla abierta, hay laminillas (himenio) que van desde el centro hasta el borde del sombrero. La reproducción se realiza por las esporas que se originan en las láminas y se producen en una cantidad tan grande, que si las colocamos sobre un papel se observara un polvo harinoso. Cuando una espora se encuentra en el medio adecuado, germina y forma una hifa que crece y se ramifica (micelio), este se asemeja al algodón en donde las fibras corresponden a las hifas (Guzmán y Mata, 1993).

1.4.- Clasificación taxonómica del género *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera, como se muestra en el **Cuadro 1.1**.

Cuadro 1.1 Clasificación taxonómica del *Pleurotus ostreatus*

REINO	**FUNGI**
Subreino	*Fungí Superior*
División	*Basidiomycota*
Sub-división	*Basidiomycotina*
Clase	*Himenomycete*
Orden	*Agaricales*
Familia	*Tricholomataceae*
Género	*Pleurotus*
Especie	*Ostreatus*

Fuente: (Mendaza & Díaz 1981,*et al*., 2000).

1.5.- Características taxonómicas generales de los hongos

Los hongos son organismos pluricelulares, rara vez unicelulares, formados por células eucariotas y en general carentes de cilios, flagelos y clorofila, de forma filamentosa o levaduriforme, siendo su característica, como organismos

pluricelulares, el que su célula sea alargada (*hifa*), rodeada éste, por una pared celular constituida por quitina, un polisacárido complejo aminado presente también en el esqueleto externo de los insectos y crustáceos, que le da rigidez. Por su parte, la forma levaduriforme, característica de los hongos unicelulares, se distingue porque su pared celular contiene menor proporción de quitina combinada con otros compuestos, como los glucanos (formados por glucosa condensada como la celulosa, el almidón y el glucógeno) y las glucoproteinas, que favorecen la forma esférica o redondeada. (Curtis, 1991)

La célula filamentosa, originada a partir de una espora, en su inicio presenta crecimiento por un extremo, detrás del cual suele ramificarse llegando a formar una intrincada red de hifas (Micelio). (Curtis, 1991)

Las hifas presentan paredes transversales (septos o septum), que pueden o no ser completos, observándose en ellos un poro (poro septal), que favorece la circulación de materiales. Este poro o septo, se cierra cuando porciones del micelio se separan para desempeñar funciones especificas como la esporulación o bien cuando la célula envejece o sufre algún daño. El núcleo presente en las hifas en la mayoría de las especies es haploide. (Curtis, 1991)

En las hifas apicales, localizadas al extremo de cada ramificación, pueden presentar hasta dos núcleos, condición que recibe el nombre de dicarionte, característica que también presentan algunas especies de hifas al momento de reproducirse. En las hifas posteriores, el número de núcleos se puede reducir a uno, que se desplaza de una célula a otro a través de los septos, en especies con hifas septadas. En los hongos que no presentan hifas septadas, los núcleos se distribuyen a lo largo del filamento, lo cual les da una apariencia multi-nucleada o cenocítica. (Curtis, 1991)

Se ha señalado que la intrincada red de hifas o micelio no representa un verdadero tejido; el micelio que penetra en el sustrato y que interviene en los mecanismos de nutrición y crecimiento del hongo, es el micelio vegetativo, mientras que la sección que participa en los procesos de reproducción corporal y que carece de raíz, tallo y hojas, como estructuras diferenciadas es el talo. (Curtis, 1991)

El micelio extendido por el sustrato constituye una colonia y se puede apreciar como una malla floja de hifas, en el caso de los mohos; o bien, de forma muy compacta como un cuerpo fructífero como en los hongos superiores. Esta disposición del micelio, así como sus estructuras, el tipo de esporas, las ornamentales y la coloración que presentan se emplean en las tareas de clasificación de las diversas especies de hongos que hay en la naturaleza. (Curtis, 1991)

1.6.- Características botánicas

Se ha calculado que existen cerca de 250,000 especies de hongos tanto de variedades micro como macroscópicos, éstos últimos de más o menos 10,000 especies cuyos cuerpos fructíferos de diversos tamaños, formas y colores, pueden ser comestibles o no comestibles, dada su textura y consistencia, o bien, venenosos. Dentro de los comestibles existen especies micorrízicas, parásitas y saprófitas. Cerca de 80 especies (básicamente saprofitas) se han logrado cultivar en laboratorios de diversas partes del mundo, 22 han sido cultivadas comercialmente, y sólo 10 se producen a escala industrial. En México, se sabe que existen más de 200 especies de hongos comestibles (Martínez, C. e*t al.*, 2002).

1.6.1.-Partes principales de una seta adulta

En una seta sus partes constituyentes son: sombreros (o píleos), escamas, cutícula, himenio, pie (estípite), anillo y volva. (Diego, 1979; Guzmán, 1980). Figura 1.2.

Figura 1.2 Partes principales del hongo.



Fuente: Revista digital del campo andaluz edición v. n. 47. 2009.

1.6.1.1.-Sombrero

El píleo, también llamado sombrero; carnoso, grande, 8 - 15 cm, convexo al principio se aplana hasta tomar la forma definitiva de concha. Normalmente de color gris azulado a pizarra, virando a pardusco al marchitarse. Es la parte más ancha de la seta, situada encima del pie, presentando diversas formas como: esférico en el caso del género *Bovista*; acopados en *Aleuria*; cónicos en *Conocybe*; acampados en *Panaeolus*; mamelonados o mamiformes en *Melanoleuca*; hemisféricos en *Stripharia*; convexos en *Amanita*; aplanados en *Legistanuda*, embudados en *Cantharellus* y ramificados en *Ramaria* (Diego, 1979). La estructura de los hongos superiores es muy variada. Puede estar formada por una trama de filamentos entrecruzados de manera irregular y todos semejantes. En otros casos esta trama tiene una estructura regular generalmente radial (Diego, 1979).

1.6.1.2.- La cutícula

Es la membrana exterior que cubre al sombrero y pié; está formada, por unas capas de células o por una red compacta de filamentos hifales; puede tener o no sustancias colorantes almacenadas que son las que le dan esa viveza de colores tan espectacular en algunas setas. Por lo general estos pigmentos son fácilmente degradados por la acción de la luz o arrastrados por el agua. La cutícula puede ser lisa, rugosa, seca, viscosa; está fuertemente adherida al

sombrero o es fácilmente separable del mismo, puede tener estrías, surcos o círculos concéntricos, escamosas (Diego, 1979).

1.6.1.3.- Himenio

El himenio se localiza en la parte inferior del carpóforo y adopta unas formas muy concretas, que permitan la libre caída de las esporas, a la vez que ofrezcan la mayor superficie en el menor espacio. Tales formaciones pueden ser laminillas radiales, tabiques laberintiformes, tubitos paralelos, tubitos paralelos abiertos por abajo, simples poros o alvéolos, aguijones carnosos (García, 1976). Himenóforo se denomina a la parte del carpóforo que sostiene al himenio; siendo el himenio la zona donde se encuentran localizadas las esporas de origen sexual, sus características son importantes en la identificación. El más simple puede ser liso como en *Peziza*; formando pliegues como en *Cantharellus*; en láminas como en *Agaricales*, en púas o aguijones como en *Sarcodón*, en tubos como en *Boletus* (Perala, 1973; Diego, 1979). La disposición del himenóforo puede estar distanciado del pie, sin tocar a este, se nombra por separado; puede estar confluente con el pie, sin tocar a este, se dice entonces que es libre, se puede disponer en contacto con el pie, de tal forma que este contacto no exceda la anchura normal del himenóforo, siendo aquí adherido; a veces presenta un entrante en la proximidad del pié, siendo por lo demás parecido al anterior, llamándose en este caso escotado; por último se puede aparecer recubriendo una gran parte del pie y se llama decurrente. (Diego, 1979; Guzmán, 1980).

1.6.1.4.- Pie

El pie suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Pueden crecer de forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles. La carne de la seta es blanca, de olor algo fuerte, tierno al principio y después correosa.

Este órgano varía de unas especies a otras; generalmente es cilíndrico, pero en algunas especies aparece abultado en su parte inferior y recibe el nombre “Pie claviforme” (*Cantharellus*). Si está hinchado en forma de bulbo, se llama “Pie bulboso” (*Cortinarius*); si es más grueso en el centro que en los extremos;

es el pie ensanchado (*Boletus*). Si es solo está atenuado en el extremo interior, que se prolonga en forma de raíz, nos encontramos ante el "Pie radial o radicante" (*Oudemansiella*). El pie puede ser simple o ramificado, en su parte exterior es más dura que la parte central, que es algodonosa y se destruye fácilmente. La superficie exterior del pie puede ser lisa o estar adornada con escamas, fibras, pelos o granulaciones. (Lizan, 1967).

1.6.1.5.- El Anillo

Es la parte residual procedente del "velo interno", también llamado velo parcial. Este velo se sitúa debajo del sombrero y se presenta, la mayoría de las veces, como una fina película que cubre el himenio en los ejemplares jóvenes (Diego, 1979). Algunas setas, al nacer tienen una membrana entre el borde del sombrero y la zona media del pié, para proteger al himenio. Al desarrollarse el sombrero se rompe la membrana quedando los residuos alrededor del pie y es lo que se llama anillo (Perala, 1973). En *Boletus flavus*, al romperse la unión entre el borde del sombrero y el pie, el borde del sombrero el que se deja parte sobre el pie, dando lugar a un anillo. En *Lentinus tigrinus* el anillo tiene su origen en los tejidos del pie, mientras que en *Boletus flavus* el anillo tiene su origen en los tejidos del borde del sombrero (Lizán, 1967).

1.6.1.6.- La Volva

En etapa de "Primordium" cuando esta alcanza el aspecto de un huevo, si se le da un corte longitudinal, observamos la presencia de una envoltura externa, bastante espesa, de color blanco que rodea al ejemplar completamente. Esta envoltura recibe el nombre de "volva". En el interior de esta envoltura se reconocen las diferentes partes del hongo adulto, el sombrero y el pie, está soldado por la parte inferior a la volva. Durante el crecimiento del hongo, el pié y el sombrero lo hacen más de prisa que la volva y como consecuencia, al no poder seguir en su desarrollo a aquellos, la volva se desgarra por la parte superior y queda como una bolsa alrededor de la base del pie, dejando libre el sombrero. No todos los hongos están provistos de volva (Lizán, 1967).

1.7.- Características descriptivas de *Pleurotus ostreatus*

En forma natural *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible saprobio que se encuentra sobre diversos substratos tales como madera en descomposición, arboles, o desechos agroindustriales. La palabra *Pleurotus* proviene del griego "*pleuro*" que significa "*formado lateralmente*", lo cual se refiere a la posición lateral del estipe respecto al sombrero (Stamets y Chilton, 1983).

López et al., (1996). Menciona que la mayoría de los hongos cultivados desarrollan estructuras visibles que producen esporas (basidiomas). Estas estructuras son de construcción compleja y poseen un alto grado de diferenciación de tejidos hifales, que están formados por hifas provenientes del micelio vegetativo, y el cual se transforma en micelio reproductor. Su formación se debe a la agregación y compactación hifal del micelio, además, de una alta ramificación hifal, ensanchamientos, engrosamiento de la pared hifal y también gelatinizados (crecimiento, ramificación y agregación hifal).

El cuerpo fructífero de *Pleurotus* y de otros Basidiomicetes es una estructura especializada y diferenciada diseñada para la producción y dispersión de gran número de esporas. A diferencia de las células meristemáticas de las plantas, el crecimiento aquí se debe a un control establecido por el crecimiento regulado por los ápices de las hifas y su posterior ramificación de los compartimentos sub-apicales por debajo de la región apical de la hifa. (López *et al*., 1996).

La diferenciación hifal ocurre aún en el estado de colonización del micelio vegetativo dentro del sustrato. Las fases por las que atraviesa un basidioma para su formación son: iniciación, diferenciación, expansión, maduración final. La luz en *Pleurotus* es un factor necesario y determinante para que se lleve a cabo la fase de Iniciación y la formación de los basidiomas son la humedad y la ventilación (López *et al*., 1996).

Pleuroma es el nombre que se aplica al basidioma del hongo *Pleurotus,* es un órgano reproductor y productor de estructura generadoras de esporas, es decir, basidios y basidiosporas, también recibe los nombres de basidioma, basidiocarpo, carpóforo, cuerpo fructífero, himenóforo, esporóforo, dependiendo

del autor que se esté consultando. Es importante decir que el basidio es la estructura en la cual se lleva a cabo la cariogamia y la meiosis y en donde las meiosporas (basidiosporas) se desarrollan, al basidio se le conoce también como meiosporangio. El Pleuroma en variable en tamaño, dependiendo de su edad de origen, desde unos cuantos milímetros cuando recién se formo como primordio hasta unos 20 centímetros o más cuando se le ha dejado desarrollar demasiado. (López *et al*., 1996).

El primer estado de desarrollo del Pleuroma es el "primordio", a un tamaño de 1-2 mm de altura se pueden reconocer como cuerpos redondos blanquecinos. El cuerpo está separado en dos aparentemente idénticas regiones. Conforme el primordio se alarga las dos zonas se diferencian en tres regiones píleo, láminas y estípe. Es importante notar que cuando joven (unos 8 a 10 cm) el Pleuroma es suave y cuando joven (unos 8 a 10 cm) el pleuroma es suave y cuando crece más se vuelven correoso y difícil de paladear (López *et al*., 1996).

1.8.- Composición nutricional

El contenido nutricional de *Pleurotus ostreatus* presenta un alto valor nutritivo pues contiene minerales, vitaminas y proteínas. Igualmente presenta un sabor agradable que hace que sea apetecible en muchas regiones del mundo. Por su alto contenido proteínico, a este hongo se le llama "bistec vegetal", su proteína es asimilable y además presenta buenas características organolépticas (Fennema, 2000). Cuadro 1.2. Este hongo posee bajo contenido de grasa y sodio, unido al relativamente alto contenido de potasio, lo cual hace que tenga también importancia para padecimientos cardiovasculares y estados de hipertensión, así como para combatir la obesidad (Navarro, 2005). En él están presentes todos los aminoácidos esenciales, es una rica fuente de vitaminas y se han reportado contenidos de ácidos absorbico (vitamina C) en diferentes etapas de su desarrollo. Es rico en ergosterol y vitamina D, así como en minerales como fosforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre (Potter, 1995).

