

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMÍA



Determinación de la Eficiencia Biológica del Hongo (*Pleurotus ostreatus*) con diferentes azúcares.

Por:

ALICIA TOLENTINO CANALES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISION DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

**Determinación de la Eficiencia Biológica del Hongo (*Pleurotus
ostreatus*) con diferentes azúcares.**

TESIS

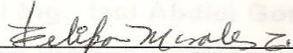
Presentada por:

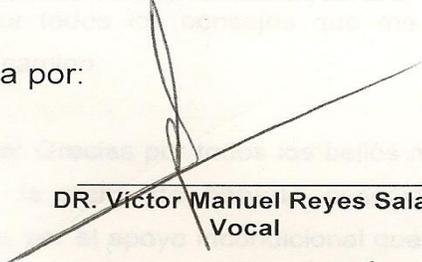
ALICIA TOLENTINO CANALES

Que Somete a Consideración del H. Jurado examinador como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

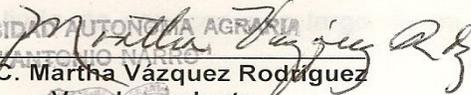
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:


MC. Felipa Morales Luna
Presidente del jurado


DR. Víctor Manuel Reyes Salas
Vocal


MC. María Hernández González
Vocal


MC. Martha Vázquez Rodríguez
Vocal suplente


DR. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo de 2009

AGRADECIMIENTOS

A Mi Alma Mater, por permitirme formar parte de ella y llegar hacer de mi un profesionalista. Así como al Departamento de Horticultura por todo el apoyo brindado en el lapso de toda la carrera y los conocimientos otorgados en mi estancia.

Al M.C. Felipa Morales Luna, por brindarme su paciencia, amistad, apoyo y asesoría en la realización de esta investigación. Así como sus sugerencias y grandes aportaciones para este trabajo.

Al DR. Víctor Manuel Reyes Salas; por el apoyo y la asesoría otorgada en este trabajo. Así como su amistad, durante la trayectoria de esta carrera.

Al Ing. Juan Javier González. Por su incondicional amistad y apoyo desde mi ingreso a esta Universidad, y por todos los consejos que me otorgo y demostrar que nada impide truncar el camino.

Al Ing. Isai Abdiel González Santizo: Gracias por todos los bellos momentos que hemos compartido juntos, por la dicha de haberte conocido y que estuvieras a mi lado en todo momento, por el apoyo incondicional que recibí de ti y por que te considero la persona mas linda de conocer a lo largo de mi carrera.

A Mario López Hernández: gracias por todo el apoyo que me brindaste al inicio de mi carrera, este es un logro que te dedico con mucho cariño, por que fuiste pieza clave para el despegue de una meta que se hizo realidad. Gracias amigo y sabes que siempre contarás conmigo.

A Ing. Rosina Rodríguez Aranda: Por los momentos de relajación que pasamos, por el apoyo que me brindó y por su grata amistad. Con todo mi cariño y aprecio...gracias amiga.

A Ing. Gladis Guadalupe: Gracias por todo ese tiempo que compartimos juntas, esa amistad sincera y desinteresada, y los momentos de relajación que compartimos.

A Carlos del Carmen Nucamendi Gómez: Por haber compartido grandes momentos de amistad, a lo largo de toda la carrera, y por considerarte mi mejor amigo. Gracias Carlitos.

A mis compañeros de la generación CVI: Migue, Mario Alberto, Lacho, Beli, Marina, Santos, Carlitos, Jairo, Adrian, Estela, Rey, Beti, Beyki, Mario, Catherine, Alberto, Fer, Adela, Castor, Gil, Wilber, Israel, Mingo, Gerardo, Rubí, Toto, Porfirio, Diana, Nayeli, Juan Manuel, Eduardo, Roberto, Darwin, Paco, Tariacuri y Argelia, Nicanor. A todos ellos con los que compartí momentos de alegría, tristeza y enojos a lo largo de esta etapa, que será inolvidable.

A mis compañeras y compañeros especiales de la Universidad: Shirley, Maricela, Oneida, Mirna, Adela, Rafita, Beli, Roberto, Herminio, Fer, Mario, Migue, Castor, Marco Antonio, Horacio, Adrian y Dago.

A todos los **Maestros y Doctores** del Departamento de Horticultura; que fueron pieza clave para cumplir mis metas y propósitos; brindándome apoyo y conocimientos para una mejor preparación como profesionalista.

Y a todos aquellos que de una u otra forma fueron especiales en mi estancia en la Universidad; mil gracias.

DEDICATORIAS

A Dios: Por la dicha de permitirme cumplir mis objetivos, metas y propósitos en mi estancia en esta Universidad. Por cuidar y darme la libertad de elegir el camino mas adecuado y llegar al término de una etapa que es pieza clave en mi vida.

A mi madre Irene Canales Ávila: gracias mamita por todo ese apoyo moral y económico que fuiste capaz de brindarme a lo largo de mi vida y en especial de esta etapa que es la Universidad. Gracias por esos buenos deseos, por todos tus desvelos, oraciones, preocupaciones y por el amor incondicional que siempre estas dispuesta a dar sin pedir nada a cambio. Gracias por confiar en mi y darme la dicha de tener una madre como tu, por que nunca te has dado por vencida, por que siempre estas al pendiente de lo que nos hace falta, de todas las oraciones que intercedes por mi. Gracias es la única palabra que mis labios pueden interceder por ti mamita; por que fuiste capaz de sacarnos adelante aunque las tormentas siempre estuvieron de nuestro lado y ser pieza fundamental para llevar a cabo este sueño anhelado.

A mi padre Esteban Tolentino San Agustín (+): Te dedico a ti este triunfo que llegué a concluir; gracias por que se que desde donde tú estas me acompañas en todo momento. Gracias por que en tu nombre se hacen muchas cosas y aunque las lágrimas están a punto de brotar en mis ojos, no te defraude; por que sé que si tú vivieras estarías orgulloso de mi triunfo. Te amo papá y nunca pero nunca dejes de interceder en mis decisiones.

A mis hermanos; los cuales fueron pieza fundamental en este camino, por el apoyo recibido, por todos los buenos y malos momentos que hemos pasado

juntos; pero sobre todo por formar una familia, a todos aquellos mi cariño, amor y buenos deseos; **Domingo, Ale y Valente.**

A mi hermana **Basi**; gracias hermanita por entenderme, por apoyarme y nunca dejarme sola en las decisiones que he tenido que tomar a lo largo de mi vida, por esos tristes y bellos momentos que hemos pasado juntas y por lo fuerte que has sido al ir guiando tu vida. Te quiero mucho y recuerda que cuentas conmigo en las buenas y malas.

A mi hermano **Luis**; gracias por todo el apoyo moral y económico que recibí de ti, durante todo el trayecto de mi carrera y por todo el aprecio que me tienes; gracias hermanito por que nunca me has dejado sola y siempre estas conmigo.

A **Santiago San Agustín Pérez**: por el apoyo moral que siempre estuvo presente, a lo largo de este camino y enseñarme que la vida esta llena de obstáculos que hay que superar, con entusiasmo y dedicación.

A mis abuelos

Elena Ávila Velasco e Hilario Canales Ávila: Que con sus sabios consejos y su aporte, han dejado huella; para ellos mi respeto y admiración. Y a aquellos que ya me abandonaron les dedico éste proyecto que está a punto de concluir.

A todos mis tíos, primos, cuñadas, sobrinos y familiares que de alguna manera fueron pieza fundamental en mi carrera, que me brindaron su apoyo sin interés alguno, que depositaron en mí su confianza y me brindaron su amistad incondicional...los quiero mucho.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG.
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIAS.....	V
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE CUADROS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
I. INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	4
HIPOTESIS.....	5
II. REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1 Historia de los hongos.....	6
2.2 Definición de hongos y setas.....	8
2.3 Morfología de hongo seta.....	8
2.3.1 La cutícula.....	9
2.3.2 El sombrero (o píleo).....	9
2.3.3 El himenio.....	10
2.3.4 El pie.....	11
2.3.5 El anillo.....	11
2.3.6 La volva.....	12
2.4 Biología de <i>Pleurotus ostreatus</i>	12
2.4.1 Descripción botánica.....	12
2.4.2 Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i>	13
2.4.3 Ciclo de reproducción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	13
2.4.4 Forma de alimentación de un Hongo.....	14
2.4.5 Ciclo de vida de un hongo.....	14

2.4.6 Estructura de <i>Pleurotus ostreatus</i>	15
2.4.7 Habitación natural de <i>Pleurotus ostreatus</i>	16
2.4.8 Factores de crecimiento.....	16
2.5 Importancia de los hongos.....	17
2.5.1 Importancia Medicinal	17
2.5.2 Composición Química de <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
2.6 Producción de hongos.....	21
2.6.1 Producción mundial.....	21
2.6.2 Producción nacional de <i>Pleurotus ostreatus</i>	22
2.6.3 Localización de la producción de hongos en el país.....	22
2.6.4 Importancia de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el mercado.....	23
2.7 Sustratos para el cultivo de hongos.....	23
2.7.1 Eficiencia Biológica.....	24
2.7.2 Sustratos utilizados en el cultivo de <i>Pleurotus spp.</i>	24
2.8 Descripción del trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	26
2.8.1 Clasificación sistemática.....	26
2.8.2 Descripción botánica.....	26
2.8.3 Condiciones ecológicas y edáficas.....	28
2.8.4 Preparación del suelo.....	29
2.9 Azúcares.....	31
2.9.1 Descripción de los azúcares.....	31
2.9.2 Proceso de producción de azúcar.....	33
2.9.3 Tipos de azúcares.....	33
2.10 Preparación del sustrato.....	38
2.10.1 Pasteurización.....	38
2.10.2 Siembra e inoculación del sustrato.....	40
2.10.3 Incubación del micelio en el sustrato.....	40
2.10.4 Crecimiento y desarrollo de los carpóforos.....	41
2.10.5 Cuidados durante la siembra y la incubación.....	43
2.10.6 La cosecha.....	44

2.11 Plagas y enfermedades.....	44
2.11.1 Plagas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	44
2.11.2 Enfermedades de <i>Pleurotus ostreatus</i>	46
2.11.3 Anomalías no parasitarias.....	48
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1 Localización del área experimental.....	50
3.2 Descripción de las instalaciones.....	50
3.3 Materiales.....	50
3.3.1 Material para tratamientos.....	50
3.3.2 Sustrato.....	50
3.3.3 Material genético.....	50
3.4 Establecimiento del trabajo experimental.....	51
3.5 Variables evaluadas.....	51
3.6 Análisis estadístico.....	52
3.7 Metodología.....	52
3.7.1 Preparación del sustrato.....	52
3.7.2 Pasteurización.....	53
3.7.3 Siembra o inoculación del micelio.....	53
3.7.4 Fase de incubación.....	54
3.7.5 Fase de producción.....	54
3.7.6 Fase de cosecha.....	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	55
4.1 Análisis de varianza.....	55
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. LITERATURA CITADA.....	66

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PAG.
Cuadro 2.1 Composición de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales de <i>Pleurotus ostreatus</i> mg/100 g de peso seco.....	20
Cuadro 2.2 Principales especies de hongos con mayor número de producción mundial, cultivados de 1986 a 1997. (Toneladas x 1000/peso fresco).....	21
Cuadro 3.1 Proporciones de sustrato y azúcar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento.....	51
Cuadro 4.1 Análisis de varianza para diámetro de sombrero.....	55
Cuadro 4.2 Medias para diámetro de sombrero.....	56
Cuadro 4.3 Análisis de varianza para diámetro de pío.....	57
Cuadro 4.4 Medias para diámetro de pío.....	58
Cuadro 4.5 Análisis de varianza para altura de pío.....	59
Cuadro 4.6 Medias para altura de pío.....	60
Cuadro 4.7 Análisis de varianza para peso fresco.....	61
Cuadro 4.8 Medias para peso fresco.....	62
Cuadro 4.9 Medias para Eficiencia Biológica.....	64

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAG.
Figura 2.1 Partes principales de una Seta adulta.....	9
Figura 2.2 Estructura de un hongo.....	16
Figura 2.3 Estructura de la molécula de glucosa.....	32
Figura 4.1 Comparación de las medias de la variable diámetro de sombrero.....	57
Figura 4.2 Comparación de las medias de la variable diámetro de pie.....	59
Figura 4.3 Comparación de las medias de la variable altura de pie.....	61
Figura 4.4 Comparación de las medias de la variable peso fresco.....	63
Figura 4.5 Comparación de los resultados de la variable Eficiencia Biológica.....	64

RESUMEN

La producción comercial de hongos comestibles en México, se localiza en los Estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Michoacán, Guanajuato y Jalisco; se extiende desde el centro de Veracruz, terminando hasta Michoacán (Villegas, 1996).

El presente trabajo se estableció, utilizando un diseño completamente al azar, para la evaluación de la Eficiencia Biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* y parámetros de calidad, en sustrato de paja de trigo, con cinco Tratamientos y cuatro repeticiones; obteniendo en total 20 unidades experimentales; T1: paja de trigo / azúcar morena, T2: paja de trigo / piloncillo, T3: paja de trigo / azúcar blanca, T4: paja de trigo / melaza, T5; paja de trigo (testigo).

Los mejores resultados obtenidos son: En la variable diámetro de píleo o sombrero; T1 (paja de trigo más azúcar morena) con una media de 4.33 cm, para la variable diámetro de pie; T1 (paja de trigo más azúcar morena) con una media de 1.07 cm, en cuanto a la variable altura del pie; T5 (paja de trigo), el cual fungió como testigo, con una media de 3.72 cm, respecto a peso fresco el mejor fue T2 (paja de trigo con piloncillo) con una media de 9.27 gr, para la variable Eficiencia Biológica; el tratamiento superior fue T2 (paja de trigo con piloncillo) con un porcentaje de 181.15%. Con respecto a precocidad en la invasión de micelio y emergencia de los cuerpos fructíferos, el mejor resultado se presentó en el T3 (paja de trigo con azúcar blanca), a los 28 y 32 días respectivamente.

Palabras clave: hongo, *Pleurotus ostreatus*, sustrato, Eficiencia Biológica, azúcares.

I. INTRODUCCION

En América Latina y especialmente en México, el cultivo de hongos 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 aprovechados en su mayoría por diversos sectores de la población indígena y mestiza del país (Villaseñor, 1997).

Los hongos son seres vivos que se encuentran dentro del reino Fungi, están formados por el micelio (parte vegetativa) que se encuentra en el interior del sustrato del que se alimentan, produciendo el cuerpo fructífero o basidiocarpo. Son organismos de gran importancia ecológica y alimenticia, en ellos se ubican a los macromicetos, organismos superiores que presentan estructuras singulares y vistosas, su desarrollo es similar a los demás hongos. Poseen células eucariotas, son heterótrofos, portadores de esporas y carecen de clorofila (Atlas, *et al.*, 1981), existen más de 1000 especies reunidas en 20 clases, su forma de reproducción puede ser sexual o asexual, en base a su tamaño y forma de crecimiento se distinguen los hongos macroscópicos y los microscópicos, dentro de estos comprenden los mohos, levaduras, hongos de interés médico y los hongos fitopatógenos; dentro de los hongos macroscópicos están los hongos comestibles, los alucinógenos, los hongos venenosos (Deacon, 1988).

Las especies de setas que se cultivan, casi siempre tienen forma de paraguas, con un sombrero arriba, más o menos circular y más o menos abierto, y un eje o pie que lo sostiene. En la cara inferior del sombrero, suele haber muchas laminillas verticales dispuestas como los radios de una rueda.

Son como hojitas radiales que van desde el centro, donde esta el pie, hasta el borde del sombrero (García, 2003).

Los carbohidratos se encuentran entre las fuentes de carbono preferidas por las especies de *Pleurotus*. La glucosa, la manosa y la galactosa son buenas alternativas para esta especie (Morales, 2007).

Los azúcares, se caracterizan por su sabor dulce. Pueden ser azúcares sencillos (monosacáridos) o complejos (disacáridos). El azúcar se puede clasificar por su origen (de caña de azúcar o remolacha), pero también por su grado de refinación. Normalmente, la refinación se expresa visualmente a través del color (azúcar moreno, azúcar rubio, blanco), que está dado principalmente por el porcentaje de sacarosa que contienen los cristales. El Azúcar blanco con 99,5% de sacarosa., también denominado azúcar sulfitado. El azúcar morena se obtiene mediante la trituración de la caña de azúcar y contiene todos los nutrientes de la caña de azúcar. Ésta conserva todas sus propiedades nutricionales ya que no ha sido refinada, recibiendo también el nombre de azúcar crudo. Tiene un sabor agradable, y su textura es un poco pegajosa ya que es rica en melaza o “miel de caña”; mientras que el piloncillo o panela es considerada un alimento, que a diferencia del azúcar, que es básicamente sacarosa, presenta además significativos contenidos de glucosa, fructosa, proteínas, minerales como el calcio, el hierro y el fósforo y vitaminas como el ácido ascórbico. La melaza es un producto líquido espeso derivado de la caña de azúcar y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares. Su aspecto es similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce ligeramente similar al del regaliz. Nutricionalmente presenta un altísimo contenido en hidratos de carbono además de vitaminas del grupo B y abundantes minerales, entre los que destacan el hierro, cobre y magnesio. Su contenido de agua es bajo.

