

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA



Determinación del rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos

POR:

Ismael Díaz Pérez

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en la Especialidad de Horticultura

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2008

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA

**Determinación del Rendimiento del Hongo *Pleurotus ostreatus*
en Diferentes Sustratos**

POR:

Ismael Díaz Pérez

TESIS

**Que somete a consideración del H. Jurado examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en la Especialidad de Horticultura

APROBADA

**MC. Felipa Morales Luna
Presidente del Jurado**

**MC. Maria Hernández González
Sinodal**

**Biol. Miguel A. Carranza Pérez
Sinodal**

**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio de 2008**

RESUMEN

La producción de hongos comestibles es una alternativa tecnológica apropiada para la obtención de alimentos de alto valor nutritivo y medicinal, así como la generación de empleos e ingresos, por la posibilidad de obtener grandes cantidades de producto en pequeñas áreas, en cortos períodos de tiempo, mediante técnicas sencillas y a bajo costo de producción, utilizando racionalmente los subproductos agrícolas y los productos que se generan de esta actividad, reciclando el sustrato para ser utilizado como abono orgánico.

Actualmente, la producción comercial de hongos comestibles en México ofrece notables ventajas sociales, económicas y ecológicas. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales.

El objetivo principal en la realización de este presente trabajo experimental fue determinar el rendimiento de producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos, con la finalidad de conocer los mejores tratamientos, así como los contenidos nutricionales presentes en cada uno de ellos.

El desarrollo del trabajo experimental se llevo acabo en 2 etapas:

En primer lugar se realizaron los análisis bromatológicos de los sustratos a utilizar, con el fin de determinar las proporciones de nutrimentos presentes en cada uno, empleando el diseño completamente al azar, de seis tratamientos con tres repeticiones, teniendo un total de 18 unidades experimentales; T1: Sorgo (Testigo), T2: Zacate, T3: Tallo de maíz, T4: Olote de maíz, T5: Cartón, T6: Fibra de coco, siendo las variables evaluadas; % de Materia seca total, % de humedad, % de materia orgánica, % de cenizas, % de nitrógeno, % de proteína cruda, % de grasa, % de fibra cruda, % de extracto libre de nitrógeno.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: Para la variable % de materia seca total, el mejor tratamiento fue el cartón (T5) con una media de

91.92, seguido por los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T6 respectivamente, para la variable % de humedad, el mejor tratamiento fue la fibra de coco (T6) con una media de 12.32, seguido por los tratamientos T4, T3, T2, T1 y T5, para el % de materia orgánica, el mejor tratamiento fue el cartón (T5) registrando una media de 88.95, seguido por los tratamientos T1, T4, T6, T2 y T3 respectivamente, para la variable % de cenizas, el mejor tratamiento fue el tallo de maíz (T3) obteniendo una media de 8.60, seguido por los tratamientos T2, T1, T6, T5 y T4 sucesivamente, para el % de nitrógeno, el mejor tratamiento fue el tallo de maíz (T3) con una media de 0.71, seguido por los tratamientos (T1, T2, T4, T6 y T5 respectivamente, en la variable % de proteína cruda, el mejor tratamiento fue el tallo de maíz (T3) con una media de 4.45, seguido por los tratamientos T1, T2, T4, T6 Y T5 sucesivamente, para la variable % de grasa, el mejor tratamiento fue la fibra de coco (T6) con una media de 1.43, seguido por los tratamientos T5, T1, T2, T3 y T4 respectivamente, para la variable % de proteína cruda el mejor tratamiento fue el cartón (T5) con una media de 62.83, seguido por los tratamientos T2, T1, T6, T4 y T3 sucesivamente, para el % de extracto libre de nitrógeno que corresponde a los carbohidratos, el mejor tratamiento fue el olote de maíz (T4) con una media de 65.33, seguido por los tratamientos T6, T3, T1, T2 y T5.

Contando con el resultado de los análisis bromatológicos se llevó a cabo el trabajo de campo que consistía en determinar el rendimiento de la producción en cada uno de los sustratos, el cual se estableció con un diseño completamente al azar, de seis tratamientos con cinco repeticiones, teniendo un total de 30 unidades experimentales; T1: Sorgo (Testigo), T2: Zacate, T3: Tallo de maíz, T4: Olote de maíz, T5: Cartón, T6: Fibra de coco, siendo las variables evaluadas; longitud de tallo, diámetro de tallo, diámetro de sombrero, peso fresco.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes; para longitud de tallo el mejor tratamiento fue el zacate (T2) con una media de 3.06 cm. en el primer corte, 3.02cm. en el corte dos y 2.48cm. en el corte tres, seguido en orden

descendente por los tratamientos T4, T3, T6, T1 y T5 respectivamente, para la variable diámetro de tallo el mejor tratamiento fue el sorgo (Testigo) con una media de 1.5 cm. para el corte uno, 1.58cm. para el corte 2 y 1.76cm. para el corte tres, seguido por los tratamientos T3, T6, T4, T2 y T5 respectivamente, para diámetro de sombrero el mejor tratamiento fue el olote de maíz (T4) con una media de 7.54 cm. para el corte uno, 7.12 cm. para el corte dos y 6.34 cm. para el corte tres, seguido por los tratamientos T3, T6, T2, T1 y T4 respectivamente, para la variable peso fresco el mejor tratamiento fue el olote de maíz (T4) con una media 126.94 gramos en el corte uno, 128.96 gramos en el corte dos, 121.4 gramos en el corte tres, seguido por los tratamientos T6, T1, T3, T2 y T5 respectivamente.