Cuadro 1.2 Contenido Nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

SUSTANCIA	**%**
Agua	92.20
Materia seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína bruta	39.00
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
Nitrógeno total	2.40
Calcio	33mg/100g
Fósforo	1.34mg/100g
Potasio	3793mg/100g
Hierro	15.20mg/100g
Acido ascórbico. Vit. C	90-144mg/100g
Tiamina. Vit. B1	1.16-4.80mg/100g
Niacina. Vit. B5	46-108.7mg/100g
Acido fólico	65mg/100g

Fuente: Romero y colaboradores, 2000

1.8.1.- Proteínas

Los cuerpos fructíferos de los *Pleurotus* o setas, que son las partes comestibles, son una excelente fuente de proteína de buena calidad, esto debido a que en su contenido, están presentes todos los aminoácidos esenciales donde los que predominan son la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 y 30% aunque puede llegar a ser hasta del 40%.(Breene, 1990).

1.8.2.- Carbohidratos

En particular el *Pleurotus ostreatus* tiene un contenido elevado de carbohidratos de 57% y 14% de fibra cruda, de los cuales el 47% es fibra dietética. Dentro de los carbohidratos que contienen dichos hongos, se encuentran pentosas, hexosas, sacarosa, alcohol azúcares, azúcares-ácidos, metil- pentosas y amino-azúcares como la quitina (Breene, 1990).

1.8.3.- Lípidos

Pleurotus ostreatus contiene del 3 al 5% de lípidos en peso seco. La grasa cruda contenida en este tipo de hongos es mayor en el estípite que en el píleo y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroles, esterolésteres y fosfolípidos (Breene, 1990).

En general, los lípidos de tipo neutro, constituyen de 20 a 30% del total, los glicoles hipidos un 10% y los fosfolípidos del 60 al 70%. El ácido linoléico es el que más abunda (hasta en un 80% del total de ácidos grasos) y la Fosfatidil-colina y la fosfatidil-etanolamina, son los principales fosfolípidos. Por otro lado, *Pleurotus ostreatus*, tiene una buena cantidad de esteroles, Ergosterol es el más importante en alrededor de un 70% del total (Breene, 1990).

La fracción de lípidos en este tipo de hongos es poco significativa debido a su poca cantidad, sin embargo, hay que mencionar que los ácidos grasos son predominantemente insaturados, de fácil digestión y de naturaleza hipolipidémica (Leben, 2004).

Se han identificado por otro lado, algunas sustancias aromáticas (volátiles), con 8 átomos de carbono, derivadas por la acción enzimática a partir del ácido oleico y linoleico, estas son responsables en gran parte del aroma y delicioso sabor característico de este tipo de hongos (Beltrán y García et al.1997).

1.8.4.- Vitaminas

Todos los hongos suelen ser una buena fuente de tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), niacina, biotina y ácido ascórbico (vitamina C). En el caso de *Pleurotus ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra entre 4.8 y 7.8mg/ 100g riboflavina 4.7 a 4.9mg/100g y niacina 55 a 109mg/100g todo en peso seco (Kang et al, 1998).

Los contenidos de ácido ascórbico (vitamina C) son muy altos, hasta de 36 a 58mg/100g del peso seco por lo que pueden ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales, estos pueden ser utilizados en el tratamiento del escorbuto, la diabetes, hipoglucemia y cáncer (Kang *et al*, 1998).

Por otro lado, el alto contenido de ergosterol, es transformado en vitamina D por acción de los rayos de luz UV al ser deshidratados al sol. Por lo que las setas deshidratadas de esta forma, son una buena fuente de esta vitamina, muy importante para la absorción de calcio, sobretodo del fosfato de calcio fundamental para el buen desarrollo de huesos y dientes (Breene, 1990).

1.8.5.- Minerales

Los hongos absorben todos los minerales que contiene el substrato donde son cultivados, por lo general contienen buena cantidad de fósforo y potasio, y calcio en menor cantidad (Breene, 1990).

En el caso de *Pleurotus*, se han encontrado, además de los ya mencionados, buenas cantidades de zinc, cobre y magnesio y fósforo. Una proporción media de hierro, manganeso y potasio. (Breene, 1990).

El calcio, aluminio y sodio se ha encontrado en pequeñas cantidades. También se han encontrado trazas de fósforo, arsénico y mercurio (Breene, 1990).

1.9.- Ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus*

El ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus*, comienza con la germinación de una basidiospora, la cual establece un micelio primario que se caracteriza por tener un crecimiento indefinido. Este micelio primario interactúa con otro micelio primario compatible a través de la plasmogamia, para dar origen a un micelio secundario, llamado también dicarión, presenta núcleos haploides en cada compartimento hifal, cada uno proviene de su respectivo micelio primario, también tiene un crecimiento indefinido y en cada septo pequeños apéndices llamados fíbulas lugar por donde los núcleos migran. Cuando las condiciones son adecuadas, el micelio dicariótico puede diferenciarse para originar uno o varios cuerpos fructíferos, cuyo himenio formado por un gran número de láminas, se localizan los basidios. Los basidios son estructuras especializadas en donde ocurre la fusión de los núcleos haploides a través de la cariogamia, formando así núcleos de meiosis, en este proceso el material genético se recombina y se agrega originando cuatro núcleos haploides, los cuales formaran parte de las cuatro basidiosporas localizadas en la parte externa del Basidio (Raper, 1978).

1.10.- Factores de crecimiento

Martínez-Carrera *et al*., (1993). Comentan del crecimiento micelial y los procesos de fructificación de *Pleurotus ostreatus* en donde estos están determinados por varios aspectos químicos, físicos, biológicos y ambientales. Dentro de los factores químicos, el pH es de vital importancia ya que los niveles de acidez o alcalinidad pueden detener, inhibir o estimular procesos vitales. Se estima que la absorción de ácidos orgánicos y asimilación de minerales, así como, la producción de antibióticos, son influidas directamente por el pH del sustrato.

Este tipo de hongos comestibles se caracteriza por preferir un pH entre 5-7. Entre los principales factores físicos se considera la luz y la temperatura. Los hongos comestibles se caracterizan por soportar amplios rangos de temperatura que oscilan de los 20°C a los 32°C, dependiendo del tipo de especie. La temperatura óptima de fructificación es normalmente menor que la del desarrollo

micelial en todas las especies. En cuanto a la humedad relativa y la humedad del sustrato deben estar entre 80%-90% y 70%-80%, respectivamente. La concentración de oxígeno y bióxido de carbono en el ambiente influye significativamente, tanto en el desarrollo micelial como en la producción de cuerpos fructíferos, sobre todo en la cantidad y la calidad de los hongos a producir. De igual forma, puede inhibir o estimular la presencia de organismos benéficos al cultivo (Martínez, C. *et al*., 1993).

1.10.1.- Hábitat natural del *Pleurotus ostreatus*

Crecen en grandes conjuntos sobre troncos tirados o arboles en zonas tropicales, subtropicales o bosque de pino y encino; en jardines, a veces sobre chopos, sauces y fresnos (Guzmán Gastón, 1980). En México se encuentra naturalmente en el bosque tropical perenifolio; en este bosque pueden distinguirse tanto los hongos lignícolas así como los humícolas, se escasean los hongos formadores de ectomicorrizas y predominan las endomicorrizas de tipo vesículo arbscular (Rzedowski, 1988). El *Pleurotus ostreatus* causa daño considerable puesto que es parásito de los árboles de madera especialmente del haya (*fagus sp*), se le encuentra durante todo el año, tiende a ser resistente y se seca bien (Seymour, 1979). Se presentan casi todo el año, sobre tocones y troncos en su mayoría en latifoliadas (o frondosas) (García R., 1976).

1.11.- Importancia del *Pleurotus ostreatus*

1.11.1.- Importancia medicinal

En general los hongos comestibles se caracterizan por tener propiedades medicinales, como generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Romero *et al*., 2000).

En la actualidad a través de las setas se siguen buscando alternativas para la cura de algunas enfermedades mortales e irreversibles, como el cáncer, la diabetes e incluso el SIDA, de cuyas investigaciones se ha obtenido que las setas desactivan virus, estimulan el sistema inmunológico, impiden la formación de coágulos en la sangre, previenen el cáncer en los animales y reduce el colesterol en la sangre. Las setas que han sido comprobadas para utilizarlas en la práctica alternativa de la medicina son: el Shiitake (*Lentinus edodes*), el Reishi (*Ganoderma lucidum*), el Maitake (*Grifola frondosa*), la Enoki, entre otros. El *Pleurotus ostreatus* tiene importancia medicinal en que combate tumores en los animales (Cruz Hernández, 2000).

1.11.2.- Importancia en el mercado

Esta seta se presenta en el mercado como un producto fresco; a granel o en pequeños contenedores de cartón o plástico. Se comercializa generalmente, en cuatro presentaciones: en racimos, como setas seleccionadas grandes, pequeñas y como hongo de poca clase (Villegas, 1996).

El *Pleurotus* compite todavía con el champiñón con cierta desventaja debido al escaso conocimiento de los consumidores. Siguiendo la trayectoria del champiñón el *Pleurotus* tiende a convertirse en un hongo de menor a mayor consumo masivo. En el medio urbano el *Pleurotus* se considera como un producto dirigido a la clase media, media alta y alta debido fundamentalmente a su precio. En el medio rural, debido a su tradición micofila (sobre todo en el sur del país), fácilmente adoptarían el producto si el precio fuera más accesible a sus ingresos o si ellos lo produjeran (Villegas, 1996).

1.11.3.- Importancia en su Valor nutritivo

En cuanto al valor alimenticio hay que advertir que su contenido de agua es muy alto (90 al 95%), aumentando con la edad y disminuyendo por estancia en el frigorífico. Como cifras orientadas podemos decir que en 100 gr. de *Pleurotus ostreatus* fresco hay además del agua: 0.2 a 0.3 gramos de grasa, 0.5 al 1gr de

compuestos minerales (García Rollan, 1985). El contenido de fibra dietética aproximado en los cuerpos fructíferos secos de esta seta es: 11% de celulosa, 47% de fibra total y 28% de hemicelulosa. Además contiene 367 kilocalorías, 10% de proteína cruda, 81% de carbohidratos y 15% de cenizas (Andrade, 1995).

A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados) y bajo contenido de calorías y carbohidratos (Romero *et al*., 2002).

1.11.4.- Importancia ecológica

Los hongos comestibles en la naturaleza actúan como degradadores de la materia orgánica para reincorporarla posteriormente a los ciclos biológicos (Odum, 1971).

El cultivo de hongos comestibles, es una actividad productiva que no posee etapas o procesos que de alguna forma dañen el medio ambiente, en el se utilizan materiales de origen vegetal y animal que probablemente no tengan aprovechamiento posterior.

Los materiales que se utilizan en la preparación del sustrato para el cultivo de hongos, comúnmente son residuos que se obtienen de la agroindustria, industrial forestal, papelería, y esquilmos agrícolas (Odum, 1971).

La importancia ecológica de esta actividad económica en México, radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 toneladas de subproductos agrícolas, forestales y agroindustriales (Martínez, C. *et al*., 2006).

1.11.5.- Factibilidad de su consumo

- Constituye una opción alimentaria sana y muy nutritiva.
- Se puede usar cualquier residuo agrícola biodegradable por el hongo.

- Los envases de cultivos pueden ser cualquiera bolsa de nylon, envases metálicos con orificios.
- Las condiciones de los locales de cultivo deben ser con temperatura ambiental fresca.
- La recolección se realiza de forma normal.
- Los residuos deben ser utilizados una vez terminada la cosecha con fines de alimentación animal o fertilizantes.
- No requiere de grandes inversiones y estas se amortizan rápidamente, por lo que es una producción de alimentos altamente factibles para países del tercer mundo.
- Constituye una producción ecológica, ya que genera alimento animal y humano a partir de residuos agrícolas. (Articulo “Pleurotus ostreatus. Importancia y tecnología de cultivo”).

CAPITULO II

REPRODUCCION EN EL HONGO

2.1.- Ciclo de reproducción del *Pleurotus spp*.

En los hongos existen dos fases de desarrollo que son la vegetativa o miceliar y la fase de fructificación; la fase miceliar empieza con la liberación de las esporas, después germinan originando un micelio primario llamado monocarión; éste se fusiona con otro micelio monocarión compatible por medio de la plasmogamia, dando origen a un micelio secundario o dicarión (se caracterizan por tener células con dos núcleos haploides y fíbulas en los septos de las hifas). Las fíbulas son estructuras especializadas que permiten el intercambio de núcleos entre cada compartimiento hifal. La segunda fase se conoce como cariogamia; sucede cuando el micelio binucleado se desarrolla y se forman uno o varios cuerpos fructíferos en los cuales en su himenino, terminará la reproducción sexual con la formación de basidiosporas en los basidios (Velázquez, 1995).

2.2.-Tipos de reproducción en los hongos

Alexopoulos, (1979). Comenta que la reproducción implica la formación de nuevos individuos que posean todas las características de la especie, puede ser de dos nuevos individuos que posean todas la características de la especie, puede ser de dos tipos, asexual y sexual.

2.2.1.-Reproducción asexual

Somática o vegetativa, no hay unión de núcleos, de células sexuales o de órganos sexuales.

- Incluye método de propagación de nuevos individuos o producción de células reproductoras especializadas (esporas) sin intervención de sexualidad.
- Permite la producción de numerosos individuos.
- Se suele repetir varias veces en el ciclo vital.