En México se siembra trigo en casi todos los Estados de la República y se adapta tanto a tierras pobres de nutrientes, como a tierras ricas, zonas

húmedas, semihúmedas y secas, el cual se utiliza con fines alimenticios, forrajeros y en este caso para la producción de hongo *Pleurotus ostreatus*.

OBJETIVOS

General

- Determinar la Eficiencia Biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*, desarrollado en sustrato de paja de trigo, con aplicación de cuatro azúcares.

Individual

- Evaluar la precocidad del hongo *Pleurotus ostreatus* desarrollado en paja de trigo en tratamientos diferentes, como alternativa de producción.
- Obtener parámetros de calidad para fines de producción y comercialización del hongo *Pleurotus ostreatus*.

HIPOTESIS

- Existe diferencia en producción y precocidad en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, mediante la aplicación de azúcares.
- La Eficiencia Biológica, es diferente aplicando azúcares al sustrato, siendo mas alta en los tratamientos tratados con azúcares que en el tratamiento que no lo lleva.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Historia de los hongos

Desde tiempo inmemorial, los hongos han despertado nuestro interés no solo por su diversidad de formas y colores, o por su repentina y misteriosa forma de manifestarse en el campo, sino también por otras importantes razones como su amplia gama de propiedades - desde venenosas a beneficiosas- y por deliciosas razones culinarias (Gea *et al*, 1997).

El cultivo de los hongos comestibles, comenzó en Francia a mediados del siglo XVI, cuando productores de melones observan que el champiñón (*Agaricus bisporus*) desarrollaba sobre composta usada, procedente de las camas calientes del cultivo de melón y que nacían más frecuentemente cuando regaban previamente el estiércol con el agua utilizada para lavar los hongos (Vedder, 1991).

En América Latina y especialmente en México, el cultivo de hongos 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 aprovechados en su mayoría por diversos sectores de la población indígena y mestiza del país (Villaseñor, 1997).

Un investigador con más de 40 años en el campo de la micología y quien actualmente desarrolla el proyecto *Hongos de Veracruz*, con el apoyo de la CONABIO, señala que de las "140 mil especies de hongos que se calcula viven en México, solamente se conoce el 4.5%", siendo Veracruz el estado con mayor riqueza de hongos y en el que más estudios se han realizado (Guzmán, 1994).

En México 205 especies de hongos son comestibles, y en su mayoría crecen en los bosques de coníferas, en los tropicales y en el mesófilo de montaña. La mayoría de estas especies se relacionan con las raíces de los árboles en una asociación denominada micorrízica, en la que tanto el hongo como el árbol reciben beneficios mutuos. La relación micorrízica árbol-hongo implica un intercambio de nutrientes: el hongo recibe de las células de la raíz del árbol las sustancias nutritivas que le son benéficas para su desarrollo, en tanto que el árbol logra aumentar la superficie de absorción de sus raíces y se vuelve más resistente a las plagas o a las sustancias tóxicas presentes en el suelo. Existen especies de hongos comestibles como *Armillaria mellea* y *Armillariella polymyces* que son especies parásitas que atacan y pudren las raíces de los encinos, los almendros y los cítricos; otras especies comestibles correspondientes a los géneros *Pleurotus* y *Lentinus* destruyen la madera y abundan en los troncos húmedos tirados en el bosque o en los aserraderos y madererías (Villareal,1994).

Los hongos comestibles silvestres mexicanos tienen muy buena aceptación en los mercados nacionales e internacionales, por lo que su demanda tiende a incrementarse. Esto se refleja, por un lado, en que surgen nuevas empresas que invierten en la adquisición de tecnología avanzada para el cultivo de hongos, ya que muchas de las especies comestibles (sobre todo las especies parásitas o las que viven en los troncos en descomposición) se pueden cultivar en desechos industriales y agrícolas. *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus*, conocidos como champiñón y setas respectivamente, son especies que se cultivan en México desde hace ya algún tiempo con muy buen éxito. Por otro lado, para atender la demanda en mercados extranjeros la explotación de los hongos silvestres se ha intensificado en los últimos años (Guzmán, 1994).

En 1974 por primera vez se cultivó en Cuajimalpa una especie de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, el cultivo de este hongo se origina a raíz de la compra de cuatro pacas de paja de trigo previamente inoculadas, las cuales fueron adquiridas por el Sr. Cano Faro en Europa. Se trasladaron por avión a México, donde se incubaron y desarrollaron sus primeras fructificaciones. La venta de este hongo era difícil, ya que poca gente lo conocía (CONACYT, 1991).

2.2 Definición de hongos y setas

Los hongos son seres microscópicos o macroscópicos, que habitan en varios materiales orgánicos, a los cuales descomponen para así alimentarse (Guzmán, 1978).

Los hongos son organismos carentes de clorofila, de soma o cuerpo verdadero, generalmente filamentoso, provisto de paredes celulares y núcleos verdaderos y reproducción por medio de esporas. No pueden elaborar sus propios alimentos orgánicos como azúcares, almidones, proteínas y grasas, por tal razón deben vivir en residuos vegetales o animales en forma saprofita, parasita o simbiótica (Romero, 1993) y están formados por numerosos hilos finísimos cuyo conjunto se denomina micelio (García, 2003).

Las setas son la parte externa de ciertos hongos que crecen en diversos ambientes (tierra, arboles, residuos, etc.)(García, 2003).

En el momento en que la humedad y la Temperatura son las adecuadas, en ciertas partes del micelio se forman unos grumos o apilamientos que van aumentando de tamaño, asoman al exterior y se convierten en las conocidas setas, cuya misión es la reproducción de la especie (García, 2003).

2.3 Morfología del Hongo seta

A partir del micelio subterráneo se forma una masa esférica llamado primordio o huevo; el cual al romperse por la presión interior, deja salir el sombrero y parte superior del pie de la fruta de la seta, para finalmente, al término del desarrollo, dar lugar a una seta cuyas partes constituyentes son:

sombrero (o píleos), escamas, cutícula, himenio, pie (estilete), anillo y volva (Diego, 1979; Guzmán, 1980).

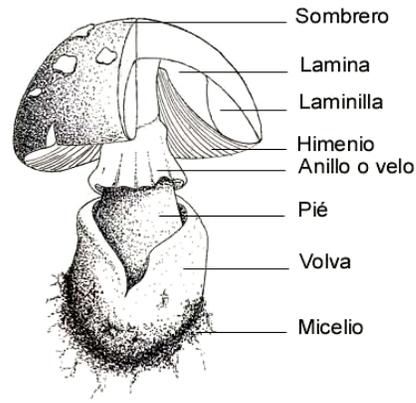


Figura 2.1 Partes principales de una Seta adulta. Fuente (Diego, 1979; Guzmán, 1980).

2.3.1 La cutícula

Es la membrana exterior que cubre el sombrero y pie. Esta 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; esta fuertemente adherida al sombrero o es fácilmente separable del mismo, puede tener estrías, surcos círculos concéntricos, escamosos (Diego, 1979).

2.3.2 El sombrero (o píleo)

El píleo, también llamado sombrero, es la parte mas 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*; acampanados 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).

2.3.3 El himenio

El himenio puede desarrollarse como una cubierta por la superficie del hongo, adaptándose a la forma de este: lisa, en copa, alveolos, prolongaciones, ramificaciones, pliegues (García, 1976).

El himenio es frecuente que se localice 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 alveolos, agujones 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 mas simple puede ser liso como en *peziza*; formando pliegues como en *Cantharellus*; en laminas como en *Agaricales*, en púas o agujones como en *Sarcodón*, en tubos como en *Boletus* (Perala, 1973; Diego, 1979).

La disposición del himenóforo puede estar distanciada del pie, pero sin tocar a este, se nombra por separado; puede estar confluyente con el pie, 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 de himenóforo, denominándose adherido; a veces presenta un entrante en la proximidad del pie, siendo por lo demás parecido al anterior, llamándose en este caso escotado; por ultimo se puede aparecer recubriendo una gran parte del pie y se llama decurrente (Diego, 1979; Guzmán, 1980).

2.3.4 El pie

El pie de la seta suele ser corto, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Su inserción suele ser algo lateral y su dirección algo oblicua. Tanto su forma como su longitud, dependen mucho de la situación del hongo. Si crecen varios juntos, formando repisas laterales superpuestas, los pies están unidos unos a otros; son cortos y están cerca de un lado del borde de los sombreros que suelen tener forma de abanico o riñón. Pero si crecen aislados, sobre una superficie horizontal, o si hay demasiada humedad, el pie puede ser largo, central y el sombrero circular (García, 2003).

El pie es la parte de la seta que sostiene al sombrero, también llamado estípote, está formado por hifas dispuestas generalmente en haces paralelos, aunque también pueden estar entrecruzados sin orden alguno. En cuanto a su estructura, lo más general es que sea fibrosa, pero a veces puede aparecer como granulosa, tal es el caso de las *Rusulas*. Finalmente puede ser el pie frágil o elástico y estar fusionado con el sombrero o por el contrario, quedar relativamente independizado, siendo en este caso fácilmente separable (Diego, 1979).

2.3.5 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 parecer tienen una membrana entre el borde del sombrero y la zona media del pie, para proteger el himenio. Al desarrollarse el sombrero, se rompe la membrana, quedando los residuos alrededor del pie y es lo que se llama anillo (Perala, 1973).

2.3.6 La volva

Cuando el velo general que cubre la mayoría de las especies de hongos, se rompe para dejar pasar el sombrero, pueden pasar dos cosas; que desaparezca o que queden restos al pié, por lo tanto el saco o la funda que envuelve a la base del pie, recibe el nombre de volva. Pueden ser en forma de saco o en forma de granulaciones cuadradas que cubren la base del pie formando círculos.(www.terra.es/personal2/jaumecarles/pagina_nueva_16.htm).

2.4 Biología de *Pleurotus ostreatus*

2.4.1 Descripción botánica

Se trata de una seta bastante variable. Su sombrerillo o parte superior tienen un tamaño que depende de la edad y de las condiciones mas o menos favorables en que ha crecido el hongo, oscilando entre los 5 y 20 cm de diámetro, aunque pueden encontrarse ejemplares mas grandes. La forma también depende de la edad, pues al principio es redondeada y abombada, pero luego, a medida que se va abriendo y ensanchando el sombrero, se hace cada vez menos convexa y se aplana. Después el borde se va levantando y el conjunto acaba teniendo concavidad como un plato (García, 2003).

La superficie es lisa y generalmente uniforme. En cuanto al color puede variar desde el gris claro al gris oscuro de tono violáceo o azulado, y desde color café con leche o pardo. Las variedades que crecen en los meses templados son más parduscas y claras. Algunas variedades pueden presentar tonos verdosos o azul-verdosos muy llamativos. En general, con el paso del tiempo o después de lluvias muy intensas el color va palideciendo en todas las variedades y acaba tomando tonos amarillentos sucios (García, 2003).

En las laminillas dispuestas radialmente, que van desde el pie o tallo que lo sostiene hasta el borde del sombrero, ubicadas en el hongo, están separadas unas de otras, las cuales son de color blanco o ligeramente crema. En ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Las esporas vistas al microscopio, son alargadas, casi cilíndricas y miden de 7

a 11,5 x 3 a 5,6 micras. Cuando se depositan en masa forman un polvillo harinoso de color blanco con tono lila-grisáceo (García, 2003).

El pie de la seta suele ser corto, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Su inserción suele ser algo lateral y su dirección oblicua. Tanto su forma como su longitud dependen mucho de la situación del hongo. Si crecen varios juntos, formando repisas laterales superpuestas, los pies están unidos unos a otros, son cortos y están cerca de un lado del borde de los sombreros que suelen tener forma de abanico o riñón. Pero si crecen aislados, sobre una superficie horizontal, o si hay demasiada humedad, el pie puede ser largo, central y el sombrero circular (García, 2003).

La carne del sombrero es tierna al principio y después correosa, color blanca, el olor algo fuerte. Mientras que la carne del pie es mucho más consistente, pero también es blanca (García, 2003).

2.4.2 Taxonomía de *Pleurotus ostreatus*

Taxonomía de *Pleurotus ostreatus* según Romero (1993).

Subdivisión: Eumicotina

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Homobasidiomicetidae

Orden: Agaricales

Familia: Agaricaceae

Genero: *Pleurotus*

Especie: *Ostreatus*

Nombre científico: ***Pleurotus ostreatus***

2.4.3 Ciclo de reproducción de *Pleurotus ostreatus*

Los hongos se reproducen sobre todo por medio de esporas, las cuales se dispersan en un estado latente, la espora germina, surgiendo de ella una

primera hifa, por cuya extensión y ramificación se va constituyendo un micelio (Wikimedia Foundation, Inc.).

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 esporas, después germinan originando un micelio primario llamado monocarion; este se fusiona con otro micelio monocarion compatible por medio de la plasmogamia, dando origen a un micelio secundario o dicarion (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 compartimento 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 himenio terminara la reproducción sexual con la formación de basidiosporas en los basidios (Velásquez, 1995).

Los hongos pueden reproducirse por esporulación, que es el método mas frecuente en la reproducción asexual, en el cual se forman los elementos designados con el nombre de esporas; estas se forman en cualquier sitio del micelio, separadas unas de otras, o pueden quedar agrupadas, dispuestas de manera constante, constituyendo cuerpos fructíferos denominados esporóforos (Herrera, *et al.*, 1998).

2.4.4 Forma de alimentación de un hongo

Los hongos, son organismos heterótrofos, porque no son capaces de fabricar su alimento, estos absorben los nutrientes a través de las hifas, las cuales producen una sustancia, llamada enzima, las cuales son las encargadas de descomponer la materia orgánica en sustancias muy pequeñas que pueden ser absorbidas por el hongo (Microsoft Encarta, 2009).

2.4.5 Ciclo de vida de un hongo

Fase de Germinación: Los hongos se reproducen mediante la formación de unas semillas muy pequeñas denominadas esporas. Hay dos tipos de

esporas: espora + y espora -. Cuando las esporas caen en un lugar con humedad y comida suficientes, germinan y forman un pequeño tubo o filamento que recibe el nombre de hifa. El filamento está formado por varias células que se sitúan una a continuación de otra.

Crecimiento de la hifa: Las hifas crecen y se dividen, formando una red de hifas debajo del suelo que recibe el nombre de micelio.

Unión de las hifas: Dos hifas pertenecientes al mismo micelio o, más frecuentemente, a micelios distintos se unen para formar un nuevo micelio, que contiene dos núcleos, uno procedente de una hifa y el otro de la otra.

Formación de la seta: Cuando las condiciones ambientales son adecuadas, el micelio forma el cuerpo fructífero o la seta, que es la encargada de producir las esporas. La seta es algo parecido al fruto del hongo.

Liberación de las esporas: Las esporas se dispersan por el viento y el ciclo reproductor se inicia de nuevo (Microsoft Encarta, 2009).

2.4.6 Estructura de *Pleurotus ostreatus*

A excepción de las especies unicelulares, la mayoría de los hongos están constituidos por filamentos tubulares que reciben el nombre de hifas. Cada hifa está rodeada por una pared celular que normalmente contiene quitina. La mayoría de las hifas no están divididas en células separadas y los núcleos y orgánulos están esparcidos por todo el citoplasma. Sin embargo, algunas hifas pueden estar divididas por tabiques llamados septos, pero, incluso en estas hifas, los septos poseen unos poros que permiten el movimiento de orgánulos dentro de la hifa. Las hifas crecen por alargamiento de las puntas y también por ramificación. La proliferación de hifas, resultante de este crecimiento, se llama micelio. Cuando el micelio se desarrolla puede llegar a formar grandes cuerpos fructíferos, tales como las setas u otras estructuras que contienen esporas reproductoras. Normalmente, los cuerpos fructíferos son la parte más visible del hongo y suelen crecer por encima del suelo o de otras superficies, de manera que las esporas pueden ser dispersadas por las corrientes de aire o mediante otros mecanismos. Por el contrario, el micelio normalmente permanece

enterrado. Por ejemplo, el micelio de una seta está encerrado bajo el suelo, mientras que el cuerpo fructífero, la estructura en forma de paraguas, brota por encima del suelo tal como se muestra en la (figura 2.2) (Microsoft Encarta, 2009).