Con los resultados obtenidos es posible definir que el mejor sustrato para obtener los mejores rendimientos en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* es el olote de maíz, ya que contiene los nutrimentos necesarios para el crecimiento y desarrollo de los cuerpos fructíferos.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
OBJETIVO	3
HIPOTESIS	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
Historia de los hongos comestibles en México.....	4
Definición de hongos y setas	4
Morfología de las setas.	5
La Cutícula	6
El Sombrero	6
El Himenio.....	6
El Pie (o estípite).....	7
La Volva	7
El Anillo	8
Biología del <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
Descripción botánica	8
Clasificación taxonómica.....	9
Ciclo de reproducción del <i>Pleurotus spp.</i>	9
Habitad natural del <i>Pleurotus ostreatus</i>	10
Estructura de <i>Pleurotus ostreatus</i>	11
Importancia del <i>Pleurotus ostreatus</i>	12
Importancia ecológica	12
Importancia medicinal	13
Efectos antitumorales	13
Efectos antivirales.....	13
Efecto antiinflamatorio.....	14
Control del colesterol	14
Efecto antioxidante	15
Producción mundial.....	15
Producción nacional de <i>Pleurotus ostreatus</i>	16
Localización de la producción de hongos en el país	17
Importancia del <i>Pleurotus ostreatus</i> en el mercado	17
Propiedades nutricionales del <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
Composición química del <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
Proteínas.....	18
Carbohidratos.....	18
Lípidos.....	19
Vitaminas	19
Minerales.....	20
Sustratos para el cultivo de hongos	20
Eficiencia biológica.....	21
Sustratos utilizados en México en el cultivo de <i>Pleurotus spp.</i>	21
Descripción de sustratos	25
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	25
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	26

Análisis nutricional de sustratos	29
Determinación de humedad (Método de secado)	29
Determinación de cenizas totales	30
Determinación de Nitrógeno y Proteína cruda (Método Kjeldahl)	30
Determinación de grasa	31
Determinación de fibra cruda	31
Preparación del sustrato	32
Pasteurización.....	32
Inoculación	32
Incubación	33
Fructificación	33
La cosecha.....	34
Comercialización	34
Aspectos físicos para su producción	35
Plagas y enfermedades del <i>Pleurotus ostreatus</i>	36
Plagas	37
Colémbolos	37
Dípteros	37
Enfermedades.....	37
Telaraña (<i>Dactylium dandroides</i>)	37
<i>Pseudomonas tolaasii</i>	38
III. MATERIALES Y METODOS	39
Descripción de las instalaciones.	39
Materiales de laboratorio (Análisis Bromatológico).	39
Equipos	39
Reactivos y soluciones.....	39
Otros	40
Material de campo.....	40
Material genético.....	40
Análisis químico de sustratos.....	41
Establecimiento del trabajo experimental.....	41
Variables evaluadas.....	41
Análisis estadístico.....	42
Procedimiento	43
Preparación del sustrato	43
Siembra del micelio	43
Fase de incubación	43
Fase de fructificación	44
Fase de cosecha.....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
V. CONCLUSIONES	61
VI. LITERATURA CITADA	63

INDICE DE CUADRO

Cuadro		Pág.
1	Clasificación taxonómica del <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
2	Comparación de la producción mundial de hongos comestibles.....	16
3	Composición de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales de <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
4	Resultado de las eficiencias biológicas de diferentes tipos de sustratos en el cultivo de <i>Pleurotas ostreatus</i> en México.....	24
5	Composición química del sorgo.....	25
6	Análisis químico de la planta de maíz en diferentes etapas fonológicas.....	27
7	Composición química de algunas pajas o rastrojos utilizados en México.....	28
8	Composición química del olote de maíz.....	28
9	Proporción de sustratos utilizados en cada repetición de cada tratamiento en el experimento.....	41
10	Cuadro para el análisis de varianza.....	42
11	Cuadrados medios y su significancia para las variables evaluadas en el análisis de varianza.....	45
12	Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad con las variables evaluadas.....	46
13	Cuadrados medios y su significancia para la variable longitud de tallo en las tres oleadas.....	53
14	Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable longitud de tallo.....	54
15	Cuadrados medios y su significancia para la variable diámetro de tallo en las tres oleadas.....	55
16	Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable diámetro de tallo.....	56