Tipos de reproducción asexual: Alexopoulos, (1979). Menciona que los tipos de reproducción asexual se dividen en:

1. Fragmentación del soma, cada fragmento se transforma en un nuevo individuo, pueden ser irregular o regular da lugar a dos tipos muy importantes:

    - Artrosporas.- Las hifas se descomponen en las células que las forman y se comportan como esporas.
    - Clamidosporas.- Las hifas se fragmentan en las células y se recubren de una pared.

2. Fisión o escisión de células somáticas, para dar dos células hijas por constricción y formación de una pared celular.
3. Germinación de células somáticas, formación de una pequeña evaginación (yema), a la cual migra un núcleo hijo, cada yema crece y se separa produciendo un nuevo individuo.
4. Esporulación, producción de esporas que germinan originando un tubo germinal que desarrollara el micelio. Son muy variables en forma, color, tamaño y número de células. Algunos hongos producen un solo tipo de esporas, otros llegan a producir hasta 4 tipos diferentes. Pueden ser:

    - Esporangiosporas.- esporas producidas en esporangios, los esporangios son estructuras saciformes cuyo contenido se convierte en su totalidad por segmentación en una o más esporas que están rodeadas por una pared esporal.

    Pueden ser de dos tipos:

- Zoosporas.- móviles, uniflageladas o biflageladas, con flagelos lisos o barbulados (con mastigonemas).
- Aplonosporas.- no presentan movilidad.

5. Conidios, (conidiosporas) esporas producidas en el ápice o lados de hifas

2.2.2.- Reproducción sexual

Alexopoulos, (1979). Menciona que la reproducción sexual implica la unión de núcleos. Según la implicación del talo en la reproducción sexual respecto a la formación de estructura u órgano sexual se distinguen dos tipos de hongos:

- Holocárpicos.- el talo entero se convierte en una estructura (órgano) reproductivo. Las fases somática y reproductiva no coexisten.
- Eucarpios.- los órganos reproductores surgen únicamente de una porción del talo, el resto continua sus actividades somáticas normales.

La reproducción sexual, implica la unión de dos núcleos compatibles y se separa en las siguientes fases:

1. Plasmogamia.- unión de los dos protoplastos y la reunión de los dos núcleos en una célula.
2. Cariogamia.- unión de los dos núcleos, posterior a la plasmogamia
3. Meiosis.- paso al estado haploide.

Plasmogamia y Cariogamia son casi simultáneas en los hongos primitivos, pero están separadas en el tiempo y el espacio en los hongos más complejos, por lo que las células tienen dos núcleos genéticamente distintos (dicarióticas y heterocarióticas). Las hifas dicarióticas pueden crecer duplicando sus núcleos y manteniendo la heterocariosis (Alexopoulos, 1979).

Tipos de reproducción sexual

1. Copulación de planogamentos, gametos flagelados.
2. Contacto gametangial o gametangia, los gametangios entran en contacto pero sin fusión, el núcleo masculino migra a través de un poco o tubo de fecundación hasta el gametangio femenino.
3. Copulación gametangial o gametangiogamia, los gametangios o sus protoplastos se fusionan dando lugar a u cigoto o espora de resistencia.
4. Espermatización, plasmogamia producida por unión de un espermacio (gameto inmóvil uninucleado) con una estructura receptora.
5. Somatogamia, fusión de células somáticas durante la plasmogamia (Alexopoulos, 1979).

2.3.- Generalidades sobre el cultivo

El cultivo de esta seta es posible realizarlo con diferentes técnicas, pero en todas ellas lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado), incubarlo a 20-25º C, mientras se tiene envuelto el plástico y, por último, mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos y frescos, generalmente a, menos de 15º C, hasta que salgan las setas como se muestra en el (cuadro 2.3), (García, Rollan, 1985).

Cuadro 2.3 Fases del cultivo de la seta (Fuente: García, Rollan, 1985)

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.	80º C. Al vapor. 60º C 50º C. En aerobiosis	Una hora en agua a 80º C. Escurrir y lavar
Siembra del micelio	Mezclado		Al 2% con el sustrato (que estará a unos 25º 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 22º C. Temperatura del sustrato: 25º 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: 12-18º 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 m^3 de aire nuevo por tn y hura, reciclando de 5 a 10 veces por hora su totalidad.	Temperatura del local menor de 15º C. Humedad grande (rociar). Iluminación y ventilación.

2.3.1.-Etapas del cultivo de Pleurotus ostreatus

El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* posee las mismas etapas que las del cultivo de hongos comestibles en bloques estériles pero se diferencia básicamente en las etapas de incubación y fructificación, puesto que se hace necesario adecuar las condiciones ambientales del cuarto de producción, permitiendo simular sus condiciones de crecimiento en la naturaleza (Hernández Corredor y López Rodríguez),

2.3.1.1.-Condiciones de incubación

La incubación tarda de 22 a 30 días y es necesario que la temperatura en el sitio de incubación debe ser un lugar oscuro, fresco y cerrado para mantener una humedad relativa de 70 a 80% (Archila, 2004).

2.3.1.2.-Condiciones de fructificación

Se aumenta la humedad relativa de un 80 a 93% para inducir la formación de los cuerpos fructíferos. Esta etapa, asimismo, se debe manejar una temperatura de 16-18°C (Archila, 2004).

2.3.2.- Sustratos empleados para la producción de *Pleurotus ostreatus*

Se han utilizado una gran cantidad de sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Los materiales más comúnmente utilizados como fuente de carbono incluyen paja de trigo, de avena, de centeno, de sorgo, heno, tallos de plantas de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa de mazorca, hojas de té, cáscaras de maní, harina de soya, cascaras de semillas de girasol, desperdicios de alcaucil, desperdicios de yuca, agave, residuos de la industria papelera (diarios, cartones), hojas de plátano, cactus, yuca, pulpa de cardamomo, fibra de coco,

hojas de limón, tallos de menta, paja de arroz, bagazo de caña, entre otros. (Stamets, 2003; Oie, 2000; Miles y Chang, 1997).

También se pueden realizar cultivos sobre bloques o troncos sintéticos. Las ventajas principales de utilizar estos sustratos en lugar de la producción en troncos naturales, es que los tiempos se acortan y la eficiencia aumenta. Las eficiencias biológicas varían de 75 a 125% en troncos sintéticos (Miles y Chang, 1997.)

2.3.2.1.- Cultivo sobre tocones de madera

Los tocones de chopos, álamos, hayas, nogales, sauces, moreras, robles y encinas, pueden aprovecharse para cultivar *Pleurotus ostreatus*, con la ventaja de que el propio hongo se encargará de atacar a la madera y en pocos años la dejará blanda, lo que facilitará la eliminación del tocón. (infoagro. 2008)

La siembra del micelio en el tocón se realiza a los pocos meses de la tala del árbol. Para ello se realizan unos agujeros con una barrena o taladro en diversos puntos del tocón, o algunos surcos con una sierra, con cierta inclinación hacia arriba y adentro, para evitar que se llenen de agua con la lluvia. Después se rellenan de micelio y se cubren con tiras de papel engomado opaco (Leonor Carrillo, 2003).

Otra forma de siembra consiste en cortar una rodaja del tocón con una motosierra. Se extiende el micelio sobre la superficie nueva y se cubre con la rodaja de madera, sujetándola con unos clavos. El borde se sella con papel engomado (Leonor Carrillo, 2003).

2.3.2.2.- Cultivo sobre paja de cereales

Se han realizado ensayos con los siguientes materiales vainas secas de frijol, zacate buffel, viruta de encino, bagazo de henequén, lirio acuático, fibra de coco, olote y tamo de maíz, pimienta, canela, zacate limón, cardomomo, (Pérez, 1996).

Las pajas y rastrojos comprenden las hojas y tallos de las plantas que permanecen una vez terminado el crecimiento vegetativo y después de haber cosechado las semillas o frutos maduros. Su composición química está determinada principalmente por la relación hoja/tallo y por la especie o familia de la planta (Reyes, 1990).

Se considera que las pajas y los rastrojos son forrajes de bajo valor nutritivo, por los altos niveles de fibra y lignina y bajo contenido de carbohidratos solubles, proteína digestible, calcio, fosforo, vitaminas y nutrientes digestibles totales (Reyes, 1990).

Bhatti et al. (1987) cultivó *Pleurotus ostreatus* en paja de trigo picada, tusas de maíz, paja de arroz, residuos de algodón encontrando que estos y el tamo de trigo son sustratos más productivos que las tusas de maíz y además los cuerpos fructíferos aparecen en 15-18 días mientras que en los otros tardan de 4-5 semanas.

2.3.2.3.- Las vainas de Leucaena leucocephala

Se utilizan mezcladas con otros lignocelulósicos para la producción de *Pleurotus ostreatus*, por contener aproximadamente 4% de nitrógeno; se trata de un arbusto de tamaño variable según la variedad y las condiciones de crecimiento; pertenece a la familia Leguminosae. Crece solamente por debajo de 1800 m.s.n.m.; su temperatura óptima de crecimiento varía de 22-30ºC. Sus vainas son alargadas, aplastadas, se agrupan en ramilletes de más de un docena (15-25), al principio de color verde translúcido y cuando secan de color café oscuro (Febres, 1987, citado por Fernández, 2000).

2.3.2.4.- Cascarilla motosa desechos del algodón

El algodón es todavía la materia prima fundamental de la industria textil y se producen unos 15 millones de toneladas métricas en 80 países; los desechos del algodón conocidos como cascarilla motosa proveen un sustrato ideal para el crecimiento de algunos hongos comestibles, incluyendo *Pleurotus spp*; estos desechos constituyen el 7% de la materia prima textilera durante el hilado (Hamlyn, 1989).

Kerem et al. (1992) encontraron que *Pleurotus ostreatus* creciendo sobre cascarilla de algodón, ejerce una acción selectiva por la lignina y presenta actividad de la enzima lacasa en extracto acuoso. La lacasa es una de las enzimas que posiblemente juegan un papel importante en la degradación de complejos lignícolas (Ardon *et al.,* 1996).

2.3.3.- Descripción del Sorgo (*Sorghum vulgare*)

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. La especie de *Sarghum bicolor*, puede crecer a una altura 0.60 m. a 3.50m., presentan raíces adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas laterales. Sus tallos son cilíndricos, erectos, sólidos y están divididos longitudinalmente en entrenudos cuyas uniones las forman los nudos y de los cuales emergen las hojas, las hojas aparecen alternas por el tallo y son más pequeñas que las del maíz. La inflorescencia se denomina con el nombre de panícula. Una panícula de sorgo puede llegar a tener hasta 6 000 flores, cuyas 24 anteras pueden producir hasta 24 000 000 de granos de polen y ordinariamente requiere un periodo de 5 a 7 días para su completa floración (Robles, 1990).

Las exigencias en calor del sorgo para grano son más elevadas que las de maíz. Para germinar necesita una temperatura de 12 a 13 ºC, por lo que su siembra ha de hacerse de 3 a 4 semanas después del maíz. El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15 º C, situándose el óptimo hacia los 32 º C. El sorgo resiste la sequía más que el maíz. Es capaz de sufrir sequía durante un periodo de tiempo bastante largo, y reemprender su crecimiento más adelante cuando cesa la sequía. Por otra parte, necesita menos cantidad de agua que el maíz para formar un kilogramo de materia seca. Se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido en sacarosa de tallos y hojas. Prefiere suelos sanos, profundos, no demasiado pesados, aporta algo la sal.

2.3.4.- Descripción del Trigo (*Triticum sativum*)

2.3.4.1.- Características del trigo

Es el cultivo de grano más importante del mundo, derivándose su importancia de las propiedades físicas y químicas del glute y gracias al cual se levanta la hogaza para hacer pan, a parte del pan se hacen con el trigo grandes cantidades de sémola y pastas.(Córdova, 1971).

Los mejoramientos heredables en la planta de trigo pueden incrementar las utilidades de este importante cultivo alimenticio siendo indudable que tales mejoramientos puedan realizarse. (Córdova, 1971).

2.3.4.2.- Origen y usos del trigo

Ha existido siempre una gran discusión sobre el origen del cultivo del trigo. La opinión más generalizada es que este cereal comenzó a cultivarse hace unos 10.000 años a partir de las especies silvestres recolectadas por los antiguos cazadores-recolectores del sudoeste asiático. Se encuentra restos arqueológicos de pan de trigo procedentes del Turkestán en el año 6000 A.C. En el sur de Europa se empezó a cultivar sobre el IV milenio A.C. Los egipcios y los romanos lo cultivaron ampliamente. Fue llevado a América por los colonizadores españoles e ingleses. (infoagro. 2008)

La mayoría de la producción del trigo mundial se destina a la alimentación. Casi un 75 % de esta producción se utiliza para la producción de harina de trigo. La mayor parte de esta harina, especialmente aquella procedente de las variedades de trigo blando, se destina a la producción de pan. Las harinas que proceden de trigos duros se utilizan fundamentalmente para la confección de pasteles, galletas o harinas caseras. (infoagro. 2008)

Además de harina, hay que considerar que una buena proporción de grano se reserva para las nuevas siembras. Una proporción menor se utiliza para la elaboración de productos industriales, como almidón, gluten o dextrosa. Los granos de menor calidad y los subproductos de refinado se destinan también a la industria de los piensos. (infoagro. 2008).

2.3.5.- Descripción de la Palma Datilera

2.3.5.1.- Familia

Palmáceas. Esta familia comprende cerca de 2780 especies y 212 géneros. Propiamente no son árboles ya que su tronco es fibroso sin los círculos concéntricos típicos de los árboles y sólo tienen una yema que provoca el crecimiento hacia arriba (yema apical). El crecimiento en grosor del tronco, llamado crecimiento secundario, se realiza al principio de su vida, hasta alcanzar el grosor de su especie. Tras esa fase, el crecimiento será en vertical. En esa primera etapa, la única yema que tienen las palmeras es muy vulnerable, por lo que muchas especies tienen espinas. Si nos fijamos, podremos ver que en algunas palmeras el tronco está más o menos delgado a diferentes alturas. Esto indica las condiciones de crecimiento de su pasado (principalmente la humedad). En años de sequía, el tronco engordará poco.