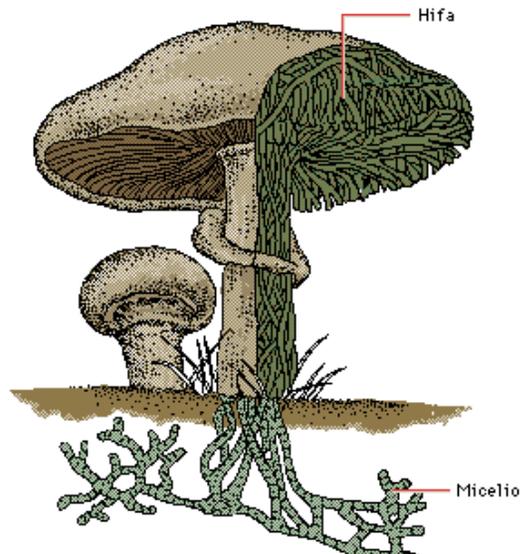


Figura 2.2 Estructura de un hongo. Fuente (Microsoft Encarta, 2009).

2.4.7 Habitación natural de *Pleurotus ostreatus*

Es una especie que suele encontrarse en los bosques de nuestro país, sobre todo en la mitad septentrional, al llegar el otoño. En sitios húmedos puede encontrarse también en otras épocas del año. Prefiere la base de los troncos de arboles de hoja ancha (frondosos), pero también crece sobre arboles y tocones de otras clases, incluso sobre arbustos como retamas (García, 2003).

2.4.8 Factores de crecimiento

En cuanto al crecimiento del hongo, bien sea en la tierra, en la madera o en el medio de cultivo, requiere de la existencia de nutrientes adecuados que puedan ser aprovechados por las hifas del micelio; además, la temperatura y la humedad del sustrato ha de ser las convenientes para la especie de que se trate. Cuando ya se forman las setas, su crecimiento requerirá también una

temperatura y humedad adecuadas, así como aire que aporte el oxígeno necesario y, en algunos casos, cierta cantidad de luz (García, 2003).

El hongo para su subsistencia y reproducción requiere de alimento, proporcionado por el sustrato adecuado, humedad proporcionada por el agua del sustrato y del ambiente (humificación, riegos), temperatura, controlada en el sustrato y en el ambiente (calefacción, refrigeración), oxígeno proporcionado por el aire (ventilación), luz natural o artificial. Defensa contra competidores, enfermedades y plagas, proporcionada mediante tratamiento térmico del sustrato, desinfección de locales, tratamientos con pesticidas (García, 2003).

2.5 Importancia de los hongos

2.5.1 importancia medicinal

En la actualidad a través de las setas se siguen buscando alternativas para la cura de algunas enfermedades mortales, 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 (Cruz, 2000).

Las setas que han sido comprobadas para utilizarlas en las prácticas alternativas de la medicina son: el Shii-take (*Lentinus edodes*), el Rishi (*Ganoderma lucidum*), entre otros. El *Pleurotus ostreatus* tiene importancia medicinal en que combate tumores en los animales (Cruz, 2000).

La seta llamada Shii-take (*Lentinus edodes*), desde hace siglos se ha cultivado en grandes cantidades sobre troncos en los países Orientales de Asia, donde es tan consumida como el Champiñón en Europa, la mayor parte de la producción se obtiene en China y Japón, países que disputan el origen del cultivo (en un libro chino de 1313, ya se describía), pero la agresividad comercial de las empresas japonesas y una propaganda bien manejada sobre sus cualidades nutritivas y medicinales (afirman que es antitumoral, vigorizante, estimulador del sistema inmunitario, capaz de rebajar el colesterol y la tensión

sanguínea, etc.) han hecho que actualmente se vaya extendiendo su consumo y su cultivo en muchos países occidentales (García, 2003).

De acuerdo con la sabiduría oriental, las setas previenen la hipertensión y la arterioesclerosis. Proporcionan longevidad y vigorizan el organismo, ayudando a las personas a recuperarse de la fatiga, previenen las crudas después de la borrachera, evitan el estreñimiento, y fortalecen las capacidades sexuales (Breene, 1990).

Se ha demostrado a nivel experimental con ratas de laboratorio que el consumo frecuente de setas disminuye el nivel de ácidos grasos en la sangre y el colesterol en el hígado, por otro lado en otros experimentos se detectó un aumento en la relación fosfolípidos-colesterol lo cual sugiere un efecto antiaterogénico favorable, es decir que puede ayudar a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares lo cual también podría ocurrir en seres humanos (Bobek, *et al*; 1990, Opletal, *et al*; 1997).

2.5.2 Composición Química de *Pleurotus ostreatus*

La importancia de las setas (hongos comestibles) no solo se debe a su valor culinario, sino también a su potencial como una fuente de proteína que puede enriquecer la dieta humana. Se dice que un Kilogramo de setas frescas iguala en cantidad de proteínas a una libra de carne de res. Además de su contenido proteico y de su bajo contenido de colesterol, las setas son una excelente fuente de vitaminas del complejo B, como la tiamina (Vitamina B1), riboflavina (Vitamina B2), ácido nicotínico y ácido pantoténico. Las setas también contienen vitaminas C y vitamina K. las vitaminas A y E están presentes solamente en muy pequeñas cantidades. Los contenidos de Vitamina D y niacina casi equivalen a los niveles encontrados en la carne de res y cerdo. Son, de igual manera, una rica fuente de minerales como el hierro, potasio, fósforo, calcio y magnesio, entre otros; también contienen ácido fólico, un ingrediente enriquecedor de la sangre que previene la deficiencia de los glóbulos rojos.

En cuanto al valor alimenticio hay que advertir que su contenido de agua es muy alto (90-95%) aumentando con la edad y disminuyendo por estancia en frigorífico. Como cifras orientadoras es posible decir que en 100 gr de *Pleurotus ostreatus* fresco hay además del agua: 0.2 a 0.3 gramos de grasas, 0.5 a 1 gr de compuestos minerales (García, 1985).

El contenido de fibra dietética aproximado en los cuerpos fructíferos secos de esta seta es de: 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).

Proteínas; Los cuerpos fructíferos de los *Pleurotus* o setas, que son las partes comestibles, son una excelente fuente de proteína de calidad, el porcentaje en peso seco puede variar entre (10 y 30%) aunque puede llegar a ser hasta el 40%. En su contenido, están presentes todos los aminoácidos esenciales donde los que predominan son la alanina, el ácido glutámico y la glutamina, además presenta Leucina, Isoleucina, Valina, Triptófano, Lisina, Treonina, Histidina y Arginina (Breene, 1990).

Carbohidratos; 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, metilpentosas y amino-azúcares como la quitina (Breene, 1990).

Lípidos; *Pleurotus ostreatus* contiene del 3 al 5% lípidos en peso seco. La grasa cruda contenida en este tipo de hongos es mayor en el estípite que en el pileo y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroles, esterolésteres y fosfolípidos. En general, los lípidos de tipo neutro, constituyen de 20 a 30% del total, los glicolípidos un 10% y los fosfolípidos del 60 al 70%. El ácido linoléico es el que más abunda (hasta un 80% del total de ácidos grasos) y la fosfatidil-etanolamina, son los principales fosfolípidos (Breene, 1990).

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 7.8 mg/100 g. riboflavina 4.7 a 4.9 mg/100 g. y niacina 55 a 109 mg / 100 g. todo en peso seco. Los contenidos de ácido ascórbico (Vitamina C) son muy altos, hasta de 36 a 58 mg/100 g. del peso seco por lo que pueden ser una buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales (Kang *et al.*, 1998) citados por Chang y Miles (1989).

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 esa vitamina, muy importante para la absorción de calcio, fundamental para el buen desarrollo de huesos y dientes (Breene, 1990).

Minerales; Los hongos absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados. En el caso de *Pleurotus*, se han encontrado, buenas cantidades de zinc, cobre, magnesio y fósforo. Una proporción media de hierro, manganeso y potasio. El calcio, aluminio y sodio se presentan en pequeñas cantidades, también se han encontrado residuos de arsénico y mercurio (Breene, 1990).

Cuadro 2.1 Composición de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales de *Pleurotus ostreatus* mg/100 g de peso seco.

Aminoácidos (mg)		Vitaminas y minerales (mg)	
Leucina	390-610	Tiamina (B ₁)	4.8-7.8
Isoleucina	266-267	Niacina	55-109
Valina	309-326	Riboflavina (B ₂)	4.7-4.9
Triptófano	61-87	Acido ascórbico	36-58
Lisina	250-287	Ca	33
Treonina	264-290	P	1348
Histidina	87-107	K	3793
Arginina	306-334	Fe	15.2
Total	2239 – 2638	Na	837

Fuente: Li y Shu-Ting (1982); y Crisan y Sands (1978) citado por Chang, *et al*, 1989).

2.6 Producción de Hongos comestibles

2.6.1 Producción mundial

Aunque el champiñón *Agaricus bisporus* ocupe el primer lugar, tanto las setas *Pleurotus spp* como el Shiitake u hongo Japonés *Lentinula edodes* compiten por el segundo y tercer lugar en la producción mundial del comercio de hongos comestibles. Es probable que esta producción de setas continúe incrementándose en el corto plazo por las siguientes razones: 1) existe un gran número de especies potencialmente cultivables; 2) las tecnologías de producción son relativamente sencillas y de baja inversión; 3) se han desarrollado cepas comerciales con amplio rango de temperaturas de fructificación y sustratos de cultivo; 4) Las fructificaciones son bien aceptadas por los consumidores en muchos países (Bano y Rajarathnam, 1989, Martínez - Carrera 1998, Chang 1999).

Cuadro 2.2 Principales especies de hongos con mayor número de producción mundial, cultivados de 1986 a 1997. (Toneladas x 1000/peso fresco).

Especie	1986		1997		Incremento (%)
<i>Agaricus bisporus</i>	1,227	(52.2%)	1,956	(31.8%)	54.9
<i>Lentinula edodes</i>	314	(14.4%)	1,565	(25.4%)	398.1
<i>Pleurotus spp.</i>	169	(7.7%)	876	(14.2%)	418.3
<i>Auricularia spp.</i>	119	(5.5%)	485	(7.9%)	307.6
<i>Volvariella volvacea</i>	178	(8.2%)	181	(3.0%)	1.7
<i>Flammulina velutipes</i>	100	(4.6%)	265	(4.6%)	130.0
<i>Trimella fucimorfis</i>	40	(1.8%)	130	(2.1%)	225.0
<i>Hypsizygus marmoreus</i>	---	---	74	(1.2%)	---
<i>Pholiota nameko</i>	25	(1.1%)	56	(0.9%)	124.0
<i>Grifola frondosa</i>	---	---	33	(0.5%)	---

Otros	10	(0.5%)	518	(8.4%)	5,080.0
Total	2,182	(100%)	6,158	(100%)	182.2

Fuente: Chang (1999).

2.6.2 Producción nacional de *Pleurotus ostreatus*

El cultivo de hongos en México a evolucionado, a diferencia de otros países donde se ha desarrollado como un negocio netamente privado, bajo dos vertientes principales: el desarrollo industrial privado y la producción rural por el sector social, esta última es la más reciente, ya que se generó a partir de 1989 mediante el desarrollo del modelo sostenible de producción rural de hongos comestibles (Martínez - Carrera *et al.*, 1998).

Es importante señalar que las setas, como se conoce comercialmente a los hongos de Género *Pleurotus*, solo representan cerca de 4.62% de la producción comercial de hongos comestibles en México (Martínez – Carrera, *et al.*, 1991).

En 1990, la producción anual estimada de setas en México fue de 365 t (Martínez - Carrera *et al.*, 1993). A partir de este año la producción comercial de setas se incrementó notablemente, alcanzando alrededor de 1825 t en 1997, lo que representó un incremento de 413% durante ese periodo (Sobal *et al.*, 1997). La tendencia se mantuvo, alcanzando una producción nacional estimada de 2,190 t en 2005 (Rodríguez, 1998).

2.6.3 Localización de la producción de hongos en el país

La producción comercial de hongos en México, se localiza en los Estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Michoacán, Guanajuato, y Jalisco; siguiendo una franja geográfica que se extiende desde el centro de Veracruz, terminando hasta Michoacán (Villegas, 1996).

Algunos elementos que permiten explicar la distribución de la producción honguera comercial en tal arreglo geográfico son: la tradición micófila, y la existencia de mercados regionales localizados; la presencia de climas propicios para el cultivo de hongos; y la existencia de centros de investigación

en varios de los Estados mencionados, que han actuado como núcleos de difusión del conocimiento micológico (Villegas, 1996).

2.6.4 Importancia de *Pleurotus ostreatus* en el mercado

A pesar de haber sido cultivado de manera comercial por menos de 30 años en México, el *Pleurotus ostreatus* se ha destacado por una rápida aceptación en el mercado y un crecimiento rápido de la industria (Martínez-Carrera, *et al.*, 1999)

Tiene diferentes presentaciones como producto fresco en el mercado; a granel o en pequeños contenedores de cartón o plástico. Se comercializa generalmente, en cuatro presentaciones en: racimos, como setas grandes, pequeñas y como hongos de pequeña clase (Villegas, 1996).

2.7 Sustratos para el cultivo de hongos

El material sobre el cual el micelio crece, es denominado “sustrato”. Las propiedades (físico-químicas) de un sustrato determinan que hongos (y que microbios) pueden crecer en él. Es importante mencionar que algunos hongos pueden usar un rango amplio de sustratos mientras que otros son muy selectivos. La selectividad de un sustrato depende de los nutrientes disponibles en él, su acidez, la actividad microbiana que soporta, su capacidad de aireación, contenido de agua, etc. (López, 1995).

Los hongos se alimentan de azúcares, dependiendo desde el punto de vista bioquímico y ecológico, la importancia de los hongos está en el sistema enzimático que contienen, el cual les permite, según la especie, degradar moléculas de alto peso molecular como son: celulosa, lignina y quitina, obteniendo energía para realizar sus procesos vitales, este tipo de moléculas se encuentra en esquilmos agrícolas, desechos vegetales, su estructura química les permite permanecer en la intemperie por largos periodos sin ser degradados o sufrir cambios, dentro de los esquilmos agrícolas se han obtenido buenos rendimientos del hongo *Pleurotus ostreatus* en pajas de trigo, sorgo, maíz y olote, pulpa de café, 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, tamo de maíz, pimienta, canela, zacate limón, cardomomo, (Sobal *et al.*, 1993), la selectividad de un sustrato depende de los nutrientes, acidez, capacidad de aireación, contenido de agua, etc. disponible en el (López, 1995).

2.7.1 Eficiencia Biológica

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

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

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

$$\text{PSS} = \text{Peso del sustrato} - \text{Peso seco del sustrato}$$

2.7.2 Sustratos utilizados en el cultivo de *Pleurotus spp.*

Se elaboraron dos mezclas en proporciones 1:1 con bagazo de caña de azúcar, mas paja de cebada y bagazo de caña con pulpa de café utilizando una cepa (CP-15). En la primera mezcla se obtuvo una EB del 65% con un total de dos cortes, en la segunda del 97% con un total de cuatro cortes y en el bagazo de caña puro, la EB fue de 14.15%, concluyendo que las mezclas fueron mejores que el bagazo de caña (Martínez – Carrera, *et al.*, (1990).

Se utilizo como sustrato el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), viruta de encino (*Quercus sp.*) y bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) en el cultivo de hongo comestible (*Pleurotus djamour*). Estableció 4 tratamientos con 4 repeticiones: T1: Zacate buffel mas papel periódico y se agrego como suplemento 15 gramos de harina de trigo, obteniendo una Eficiencia Biológica (EB) de 58.7% T2: Zacate Buffel se agrego 15 gramos de trigo obtuvo una (EB) de 54%; T3: Viruta de encino utilizando como suplemento 24 gramos de

levadura, 22 gramos de harina de maíz, 9 gramos de fosfato de calcio, obteniendo una EB de 26%; T4: Bagazo de henequén, mas como suplemento 15 gramos de nitrato de amonio obtuvo una (EB) de 0% (Gaitán, 1993).

Se utilizaron como sustratos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, la cascara del fruto del cacahuate (*Arachis hipogaea*), la hoja seca de maíz (*Zea mays*) mezclándose con una relación de 2:1, la cascara de cacahuate logro 85.44% de EB; la hoja seca de maíz obtuvo una EB de 144.85% y la mezcla en relación 2:1 alcanzo 95% de EB. Bernabé y Arzeta, (1994) citado por Rodríguez, (1996).

Se utilizaron los residuos de orégano en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* después de la destilación para la extracción de aceite esencial. La producción alcanzo una EB de 117.31%. La temperatura máxima durante el cultivo fue de 24°C con un mínimo de 19°C (Téllez, *et al.*, (1991) citado por Rodríguez, (1996).

Se utilizo la vaina del frijol en el cultivo de *P. ostreatus*, se obtuvo una EB de 75% con un total de 3 cortes (Bautista, *et al.*, (1991) citado por Rodríguez, 1996).

Se utilizo el bagazo de henequén fermentado, en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, obteniendo una EB de 51.46%. En el trabajo se concluye que el bagazo de henequén fermentado es adecuado para la producción de esta seta (Burgos *et al.*, (1993) citado por Rodríguez (1996).

Se utilizo el rastrojo de haba, rastrojo de maíz y paja de cebada en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* con 2 cepas (CP-15 y CP-26). La EB en rastrojo de haba fue de 99.8 a 137.6%, de 113.5 a 118.0% en rastrojo de frijol, y de 62.9 a 78.1% en la paja de cebada. (Sobal *et al.*, 1993).

Naranjo *et al.*, (1998). Usaron corteza de pino con paja de frijol en el cultivo de *Pleurotus spp.* Mezclándolos en diferentes porcentajes mediante seis tratamientos. El T1 fue de 100% paja mas 0% de corteza, obteniendo una EB de 150%; en el T2 se mezcló 80% paja mas 20% corteza, resultando una EB de 128%; en el T3 se combino 60% de paja mas 40% de corteza,

obteniendo una EB del 88%; en el T4 la mezcla fue de 40% paja mas 60% de corteza, obteniendo 50% de EB; en el T5 la combinación fue de 20% paja mas 80% corteza obteniendo una EB de 18.4%; y por ultimo T6 fue de 100% corteza, resultando una EB de 7.3%.

Bernabé *et al.*, (1993) citados por Rodríguez (1996), probaron la fibra del fruto de coco (*Cocos nucifera*) en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, mezclándolo con la pulpa de café en proporciones de 1:1 y 1:2, con diferentes periodos de fermentación; en la fibra de coco la EB fue de 80.6%; para la proporción 1:1 la máxima EB fue de 120.5% a los 5 días de fermentación; y, para la proporción 1:2 la EB fue de 152% a los tres días de fermentación.

2.8 Descripción del Trigo (*Triticum aestivum* L.)

2.8.1 Clasificación sistemática

Los géneros *Triticum*, *Aegilops*, *Agropyrum*, *Haynaldia* y *Secale*, se agrupan dentro de la subtribu *Triticeae* (=Hordeae), familia *Gramineae*, Orden *Glumiflorae*, clase *Monocotyledoneae*. La subtribu *Triticeae* no solo ha sido importante desde el punto de vista económico, por que comprende géneros tales como *Triticum*, *Secale* y en menor grado *Agropyrum*, sino también por los problemas filogenéticos que plantean este grupo de géneros taxonómicamente emparentados (Robles, 1990).

2.8.2 Descripción botánica

Cuando una semilla de trigo germina, emite la plúmula y produce las raíces temporales. Las raíces permanentes nacen después de que emerge la plántula en el suelo, estas nacen de los nudos que están cerca de la superficie del suelo, que son las que sostienen a la planta en el aspecto mecánico y en la absorción del agua y los nutrientes del suelo hasta su maduración (Robles, 1990).

El tallo del trigo crece de acuerdo con las variedades, normalmente de 60 a 120 cm, sin embargo; en la actualidad existen trigos enanos que tienen una altura de 25 a 30 cm. y trigos muy altos de 120 a 180 cm. que dan una relación

paja-grano muy alta y viceversa para los trigos enanos. Desde el punto de vista comercial, los trigos semi-enanos de 50 a 70 cm son los más convenientes.

El número de hojas varía de 4 a 6 y en cada nudo nace una hoja, excepto los nudos que están debajo del suelo que en lugar de hojas producen brotes o macollos. Ésta se compone de vaina y limbo o lamina, entre estas dos partes existe una parte que recibe el nombre de cuello de cuyas partes laterales salen unas prolongaciones que se llaman aurículas y entre la separación del limbo y el tallo o caña existe una parte membranosa que recibe el nombre de lígula. La hoja tiene una longitud que varía de 15 a 25 cm. y de 0.5 a 1 cm. de ancho (Robles, 1990).

La espiga del trigo, está formada de espiguillas (manita) dispuestas alternadamente en un eje central denominado raquis. Las espiguillas contienen de 2 a 5 flores que posteriormente formaran el grano que queda inserto en la lemma (envoltura exterior del grano que en algunas variedades tiene una prolongación que constituye la barba o arista), y la palea o envoltura exterior del grano. La primera y segunda flor, está cubierta exteriormente por las glumas. En algunas variedades de trigo, la lemma queda casi totalmente cubierta por la gluma, mientras que en otras; la gluma solo cubre aproximadamente dos terceras partes de la lemma. No todas las flores que contienen la espiguilla son fértiles, de aquí que el número de granos por espiguilla, varía desde dos hasta cuatro. El número de espiguillas varía de 8 a 12 según sean las variedades y la separación entre ellas es variable también, lo que da la longitud total de la espiga. La flor del trigo se compone de un estigma y alrededor nacen las anteras que tienen un filamento que se alarga conforme va desarrollándose el estigma hasta que adquiere un aspecto plumoso que es precisamente cuando se encuentra receptivo. Cuando llega a este estado, las anteras están próximas a reventarse soltando el polen sobre el estigma. La polinización se efectúa en su mayor parte estando las anteras dentro de la palea y la lemma (Robles, 1990).

Fruto. El fruto empieza a desarrollarse, después de la polinización, alcanzando su tamaño normal entre 30 a 45 días. El fruto es un grano o

cariópside de forma ovoide con una ranura o pliegue en la parte ventral; en un extremo lleva el germen y en el otro tiene una pubescencia que generalmente le llaman brocha. El grano está protegido por el pericarpio, de color blanco o rojo según las variedades, el resto que es en su mayor parte del grano, está formado por el endospermo, este a su vez puede ser de color blanco almidonoso y corneo o cristalino. Los granos de tipo almidonoso se usan para la extracción de harina para pan, y los de tipo cristalino se usan para la fabricación de pastas y macarrones (Robles, 1990).

2.8.3 Condiciones ecológicas y edáficas

El trigo se produce en regiones templadas y frías situadas desde unos 15 a 60° de latitud Norte y de 27 a 40° de latitud Sur, debido a la obtención de nuevas variedades que se adaptan a otras regiones o países, como Colombia, que está situado en la región ecuatorial y sus regiones trigueras se localizan a una altura de 2 500 a 3 000 metros sobre el nivel del mar (Robles, 1990).

En México se siembra trigo en casi todos los Estados de la República y se adapta tanto a tierras pobres de nutrientes, como a tierras ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas; bajo estas condiciones, en México se pueden considerar seis zonas importantes en la producción de trigo: zona noroeste del país, que abarca Sonora, Sinaloa y Baja California (norte y sur), cuya altura sobre el nivel del mar es de 0 a 150 metros; la zona de El Bajío, que incluye Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y partes de San Luis Potosí cuya altura varía de 1200 a 1700 metros sobre el nivel del mar. La Región de la Laguna, que incluye parte de Coahuila y Durango y cuya altura es de 1 000 a 1 200 m.s.n.m., Zona norte, que comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, cuya altura es de 300 a 1 100 m.s.n.m. Zona Centro, que abarca los estados de Aguascalientes, Zacatecas, Durango, San Luis Potosí, cuya altura es de 1 900 a 2 500 m.s.n.m. Los valles altos de la Altiplanicie Mexicana, que integran los Estados de México, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y Oaxaca, cuya altura es de 1 900 a 2 400 m.s.n.m. Las condiciones de temperatura varían considerablemente, pero las temperaturas mejores para

una buena producción de trigo oscilan entre 10 y 25°C bajo las condiciones de temperatura en regiones trigueras de México (Robles, 1990).

La influencia del fotoperiodo en el trigo se manifiesta en que a mayor duración del día, se acelera la floración, razón por la cual se dice que las plantas que se comportan de esta manera, se les llama plantas de fotoperiodo largo (días largos) o plantas de noches cortas. En general la reducción de la longitud del día, atrasa la floración de las plantas de invierno (Robles, 1990).

Prácticas de cultivo. Tomando en cuenta que el suelo desde el punto de vista de la producción agropecuaria, tiene una triple función: a) Dar lugar o asiento a la producción; b) Proporcionar materias nutritivas, y c) Facilitar fuerzas físicas, químicas y biológicas. La primera función se considera como una actitud netamente pasiva y desde el punto de vista agrícola es dar lugar y sostén mecánico a las plantas. La segunda y tercera funciones son una actitud netamente funcional y dinámica. Sin embargo, pasa un tanto desapercibida la función de las fuerzas netamente biológicas, que juegan un papel muy importante en la transformación de la materia orgánica y en la flora microbiana del suelo (Robles, 1990).

2.8.4 Preparación del suelo.

Para tener éxito en cualquier cultivo es necesario preparar debidamente el suelo y esto implica ponerlo o acondicionarlo física, química y biológicamente para el buen desarrollo del cultivo que vaya a establecer. Para preparar el suelo físicamente, implica que el barbecho o roturación deben conseguirse las siguientes ventajas:

Facilitar el movimiento de gravitación y capilar del agua de riego o de lluvia en beneficio de las raíces de las plantas, conseguir un aumento de volumen del suelo temporalmente, dejando esponjada la parte de la capa arable, como consecuencia del aumento de volumen, el aire y el agua circularán fácilmente y con mayor rapidez, alterar temporalmente la estructura del suelo, consiguiéndose con ello que se puedan efectuar otras labores que siguen

después del barbecho, como son el rastreo, la nivelación, surcado, trazo de regaderas, bordos y siembra (Robles, 1990).

Preparar químicamente el suelo, es la incorporación de la materia orgánica o los residuos de cosechas se favorece una descomposición por reacciones determinantes en la fertilidad y productividad del suelo del cultivo. En la descomposición de la materia orgánica, se liberan muchos elementos, así como la formación de ácidos orgánicos indispensables para otras reacciones en el suelo y fijación de algunos elementos. Los elementos que como el N, P, S, C, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mo y Ba, se liberan en la descomposición de la materia orgánica. La labranza del suelo permite una homogeneidad en la distribución de los fertilizantes o de los elementos que resultan de la descomposición de materia orgánica (Robles, 1990).

Preparar el suelo biológicamente implica que por medio de las labores de preparación y de la incorporación de la materia orgánica al suelo que favorece la aireación y la absorción de la humedad se consigue: Un aumento en la actividad microbiana en el suelo para atacar la materia orgánica favoreciendo y acelerando la descomposición. Mientras se activan los microorganismos del suelo, es posible que se inmovilice cierta cantidad de nitrógeno aparentemente en desventaja para el cultivo, pero que a la postre es ventajoso, ya que los microorganismos necesitan de nitrógeno para alimentarse y multiplicarse para cumplir su función. La materia orgánica tiene nitrógeno, pero no se encuentra disponible hasta que se provoque un proceso físico-químico con las labores de preparación del suelo (Robles, 1990).

El rastreo: Generalmente se usa después del barbecho, para desterronar y pulverizar los terrones, nivelar parcialmente el terreno rellenando y borrando los surcos y bordos que quedan, triturar, mezclar e incorporar los residuos de cosechas, preparar debidamente los primeros 15 o 20 cm que constituyen la cama de siembra ya que la raíz del trigo no penetra mucho (Robles, 1990).

Nivelación: la nivelación siempre que se pueda efectuar será favorable en la siembra del trigo, debido a que este cultivo siempre se siembra estando el

terreno plano y si esta nivelado será mucho mejor para evitar acumulaciones de agua de lluvia o de riego en las zonas mas bajas (Robles, 1990).

Siembra: el arte de colocar o poner la semilla en un suelo debidamente acondicionado (cama de siembra) para obtener una buena germinación, emergencia y desarrollo posterior, sin necesidad de tener que resembrar (Robles, 1990).

2.9 Azucares

2.9.1 Descripción de los azucares

Tradicionalmente, el termino carbohidrato, se ha empleado para describir cualquier compuesto que esta formado exclusivamente por Carbono, hidrogeno y oxigeno (hidratos de carbono). Sin embrago, se han localizado numerosos carbohidratos que contienen otros elementos, por lo cual en la actualidad el termino carbohidrato se aplica a una extensa clase de aldehídos y cetonas polihidroxiladas. La formula molecular general de los carbohidratos es: $C_x(H_2O)_y$. Comúnmente se denominan (azucares). Los carbohidratos pueden ser unidades simples denominadas monómeros (monosacáridos), o bien, pueden polimerizar varios de estos monómeros, formando largas cadenas conocidas como polisacáridos. Los carbohidratos se localizan en gran cantidad de fuentes naturales: harinas, vegetales, frutos, etc. Los carbohidratos son una de las principales fuentes de energía para las plantas y los animales. Así mismo, algunas células vegetales están recubiertas por carbohidratos. Los carbohidratos son sintetizados por los vegetales durante la fotosíntesis (Castellanos, 1999).

Azucares: se caracterizan por su sabor dulce. Pueden ser azucares sencillos (monosacáridos) o complejos (disacáridos). Están presentes en las frutas (fructosa), leche (lactosa), azúcar blanca (sacarosa), miel (glucosa + fructosa), etc.

Los monosacáridos son sólidos, cristalinos, incoloros, solubles en agua y de sabor dulce. Químicamente son polihidroxialdehidos o polihidroxicetonas, responden a la fórmula empírica $(CH_2O)_n$, en la que n tiene un valor igual o

mayor que 3, siendo los mas frecuentes los de 5 y 6 átomos de carbono. Presentan en todos sus carbonos un grupo hidroxilo (-OH), excepto en uno, en el cual lleva un grupo carbonilo (>C=O). Si el grupo carbonilo se encuentra al final de la cadena, el monosacárido es un aldehído, y se denomina *aldosa*. Si se encuentra en un carbono secundario es una cetona, y se llama *cetosa* (Microsoft Encarta, 2009).

El más común y abundante de los monosacáridos es la glucosa. No suele encontrarse en los alimentos en estado libre, salvo en la miel y algunas frutas, sino que suele formar parte de cadenas de almidón o disacáridos. La glucosa es un monosacárido cuya molécula contiene un grupo aldehído y cinco hidroxilos.

La glucosa es un azúcar simple (monosacárido) formado por seis carbonos, doce hidrógenos y seis oxígenos. La glucosa es la principal fuente de energía de nuestro organismo (Microsoft Encarta, 2009).

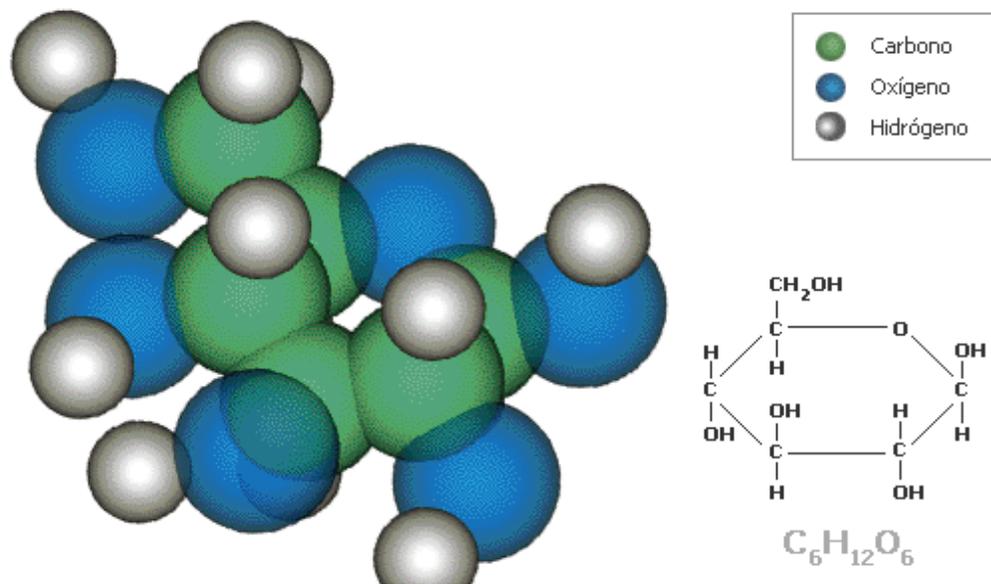


Figura 2.3 estructura de la molécula de glucosa (Microsoft Encarta 2009).

2.9.2 Proceso de producción de azúcar

El procesamiento del azúcar se puede estructurar en las siguientes etapas:

Cosecha; cortado y recolección de la caña de azúcar. Almacenaje; la caña es pesada y lavada. Picado de la caña en máquinas especialmente diseñadas para obtener pequeños trozos. Molienda; mediante presión se extrae el jugo de la caña. Se agrega agua caliente para extraer el máximo de sacarosa que contiene el material fibroso. Clarificación y refinación; en la clarificación se eleva la temperatura del jugo, se separan los sólidos del jugo y se obtiene un jugo claro. Es posible también refinarlo y para ello se agrega cal que ayuda a separar los compuestos insolubles. También suele tratarse con dióxido de azufre gaseoso para blanquearlo. No todo el azúcar de color blanco proviene de un proceso de refinado. Evaporación; se evapora el agua del jugo y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55 al 60 %. La meladura es purificada en un clarificador. La operación es similar a la anterior para clarificar el jugo filtrado. Cristalización; se obtienen los cristales (azúcar) y líquido. Centrifugado; Se separan los cristales del líquido. Secado y enfriado; el azúcar húmedo es secado en secadoras de aire caliente en contracorriente y luego enfriado con aire frío en contracorriente. Envasado; el azúcar seco y frío se empaca en sacos y está listo para su venta (Wikimedia Foundation, Inc.).