2.3.5.2.- Origen

La palmera datilera es simbólica de los climas áridos. Siendo probablemente nativa de norte de África o Arabia, la pusieron bajo cultivo por primera vez las antiguas gentes del Irak actual, hace alrededor de unos 3000 a.c. Ha tenido gran importancia para distintos pueblos: para caldeos y árabes era el árbol de la vida, en el Antigua Egipto significaba la fertilidad, para los hebreos y griegos el triunfo y para los fenicios era sagrada (Dios Palmera). Numerosas palmas aparecen en cada oasis, curso de corrientes de aguay jardines a través de una amplia área, desde Marruecos hasta Arabia, habiendo sido introducido en la mayoría de países tropicales o plantaron dátiles alrededor de muchas de sus misiones.

2.3.6.- Cultivo de maíz

Los principales residuos agroindustriales de este cultivo son las tusas, los tallos y hojas verdes restantes del cultivo, las brácteas (hojas de la mazorca), las barbas, las mazorcas que presentan daños por manipulación o con signos de haber sido

afectados por plagas o enfermedades y las malezas que crecen en el borde del cultivo (Pérez , 2005).

El cultivo de maíz en México cubre una superficie aproximada de ocho millones de hectáreas, de la cual el 94 por ciento corresponde al ciclo primavera-verano (P-V), y el 6 por ciento al ciclo otoño-invierno (O-I). Del total, 88% de la superficie se siembra de temporal o secano (Bommer, 1991).

2.3.6.1.- La Tusa de mazorca

En la producción de tusa maíz amarillo, se estima que por tonelada de maíz que se produce en un cultivo, 700 kg. Son de tusa de maíz en peso fresco, esto indicaría que aproximadamente el 70% del cultivo de maíz son de residuos agroindustriales en forma de tusa (Hurtado, 2005).

2.4.- Instalaciones para el cultivo

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 (García-Rollan, M. 1985).

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 22º 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 14ª C y la HR entre el 85 y 95%. La ventilación ha de ser tal que el contenido en CO_2 sea inferior al 0,06 % (150 m^3 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 (García-Rollan, M. 1985).

2.5.- Definición de Sustratos

Se le llama sustrato al material que proporciona alimentación al hongo, el cultivo comercial es ampliamente practicado utilizando paja de maíz, pulpa de café, como se muestra en el (cuadro 2.4), además se han realizado ensayos con los siguientes materiales vainas secas de frijol, zacate buffel, viruta de encino, bagazo de henequén, lirio acuático, fibra de coco, olote y tamo de maíz, pimienta, canela, zacate limón, cardomomo, (Pérez, 1996).

Cuadro 2.4 Formulación del sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

MATERIALES	% DE COMPONENTES EN PESO SECO
Residuo agroindustrial (Fuente de carbono)	78%
Salvado de trigo (Fuente de nitrógeno)	20%
Azúcar	1%
Cal	1%
Agua	La necesaria para mantener una humedad de 65% a 75%

Fuente: Miles y Chang, 1997

El término sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas,

permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno sustrato (Hartmann y Kester, 2002).

El cultivo de plantas en sustrato difiere marcadamente del cultivo de plantas en suelo. Así, cuando se usan contenedores, el volumen del medio de cultivo, del cual la planta debe absorber el agua, oxígeno y elementos nutritivos, es limitado y significativamente menor que el volumen disponible para las plantas que crecen en campo abierto sustrato (Hartmann y Kester, 2002).

En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época, sistema de propagación, precio, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 2002).

2.5.1.- 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 60º 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 creta molida, heno picado, harina de maíz, harina de soja, harina de girasol, alfalfa deshidratada y salvado de arroz. Al sustrato se le añaden distintos aditivos para mejorarlo y proporcionar mayor producción: harina de plumas (5%), yeso (10-40%).
- Tratamiento térmico. Con ello se consigue destruir semillas, insectos parásitos y hongos, 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 80ª C durante unas 5-6 horas, con periodos intermedios de 50º 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 20-25º C y un 70% ya está preparado para la inoculación del micelio (García, Rollan, M. 1982).

2.6.- Características necesarias del medio físico para la producción de *Pleurotus ostreatus*

Las condiciones ambientales óptimas para el crecimiento del micelio y consecuente fructificación son muy distintas, es común inducir el desarrollo del cuerpo fructífero después de alterar drásticamente estas condiciones que lleve a la fructificación en todos los hongos. En las especies cultivadas las condiciones para el crecimiento y producción de cuerpos fructíferos, se han establecido de manera empírica, el ambiente natural del hongo da información valiosa respecto a cómo proceder en esta determinación. Una vez establecidas las condiciones optimas para un determinando hongo esto ayuda al establecimiento de las condiciones de cultivo de especies relacionadas (Scrase y Elliott, 1998).

Los hongos requieren de factores ambientales que favorecen su desarrollo; como son, temperatura, humedad, pH, luz, ventilación, para estos factores hay un rango en el cual se pueden desarrollar. (Castillo, 1987).

2.6.1.-Temperatura

La temperatura óptima para sembrar es de 24 a 25 °C (cuando todavía está tibia), no se debe sembrar con paja fría porque se retrasa el crecimiento, ya que el micelio tarda más en elevar la temperatura dentro de la bolsa. La temperatura más adecuada para que se formen las setas suele ser de 10-12 °C por lo que el ambiente influye en el color del sombrero de las setas que será más oscuro si la temperatura es baja. (García, 1991).

La producción del micelio vegetativo ocurre en un amplio rango de temperaturas, del mismo modo, la formación de nudos de hifas y la formación de primordios no está restringida a una temperatura especifica, sin embargo, tal desarrollo es favorecido a ciertas temperaturas (Kües y Liu, 2000). Un descenso en la temperatura ambiental es esencial para la iniciación de cuerpos fructíferos de especies tales como A*. bisporus, Pleurotus sp. L. edodes* y *Flamulina velutipes* (Curt.: Fr) P. Karst, sin embargo, no hay estudios fisiológicos que expliquen el efecto de la temperatura baja en la iniciación del esporoforo (Manachere, 1988).

2.6.2.- pH

Por naturaleza los hongos crecen bien en medios ligeramente ácidos, es decir del 5.5 al 6.6.en el caso de *Pleurotus,* la adición de carbono de calcio sirve para evitar que el pH baje mucho debido a la acción acidificante del micelio. Si el sustrato es muy acido el hongo crecerá poco, no se alcanzarán las temperaturas ni el nivel de CO_2 recomendable y crecerán competidores. (Pérez, 1996).

2.6.3.- Dióxido de carbono (CO_2)

Otro de los factores que influye en la fructificación es la concentración de dióxido de carbono (CO_2), durante el desarrollo micelar, el CO_2 estimula la colonización del sustrato, pero durante la fructificación tienen una influencia negativa en el desarrollo de cuerpos fructíferos; *Pleurotus ostreatus* es una de las especies más sensibles al incremento en la concentración de CO_2 (Eichlerova Volakova y Homolka, 1997).

2.6.4.- Humedad

La humedad del ambiente ha de ser alta entre (90 y 95 %) por lo que el local ha de disponer de un sistema humidificador. (García, 1991).

Pérez, 1996. Recomienda que la humedad sea del (70 al 78%), esto varía según el sustrato, ya que algunos retienen más el agua que otros. Si hace falta humedad el hongo no se desarrolla bien porque el medio está seco, de lo contrario, si hay exceso de humedad, el agua ocupara todo el espacio y no habrá lugar para el intercambio de gases. Uno de los síntomas de exceso de humedad es la acumulación de escurrimientos en la base del recipiente, si empieza a haber ataques de bacterias el olor de estos escurrimientos será desagradable. La humedad del (95%) es otro factor indispensable que favorece la estimulación de los primordios del fruto del hongo, a fin de mantener esta humedad se le da un riego ligero por día en forma de niebla.

2.6.5.- Riego

El riego es un factor importante ha de ser suficiente para que permanezcan húmedos (70-75%) de humedad. Las gotas de agua deben ser lo más finas posible, y si se riega cuando las setas están creciendo conviene que después de cada riego se aumente un poco el aire fresco para que se sequen las gotas que hayan caído sobre los sombreros. (García, 1991).

2.6.6.- Luz

Esta es necesaria de 8-12 horas diarias, ya que sin ella las setas salen deformadas con pequeños sombreros pálidos y pies largos. Es suficiente una luz que permita ver durante las horas diurnas para la formación de botones. (García, 1991).

La luz influye de manera positiva en la agregación de hifas y en la maduración del cuerpo fructífero pero, reprime la formación de nudos de hifas. Cuando la iluminación es demasiado fuerte o muy prolongada, se bloquean el desarrollo del cuerpo fructífero. Un pulso de luz de energía baja es suficiente para inducir la agregación de hifas, en cambio la maduración del cuerpo fructífero necesita

exposiciones más largas de energía más alta, pero cepas de la misma especie pueden diferir en sus requerimientos de luz (Ellis *et al.,* 1999, Küés, 2000).

2.6.7.- Ventilación

La ventilación del local es fundamental en esta fase, pues el contenido del aire en dióxido de carbono debe ser inferior al 0,07 por ciento. Si el contenido es mayor se retrasa el crecimiento y si llega a unos 0,2 por ciento se produce la muerte del hongo. Como cifras orientadoras de ventilación podemos indicar una renovación de 150-250 metros cúbicos de aire por hora y por cada tonelada de sustrato. Algunos autores aconsejan que la velocidad del aire a nivel de los bosques sea de unos 0,2 m por segundo. (García, 1991).

2.6.8.- Higiene

En la mayor parte del proceso productivo se debe cuidar la sanidad, en la propagación de cepas, en la producción de semilla, en la siembra del sustrato, durante la propagación del micelio, durante la fructificación, cosecha, esto implica hábitos y rutinas higiénicas en el personal y un estricto control sanitario sobre operarios, equipos y áreas de trabajo. (Villegas, 1996).

2.7.- Siembra

El micelio es lo que dará origen al hongo seta. El micelio viene usualmente crecido sobre granos de cereal (trigo y sorgo principalmente) hidratado (Velasco, 2004).

La siembra es un procedimiento que consiste en mezclar el micelio con el sustrato (Velasco, 2004).

Pueden usarse bolsas de polietileno transparentes de 70 x 90 cm, para explotaciones pequeñas son más recomendables de 50 x 70 cm o 40x 60 cm. Debido a que la bolsa grande puede sobrecalentarse si la temperatura del lugar de incubación es elevada, también se dice que la paja no tiene la misma eficiencia de producción. En la práctica, el tipo de bolsa puede ser determinado de acuerdo con las condiciones particulares de cada lugar y de acuerdo con los resultados que se vayan teniendo (Velasco, 2004).

Las bolsas se perforan cada 5 cm con una aguja de disección perfectamente desinfectada. Para proceder a la siembra la paja ya pasteurizada se deja enfriar de preferencia volteándola para que escape el vapor de agua atrapado, de lo contrario se condensará en la paja y habrá problemas por exceso de humedad (Velasco, 2004).

Para ser sembrada, el contenido de humedad de la paja debe estar entre el 70 y 80 %, en la práctica el contenido de humedad se determina tomando un puño de paja y apretándola moderadamente, si caen gotas de agua o es notoria la humedad que queda en la mano, la paja tiene exceso de agua, en este caso se debe esperar a que escurra y hay que removerla (Velasco, 2004).

No es recomendable sembrar con niveles de humedad mayores que los indicados, porque el hongo necesita para su crecimiento ciertos espacios porosos, esto le permite que el intercambio de gases sea el óptimo para su crecimiento, tanto de CO_2 como de oxigeno, evitando así la aparición de organismos que puedan vivir sin oxigeno y que ocasionan pudrición del sustrato. La temperatura optima para sembrar es de 24 a 25 °C (cuando todavía está un poco tibia), por otra parte si se siembra con paja fría se retrasa el crecimiento (Velasco, 2004).

2.7.1.- Área de enfriamiento y siembra del inoculo

El enfriado del sustrato y la siembra se realiza con mucho cuidado y limpieza para evitar las contaminaciones. Para la siembra o inoculación de las bolsas, debe hacerse en un lugar para este fin: la sala donde se colocan las bolsas a una temperatura de 28°C durante 10-15 días. En el transcurso de la incubación,

dos días después de haber efectuado la siembra, se hacen 80 perforaciones distribuidas (con una aguja o navaja estéril), sobre toda la superficie de cada bolsa de polietileno en que se ha sembrado, para permitir un intercambio gaseoso (Sánchez, 1994).

Se necesita un área exclusiva para la incubación, con la finalidad de controlar la luz, temperatura, ventilación y humedad del ambiente (Soto, 2004).

El hongo inicia su crecimiento durante las primeras 24 horas, crece poco porque se tiene que adaptar y empezará un crecimiento acelerado durante las 48 horas. A los tres días se pueden reconocer los signos de expansión y son los siguientes: hay un avance inicial claro y vigoroso del micelio sobre el sustrato; el sustrato adopta un color blanco y un olor agradable (Beltrán, *et al.,* 1997).

La temperatura del sustrato debe mantenerse de 24 a 27 °C a esta temperatura favorece mas el crecimiento del micelio, a menos de 5°C no crece, a 10°C bajo cero muere, y por encima de 35 a 40°C suele morir (García, 1978).

La incubación y expansión del micelio dura de 10 a 20 días, manteniéndolo en un local adecuado de 18 a 20 °C y sacarlo después de estos días al área de fructificación (Soto, 2004).

Una vez que el micelio ha cubierto totalmente el sustrato es necesario trasladar las bolsas del área de fructificación a una zona destinada al desarrollo y producción de los carpóforos, con la finalidad de estimular la aparición de los primordios como se muestra en la **(figura 2.3),** (Soto, 2004).