2.9.3 Tipos de azúcares

Azúcar blanca

El azúcar se puede clasificar por su origen (de caña de azúcar o remolacha), pero también por su grado de refinación. Normalmente, la refinación se expresa visualmente a través del color (azúcar morena, azúcar rubio y blanca), que está dado principalmente por el porcentaje de sacarosa que contienen los cristales. El Azúcar blanco, con 99,5% de sacarosa., también denominado azúcar sulfitado (Wikimedia Foundation, Inc.).

Producción mundial El 70% del azúcar del mundo se produce a partir de la caña de azúcar y el restante 30% de la remolacha. Los principales productores de azúcar son Argentina, México, India, Guatemala, Unión Europea, China, Cuba, Estados Unidos, Tailandia, Brasil, Australia, Pakistán y Rusia, que concentran el 75% de la producción mundial (Wikimedia Foundation, Inc.).

Azúcar morena

Se obtiene mediante la trituración de la caña de azúcar y contiene todos los nutrientes de la misma. Ésta conserva todas sus propiedades nutricionales ya que no ha sido refinada, recibiendo también el nombre de azúcar crudo. Tiene un sabor agradable, y su textura es un poco pegajosa ya que es rica en melaza o “miel de caña”. Por tanto, el azúcar morena que se comercializa es muy inferior a la melaza en cuanto a contenido mineral, y su valor nutritivo es tan solo ligeramente superior al del azúcar común. El auténtico azúcar moreno es el llamado azúcar crudo, que se obtiene por cristalización del jugo de caña de azúcar sin procesar ni refinar, y entonces se lo puede calificar de azúcar integral con toda propiedad. Cuando está mínimamente refinado con el fin de eliminar las impurezas y la suciedad, se le llama azúcar turbinado. Ambos son ricos en minerales, aunque no tanto como la melaza (Wikimedia Foundation, Inc.).

Información nutrimental del azúcar (por 100 grs)

95% de hidratos de carbono

460 calorías

50 U.I. de Vitamina A.

0,50 mg. de ácido pantoténico

0.10 mg. de vitamina B1.

0.20 mg. de vitamina B2.

Fuente:<http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1013>.

Azúcar morena, no se somete a refinación, sólo cristalizado y centrifugado. Este producto integral, debe su color a una película de melaza que envuelve cada cristal. Normalmente tiene entre 96 y 98 grados de sacarosa. Su contenido de mineral es ligeramente superior al azúcar blanco, pero muy inferior al de la melaza (Wikimedia Foundation, Inc.).

Piloncillo o panela

Es un alimento típico de Brasil, Chile, Perú, México, Centro América, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador y Bolivia, cuyo único ingrediente es el jugo de la caña de azúcar. Para producir la panela, el jugo de caña de azúcar es cocido a altas temperaturas hasta formar una melaza bastante densa, luego se pasa a unos moldes en forma de cubo donde se deja secar hasta que se solidifica o *cuaja*. La panela también es producida en algunos países asiáticos, como la India y Pakistán, donde se le denomina **gur** o **jaggery**. Su origen es de las islas Canarias o de Azores (Wikimedia Foundation, Inc.).

La panela o papelón es un ingrediente importante en la gastronomía de Mesoamérica, Perú, Colombia, Venezuela y Ecuador. Se utiliza para la elaboración del melado o *miel de panela* (una especie de caramelo), que es base de muchos postres y dulces tradicionales. Se utiliza para elaborar bebidas. Una bebida tradicional de Colombia, Venezuela y Ecuador, es la *Aguapanela*, o "Papelón con Limón" o *Aguadulce*, que se prepara dejando disolver un bloque de panela en agua hirviendo, a la cual se agrega limón, pudiéndose consumir fría o caliente. Otra bebida que se hace a partir de la panela es cierta variante del guarapo: el guarapo es una bebida alcohólica producto de la fermentación alcohólica del agua de panela. También es usada como un edulcorante sucedáneo del azúcar, principalmente en las zonas rurales. A la panela se le atribuyen efectos muy benéficos en el tratamiento de resfriados, tomándola en forma de bebida caliente de 'aguapanela' con limón, la cual hidrata y disminuye el malestar. El 'agua de panela' fría, es comúnmente utilizada por algunos deportistas como una bebida hidratante natural, que refresca y aporta calorías y

sales minerales, para un mejor rendimiento corporal y una mayor resistencia física (Wikimedia Foundation, Inc.).

La panela es considerada un alimento, que a diferencia del azúcar, que es básicamente sacarosa, presenta además significativos contenidos de glucosa, fructosa, proteínas, minerales como el calcio, el hierro y el fósforo y vitaminas como el ácido ascórbico (Wikimedia Foundation, Inc.).

La elaboración de la panela generalmente es realizada en pequeñas fábricas comúnmente denominadas trapiches en procesos de agroindustria rural, que involucran a múltiples trabajadores agrícolas y operarios de proceso. En Colombia se estima la existencia de cerca de 20.000 trapiches paneleros que vinculan directa e indirectamente cerca de 350.000 personas, en las actividades de cultivo de la caña, elaboración de la panela y su comercialización en las áreas rurales y centros urbanos (Wikimedia Foundation, Inc.).

En el proceso se utilizan 3 vasijas de cobre o bronce, la primera vasija es donde se da comienzo a la cocción del líquido proveniente la caña (guarapo no fermentado) en la segunda vasija se va traspasando la espuma y otras impurezas del hervor de la primera y así consecutivamente de la segunda a la tercera. Siendo así la tercera vasija la de menor calidad y con más porosidad en estado sólido (Wikimedia Foundation, Inc.).

En Colombia, es muy usada como edulcorante, en postres y bebidas tradicionales como el guarapo, la chicha y la natilla (en su forma artesanal). Además es consumida directamente o como bebida (agua panela), de dos formas, con limón o con leche. Se comercializan además del tradicional bloque, diversas presentaciones de panela, como la circular, en polvo, o en pastillas (similares a las del chocolate para taza) (Wikimedia Foundation, Inc.).

En Costa Rica se conoce como "Tapa de dulce", y los moldes que se utilizan tienen forma de cono truncado. A la bebida caliente se le llama "agua dulce" y la bebida fría con limón se conoce como "agua de sapo" (Wikimedia Foundation, Inc.).

En Ecuador se conoce como "panela" al azúcar mascabado en panes prismáticos o en conos truncados y "raspadura" al producto de raspar la panela

para usarla como edulcorante, o para la preparación de postres. En la década de los 60 todavía su uso era popular pero hoy en día es raro gracias a la azúcar refinada con la que cuenta el país (Wikimedia Foundation, Inc.).

En Guatemala se le conoce como "rapadura" o "panela" propiamente, y es utilizada para preparar postres típicos de la región, como café de Olla o el dulce típico de coco con panela (Wikimedia Foundation, Inc.).

En México, la melaza sólida de azúcar se vende en forma de cono truncado, con el nombre de piloncillo (en el centro y norte del país) o panela (en el sur), y es la base de varios postres mexicanos muy estimados como el atole, los camotes enmielados, las calabazas en piloncillo, los frutos cristalizados, etc. También es utilizada para preparar chiles chipotles los cuales se ponen a hervir junto con el piloncillo (panela) y cebolla; se obtiene una "salsa" de sabor picante y dulce a la vez que es muy utilizada, en el centro del país, para acompañar platillos salados (Wikimedia Foundation, Inc.).

La India es el principal productor mundial de panela, el segundo es Colombia que, a su vez, es el país que tiene el mayor consumo por habitante. En Colombia la agroindustria panelera es una de las principales actividades económicas de las áreas rurales andinas, por su gran importancia socioeconómica en la generación de ingresos y empleo y el aporte a la dieta alimenticia de la población (Wikimedia Foundation, Inc.).

Melaza

La melaza es un producto líquido espeso derivado de la caña de azúcar y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares. Su aspecto es similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce ligeramente similar al del regaliz. Nutricionalmente presenta un altísimo contenido en hidratos de carbono además de vitaminas del grupo B y abundantes minerales, entre los que destacan el hierro, cobre y magnesio. Su contenido de agua es bajo (Wikimedia Foundation, Inc.).

Para la elaboración de la melaza de caña, se comprimen mediante rodillos las cañas cortadas, extrayendo el líquido dulce que contienen en su interior. Este jugo se cuece lentamente logrando su reducción por medio de la evaporación del agua, hasta alcanzar la densidad y concentración deseadas. En este proceso, se concentra en la superficie un gran número de impurezas que reciben el nombre de cachaza y que es preciso retirar. Utilización; principalmente se emplea la melaza como suplemento energético para la alimentación de rumiantes por su alto contenido de azúcares y su bajo costo en algunas regiones. No obstante, una pequeña porción de la producción se destina al consumo humano, empleándola como endulzante culinario. Es importante diferenciar la melaza empleada en la alimentación animal, la cual es un producto residual de la industria azucarera, de la melaza que es empleada como materia prima en la producción de azúcar. La melaza de remolacha no es apta para el consumo pues es amarga, sin embargo se utiliza en la alimentación de vacas lecheras y ganado vacuno entero (Wikimedia Foundation, Inc.).

2.10 Preparación del sustrato

2.10.1 Pasteurización

La pasteurización, es el proceso más importante y tardado a que se somete el sustrato y consiste en sumergir en agua caliente a una temperatura de 100°C durante 90 a 120 minutos, para matar insectos, bacterias, hongos, parásitos, semillas, etc. que pueda contener y luego podría aparecer en el cultivo (García, 1998).

El método de pasteurización con agua caliente consiste en sumergir el sustrato en agua a 85°C durante un mínimo de 40 minutos (Guzmán *et al.*, 1993).

Una vez que el sustrato recibió el tratamiento adecuado, de remojo en el caso de las pajas y rastrojos o fermentación en bagazos, se debe de realizar una desinfección. La pasteurización tiene como objetivo la eliminación parcial de microorganismos (mohos, levaduras, bacterias), presentes en el sustrato y

que en un momento dado si no se eliminan pueden competir con el micelio del hongo, causando graves contaminaciones (Soto, 2004).

La pasteurización del sustrato se puede efectuar principalmente por dos métodos: a) Con agua caliente, b) con vapor; el primer método es el más utilizado en el cultivo de *Pleurotus*, ya que la técnica es sencilla y no requiere de equipo sofisticado para realizarla. El procedimiento es el siguiente: en un tambo metálico de 200 litros se llena aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad; con un quemador de alta presión para gas butano se eleva la temperatura del agua hasta llegar a 80°C, una vez que alcanzo esa temperatura, el sustrato se sumerge en agua caliente (Soto, 2004).

Un tipo de pasteurización por vapor puede ser el siguiente, el sustrato se deposita en camas de alrededor de 40 cm de alto separadas por lo menos 15 cm, estas pueden ser elaboradas con diversos materiales, se recomienda que sean de malla en la parte inferior para que exista un flujo libre de vapor se inyecta hasta alcanzar una temperatura de 60 – 65 °C en el cuarto y se mantiene por un periodo de 10 a 12 horas, después se inyecta aire frío filtrado para el enfriamiento (Soto, 2004).

La forma de pasteurizar es sumergir la bolsa con la paja en agua calentada de 80 a 90°C (cuando el agua empieza a producir burbujas) durante 15 minutos, haciendo un movimiento de meter y sacar la bolsa con la finalidad de que se lave la paja y se le desprendan las sustancias nocivas de la superficie; y posteriormente a esta actividad, se sacan las bolsas de esa agua y se sumerge en agua a la temperatura ambiental (López, 1995).

Mencionan que el método mas conocido de pasteurizar, consiste en la inmersión de la paja seca en agua caliente con una temperatura de 70 a 90°C durante media hora, pasando ese tiempo la paja se deja escurrir en un lugar limpio para proceder a la siembra; haciendo también referencia de que con este método no se requiere la hidratación previa, ya que el conocimiento tiene esta función, recomienda también agregar cal hidratada al agua con una proporción de 0.25% del volumen del agua (Beltrán *et al.*, 1995).

2.10.2 Siembra e inoculación del sustrato

La siembra se refiere a la mezcla homogénea en condiciones de asepsia del inoculo o semilla con el sustrato. Para una siembra eficiente debe tomarse en cuenta, además de la cepa y del sustrato, el estado fisiológico del organismo, la tasa de inoculación y una higiene rigurosa (Sánchez, 1994).

La cantidad de semilla que se inocula, va de acuerdo con el peso húmedo del sustrato y es del 2 al 5%, o del 8 al 20% del peso seco (Beltrán *et al*, 1995).

Después de la pasteurización del sustrato se procede a la inoculación; se debe tener mucho cuidado de no inocular el sustrato caliente, el exceso de calor mata al micelio (Beltrán *et al*, 1995).

La siembra consiste en esparcir en forma homogénea la semilla o inoculo sobre el sustrato, hay dos métodos de siembra de *Pleurotus*: a) en capas, b) Mezclar el inoculo con el sustrato (Soto, 2004).

2.10.3 Incubación del micelio en el sustrato

Se refiere al momento de inocular el sustrato con el hongo y al periodo de espera y reposo que se debe dar al sustrato inoculado, para permitir el desarrollo adecuado del micelio. La siembra se realiza agregando y distribuyendo en capas alternas el sustrato con gramos de la semilla para inocular.

El sustrato debe estar pasteurizado y enfriado a una temperatura ambiente, la semilla sustrato-secundario se acomoda dentro de una bolsa de polietileno. Al terminar la siembra, la bolsa se cierra por medio de un nudo, teniendo la debida precaución de eliminar el aire que queda dentro la bolsa.

El enfriado del sustrato y la siembra se realizan 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 por que se tienen que adaptar y empezara 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*, 1995).

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 40°C suele morir (García, 1998).

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 (Soto, 2004).

2.10.4 Crecimiento y desarrollo de los carpóforos

Cuando el micelio ha crecido suficientemente sobre el sustrato y las condiciones del medio ambiente lo permiten (temperatura, luz humedad relativa, cantidad de oxígeno y gravedad), Las hifas se agregan para formar cuerpos fructíferos, también denominados basidiomata, basidiocarpos o carpóforos, cuya función específica es producir y diseminar las esporas. Los mecanismos que dirigen y regulan la formación de cuerpos fructíferos no son conocidos en la actualidad y resultan aun difíciles de explicar; sin embargo es claro que su desarrollo requiere de una modificación del comportamiento normal, invadiendo el micelio vegetativo, por otro en el cual las hifas no tengan

un crecimiento divergente, sino que converjan para formar un órgano diferenciado (Moore, 1995).

En el área de fructificación deberá tener condiciones semejantes a las que se presentan cuando el hongo se desarrolla en su medio ambiente natural, por lo cual es importante controlar los factores de ventilación, iluminación, temperatura y humedad ambiental (Soto, 2004).

El periodo de transición entre el crecimiento del micelio y la producción de cuerpos fructíferos, se le llama inducción; en este periodo el micelio al recibir el estímulo de la temperatura, oxígeno, humedad y luz, se agregan entre sí y se les llama agregados miceliales, que son el inicio de los próximos cuerpos fructíferos. Primero se forman puntos de crecimiento del micelio, después aumentan de tamaño hasta que se reconocen claramente como cabezas de alfiler. En este momento termina el periodo de inducción y el cuerpo fructífero empieza a crecer, entonces el micelio termina de crecer vegetativamente y empieza la fase reproductiva (Beltrán, *et al.*, 1995).

De los 14 a 22 días de la siembra, los primordios empiezan a aparecer, entonces se quita la bolsa para dar lugar a la fructificación; si esta práctica no se lleva a cabo los primordios se dañan al salir (Quimio, *et al.*, 1990), después los cuerpos fructíferos se desarrollan en un periodo de 4 a 7 días (Ávila, 1997).

En la etapa de fructificación la instalación local debe tener una temperatura de 10 a 28°C con una humedad relativa de 80 a 95% (Quimio *et al.*, 1990). Debe mantenerse bien ventilado el local, para evitar que la concentración de CO₂ se incremente y provoque la deformación de los hongos; se recomienda un cambio de aire nuevo de 150 m³ / hora/ tonelada de sustrato (Ávila, 1997).

La humedad del aire es un factor de suma importancia para la adecuada fructificación de las especies de *Pleurotus*. Dado que los cuerpos fructíferos están formados por un alto contenido de agua y su estructura hifal no les permite retener la humedad en condiciones adversas, un balance adecuado entre la humedad ambiental y el contenido de humedad del hongo es necesario. Debido a esto, la humedad relativa del ambiente donde crece el hongo debe ser

suficiente para evitar que tanto el sustrato como los cuerpos fructíferos se deshidraten. En general, los hongos son muy susceptibles a las variaciones en la humedad relativa (Cailleux, *et al.*, 1976).

En cuanto al riego de los sustratos, ha de ser suficiente para que permanezcan húmedos (70-75 % de humedad), pero sin pasarse, pues el exceso puede favorecer ataque de bacteria *Pseudmona*. Las gotas de agua pueden ser lo mas finas posibles 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. De todas formas durante los días de cosecha conviene bajar la humedad al 80 - 85% (García, 1998).

Pleurotus no puede fructificar en oscuridad continua. Para poder hacerlo requiere ser expuesto a longitud de onda inferiores a 600 nm, sin embargo la sensibilidad tanto de la cantidad como la calidad de la luz depende de las especies; la sensibilidad a la luz es máxima desde momentos previos hasta horas después de que el micelio ha colonizado el sustrato (Eger, 1974). Una exposición diaria de 20 minutos a la luz es suficiente para que *P. pulmonarius* fructifique (Kamra, *et al.*, 1986).

2.10.5 Cuidados durante la siembra y la incubación

Las contaminaciones pueden deberse a deficiencias en la asepsia de los locales de siembra / incubación o a orificios por donde pueden entrar aire, los microbios, los insectos y otros animales. Los cuartos de siembra, incubación y fructificación deben ser frecuentemente lavados, limpiados, desinfectados con cloro, alcohol, benzal, etc. Para este fin se debe diseñar un programa de limpieza y asepsia que evite la proliferación o sobrevivencia de organismos nocivos. Los niveles de contaminación disminuyen notablemente si el personal que esta en contacto directo con el material en proceso se preocupa en mantener consigo mismas condiciones de limpieza y pulcritud inobjtables. El uso de ropa limpia, así como de tapabocas y gorros al menos durante la siembra y el picado de bolsas es aconsejable. Se debe tener especial esmero

en trabajar en condiciones de asepsia rigurosa y asegurarse que los tratamientos de esterilización del grano para inóculo y la pasteurización del sustrato sean efectuados de manera conveniente. Asimismo, la perforación de las bolsas debe hacerse con utensilios estériles y de manera cuidadosa (Sánchez, 1994).

2.10.6 La cosecha

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 por que se demerita la calidad y se propicia la diseminación de esporas. La cosecha se hace cortando el estípite con el cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato; aunque en algunos lugares se prefiere tomar delicadamente los hongos con la mano, sin dañarlos y sin producir hoyos en el sustrato (Sánchez, 1994).

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 (García, 1998).

2.11 Plagas y enfermedades

2.11.1 Plagas de *Pleurotus ostreatus*

Existe toda una entomofauna asociada al cultivo de *Pleurotus*; la mejor manera de evitarla es aislando los cuartos de incubación y fructificación del exterior. (del inóculo y del sustrato) debido a que el hongo crece en la obscuridad, y a temperaturas relativamente altas; sin embargo para las salas de fructificación, el hongo requiere ventilación, trayendo como consecuencia mantener libre de insectos el lugar.(Sánchez, 1994).

En relación a plagas, es decir, organismos que causan daños directos e indirectos al cultivo, solo se han observado colémbolos y dípteros. Pero se habla también de invasión de ácaros, que resisten, la pasteurización si la humedad del sustrato es menor del 68%. Los colémbolos son insectos diminutos sin alas, que pueden dar saltitos gracias a un aparato bifurcado que tienen

debajo del abdomen. Se reproducen por huevos y a las 5-7 semanas ya son adultos. Cuando atacan a los hongos forman pequeñas galerías en su carne, secas y de sección generalmente oval. A menudo se encuentran en gran cantidad entre las laminillas que hay debajo del sombrero de las setas silvestres, pero es raro encontrarlos en las cultivadas. También pueden atacar al micelio si el substrato está demasiado húmedo. La especie más frecuente es *Hypogastrura armata*, de 1-1,5 mm de largo, gris oscuro, con dos líneas longitudinales de manchitas pardas en el dorso (García, 2003).

El ataque por dípteros (moscas y mosquitos), donde el daño es causado por sus larvas, las cuales hacen pequeñas galerías en los pies de las setas y luego en los sombreros (se ven bien al cortarlos transversalmente). En los cultivos los adultos penetran atraídos por el olor de los hongos y de su micelio, sobre todo si las aberturas del local no están protegidas y hay cerca restos del cultivo anterior, maderas podridas o estiércol; después ponen huevos de los que nacerán las larvas. Otras veces las larvas vienen ya en el sustrato y perduran en él si no ha sido sometido a un tratamiento térmico efectivo. Aparte de los daños directos y disminución del rendimiento del cultivo, los dípteros pueden transmitir enfermedades en los hongos. Entre los mosquitos que se encuentran más frecuentemente en los cultivos están los esciáridos como *Lycoriella*, negros, de antenas relativamente largas divergentes y con larvas blancas de cabeza negra brillante, y los cecidómidos como *Heteropeza*, de larvas blanquecinas, y algunos *Mycophila* de larvas anaranjadas (García, 2003).

Entre las moscas (braquíceros) destacan los fóridos del género *Megaselia*, cuyos adultos son oscuros, gibosos, con antena cortas y nervios alares poco notorios. En la lucha contra los dípteros pueden emplearse trampas (las adhesivas van muy bien y pueden servir de aviso de presencia), telas de malla muy fina o mallas antitrips en las aberturas (procurando que no halla rendijas en las puertas ni ventanas) o insecticidas diversos. Diazinón al 2% o malathión al 4% en polvo pueden extenderse por el suelo de los locales y mezclarse con el substrato en preparación (10 gr por cada 100 kg). También pueden emplearse disueltos en agua, por ejemplo, 100 gr de un preparado de

malathión del 50% (o 200 de diazinón del 18%) en 20 litros de agua. El diflubenzurón va bien contra los esciáridos, sobre todo cuando se han hecho resistentes al diazinón. Algunos recurren a nebulizar el local con endosulfán o diclorvos. Otros colocan piezas de fosfato de dimetildiclorovinilo, de acción persistente según se va evaporando; este mismo producto puede pulverizarse (fuera del periodo de aparición de setas) sobre los cultivos al aire libre de *Stropharia rugoso-annulata* si el ataque de insectos es fuerte. En la fase de producción se emplean sustancias inofensivas como las piretrinas, y si se utilizan productos tóxicos se aplicaran solo en puertas y ventanas (García, 2003).

A veces causan daños caracoles y babosas, que pueden combatirse con cebos existentes en el comercio. Algunos aconsejan rodear la zona a proteger con una banda ancha de serrín basto o ceniza de madera dispuesta en el suelo (García, 2003).

2.11.2 Enfermedades de *Pleurotus ostreatus*

Pueden estar causados por hongos inferiores patógenos o competidores, bacterias y virus. Todos ellos son de fácil propagación y contagio pues su pequeñísimo tamaño (pocas micras tratándose de esporas de hongos y aun menos en algunas bacterias y los virus) les hace incontrolables y fácil de ser llevados de un sitio a otro por insectos, ácaros, herramientas y ropas e incluso el aire). Una enfermedad frecuente es la llamada “telaraña”, causada por el hongo *Dactylium dendroides* (*Cladobotryum d.*, *Hypomyces rosellus*) cuyos finos filamentos crecen rápidamente y se extienden sobre la superficie del sustrato y de las setas, cubriéndolas con un moho blanquecino, primero ralo y luego denso y harinoso. En las partes viejas las formas perfectas forman puntos rojizos. Los ejemplares atacados se vuelven blandos, amarillento-parduscos, y se acelera su descomposición. La aparición de la enfermedad se favorece con la humedad excesiva, el calor (para la germinación de sus esporas el hongo prefiere 25°C) y la escasa ventilación. Al observarse zonas enfermas en el cultivo deben cubrirse con cal viva en polvo, sal, formalina al 2%

o soluciones de benomyl. Entre las tandas de cosecha se puede regar con solución de formalina (formol comercial) al 2 por mil o espolvorear zineb o mancozeb (10 gramos por cada 10 m²). Otros emplean carbedanzín o thiabendazol. A veces aparecen mohos verdes en el sustrato y en la base del pie de las setas. Suele tratarse de hongos *Trichoderma* que acidifican el sustrato y dificultan el crecimiento del micelio, disminuyendo la producción. Es un hongo muy extendido que suele dar problemas en el cultivo de cualquier especie. Aparte de su forma perfecta (con protuberancias de color crema amarillo o castaño) suelen aparecer como un moho que primero es blanco, pero luego, a los 2-4 días, se pone verde con las esporas. Crece bien a 22-27 °C y se ve favorecido por la humedad alta (más del 70% en el compost ya preparado), pH menor de 6 y compost con poco N, demasiados carbohidratos disponibles y relación C/N de 22-23. Se deben desinfectar las superficies con formalina al 2% o con los fungicidas contra *Dactilium*. También conviene cubrir la zona infectada con bicarbonato sódico. Está muy extendido el uso del Benomyl (40-80 mg por kg de sustrato) como preventivo, pero el hongo suele hacerse resistente (García, 2003).

En otros países se produce una enfermedad por el hongo *Verticillium fungicola*, apareciendo en las fases jóvenes masa amorfas; las setas adultas se agrietan, retuercen y tienen manchas pardas de borde difuso o áreas pardas hundidas; luego se cubren de velo gris. Suele recomendarse el zineb, maneb, clorotalonil, y iprodiona y, sobre todo, procloraz-manganeso (García, 2003).

La paja que no ha sido sometida a un tratamiento térmico suficiente puede presentar zonas con un micelio blanco-grisáceo que luego se llena de granitos (como cabezas de alfiler) rugosos, verde oliva, que se vuelven pardos. Se trata del hongo *Chaetomium Olivaceum*, cuya presencia, si es abundante, disminuye el rendimiento. Otros hongos microscópicos que pueden aparecer en los sustratos son de difícil identificación específica (*Fusarium*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, etc), suelen formar mohos de colores llamativos que alertan y permiten localizar las zonas atacadas (García, 2003).

2.11.3 Anomalías no parasitarias

Falta de luz: las especies de *Pleurotus* tienen fototropismo positivo, ya que la luz (intensidad luminosa, fotoperiodo y tipo de radiación) es uno de los factores necesarios para el desarrollo de los primordios. En condiciones de total obscuridad se diferencian escasos basidiocarpos que suelen ser deformes, arracimados, de forma coraloide, color blanco y sabor amargo, en los que no se distingue el pie y el sombrero. En condiciones de escasez de luz se asiste la producción de cuerpos fructíferos con forma de corneta, sombrero muy reducido, y pie alargado y débil. Este efecto es más marcado cuanto menor es la intensidad luminosa, de forma que los carpóforos pálidos no pigmentados aparecen cuando la intensidad luminosa se sitúa por debajo de 300 Lux (Poppe, *et al.*, 1985).

Un exceso de luz también es perjudicial ya que puede retardar la formación de primordios. Según la variedad de *Pleurotus*, cuando la intensidad de luz es superior a 2000 Lux, se puede inhibir la iniciación del fruto (Poppe, *et al.*, 1985).

Exceso de CO₂: el aumento del contenido de CO₂ del aire hasta valores de 0.08% provoca una ralentización en el crecimiento de los cuerpos fructíferos, mientras que si el contenido de CO₂ asciende a 0.15 – 0.3% se puede producir una rápida mortandad en toda la producción (Ferri, 1985).

Estrés térmico: un incremento demasiado elevado de temperatura puede conducir a un proceso en el que muera el micelio de *Pleurotus spp.*, sobre todo entre 33 – 40 °C, según la variedad cultivada. Temperaturas de 22 a 28 °C, según de la variedad, pueden causar serios retrasos de fructificación e incluso la inhibición completa de la misma (Poppe, *et al.*, 1985).

El pH: El micelio de *Pleurotus spp.* mostrara un bajo crecimiento y una incubación defectuosa si el pH es superior a 7.0 o inferiores a 5.0 (Poppe, *et al.*, 1985).

Contenido de agua: el substrato puede ser difícilmente degradado si el contenido en agua es inferior al 55%. Por encima del 70% la flora bacteriana

es mas activa, colonizando la película de agua alrededor de cada paja, y dejando mínimas esperanzas al micelio de *Pleurotus spp* (Poppe *et al.*, 1985).

Efectos de gases y plaguicidas: Algunas anomalías observadas como son los márgenes ondulados y la torsión del sombrero pueden estar causadas por el efecto fungitóxico de plaguicidas, ya que el tejido del basidiocarpo actúa como una esponja, absorbiendo muchos productos volátiles. Además de afectar la morfología de los cuerpos fructíferos, inciden en más o menos grave sobre la productividad (García, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Área Experimental

Este trabajo fue realizado en una de las instalaciones de Agrotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En Buenavista Saltillo, Coahuila, el cual se ubica a una latitud norte de 25° 22' y longitud W 101° 00', a una altura de de 1742 msnm (CENTENAL, 1975).

3.2 Descripción de las instalaciones

El cuarto utilizado para la incubación y fructificación tiene un área de 4X4 m, con ventanas las cuales fueron utilizadas para el control de luz, aireación y la temperatura oscilo entre 20 y 30 °C.

3.3 Materiales

Se utilizo, para peso de materiales, pasteurización y siembra del cultivo lo siguiente: Bascula de cinco Kg, Tonel de metal con capacidad de 200 litros, un Kg de bolsas de polietileno de 30 x 50 cm. ligas, vernier marca Pretul, arpilleras de plástico, soplete para gas, gas LP, insecticida Ray casa y jardín y Alcohol de 96°.

3.3.1 Material para tratamientos

Azúcar morena, azúcar blanca, piloncillo y melaza.

3.3.2 Sustrato

Paja de trigo

3.3.3 Material genético

Micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*.

3.4 Establecimiento del trabajo experimental

El trabajo experimental se estableció el día 24 de Noviembre de 2008, con un diseño completamente al azar de cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, siendo un total de 20 unidades experimentales. Los tratamientos fueron como se indica en (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 proporciones de sustrato y azúcar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento.

Tratamientos	Paja de trigo*	Azúcar **
T1 Azúcar morena	200 Gr	100 Gr
T2 Piloncillo	200 Gr	100 Gr
T3 Azúcar blanca	200 Gr	100 Gr
T4 Melaza	200 Gr	100 Gr
T5 Testigo	200 Gr	0

* Proporciones de paja de trigo en cada repetición

** Proporciones de azúcar en cada repetición

3.5 Variables evaluadas

Después de cada corte se realizaron las siguientes mediciones: con la ayuda de un vernier digital se tomo la Altura del pie en centímetros desde la base donde se cortaron las setas, hasta donde empiezan las laminas; se tomo la medida del Diámetro del pie en centímetros; con un vernier digital también se tomo la medida de la cobertura del sombrero, tomando el diámetro mayor y el menor para sacar el Diámetro promedio del sombrero en centímetros y con una balanza granataria se pesaron las setas en gramos para obtener el Peso fresco y posteriormente la Eficiencia Biológica (EB) en relación al peso seco del sustrato.

3.6 Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, para la evaluación de los diferentes parámetros, utilizándose el Programa de la Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL, utilizándose cinco tratamientos, con cuatro repeticiones cada uno de ellos; teniendo un total de 20 unidades. Posteriormente se realizó la comparación de medias, para las variables que presentaron diferencias significativas, utilizando la prueba de DMS al 0.05 (Steel y Torri 1985). Solo para las variables de Peso fresco se utilizó la transformación de datos, utilizando la fórmula $\sqrt{X + 0.5}$ debido a que, en algunas de las evaluaciones, los resultados se presentaron muy variables, trayendo como consecuencia que el coeficiente de variación presentara un resultado muy alto, trayendo consigo mediante la transformación de los datos, que las medias se homogenizaran.

Modelo del diseño completamente al azar:

$Y_{ij} = M + T_i + \sum_{ij}$, donde:

Y_i = Dato del i -ésimo tratamiento en su j -ésima repetición.

M = Efecto de la media poblacional.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

\sum_{ij} = efecto del error experimental.

3.7 Metodología

3.7.1 Preparación del sustrato

Para llevarse a cabo el procedimiento se realizó lo siguiente: Se pesaron los sustratos en seco y se conformaron de la siguiente forma: En el tratamiento No. 1 se pesaron 200 gramos de paja de trigo y 100 gramos de azúcar morena; para cada repetición. En el tratamiento No. 2 se pesaron 200 gramos de paja de trigo y 100 gramos de piloncillo para cada repetición. En el tratamiento no. 3 se

pesaron 200 gramos de paja y 100 gramos de azúcar blanca. Para el tratamiento no. 4 se pesaron 100 gramos de paja y 100 g de melaza. Para el tratamiento No. 5 solo se peso paja de trigo sin aplicar ningún tipo de azúcar.

En total la cantidad de sustrato (paja de trigo) fue de 4.00 Kg por todas las repeticiones realizadas; mientras que de azúcar morena fue de 400 gr; piloncillo 400 gr; melaza 400 gr y azúcar blanca 400 gr por cada tratamiento.