Figura 2.3 Sustrato de paja de sorgo.



Fuente: Foto tomada en el área de Agrotecnia de la UAAAN.

2.8.- Cosecha

La cosecha es la fase en la cual se realiza la recolección de los cuerpos fructíferos. Comúnmente, se realiza de forma manual haciendo un movimiento de torsión sobre la base del estipe o utilizando una cuchilla estéril para evitar contaminaciones posteriores en los puntos del sustrato donde creció el hongo. Asimismo, la cosecha se divide en tres periodos, el primero en el cual se recoge el 50% de la producción, el segundo en donde se recoge el 30% y el tercer periodo solamente el 20% de la producción. Habitualmente, en el cultivo de hongos no se recoge más de tres cosechas ya que la productividad es muy baja y el riesgo de contaminación es más frecuente (Oei, 2003).

Para cosechar se debe observar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible; no se debe permitir que el borde del píleo se ponga totalmente plano o comience a enrizarse hacia arriba porque se demerita la calidad y se propicia la diseminación de esporas. La cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el substrato; aunque en algunos lugares se prefiere tomar delicadamente los 29 hongos con la mano, sin dañarlos y sin producir hoyos en el substrato como se muestra en la **(figura 2.4)**, (Sánchez *et al*, 1991).

Figura 2.4 Producción de hongos *Pleurotus ostreatus.*



Fuente: Esta foto fue tomada en el área de Agrotecnia de la UAAAN.

2.9.- Recolección

Para recoger las setas, deben tener el sombrero bien abierto, pero todavía convexo; se hacen en grupos, sin estropear el micelio, con un cuchillo de buen filo, como se muestra en la (figura 2.5), (García, 1978).

Unas dos o tres semanas después de aparecer el primer botón ya se recogen las primeras setas. La producción de setas se concentra en tres a ocho días y luego para de diez a veinte días, después abundan otra semana y así sucesivamente. Para obtener setas con sombreros gruesos, carnosos y de buena calidad es preferible bajar la temperatura 2-3º C. Las setas se cortan con un cuchillo, sin arrancar la base (AGROINFORMACION, 2008).

En unas siete o nueve semanas se pueden producir entre 100 y 200 kilos de *Pleurotus ostreatus* por tonelada de sustrato preparado y húmedo. La producción se escalona a lo largo del año, concentrándose entre 2 y 4 meses, distribuidos:

- De 15 a 30 días de incubación y crecimiento del micelio.
- De 15 a 20 días en la zona de cultivo.
- De 45 a 60 días de cosecha.

Los ejemplares para la venta se recogen cuando son jóvenes ya que luego su carne se vuelve correosa. Los sombreros más aceptados por el consumidor son los que pesan menos de 70 g (AGROINFORMACION, 2008).

Figura 2.5 Recolección de *Pleurotus ostreatus.*



Fuente: Esta foto fue tomada en el departamento Agrotecnia, de la UAAAN.

CAPITULO III

PRODUCCION DE LOS HONGOS COMESTIBLES

3.1.- Estados productores de hongos comestibles.

1. Veracruz
2. Tlaxcala
3. Puebla
4. Hidalgo
5. Morelos
6. México
7. Guanajuato
8. Michoacán
9. Jalisco

Esta distribución geográfica explica la distribución de hongos comestibles debido a la tradición micófaga y la existencia de mercados regionales, por la existencia de centros de investigación en varios de los estados mencionados (Villegas, 1996).

México tiene un nivel de producción comercial de cinco toneladas por día y es el principal productor de setas en toda América. Lo anterior ha arrojado operaciones comerciales de varios millones de pesos y la generación de directos e indirectos. La producción rural y comercial se encuentra localizada encuentra localizada en la región central del país y entre el 80% y 90% de la producción nacional, se comercializa a través de la central de abastos de la ciudad de México encontrándose el mercado bastante centralizado y adolece de varias debilidades estructurales. En este lugar es común observar prácticas monopólicas, exceso de intermediarios, especulación y falta de infraestructura de conservación, lo cual genera efectos negativos en la calidad, disponibilidad y precios del producto al consumidor (Martínez C. et al 1998). Sin embargo, su producción ofrece un área de oportunidad para las nacientes empresas situadas en otras partes del país, como son las regiones sur y sureste.

3.2.- Generalidades de la producción de hongos comestibles

Los hongos, en general, forman parte de uno de los reinos más diversos en la naturaleza, en donde actúan biodegradando y reciclando la materia orgánica (principalmente lignina y celulosa) en los ecosistemas; el ciclo de vida de estos organismos está conformado por una fase vegetativa (micelio) y otra reproductora (cuerpo fructífero) (France, 2002).

Los hongos comestibles se agrupan en lignícolas o hongos de pudrición blanca y micorrízicos. Los primeros crecen a expensas de la descomposición de sustratos vegetales ricos en fibra, como son los tallos lignificados y las maderas duras que poseen celulosa, hemicelulosa y lignina. Las micorrizas crecen asociadas a las raíces de las plantas, por lo que su existencia depende de estas últimas. Entre la gran variedad que existe en ambos grupos, encontramos algunos que son de gran sabor y muy apetecidos, así como por sus propiedades medicinales que garantiza una demanda permanente, motivando el estudio de métodos de cultivo artificial (France, 2002)

Dentro de los hongos lignícolas que se cultivan con mayor frecuencia, se encuentra el champiñón de Paris (*Agaricus bisporus*), el Hogo ostra (*Pleurotus ostreatus*), el Shiitake (*Lentinus edodes*), el Gargal (*Grifola gargal*), el Changle (*Ramaria flava*), Oreja de palo (*Auricularia polytricha*) y Enoki u Hongo Dorado (*Flammulina velutipes*). Estos hongos son factibles de encontrar en praderas naturales, tocones o troncos de árboles muertos (France, 2002).

Con respecto a los hongos micorrízicos se destacan el Hongo del Pino (*Boletus luteus*), la Callampa Rosada (*Lactarius deliciossus*) y Morchela o Colmenilla (*Morchella spp*.), los Canterelus (*Cantharellus civarius*), el Loyo del Monte (*Boletus loyo*), la Oronja (*Amanita caesarea*) y el Chicharrón del campo (*Gyromytra antartica*). Es conveniente señalar que no necesariamente los hongos que eventualmente se producen o colectan en forma silvestre, son de uso culinario, en el futuro es posible que se estén cultivando hongos medicinales o de uso industrial (France, 2002).

La importancia económica de los hongos saprófitos comestibles no es despreciable. Especies como *Agaricus bisporus* “champiñón”, *Pleurotus*

ostreatus “seta de chopo”, *Pleurotus eryngii* “seta de cardo” se encuentra entre las más consumidas y comercializadas en España (Delmas, 1989).

El cultivo industrial de hongos saprófitos comestibles se ha conseguido con algunas especies. Resulta necesario el control de ciertas condiciones ambientales como la temperatura, humedad, aireación y fotoperiodo, con necesidades diferentes en función del grado de desarrollo del carpóforo. La elección de un sustrato adecuado al equipamiento enzimático de cada especie y que responda a ciertas condiciones estructurales, es imprescindible para el éxito de la producción (Delmas, 1989).

3.3.- Producción mundial de los hongos comestibles

Estudios muestran el crecimiento que ha tenido la producción de hongos comestibles. En el mundo se ha incrementado más de 14 veces en 30 años, desde 350 mil toneladas en 1965 hasta cerca de 4, 909, 000 toneladas en 1994. La mayor parte de este incremento ocurrió durante los últimos 15 años, en los cuales también se observó un considerable cambio en los géneros cultivados. En 1979, la producción del champiñón común *Agaricus bisporus* representaba más del 70% de la oferta mundial. En 1994, solamente el 38% de dicha producción correspondía a *A. bisporus* “champiñón”. La República Popular China es el mayor productor de hongos comestibles con 2, 640,900 toneladas lo que representa el 54% de la producción total mundial (Gea y Tello 1997).

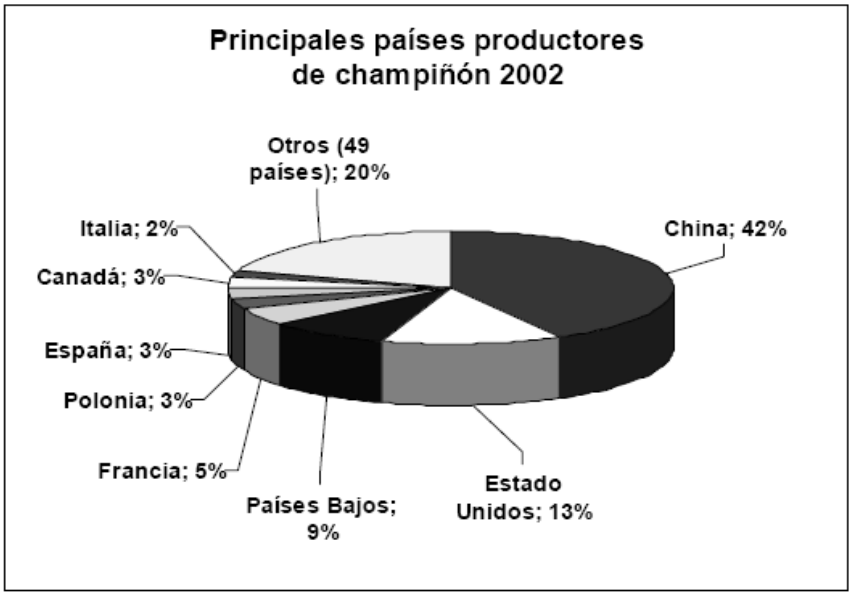
La producción mundial de hongos representa en la actualidad cerca de 3 millones de toneladas por año: 1 millón corresponden a hongos de recolección silvestre y 2 millones restantes a hongos cultivados (FAO, 2001). El crecimiento del sector es cercano al 5 % por año.

La participación por países en el volumen de la producción de setas y hongos 2002.(Chang, 2004).

En la **(grafica 3.1)** nos muestra los principales países productores de champiñón donde china ocupa un 42% de la producción, Estados Unidos tiene el 13 % de la

producción, Francia el 5 %, Polonia 3%, España 3 %, Canadá 3 %, Italia 2%, el resto del mundo ocupa el 20 % y por último los países bajos ocupan un 9% de la producción total.

Grafica 5.1 Principales productores de champiñón 2002 en el mundo (Chang, 2004).



Fuente: FAO
Cálculos: Observatorio Agrocadenas Colombia

La potencialidad de la producción de Hongos Comestibles es muy grande. Solo se cultiva una veintena de especies en Europa y EEUU que no alcanzan a cubrir la demanda mundial.

La mayoría de los países productores también son importadores ya que el consumo promedio en esos países es muy alto y su producción no alcanza a cubrir la demanda.

Las exportaciones mundiales de setas y hongos (champiñón) entre 1995 y el 2002, crecieron a una tasa del 10.4%, promedio anual; en el 2002, se comercializaron 346 mil toneladas por un valor de 753 millones de dólares.

Irlanda es el principal exportador mundial: el valor de sus exportaciones se incremento entre 1995 y el 2002, en un 8,3%. Las exportaciones de China, el segundo exportador mundial, en este mismo periodo crecieron a una tasa del 6%. Sobresale, por el incremento de las exportaciones, Alemania, que pasó de

1.000 toneladas en 1995 a 10.608 toneladas en el 2002, con una tasa de crecimiento anual del 40%.

Por otro lado, las setas y los hongos frescos son productos de relativo escaso comercio internacional, ya que, por lo general, la producción de los países se destina al consumo interno.

La comercialización de setas y hongos con algún grado de procesamiento, como champiñones secos y enlatados tiene mayor importancia comercial que las setas y los hongos frescos; en el 2002 las exportaciones de champiñones secos y enlatados fueron de 538 mil toneladas, cifra que equivale al 18% de la producción de setas y hongos frescos en ese año.

En el 2002 las exportaciones mundiales de champiñón enlatado, ascendieron a 509.152 de toneladas por 627 millones de dólares. China, históricamente, se ha caracterizado por ser el principal exportador de champiñones enlatados, situación que se mantuvo en el año 2002 cuando exportó 238 mil toneladas, equivalente al 46% de las exportaciones mundiales. Le sigue en importancia Holanda (24%), que exportó 123 mil toneladas.

Las exportaciones mundiales de champiñón seco, en el 2002 fueron de cerca 30 mil toneladas por un valor de 205 millones de dólares. De nuevo, el mayor exportador es China, con un 49% del mercado. Irlanda es el segundo (con un 11% del mercado), y sobresale Chile como exportador latinoamericano en hongos secos (con un 2% del mercado).

El consumo nacional de hongos comestibles promedio per cápita es de 100 gr/hab/año, 40 veces menor que el europeo: en Alemania es 4 kg/hab/año (tabla 3). Estudios realizados por el Department of Food Science (Pensylvania State University, EUA) determina que el 35% de la población se constituye como consumidor potencial.

3.4.- Producción nacional de hongos comestibles

México tiene un nivel de producción comercial de cinco toneladas por día y es el principal productor de setas en toda América. Esto, ha arrojado operaciones comerciales de varios millones de pesos y la generación de directos e indirectos. La producción rural y comercial se encuentra localizada en la región central del país y entre el 80% y 90% de la producción nacional, se comercializa a través de la central de abasto de la ciudad de México encontrándose el mercado bastante centralizado y adolece de varias debilidades estructurales. En este lugar es común observar prácticas monopólicas, exceso de intermediarios, especulación disponibilidad y precios del producto al consumidor (Martínez Carrera et al 1998). Sin embargo, su producción ofrece un área de oportunidad para las nacientes empresas situadas en otras partes del país, como son las regiones sur y sureste.