3.7.2 Pasteurización

Simultáneamente a la actividad anterior, se puso a calentar agua en el tonel a una temperatura de 90 a 100 °C; posteriormente, se llenan las arpilleras con el sustrato anteriormente pesado, se sumergen por una hora en el agua para poder pasteurizar el sustrato. Después de esto, se dejan enfriar las arpilleras con el sustrato contenido por el lapso de una hora.

Posteriormente se peso y agregó el azúcar a cada repetición alternándola en capas con el sustrato y se procedió a poner al autoclave a 100 °C por un lapso de 30 minutos; esto con la finalidad de esterilizar el azúcar y que la misma se dispersara en el sustrato.

3.7.3 Siembra o inoculación del micelio

La cepa que se usó en este trabajo fue de *Pleurotus ostreatus*, activada en grano de sorgo, obtenida en el laboratorio de Agrotecnia de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), Buenavista Saltillo Coahuila, México.

La cantidad de micelio que se aplico por cada repetición fue de 90 gr por cada una, en total se necesitaron 1.8 kg para los cuatro tratamiento. El llenado de las bolsas se realizo alternando una capa de semilla por una capa de sustrato, y así sucesivamente hasta llenar cada unidad experimental; después se sacó todo el aire contenido en las mismas y se amarraron las bolsas con ligas, se etiquetaron y se llevaron al cuarto de incubación. Donde a los tres días se les hicieron pequeñas perforaciones con un alfiler, con la finalidad de proporcionar oxígeno al micelio.

3.7.4 Fase de incubación

Durante esta fase en la que una vez inoculado el micelio se traslada al cuarto de incubación, donde se mantendrá, hasta que el micelio invada todo el sustrato. La temperatura del local oscilo entre 15 y 25°C.

3.7.5 Fase de producción

En esta fase cada una de las repeticiones de los tratamientos, habían sido colonizadas por el micelio de *Pleurotus ostreatus*. Cuando los primordios empezaron a aparecer se quito el plástico para que no impidiera la brotación y continuaran con su crecimiento. La temperatura oscilo entre 20°C a 30°C. y la Humedad Relativa se mantuvo entre 70 y 90%, regando una o dos veces al día.

3.7.6 Fase de cosecha

La cosecha se realizó cuando las setas tenían un tamaño considerable, con un sombrero bien abierto, llevándose a cabo a los tres días de que aparecieron los primordios en cada una de las repeticiones. Se realizo un corte por cada repetición para la toma de datos; usándose un cúter para cortar el cuerpo fructífero, posteriormente se separaron por individuos. La toma de datos relacionados a longitud y diámetro se llevo a cabo utilizando un vernier digital, graduado en centímetros. Para la obtención del peso fresco se usó una balanza granataria.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos en los que el micelio invadió completamente el sustrato es el siguiente: T1: 30 días; T2 y T4, a los 32 días; T3:28 días; T5:29 días.

Para la emergencia de los cuerpos fructíferos; estos iniciaron su salida, para el T1: a los 37 días; en el T2 y T4; los primordios emergieron a los 40 días; en el T3: a los 32 días; y en el T5:35 días.

También se observó que durante la incubación, en una repetición del T1 y T3, se detectó coloración verdosa en algunas partes del sustrato, síntoma ocasionado por el ataque de hongos; pero no causó la pérdida completa del sustrato.

4.1 Análisis de varianza

Variable diámetro de sombrero o píleo:

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, se presentan en el (Cuadro 4.1) en donde se observan el cuadrado medio y su significancia, registrada entre tratamientos, mostrando diferencias significativas al ($P > 0.05$) de probabilidad, así como el coeficiente de variabilidad con 20.03 % que indica el grado de confiabilidad.

Cuadro 4.1 Análisis de varianza para la variable diámetro de sombrero.

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F
TRATAMIENTOS	4	7.283386	1.820847	3.1938*	0.043
ERROR	15	8.551727	0.570115		
TOTAL	19	15.835114			
C.V.%	20.03				

*Significancia al 95 % de probabilidad

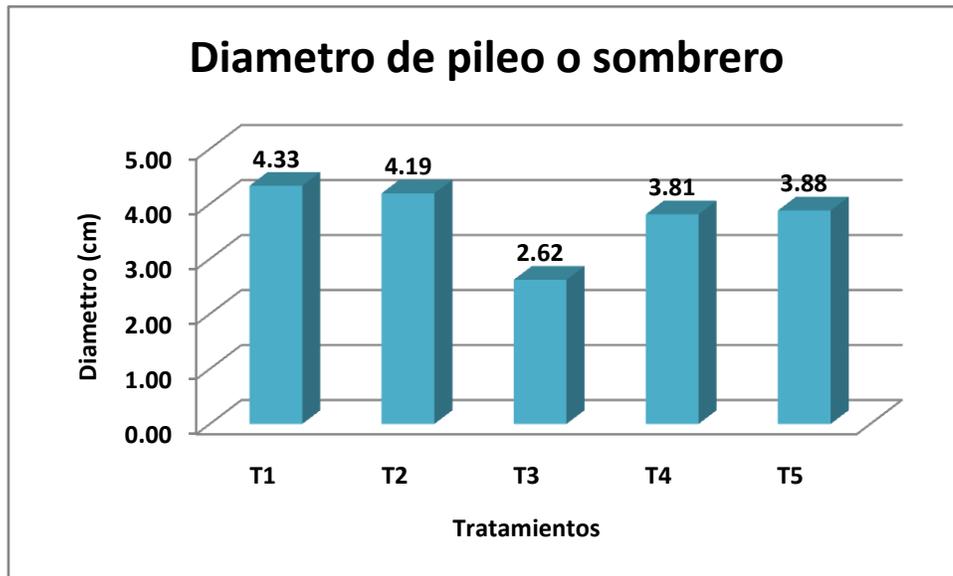
Al observarse diferencias significativas entre tratamientos se obtuvo la prueba de medias de acuerdo a Tukey como se muestra en el (Cuadro 4.2), en donde el T1 (paja de trigo y azúcar morena), presentó una media de 4.33 cm así como el T2 (paja de trigo y piloncillo), presento una media de 4.19 cm; siendo superiores al testigo que presentó una media de 3.88 cm. Lo anterior lo corrobora la utilización de miel de maíz con sustrato de sorgo, obteniendo una media de 6.24 cm, seguido por el tratamiento de sorgo con miel de abeja con una media de 5.02 cm y el tratamiento de paja de sorgo con azúcar de mesa registrando una media de 4.98cm, superaron al testigo que presentaba una media de 4.67cm, donde solo se utilizo paja de sorgo (Morales, 2007).mientras tanto los tratamientos T3 (paja de trigo con azúcar blanca) y T4 (paja de trigo con melaza),presentaron una media menor al testigo siendo de 2.62 cm y 3.81 cm, respectivamente.

Cuadro 4.2 Prueba de Tukey para la variable diámetro de sombrero.

Nº. DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	MEDIA
1	Paja de trigo / azúcar morena	4.33 ^a
2	Paja de trigo / piloncillo	4.19 A
3	Paja de trigo / azúcar blanca	2.62 B
4	Paja de trigo / melaza	3.81 A
5	Paja de trigo / testigo	3.88 A

Al realizar la prueba de medias sus diferencias se observan en la (figura 4.1) teniendo al T1 (contiene paja de trigo con azúcar morena) como superior al testigo y los demás tratamientos.

Figura 4.1 Comparación de las medias de la variable diámetro de sombrero.



Variable Diámetro de pie:

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, se presentan en el (Cuadro 4.3) en donde se observan el cuadrado medio y su significancia, registrada entre tratamientos, mostrando diferencias significativas al ($P > 0.05$) de probabilidad, así como el coeficiente de variabilidad con 10.35 % que indica el grado de confiabilidad.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza para la variable diámetro de pie.

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.235773	0.058943	5.9608*	0.005
ERROR	15	0.148327	0.009888		
TOTAL	19	0.384100			
C.V.	10.35 %				

*Significancia al 95 % de probabilidad

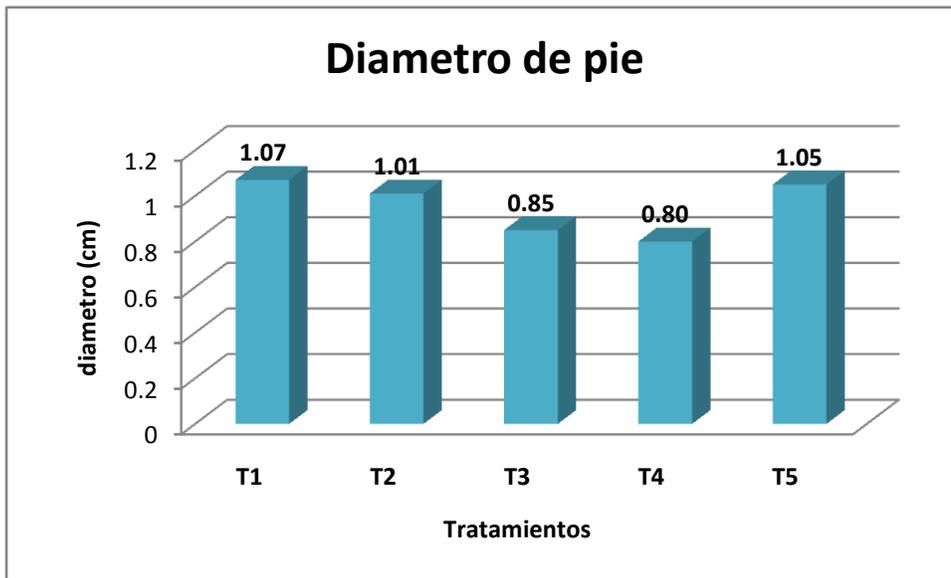
Al apreciar diferencias significativas entre tratamientos se obtuvo la prueba de medias de acuerdo a Tukey como se muestra en el (Cuadro 4.4), en donde el T1 (paja de trigo y azúcar morena) mostró una media de 1.07 cm, siendo superior al T5 (paja de trigo), el cual presentó una media de 1.05 cm. Este resultado coincide al utilizarse paja de sorgo con miel de maíz la cual mostró una media de 1.09 cm, siendo superior al testigo; el cual solo llevaba paja de sorgo dando a conocer una media de 1.07 cm (Morales, 2007). Mientras tanto T2 (paja de trigo con piloncillo), presentó una media de 1.01 cm; así como T3 (paja de trigo y azúcar blanca) y T4 (paja de trigo y melaza) registraron una media siendo de 0.85cm y 0.80 cm, respectivamente, mostrando resultados menores al testigo.

Cuadro 4.4. Prueba de Tukey para la variable diámetro de pie.

Nº. DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	MEDIA
1	Paja de trigo / azúcar morena	1.07 A
2	Paja de trigo / piloncillo	1.01 A
3	Paja de trigo / azúcar blanca	0.85 B
4	Paja de trigo / melaza	0.80 B
5	Paja de trigo / testigo	1.05 A

Al realizar la prueba de medias de acuerdo a Tukey en donde sus diferencias se observan en la (figura 4.2), en donde el tratamiento T1 (paja de trigo y azúcar morena) es superior, a los demás tratamientos, con una media de 1.07cm.

Figura 4.2 Comparación de las medias de la variable diámetro de pie.



Variable altura de pie:

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, presentan en el (Cuadro 4.5) en donde se observan el cuadrado medio y su significancia, registrada entre tratamientos, mostrando diferencias significativas al ($P > 0.01$) de probabilidad, así como el coeficiente de variabilidad con 7.88 % que indica el grado de confiabilidad.

Cuadro 4.5 Análisis de varianza para la variable altura de pío.

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F
TRATAMIENTOS	4	1.683121	0.420780	5.7554*	0.005
ERROR	15	1.096664	0.073111		
TOTAL	19	2.779785			
C.V. %	7.88				

*Significancia al 99 % de probabilidad

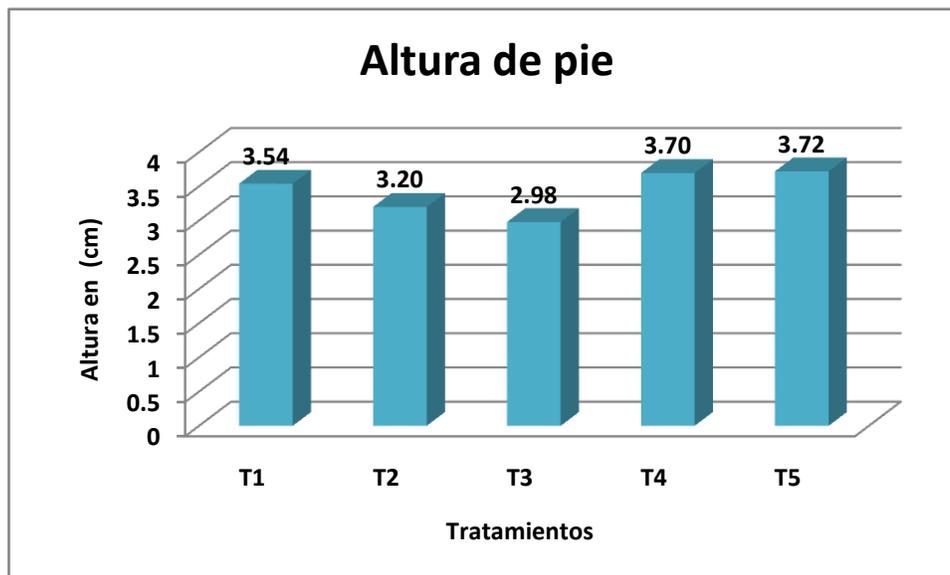
Al obtener diferencias significativas entre tratamientos se obtuvo la prueba de medias de acuerdo a Tukey como se muestra en el (Cuadro 4.6), en donde T5 (paja de trigo), fungiendo como testigo con una media de 3.72 cm, siendo el que mejor resultado presenta; T4 (paja de trigo con melaza), presentando una media de 3.70 cm; posteriormente T1 (paja de trigo con piloncillo), presentando una media de 3.54 cm; T2 (paja de trigo con piloncillo) con una media de 3.20 cm; T3 (paja de trigo y azúcar blanca) con una media de 2.98cm; considerándose como el peor tratamiento; comparado con los anteriores. Lo anterior coincide con los datos obtenidos al utilizar paja de sorgo con miel de maíz, el cual presenta una media de 4.97cm, paja de sorgo con azúcar de mesa mostrando una media de 4.92cm y paja de sorgo con miel de abeja; la cual presentó una media de 4.59cm; en donde estos tratamiento superaron al testigo, el cual solo contenía paja de sorgo; mostrando una media de 3.99cm (Morales, 2007).

Cuadro 4.6. Prueba de Tukey para la variable altura de pie.

Nº. DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	MEDIA
1	Paja de trigo / azúcar morena	3.54 AB
2	Paja de trigo / piloncillo	3.20 AB
3	Paja de trigo / azúcar blanca	2.98 B
4	Paja de trigo / melaza	3.70 A
5	Paja de trigo / testigo	3.72 A

Al realizar la prueba de medias sus diferencias estadísticas se presentan en la (figura 4.3) observando al T5 (paja de trigo), es superior a los demás tratamientos, ya que presenta una media de 3.72cm.

Figura 4.3 Comparación de las medias de la variable altura de pie.



Variable Peso fresco

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, se presentan en el (Cuadro 4.7) en donde se observan el cuadrado medio y su significancia, registrada entre tratamientos, los cuales no muestran ninguna diferencia significativa, dando a conocer el coeficiente de variación de 28.76%.

Cuadro 4.7. Análisis de varianza para variable peso fresco.

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F
TRATAMIENTOS	4	36.489258	9.122314	2.0213*	0.143
ERROR	15	67.695435	4.513029		
TOTAL	19	104.184692			
C.V. %	28.76				

*Significancia al 95 % de probabilidad

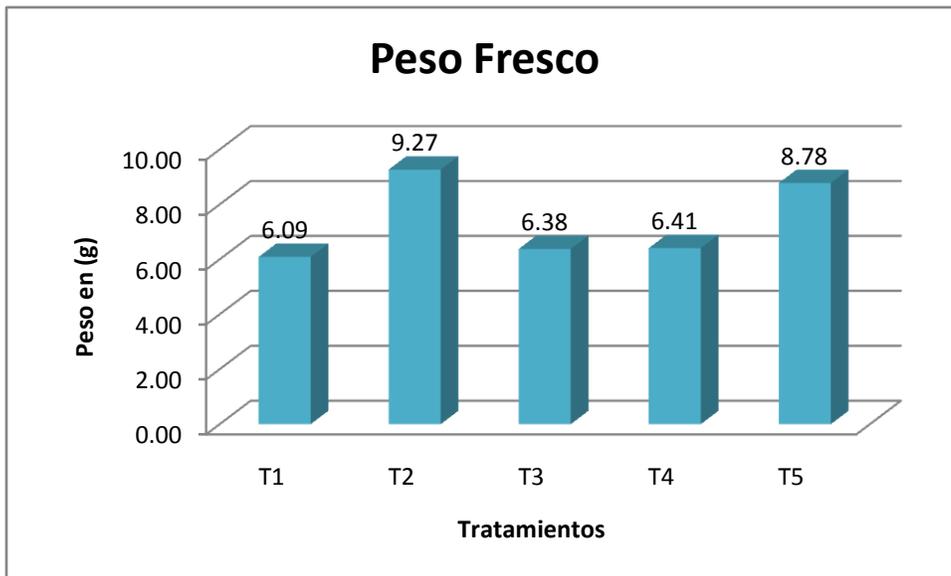
En el (Cuadro 4.8), se muestran los resultados obtenidos de la comparación de medias, donde T2 (paja de trigo mas piloncillo) registró una media de 9.27 g, seguido por T5 (paja de trigo), que obtuvo una media de 8.78g, siendo estos tratamientos superiores a los demás.