3.5.- Eficiencia biológica

Beltrán et al. (1997) y Naranjo, (1995) coinciden en que el rendimiento de los sustratos, están en función del peso fresco de hongos por cada parte del peso seco del sustrato, esto es lo que se conoce como Eficiencia Biológica.

$$\text{Eficiencia Biológica (}\mathbf{EB}\text{)} = \frac{\text{Peso del hongo fresco (}\mathbf{PHF}\text{)}}{\text{Peso del sustrato seco (}\mathbf{PSS}\text{)}} \times \mathbf{100}$$

El cálculo de la materia seca se realiza con la siguiente fórmula:

PSS = Peso húmedo del sustrato - peso seco del sustrato

La eficiencia biológica de *P. ostreatus* en un sustrato determinado depende de la especie y aún de las cepas utilizadas (Gaitán & Salmones 1996). Se han encontrado eficiencias biológicas hasta de 186% en tamo de maíz, 50% en tusas de la misma planta y 15,7% para el bagazo de caña de azúcar cuyo bajo

valor está relacionado con el poco contenido de nitrógeno del sustrato (Acosta *et al*. 1988); los bajos rendimientos de algunos sustratos lignocelulósicos se pueden mejorar mediante compostaje (Martínez-Carrera *et al*. 1990), o utilizando diferentes mezclas de lignocelulósicos (Arenas 1992), y aún, con aditivos minerales u orgánicos (Hincapié 1993). El principal problema asociado a los métodos tradicionales de composta para el cultivo de hongos es la emisión de olores, que se puede disminuir terminando el proceso de compostaje en un sistema de túnel lo cual no afecta significativamente la productividad (Noble & Gaze 1998).

CAPITULO IV

MATERIALES Y METODOS

4.1.-Área de estudio

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en el laboratorio de Agrotecnia, que se localiza dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la Ex hacienda de Buenavista, al sur del municipio de Saltillo, misma que se ubica en el kilometro 8 de la antigua carretera a Zacatecas; o bien, por la prolongación de la calzada Antonio Narro hacia el sur. La cual se encuentra a una: latitud norte de 25° 22´ y longitud W 101° 00´, a una altura de 1, 742 msnm. El experimento se estableció el día primero de Agosto del 2009.

4.2.- Descripción de las instalaciones

Para la incubación y fructificación este trabajo se realizó en un cuarto que tiene un área de 4x4 m, con ventanas las cuales fueron utilizadas para el control de luz, aireación y la temperatura oscilo entre 26 a 30 °C.

4.3.- Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Báscula, para el peso de materiales
- Tonel de metal con capacidad de 200 litros, para la pasteurización de los sustratos.
- Bolsas de polietileno de 2 kilogramos.
- Ligas, para amarrar las bolsas
- Soplete para gas

- Gas
- Mesa
- Aspersor
- Vernier

4.4.- Material genético

Se trabajo con el Hongo *Pleurotus ostreatus*

4.5.- Sustratos

1. Fibra de palma seca.
2. Olote de maíz.
3. Paja de sorgo
4. Paja de trigo (como testigo)

4.6.- Procedimiento

4.6.1.- Preparación del sustrato

El sustrato se pico, para que el hongo aprovechara mejor y lograra su desarrollo, los trozos fueron de 5-10 cm aproximadamente, los trozos grandes dificultan la acción enzimática del hongo sobre el sustrato. Debido a que la seta puede crecer sobre cualquier medio rico en celulosa, hemicelulosas y lignina, que el hongo degrada para alimentarse, para el presente trabajo se emplearon cuatro subproductos agrícolas que son: la fibra de palma, tallo del sorgo, el olote de maíz y como testigo se empleo paja de trigo.

4.6.2.- Peso del sustrato

Se pesaron 500 gramos de los sustratos (tratamientos); fibra de palma, olote de maíz, paja de sorgo y paja de trigo; con la ayuda de una báscula.

4.6.3.- Fermentación de los sustratos

Humedeciéndolo, dejándolo en un tiempo de 48 hrs.

4.6.4. Pasteurización

Se llevó a cabo por medio de un quemador de gas doméstico, dentro de un tonel los tratamientos (sustratos) se esterilizaron a una temperatura de 100°C, durante un tiempo de 1 hora y 30 minutos.

4.6.5.- Inoculación o siembra

El sustrato una vez frío, se inocula con micelio (semilla).La siembra es un procedimiento que consiste en mezclar el micelio con el sustrato. Esta inoculación se hizo en bolsas de plástico (polietileno) de 2 kg poniendo una capa de sustrato y otra capa de semilla de *Pleurotus ostreatus* y así sucesivamente, posteriormente se compacta la bolsa y se cierra con ayuda de una liga, aproximadamente se llevaron 100 gramos de micelio (semilla) por cada tratamiento.

4.6.6.- Incubación

Una vez sembrado el hongo (bolsas inoculadas) inicia su crecimiento sobre los sustratos en los que sembramos, durante las primeras 24 horas el micelio

crecerá poco debido a que debe adaptarse el medio el crecimiento acelerado inicia aproximadamente a las 48 horas, dependiendo las condiciones ambientales, las bolsas se colocaron en un área donde se tuvieron controlados los siguientes factores;

- Temperatura; 26-28 °C ($\pm$)

- Humedad; 80 % en la cual se hicieron riegos en intervalos de cada 2 horas.
- Ventilación; así mismo se hizo el intercambio de gases, cambio dióxido de carbono (CO_2) por oxigeno (O), que se hizo abriendo la ventana cada 2 horas.
- Higiene; la higiene se conservó evitando abrir con frecuencia la puerta.

4.6.7.- Manejo y desarrollo del cultivo

Se realizaron visitas a el área de el cultivo de 2-3 veces al día, dependiendo las condiciones climáticas, en el cual, se realizaron los riegos con un aspersor, considerando gotas muy finas durante el desarrollo del micelio en un intervalo de 12 ó 14 días, asimismo, se consideró riego finos a la fructificación y cosecha, lo cual, es importante para mantener la humedad adecuada.

4.6.8.- Cosecha

Se realizó con ayuda de un bisturí evitando no dañar el micelio. La cosecha se realizó cuando los cuerpos fructíferos alcanzaron un diámetro mayor o igual a 5 centímetros, el cual fue cortado, cosechado repetición por repetición por cada tratamiento, donde se tomaron los siguientes parámetros o variables:

- **Peso fresco;** se realizó con ayuda de una balanza granatoria, se obtuvo cosechando los cuerpos fructíferos cuando se tenían un diámetro mayor o

igual a 5 centímetros, el cual, fue cortado cosechado repetición por repetición por cada tratamiento.

- **Diámetro de sombrero;** se determinó con la apoyo de un vernier, donde se midió el diámetro de 6 sombreros de hongos al azar.
- **Diámetro del tallo;** se determinó con un vernier midiendo el diámetro de los 6 tallos de hongos al azar.
- **Longitud del tallo;** se determinó con una regla del sistema métrico decimal considerando la longitud de los 6 tallos de hongos al azar.

Se realizaron tres cortes por cada tratamiento, para su análisis del desarrollo y crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en los diferentes tratamientos evaluados.

4.7.- Diseño del análisis estadístico

Para llevar a cabo el análisis estadístico se realizó un diseño con bloques completamente al azar, por medio del uso del programa estadístico de la UNL, para los 4 tratamientos con 6 repeticiones cada uno y se realizó una prueba de comparación de medias, para las variables que presentaron diferencias significativas, utilizando la prueba al 0.05 (Steel y Torrie 1985). Posteriormente se calculo la eficiencia biológica.

Los resultados obtenidos de cada variable de estudios se analizaron estadísticamente con el Diseño de bloques completamente al azar de acuerdo a Steel y Torrie, 1985, al presentarse diferencias estadísticas significativas entre tratamientos se procedió a realizar las pruebas de medias de Tukey de acuerdo a Steel y Torrie 1985.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos fueron procesados estadísticamente con el fin de facilitar la discusión de resultados, esos se dan por separado y para cada variable de estudio. Se hicieron análisis estadísticos para la variable, longitud de tallo, diámetro de tallo, diámetro de sombrero y peso fresco o (eficiencia biológica); después de obtener el mejor tratamiento se realizó la prueba de comparación de medias (Prueba de Tukey según; Steel y Torrie 1985), así mismo, se confirmaron los resultados con gráficas de barras para ratificar los resultados.

En base al orden cronológico se muestran los resultados obtenidos.

5.1.- Análisis de varianza

5.1.1.-Variable: Longitud de tallo (cm)

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, se presentan en el (Cuadro 5.5) en donde se observan los cuadrados medios y su significancia, observándose diferencias significativas al (P> 0.05) de probabilidad, ya que el hongo se expresa de diferentes formas entre tratamientos, así como, el coeficiente de variabilidad con 7.83% que indica el grado de confiabilidad que tiene esta variable.

Cuadro 5.5. Análisis de varianza de la variable longitud de tallo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	2.323242	0.774414	9.0575 *	0.001
ERROR	20	1.709991	0.085500		
TOTAL	23	4.033234			
C.V. %	7.83%				

*Significancia al 95% de probabilidad

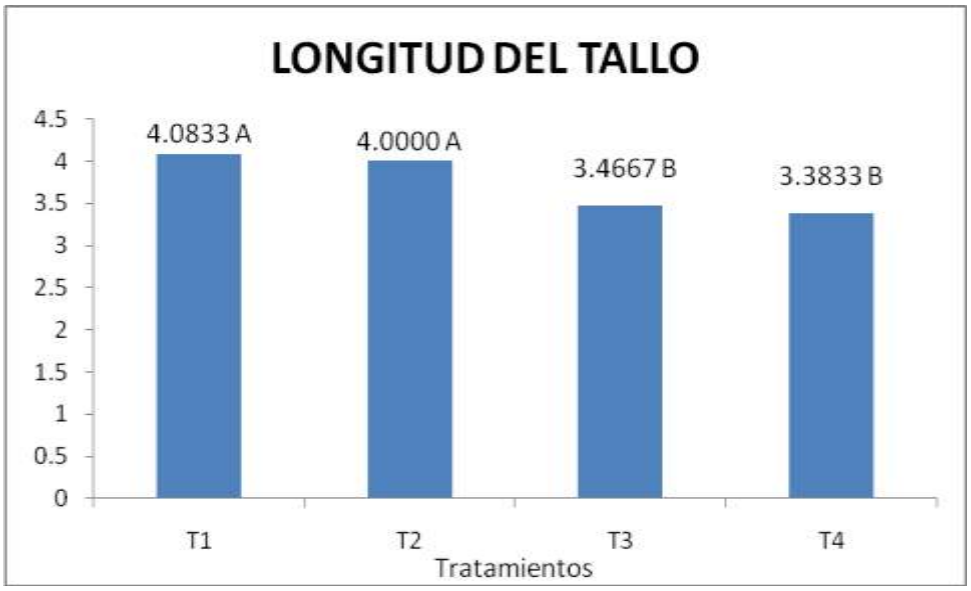
Al obtener diferencias estadísticas significativas entre tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de acuerdo a Tukey (Cuadro 5.6) en donde se observan que el fibra de palma y el olote es superior al testigo, teniendo unas medias de tallo de palma 4.0833 y olote de la mazorca de 4.0000, mientras que el testigo nos muestra una diferencias estadística con una media de 3.4667.

Cuadro 5.6. Tabla de resultados de la comparación de medias de la variable de longitud de tallo.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1.-Fibra de palma	6	4.0833 A
2.-Olote	6	4.0000 A
3.-Paja de trigo testigo	6	3.4667 B
4.-Paja de sorgo	6	3.3833 B

En la siguiente Grafica 5.2 se muestra las diferencias estadísticas entre los tratamientos para la variable longitud de tallo donde nos muestra que el sustrato de tallo de palma es el más eficiente seguido del olote, posteriormente la paja de trigo y por último el sustrato de paja de sorgo.

Grafica 5.2 Comparación de medias de la variable longitud de tallo.



5.1.2.- Variable: Diámetro de tallo

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, presentan en el (Cuadro 5.7) en donde se observan los cuadrados medios y su significancia, observándose diferencias significativas al (P> 0.05) de probabilidad, ya que el hongo se expresa de diferentes formas entre tratamientos, así como el coeficiente de variabilidad con 8.42% que indica el grado de confiabilidad.

Cuadro 5.7 Análisis de varianza para la variable de diámetro de tallo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	5.471241	1.823747	111.0972**	0.000
ERROR	20	0.328316	0.016416		
TOTAL	23	5.799557			
C.V. %	8.42%				

*Significancia al 95% de probabilidad.

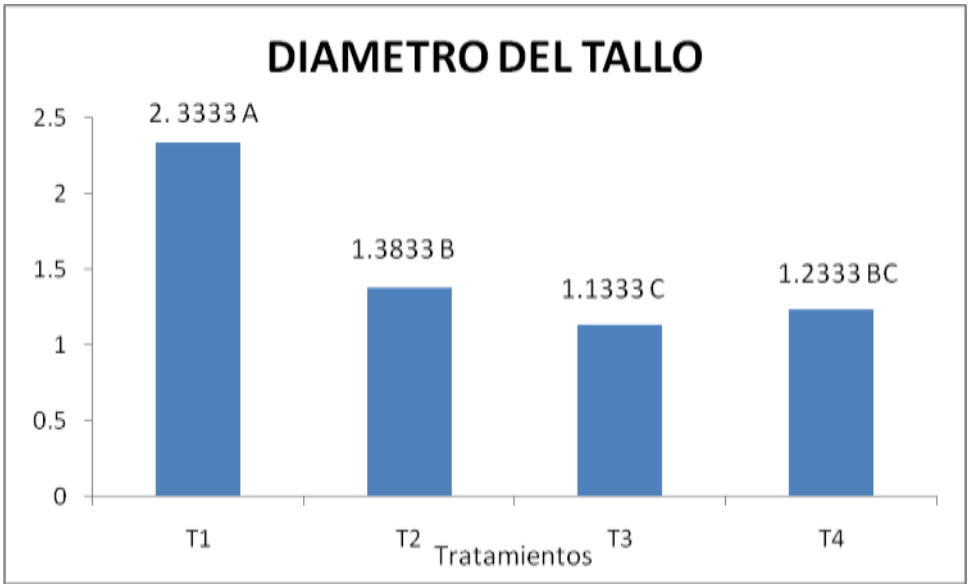
El análisis de varianza para la variable diámetro de tallo mostro diferencia estadística significativa entre tratamientos practicando la prueba de comparación de medias de acuerdo a Tukey en donde se observan que el fibra de palma y el olote es superior al testigo, teniendo unas medias de fibra de palma 2.3333 y olote de la mazorca de 1.3833, mientras que el testigo nos muestra una media de 1.1333. (Cuadro 5.8)

Cuadro 5.8 Tabla de resultados de la comparación de medias para la variable de diámetro de tallo

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1.-Fibra de palma	6	2.3333 A
2.-Olote	6	1.3833 B
3.-Paja de trigo (testigo)	6	1.1333 C
4.-Paja de sorgo	6	1.2333 BC

En la Grafica 5.3 se presentan las diferencias entre tratamientos de estudio en donde la fibra de palma es el más eficiente seguido del olote, posteriormente paja de sorgo y superando al trigo que es el testigo.

Grafica 5.3 Comparación de medias de la variable diámetro de tallo.



5.1.3.- Variable: Diámetro de sombrero

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, presentan en el (Cuadro 5.9) en donde se observan los cuadrados medios y su significancia, observándose diferencias significativas al (P> 0.05) de probabilidad, ya que el hongo se expresa de diferentes formas entre tratamientos, así como el coeficiente de variabilidad con 5.44% que indica el grado de confiabilidad.

Cuadro 5.9 Análisis de varianza para la variable de diámetro de sombrero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	4.300964	1.433655	16.0334	0.000
ERROR	20	1.788330	0.089417		
TOTAL	23	6.089294			
C.V. %	5.44%				

*Significancia al 95% de probabilidad.

Al obtener diferencias estadísticas entre tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de acuerdo a Tukey en donde se observan que la fibra de palma y el olote es superior al testigo, teniendo unas medias de tallo de

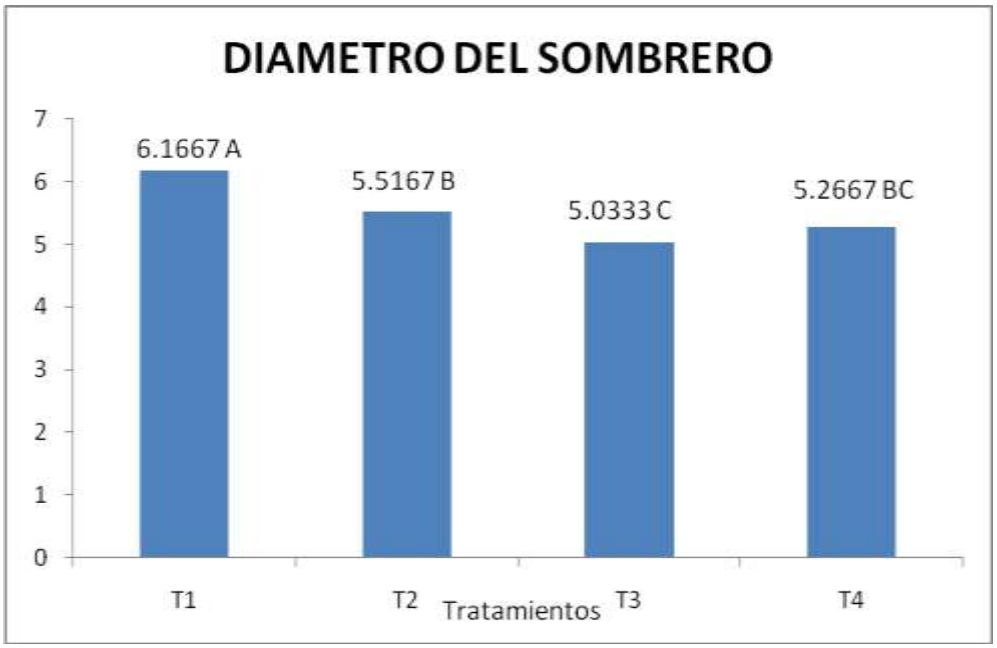
palma 6.1667 y olote de la mazorca de 5.5167, mientras que el testigo nos muestra una media de 5.0333. (Cuadro 5.10)

Cuadro 5.10 Tabla de resultados de la comparación de medias para la variable de diámetro de sombrero.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1.-Fibra de palma	6	6.1667 A
2.-Olote	6	5.5167 B
3.-Paja de trigo (testigo)	6	5.0333 C
4.-Paja de sorgo	6	5.2667 BC

En la siguiente Grafica 5.4 se muestran las diferencias estadísticas entre sustratos en donde la fibra de palma es el más eficiente seguido del olote, posteriormente, la paja de sorgo, y por último, el sustrato de paja de trigo que es el testigo.

Grafica 5.4 Comparación de medias para la variable diámetro de sombrero.



5.1.4.- Variable: Peso fresco

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, presentan en el (Cuadro 5.11) en donde se observan los cuadrados medios y su significancia, observándose diferencias significativas al (P> 0.05) de probabilidad, ya que el hongo se expresa de diferentes formas entre tratamientos, así como el coeficiente de variabilidad con 3.4% que indica el grado de confiabilidad.

Cuadro 5.11 Análisis de varianza para la variable Peso fresco.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	676.4375	225.479172	7.8804 *	0.001
ERROR	20	572.2500	28.612499		
TOTAL	23	1248.6875			
C.V. %	3.4%				

*Significancia al 95% de probabilidad.

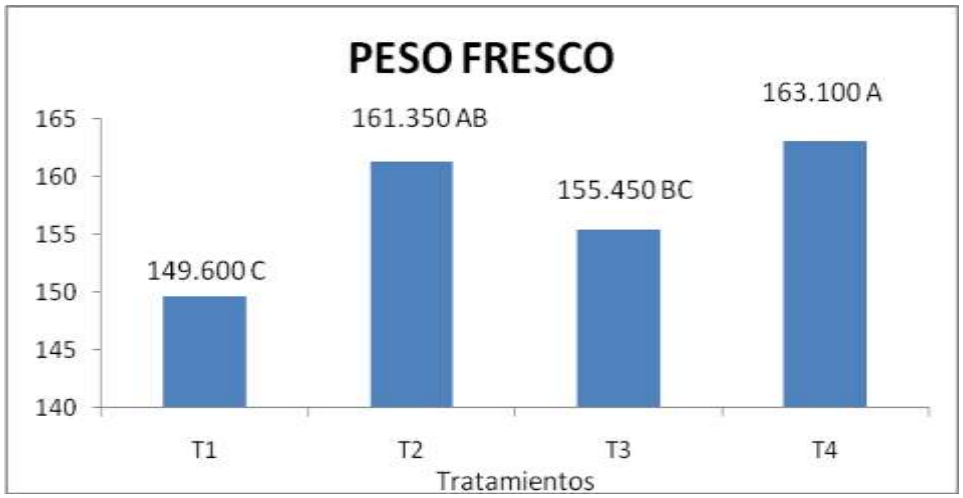
Al obtener diferencias estadísticas entre tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de acuerdo a Tukey en donde se observan que la paja de sorgo y el olote es superior al testigo, teniendo unas medias de fibra de palma 163.100 y olote de la mazorca de 161.350, mientras que el testigo nos muestra una media de 155.450. (Cuadro 5.12).

Cuadro 5.12 Resultados de la comparación de medias para la variable de peso fresco.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1.-Fibra de palma	6	149.600 C
2.-Olote	6	161.350 AB
3.-Paja de trigo (testigo)	6	155.450 BC
4.-Paja de sorgo	6	163.100 A

En la siguiente **Grafica 5.5** nos ratifica la información de los cuadros anteriores donde nos muestra que el sustrato de paja de sorgo es el más eficiente seguido del olote, posteriormente paja de trigo y por último el sustrato de fibra de palma.

Grafica 5.5 Comparación de las medias de variable peso fresco de los hongos.



En la variables del peso fresco nos indica que al usar los tratamientos (fibra de palma, olote, paja de trigo y paja de sorgo), nos indica que el tratamiento de paja de sorgo nos proporciona mejores rendimientos ya que se tiene mejor peso en los producción de 163.1 grs. y el coeficiente de variación nos da 3.40%.

5.2.- Diferencias de Medias

En el **(Cuadro 5.13)** nos muestra las diferentes medias obtenidas para cada una de las variables con sus respectivos tratamientos de estudio donde nos arroja los siguientes resultados: en el tratamiento de fibra de palma nos muestra una media en la variables de 2.1800 B en peso Húmedo, 149.600 C en peso fresco, 4.0833 A* en longitud del tallo, 2.3333 A* en diámetro del tallo y 6.1667 A* diámetro del sombrero, para el tratamiento de Olote de la mazorca nos muestra una media en la variables de 2.1878 A* en peso Húmedo, 161.350 AB en peso fresco, 4.0000 A* en longitud del tallo, 1.3833 B en diámetro del tallo y 5.5167 B diámetro del sombrero, para paja de trigo que es el testigo nos muestra una media en la variables de 2.1275 C en peso Húmedo, 155.450 BC en peso fresco, 3.4667 B en longitud del tallo, 1.1333 C en diámetro del tallo y 5.0333 C diámetro del sombrero, y para el tratamiento de paja de sorgo nos muestra una media en la variables de 2.1283 C en peso Húmedo, 163.1000 A* en peso fresco, 3.3833 B en longitud del tallo, 1.2333 BC en diámetro del tallo y 5.2667 BC diámetro del sombrero.

Cuadro 5.13 Resultados de comparación de medias del análisis de los cuatro tratamientos, con sus respectivas variables.

Tratamientos	Peso húmedo	Peso fresco	Longitud de tallo	Diámetro de tallo	Diámetro de sombrero
Fibra de palma	2.1800 B	149.600 C	4.0833 A*	2.3333 A*	6.1667 A*
Olote	2.1978 A*	161.350AB	4.0000 A*	1.3833 B	5.5167 B
Paja de trigo (Testigo)	2.1275 C	155.450 BC	3.4667 B	1.1333 C	5.0333 C
Paja de sorgo	2.1283 C	163.1000 A*	3.3833 B	1.2333 BC	5.2667 BC
c.v. %	0.53%	3.40%	7.83%	8.42%	5.44%

5.3.- Variable Eficiencia Biológica

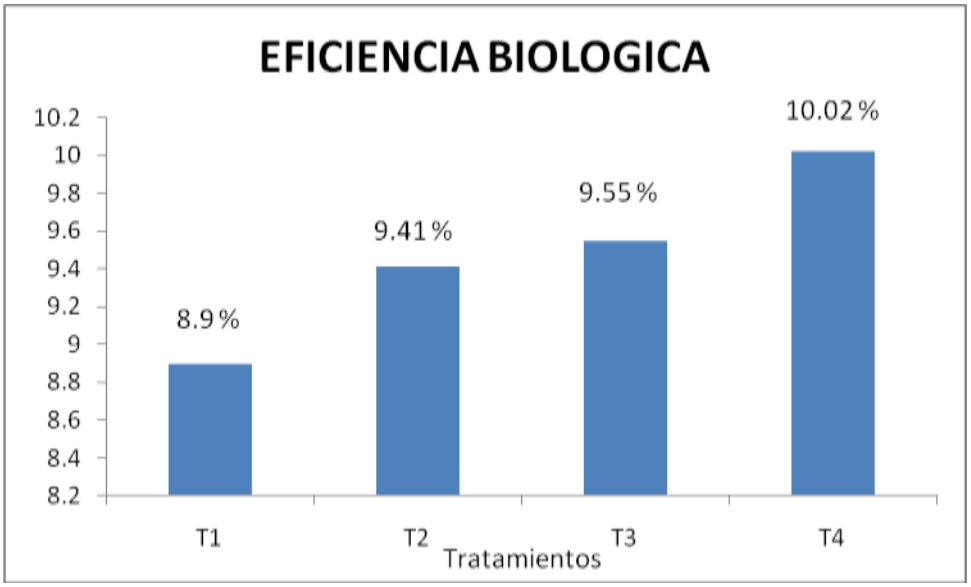
Los resultados obtenidos, se presentan en (Cuadro 5.14), donde se observa que el tratamiento 4 (paja de sorgo) presenta el mayor porcentaje de 10.02% de Eficiencia Biológica, el tratamiento 3 (paja de trigo, testigo) presenta 9.55% , en el tratamiento 2 (sustrato de olote); el cual fue superado, presentando un porcentaje de 9.41%; además, se observó que el porcentaje más bajo lo presenta el tratamiento 1 (fibra de palma) con un porcentaje de 8.90%; en relación al testigo y a los otros tratamientos. Lo anterior, nos indica que el Tratamiento 4 (paja de sorgo) con 10.02%; presenta el mejor rendimiento de producción y está en función del peso fresco de hongos por cada parte del peso seco del sustrato.

Cuadro 5.14 Comparación de la eficiencia biológica de cada tratamiento.

N. DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	EB (%)
1	Fibra de palma	8.90
2	Olote	9.41
3	Paja de trigo (testigo)	9.55
4	Paja de sorgo	10.02

Gráficamente se comparan los resultados (Grafica 5.6), desglosados del cálculo de la Eficiencia Biológica, en la cual, observamos claramente que el Tratamiento 4 (paja de sorgo) presenta el mayor porcentaje con 10.02% en relación a los tratamientos 3, 2 y 1.

Grafica 5.6 Comparación de la eficiencia biológica en cada tratamiento.