Cuadro 4.8. Resultado de la prueba de Tukey para la variable peso fresco.

Nº. DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	MEDIA
1	Paja de trigo / azúcar morena	6.09 B
2	Paja de trigo / piloncillo	9.27 A
3	Paja de trigo / azúcar blanca	6.38 B
4	Paja de trigo / melaza	6.41 B
5	Paja de trigo / testigo	8.78 AB

Al realizar la comparación de las medias resultantes, sus diferencias se observan en la (figura 4.4), en donde T2 (paja de trigo con piloncillo), presenta una media de 9.27 g, siendo el que mejor resultado presenta; en relación al testigo; T5 (paja trigo), que presentando una media de 8.78 g; posteriormente T4 (paja de trigo con melaza), con una media de 6.41 g; seguido por T3 (paja de trigo con azúcar blanca) con una media de 6.38 g; por ultimo el T1 (paja de trigo y azúcar morena) con una media de 6.09 g.

Figura 4.4 Comparación de las medias de la variable peso fresco.



Variable Eficiencia Biológica

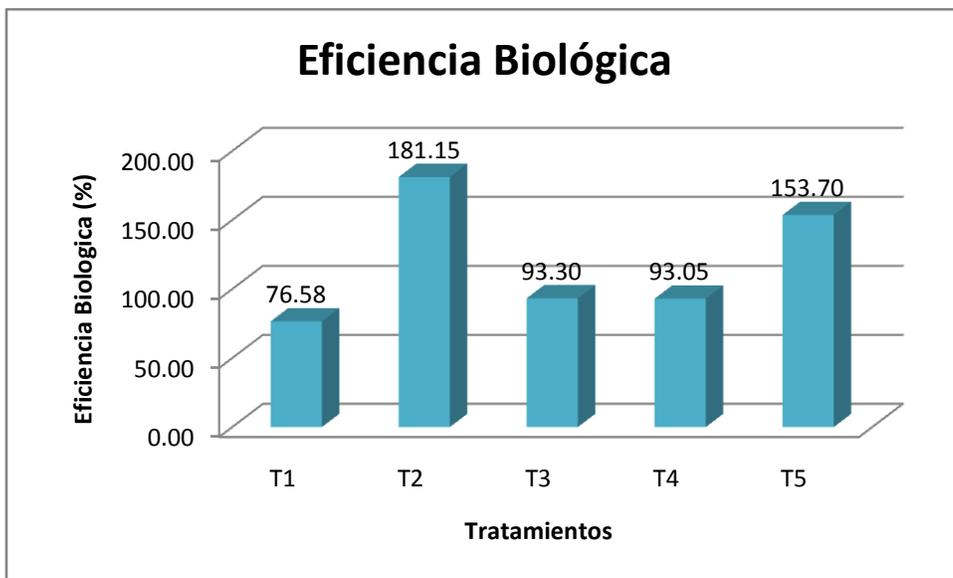
Los resultados obtenidos, se presentan en (Cuadro 4.9), donde se observa que T2 (paja de trigo con piloncillo), presento el mayor porcentaje, siendo de 181.15%, en relación al testigo (paja de trigo); el cual fue superado, presentando un porcentaje de 153.70%. Además se observo que los demás tratamientos muestran un porcentaje menor, en relación al testigo y son: T3 (paja de trigo mas azúcar blanca) el cual presenta un porcentaje de 93.30%, T4 (paja de trigo mas melaza), con 93.05% y T1 (paja de trigo mas azúcar morena) con 76.58%; siendo el que presenta el porcentaje mas bajo; en relación al testigo y los demás tratamientos. Estos resultados coinciden al utilizar paja de sorgo con miel de abeja; en la cual se presento un porcentaje de 80.17 %, donde supero al testigo el cual solo contenía paja de sorgo mostrando un porcentaje de 70.62% (Morales, 2007).

Cuadro 4.9 Prueba de Tukey de los promedios de la Eficiencia Biológica.

Nº. DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	EB (%)
1	Paja de trigo / azúcar morena	76.58
2	Paja de trigo / piloncillo	181.15
3	Paja de trigo / azúcar blanca	93.30
4	Paja de trigo / melaza	93.05
5	Paja de trigo / testigo	153.70

Gráficamente se comparan los resultados (figura 4.5), desglosados del cálculo de la Eficiencia Biológica, los cuales presentan al T2 (paja de trigo mas piloncillo) con un resultado de 181.15%, siendo el que mejor resultado presenta, comparado con el T5 (paja de trigo), el cual funge como testigo; el cual está en segundo lugar con un resultado de 153.70%. Mientras que T1 (paja de trigo y azúcar morena), con un resultado de 76.58%, considerándose como el tratamiento que obtuvo el porcentaje mas bajo, en lo que a esta variable se refiere.

Figura 4.5 Comparación de los resultados de la variable Eficiencia Biológica.



V. CONCLUSIONES

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

Para las variables diámetro de sombrero y diámetro de pie, el mejor sustrato fue paja de trigo mas azúcar morena.

En relación a la variable altura de pie, el mejor sustrato fue el testigo.

Respecto a la Eficiencia Biológica, el tratamiento mejor fue el que contiene paja de trigo con piloncillo.

La precocidad en la invasión de micelio y emergencia de los cuerpos fructíferos, se presento en el sustrato de paja de trigo y azúcar blanca.

Para obtener hongos con mejores características como son: Diámetro de píleo (el cual es de interés comercial) y diámetro de pie, el sustrato es trigo con azúcar morena, presentando mejores cualidades.

VI. LITERATURA CITADA

- Andrade, M.R.L. 1995. Evaluación de sustratos para la producción del hongo comestible Shiitake (*Lentinus edodes* Berck). En: Marroquín, J. (Ed). Memorias III Seminario Nacional sobre utilización de Encinos, Nuevo León, México. Publicación Especial No. 15 T. II: 715:728. ISSN-0185-6332. México.
- Atlas R.M. and Barta R. 1981. Microbial Ecology: Fundamentals and Applications, Addison-Wesley Pub. Co p 33.
- Ávila, R.L.E., 1997. Evaluación financiera de una planta rural de setas comestibles *Pleurotus* spp. Diseñada bajo tecnología ambiental en el Sur de Jalisco, Tesis profesional. Chapingo, México.
- Bano Z. y Rajarathnam, S. (1989). *Pleurotus* mushrooms as a nutritious food. En: Tropical mushrooms biological nature and cultivation methods.
- Beltrán V. E, L.L.E. Campos, R.B. López, V.R. Oviedo, R.J. Rodríguez y M.G. Tovar. 1995. Producción Comercial de Setas (*Pleurotus* spp.) Manual de setas y champiñones S.A de C.V. México.
- Bobek, P., Ozdin, L., y Cerbven, J. 1990. Efectos hipocolesterolémicos de la seta ostra (*Pleurotus ostreatus*) con sensibilidad hereditaria aumentada al colesterol de dieta. En: Biologia (Bratislava), Vol. 54:961-966.
- Breene, W.M. 1990. Nutritional and medicinal, value of specialty mushrooms University of Minnesota, Sf. Paul, M.N. En: Journal of Food Protection. (USA), Vol.53(10):883-894.
- Cailleux, R., A. Diop y A. Macaya-Lizano. 1976. *Pleurotus ostreatus* et formes afines: compartimentcultural. Influence des sources carbonees et azotées Sur le développement mycelium et la fructification.
- Castellanos M, J, S, 1999. Química orgánica. Primera edición McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES. México.
- CENTENAL, (1975). Carta topográfica de Saltillo, G14. 1ª Edición.

- Chang Shu Ting and Miles Philip G. 1989. The nutritional attributes and medical value of edible mushroom. *In: Edible mushroom and their cultivation.* CRC Press. Pp. 27-40.
- Chang, S.T. 1999. World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. In China. *International J. Med. Mush.* 1:291-300.
- Chang, S.T. and P.G. Miles 1989. *Edible mushrooms and their cultivation.* CRC. Press, Inc. Boca.Raton, Florid. 345 pp.
- Cruz, H. 2000. *El poder curativo de hongos.* Edición selector, México.
- Deacon J. W. 1988. *Introducción a la micología moderna,* LIMUSA. 350 p.
- Diego, F. 1979. *Setas.* Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Eger, G., H. D. Gottwald y U. v Netzer. 1974. The action of light and other factors on sporophore initiation in *Pleurotus ostreatus*. *In: K. Mori (ed).* *Mush. Sc.* 9:575-583.
- Ferri, F. 1985. *I funghi.* Edagricole, Bologna.
- Gaitán, H.R. 1993. Cultivo de *Pleurotus djamour* en zacate buffel, viruta de encino y bagazo de henequén. En J, G. Marmolejo y F. Garza-Ocañes, Editores, *Contribuciones micológicas en Homenaje al Biólogo José Castillo Tovar, por su labor en pro de la micología Mexicana.* Reporte científico Especial No. 13: 111-115 pp. UANL, Linares, México.
- García R. M. (1985). *Nuevas técnicas e cultivo del Pleurotus ostreatus.* Hojas Divulgadoras No. 8, Madrid, España.
- García R.M. 1998. *Cultivo de setas y trufas.* Tercera Edición. Ediciones Mundi – Prensa. España.
- García R.M. 2003. *Cultivo de setas y trufas.* Cuarta Edición. Ediciones Mundi – Prensa España.
- García, R. 1976. *Hongos de la madera.* Ministerio de la agricultura. Madrid, España.
- Gea A. F. J. 1997. *Micosis del cultivo de champiñón.* Ediciones Mundi-Prensa.
- Guzmán D. 1990. *El cultivo de hongos comestibles Pleurotus ostreatus sobre el bagazo de maguey de la industria tequilera.* Instituto de botánica,

- Universidad de Guadalajara, Zapopan Jalisco, Mex. Revista mexicana de micología. No. 3 pp. 47-49.
- Guzman G. 1978. Hongos. Ed. Limusa. Mexico. 194 pp.
- Guzmán G. 1980. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, Alucinantes, Edición Limusa. México.
- Guzmán, G. 1994. "Algunos aspectos importantes en la ecología de los hongos (en especial de los macromicetos)". Instituto de Ecología.
- Guzmán, G. 1995. Hongos. 2da. Edición. Editorial Limusa.
- Guzmán, G.D. 1993. Salmenes, C. Soto-Velazco, L. Guzmán Dávalos. *El cultivo de los hongos comestibles*. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 42-121
- Herrera, T; Ulloa M. 1998. El ramo de los hongos micología básica y aplicada. Segunda ed. Fondo de la cultura económica. México.
- Kamra, D.N. y F. Zadrazil. 1986. Influence of gaseous phase, light and substrate pretreatment on fruit body formation, lignin degradation and *in vitro* digestibility of wheat straw fermented with *Pleurotus* spp. *Agr. Wastes* 18: 1-17.
- Lizan R, L. (1967). Identificación de hongos comestibles, venenosos, Alucinantes, Edición Limusa. México.
- López. R. A. 1995. Cultivo de setas. Centro de Genética de Forestal Universidad Veracruzana, Xalapa Ver. México.
- Martínez C. D., P. Morales, M. Sobal, 1990. Cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o paja de cebada. CEICADAR, Puebla, Pue. Mex. Micología Neotropical Aplicada No. 3 pag. 49-52.
- Martínez – Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla, A. Larque-Saavedra, 1998. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 77-96.

- Martínez – Carrera, D., A. Larqué – Saavedra, P. Morales, M. Sobal, W. Martínez y A. Aguilar, 1993. Los hongos comestibles en México, biotecnología de su reproducción. *Ciencia y desarrollo* 108:41 - 49.
- Martínez – Carrera, D., Leben, R., Morales, P., Sobal, M. y Larque-Saavedra, A. 1991. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo*. 15(96):33-43.
- Martínez-Carrera, D., Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla and Larqué-Saavedra, 1999. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Neotrop. Apl.* 11:77-96.
- Moore, D. 1995. Tissue formation. *In*: N.A.R. Gow y G.M. Gadd (eds). *The Growing Fungi*. Chapman and Hall. 423-465.
- Morales, C. J. E. 2007. Influencia de tres azúcares en el desarrollo de setas (*Pleurotus ostreatus*). Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Naranjo, J.N., A.N. Almaraz, C.J. Herrera, R.J. Ávila, 1998, Corteza de pino en el cultivo de hongo *Pleurotus* sp. En raya, G.D, Ed. II Congreso Mexicano de Productos Forestales. Morelia, Mich; México. p32.
- Opletal, L., Jahordar, L., Chobot, V., Zdansky, P., Lukes, J., Bratova, M., Solichava, D., Blunen, G., Dacke, C.G., y Patel, A.V. 1997. Evidence for En: *British Journal of Biomedical Science*. Vol. 54 (4):240-243.
- Perala, Santolaria, 1973. Setas. 2ª. Edición. Madrid, España.
- Poppe, J., W. Welvaert and G. De Both. 1985. Diseases and their control - possibilities after ten years *Pleurotus* culture in Belgium. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 50 (3b): 1097-1108.
- Quimio, T.H., S.T. Chang, and D.J.Royse. 1990. Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. FAO Plant Production and Protection Paper 106. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Revista de Ciencia y Desarrollo. CONACyT. Vol. XVI. Numero 96.Enero-Febrero 1991. México.

- Rodríguez, M., 1996. Caracterización de cepas del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*), en medios de cultivos y su evaluación en sustratos lignocelulosicos forrajeros para la producción de carpóforos. Tesis profesional. UANL. Nuevo León, México.
- Rodríguez, P. 1998. Conservación de setas (*Pleurotus ostreatus*) utilizando atmosferas modificadas pasivas. Tesis Profesional. Irapuato, Guanajuato.
- Romero, Cova, S. 1993. Hongos Fitopatógenos. 1ra. Edición. UACH, México.
- Sánchez V. J.E. 1994. Producción de hongos comestibles. 1ra Edición. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Sánchez, R.R. 1986. Producción de granos y forrajes, 5ta. Edición. Editorial Limusa. México D.F. Pag. 216-217.
- Sobal, M., P. Morales, W. Martínez, D.N. Pegler and D. Martínez Carrera. 1997. Cultivation of *Lentinus levis* in México. *Micol. Neotrop. Apl.* 10:63-71.
- Sobal, M.; Morales, P.; Martínez Carrera, D. (1993). Utilización de los rastrojos de haba y frijol, como sustrato para el cultivo de *Pleurotus*. Laboratorio de biotecnología en hongos comestibles, Puebla, Puebla. México. *Micología Neotropical Aplicada* (6) 137-141.
- Soto, V. C. 2004. El cultivo de las setas (*Pleurotus spp.*) Tecnología de Producción de alimentos. 1ª. Edición. Ediciones Cuellar. México.
- Vedder, 1991. Cultivo moderno del champiñón. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España.
- Velásquez, Delín, N. 1995. Producción del hongo ostión o de cazahuate (*Pleurotus spp.*). Revisión bibliográfica departamento de fitotecnia. UACH. México.
- Villareal, L. "Análisis ecológico de la productividad natural de hongos comestibles silvestres en los bosques del Cofre de Perote, Veracruz". Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados Villareal (1994).

Villaseñor, I.L, A. Arias García, O. Rodríguez Alcanzar. 1997. Hongos comestibles que podemos cultivar. Sección Universitaria, Internet. México.

Villegas G. A. (1996). Biotecnología intermedia en México. Primera ed. Chapingo, México.

Paginas web:

Ciclo de vida de un hongo. Microsoft® Encarta® 2009. © 1993--2008 Microsoft Corporation.

Hongos. Microsoft® Encarta® 2009. © 1993--2008 Microsoft Corporation

<http://es.wikipedia.org/wiki/Az%C3%BAcar> (Wikimedia Foundation, Inc.).

http://es.wikipedia.org/wiki/Caracteres_morfol%C3%B3gicos_de_los_hongos.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Chancaca> (Wikimedia Foundation, Inc.).

<http://es.wikipedia.org/wiki/Melaza> (Wikimedia Foundation, Inc.).

<http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1013>.

[http:Aspectos generales de los hongos. www.terra. Es / personal 2 / jaumecarles / pagina _ nueva_16 htm.](http://Aspectos_generales_de_los_hongos.www.terra.es/personal_2/jaumecarles/pagina_nueva_16.htm)