5.3.1.- Cálculos de Eficiencia Biológica

Tratamiento 1.-La eficiencia biológica para el sustrato de Fibra de palma

EF: PHF/PSSX100= 0.1496Kg / 1.680Kg X 100= **8.90 %**

PSS: PHS-PSS= 2.18Kg – 0.5Kg **= 1.68 Kg**

Tratamiento 2.-La eficiencia biológica para el sustrato de olote

EF: PHF/PSSX100= .16 Kg / 1.7Kg X 100= 9.41 **%**

PSS: PHS-PSS= 2.2Kg – 0.5Kg **= 1.7 Kg**

Tratamiento 3.- La eficiencia biológica para el sustrato de paja de trigo (testigo)

EF: PHF/PSSX100= 0.1554Kg / 1.6275Kg X 100= 9.55 **%**

PSS: PHS-PSS= 2.1275Kg – 0.5Kg **= 1.6275 Kg**

Tratamiento 4.- La eficiencia biológica para el sustrato de paja de sorgo

EF: PHF/PSSX100= 0.1631Kg / 1.6283Kg X 100= 10.02 **%**

PSS: PHS-PSS= 2.1283Kg – 0.5Kg **= 1.6283 Kg**

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye lo siguiente:

- Para las variables diámetro de tallo y diámetro de sombrero, el mejor sustrato fue fibra de palma (Tratamiento 1).

- En relación a la variable longitud de tallo, se obtuvieron dos sustratos con la misma oportunidad de rendimiento en los sustratos de olote (Tratamiento 2) y fibra de palma (Tratamiento 1).

- Y en cuanto a peso fresco es la paja de sorgo (Tratamiento 4).

- En el peso húmedo se concluye que el mejor sustrato que es capaz de retener mas humedad es el de olote de mazorca (Tratamiento 2).

- El mejor tratamiento para el desarrollo y producción fue la paja de sorgo (Tratamiento 4), ya que alcanzó un porcentaje de Eficiencia Biológica de 10.02% en un periodo corto de producción y con mejor rendimiento, considerándose así, un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo.

- Se confirmó que la metodología realizada durante el desarrollo de investigación es la adecuada para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* teniendo en cuenta, que se manejaron los rangos óptimos de temperatura, humedad y luz durante el desarrollo de cada etapa del proceso.

De acuerdo a los resultados obtenidos se tienen elementos para determinar que lo mencionado en la Hipótesis 1 (H1) bajo las condiciones de producción descritas, no es aceptable, debido a que no todos los sustratos mostraron el mismo nivel de eficiencia en el crecimiento y desarrollo del hongo, generando en consecuencia que los rendimientos obtenidos fueran diferentes en todos los casos.

En lo que respecta la Hipótesis 2 (H2), es posible considerar su aceptación, debido a que los resultados obtenidos en este estudio reflejan que al menos 1 de los tratamientos (Tratamiento 4) a base de Paja de Sorgo, obtuvo un porcentaje de eficiencia biológica mayor al obtenido en el resto de los tratamiento, lo anterior es comprobable al considerar el valor de la Eficiencia Biológica, correspondiente a un 10.02% superior en 1.12% al porcentaje mínimo obtenido de 8.90% que corresponde al Tratamiento 1 a base de Fibra de Palma.

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta, L. 1988. Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* y su cultivo en residuos agroindustriales en el Estado de Morelos. *Rev. México.* 13-20 p.

2. Alexopoulos, C.J. 1996. Introductory mycology. 4ª Edition. John Wiley & Sons, Nueva York. 869 p.

3. Ancona, l. 2001. Exposición de hongos en Yucatán. Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. 231 p.

4. Andrade M., R.L. 1995. Evaluación de sustratos para la producción del hongo comestible Shiitake (*Lentinus edodes* Berck). Memorias III Seminario Nacional sobre utilización de encinos. Nuevo León, México. Publicación especial No. 15 T.

5. Ardon, O., Kerem, Z., y Hadar, Y. 1996. Enhancement of lacasse activity in liquid cultures of the lignolitic fungus *Pleurotus ostreatus* by cotton stalk extract. En: Journal of Biotech. Vol.51(3):201-207.

6. ARENAS, M.D. 1992. Evaluación de diferentes sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus.* 64p.: il. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía.

7. Beltrán, M.J. 1997. Volatile compounds secreted by oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) and their bacterial activities. Journal of Agricultural and Food Chemistry (USA), 45(10): 4049-4052.

8. Bhatti, M.A., Mir, F.A., y Siddq, M. 1987. Effect of different bedding materials on relative yield of oyster mushroom in the successive flushes. En: Pakistan Journal of Agricultural Research. Vol.8(3):256-259.

9. Bommer, D.F.R. 1991. The historical development of international collaboration in plant genetic resources. *In:* Searching for New Concepts for Collaborative Genetic Resources Management. Papers of the EUCARPIA/IBPGR Symposium. International Board for Plant Genetic Resources. Roma, Italia. 3-12pp.

10. Bonilla, W.M. 1999. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro nacional sobre seguridad y soberanía alimentaria. México.

11. Breene, W.M. 1990. Nutritional and medicinal, value of specialty mushrooms. UniversIty of Minesota, St. Paul, M.N. Journal of Food Protection, 53(10): 883-894 pc.

12. Castillo Tovar José. 1987. Micología General. Editorial Limusa. México.

13. Chang, S.T. 2004. *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value,Medicinal Effect and Environmental Impact*. CRC Press, Boca Raton, 451 pp.

14. Córdova Obregón Baloomero. (1971). “Cereales” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, 19-40 pp

15. Cruz, H.A. 2000. El poder curativo de los hongos. Edición Selector, México. ISBN. 970-643-258-2, 345 p.

16. Curtis, H.B. 1991. Biología. Quinta Edición. Cali: Editorial Médica Panamericana.

17. Delmas, J. 1989. “Les champignons et leur cultura actuelle et potentielle des champignons superieurs”. La Maison Rustique. Paris.

18. Diego, F. 1979. Setas (hongos) Ediciones Mundi- prensa, España.

19. Eichelerova, I. H., L. 1999. Prepration and crossing of basidiospore-derived monokaryons- a useful tool for obtaining laccase and other ligninolytic enzyme higher-producng dikaryotic strains of Pleourotus ostreatus. 75;321-327.

20. Ellis, R.J. 1999. Propierties of the blue light requerements for primordial initiation and basidiocarp maturation in Coprinus stercorarius.

21. FAO. Base de Datos Estadísticos FAOSTAT. http://faostat.fao.org.2001

22. Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. Segunda Edicion. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 1258 p.

23. Fernández, M.J. 2000. Productividad de dos cepas comerciales del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en diferentes mezclas de sustratos lignocelulósicos. Proyecto de investigación Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias (inédito)

24. France, A. 2002. “Producción de hongos comestibles”. Boletín INIA 2002 N° 23.

25. García, R. M. 1991. Cultivo de setas y trufas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 174 pp.

26. García R. M. 1976. Hongos de la Madera (Basidiomicetos). Ministerio de Agricultura (Publicación de Extensión Agraria). Madrid. 243 pp.

27. García R. M. 1978. Plagas y enfermedades del champiñón y de las setas. Ministerio de Agricultura. Madrid.

28. García R. M. 1982. Cultivo industrial de *Pleurotus ostreatus*. Hojas Divulgadoras Núm 11/82 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 16 pp.

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

30. Gaitán H. R. y Diego, S. 1996. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus* spp. con alto rendimiento. *Rev. Mex. Mic*. *12*: 107-113.

31. Gea, F. y J. Tello 1997. Micosis del Cultivo del Champiñón. Madrid, España. Mundiprensa.

32. Guillen N. G. K. Márquez R. F. J. y Sánchez V. J. E. 1998. Producción de biomasa y enzimas lignoliticas por Pleurotus ostreatus en cultivo sumergido. Revista iberoamericana de micología, 15, 302-306.

33. Guzmán, G., G. y Mata, D. S. 1993. El cultivo de los Hongos Comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. México. Instituto Politécnico Nacional.

34. Guzmán, G. 1980. En línea: Un gran desconocido: el hongo. México desconocido No. 48. Noviembre 1980.

35. Hamlyn, P.F. 1989. Cultivation of edible mushrooms on cotton waste. En: The mycologist, Vol.3(4):171-173.

36. Hincapié, J.G. 1993. Fertilización mineral del hongo comestible *Pleurotus ostreatus.* 91p.: il.. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

37. Hurtado, H. 2005: Administrador agropecuario de plantaciones de la Escuela de Tecnologías de la Universidad Católica de Colombia.

38. Kang, H. W.., Park, D. S., Go, S. J., Eun, M. Y. (2002). FINGERPRINTING OF DIVERSE GENOMES USING PCR with universal rice primers generated from repetitive sequence of Korean weedy rice. Molecules and cells. 13 (“): 281-287.

39. Kerem, Z., Friesem, D., y Hadar, Y. 1992. Lignocellulose degradation during solid-state fermentation: *Pleurotus ostreatus* versus *Phanerochecte chrysosporium*. En: Applied and Environ. Microbiol. Vol. 58 (5):1121-1127.

40. Kües, U. y Liu, Y. 2000. Mini-review: Fruiting body production in basidiomicetes.

41. Lizan R, L. 1967. Identificación de Hongos Comestibles, Madrid, España 24-27 p.

42. López, A. 1984. Cultivo domésticos de hongos comestibles. *Cuadernos de Divulgación Universitaria, Universidad Veracruzana, Xalapa,* 22 p.

43. Martínez, D. 2002. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México.

44. Mendaza R. y Díaz G. 1981. “Las setas”. Bilbao, España. Editorial Vizcaína.

45. Mendaza D. 1981. Área, metropolitana del Valle de Aburra.

46. Naranjo Jiménez, N.; Herrera-Corral, J.; Avila-Reyes, J; Almaraz-Albarca, N. (1995). Cultivo de hongos comestibles. Parte II. Crecimiento del hongo Pleurotus ostreatus en mezclas de paja de frijol con bagazo de Agave mezcalero. (CIDIIR-IPN-Dgo. Durango, Mex.)., UBAMARI; Revista hispanoamericana de ciencia y tecnología. Vol. 11 (36): 31-33

47. Navarro, J. M. 2005. En Línea. Hongos En Aragón. http://aragonesasi.com/natural/hongos/ .

48. NOBLE, R. & GAZE, R.H. 1998. Composting in aereated tunnels for mushrooms cultivation: influence of process temperature and substrate formulation on compost bulk density and productivity. International Symposium on composting and use of composed materials for Horticulture. Acta Hort., 469: 417-426.

49. Odum, E. P. 1971. Ecología. 3ª Edición, Editorial Interamericana, México, D. F.

50. Oie, P. 2003. Mushroom cultivation. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, Holanda.

51. Perala S. J. 1993. Setas. Segunda edición. Madrid. p 13 y 7

52. Pérez, C. U. 2005. en línea. Manejo del cultivo de maíz en la costa Atlántica de Colombia. Centro de investigación Turipana. Corpoica. http://www.turipana.org.co/mane _maiz.htm

53. Pérez G. E. A. 1996. Producción de hongos comestibles (Setas y Champiñones). Centro de Investigaciones Sociales, Tecnológicas y Agroindustriales de la Agricultura Mundial (CIESTAAM) 2da. Edición. México.

54. Potter, N. Hotchkiss, J. H. 1995. Ciencia de los alimentos. Editorial Acrabia S.A. Zaragoza, España. 667 p.

55. Raper C. 1978. Sexuality and breedig. In: Chang, S. T. y W.A. Hayes (Eds.). The biology and cultivation of edible mushrooms. Academic Press, Nueva York.

56. Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Agt. Editor, S.A. México. 460 pp.

57. Robles Sánchez, R. (1990). Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa. México. 463 pp.

58. Rodríguez, C.R. 2000. “Pleurotus ostreatus. Importancia y tecnología de cultivo” Grupo de Nutrición, Departamento de Física – Química, Facultad de Mecánica, Universidad de Cien fuegos, Cuatro caminos, Cdad. de Cienfuegos.

59. Romero, M. 1990. "*Pleurotus ostreatus*: Grandes perspectivas para la alimentación animal y humana".-- Cienfuegos: MINAZ, 5p.

60. Romero, J.; Rodríguez, M.; Pérez, R. 2000. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología del cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuatro caminos. Ciudad de Cienfuegos. Cuba.

61. Romero A. Rodríguez A. y Pérez R. 2002. “*Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo”. Grupo de Nutrición, Departamento de Física, Química, Facultad de Mecánica, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, cuatro caminos, ciudad de la Habana.

62. Rzedowski J. 1988. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. ISBN 968-18-0002-8 pc.

63. SAGARPA (2007) SIAP. http://www.siap.gob.mx/

64. Sánchez V. J. E. 1994. Producción de hongos comestibles. 1ra. Edición. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

65. Seymour, J. 1979. La Naturaleza de las Setas, 1era ed. Ediciones Castell, Barcelona.

66. Stamets P. y Chilton S.J. 1983. The mushroom cultivator, a practical guide to growing mushroos at home. Agarikon Press, Olympia.

67. Soto, V. C. 2004. El Cultivo de las Setas (*Pleurotus spp.)* Tecnología de Producción de Alimentos. 1ª edición. Ediciones Cuellar. México.

68. Steel, R. G. D. and Torrie, D. H.1980. Principales and procedures of statistics Ed; Magraw-Hill. USA PCPRPBIT Versión 1.0 Colegio de Posgraduados. Chapingo México.

69. Valencia, T.G. 1994. Productividad de cepas hibridas coloridas del genero Pleurotus. Facultad de Química, UNAM, México D. F

70. Velasco J. 2004. "Articulo del cultivo del hongo seta (Pleurotus ostreatus).

71. Velázquez D. N. 1995. Producción del hongo ostión o de cazahuate (*Pleurotus spp*.).Revisión bibliográfica. Universidad Autónoma Chapingo.

72. Villegas de G. A. 1996. Biotecnología Intermedia en México. primera ed. Chapingo, México.

73. http://www.mexicodesconocido.com,mx/espanol/naturaleza/flora/detalle.cfm?idpag=3458&idsec=10&idsub=31.