17	Cuadrados medios y su significancia para la variable diámetro de sombrero en las tres oleadas.....	57
18	Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable diámetro de sombrero.....	58
19	Cuadrados medios y su significancia para la variable peso fresco en las tres oleadas.....	59
20	Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable peso fresco.....	60

INDICE DE GRAFICAS

Grafica	Pág.
1 Porcentaje promedio de materia seca total.....	47
2 Porcentaje promedio de humedad.....	47
3 Porcentaje promedio de materia orgánica.....	48
4 Porcentaje promedio de cenizas.....	49
5 Porcentaje promedio de nitrógeno.....	49
6 Porcentaje promedio de proteína cruda.....	50
7 Porcentaje promedio de grasa.....	51
8 Porcentaje promedio de fibra cruda.....	51
9 Porcentaje promedio de extracto libre de nitrógeno.....	52
10 Longitud de tallo en las tres oleadas.....	54
11 Diámetro de tallo en las tres oleadas.....	56
12 Diámetro de sombrero en las tres oleadas.....	58
13 Peso fresco en las tres oleadas.....	60

INDICE DE FIGURAS

Figura		pág.
1	Partes principales de una Seta adulta.....	5
2	Ciclo de reproducción de las setas.....	10

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por darme el privilegio de vivir este momento, el cual culmina una etapa más de mi preparación profesional.

A MI **ALMA TERRA MATER** por los servicios y la formación académica que me brindaron en mi estancia universitaria.

A mi asesor de tesis **MC. FELIPA MORALES LUNA** por su paciencia, apoyo incondicional y dedicación en la realización de este trabajo.

LA **MC. MARIA HERNANDEZ GONZALES** por su colaboración, apoyo y asesorías en la elaboración de este trabajo.

Al **BIOL. MIGUEL A. CARRANZA PEREZ** por su colaboración, apoyo y asesorías para el desarrollo de este trabajo.

Al **T.L.Q. CARLOS ALBERTO ARÉVALO SANMIGUEL** por su valioso apoyo en la realización de los trabajos de laboratorio.

A la **LIC. SANDRA ROXANA LÓPEZ BETANCOURT** por su apoyo y ayuda desinteresada en la elaboración de este trabajo.

A mis **compañeros y amigos** que de una u otra manera estuvieron presentes en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

SR. JUAN DÍAZ LÓPEZ

SRA. HILARIA PÉREZ ARCOS

Con todo el cariño del mundo les dedico este presente trabajo, por todos los sacrificios de lucha y esperanza que hicieron posible para concluir mi preparación profesional, por la confianza que se hace presente y por los sabios consejos que de una u otra manera los tuve presente.

A MIS HERMANOS QUERIDOS:

Por toda la consideración que me tienen, el apoyo y la motivación que me brindaron para poder lograr mis metas.

CON MUCHO CARIÑO A MIS HERMANAS:

Que estuvieron presentes en cada momento del transcurso de mi preparación.

A MIS CUÑADAS:

Por formar parte de esta bonita familia y por darme ánimos para salir adelante.

A MIS SOBRINOS Y SOBRINAS:

Por el respeto y cariño y ser la alegría de la familia.

A todos mis amigos y amigas que me acompañaron en las tristezas y alegrías en mi estancia en la universidad.

Por todo gracias...

I. INTRODUCCION

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

Se ha calculado que existen cerca de 250,000 especies de hongos tanto de variedades micros como macroscópicos, éstos últimos de más o menos 10,000 especies cuyos cuerpos fructíferos de diversos tamaños, formas y colores, pueden ser comestibles o no comestibles, dada su textura y consistencia, o bien venenosos. Dentro de los comestibles existen especies micorrízicas, parásitas y saprofitas. Cerca de 80 especies (básicamente saprofitas) se han logrado cultivar en laboratorios de diversas partes del mundo, 22 han sido cultivadas comercialmente, y solo 10 se producen a escala industrial. En México se sabe que existen más de 200 especies de hongos comestibles (Martínez-Carrera *et al.*, 1993).

En los últimos años, esta tecnología se ha convertido en una verdadera alternativa para la obtención de alimentos de consumo humano de alto valor nutritivo, por la posibilidad de obtener grandes cantidades en pequeñas áreas mediante técnicas sencillas, a bajo costo, en cortos periodos de tiempo y empleando residuos agrícolas, agroindustriales y forestales como substrato para su cultivo (Martínez-Carrera *et al.*, 1995).

Los hongos comestibles pertenecientes al género *Pleurotus*, tuvo sus inicios de producción en Alemania, alrededor de 1917, empleando micelio silvestre para la inoculación de troncos. Sin embargo, el primer cultivo a gran escala con troncos como sustrato solo fue posible hasta 1969 en Hungría.

Su cultivo se ha desarrollado ampliamente en diversas partes del mundo como Estados Unidos, Europa y el sudeste de Asia. En México, dicha actividad se

inició en 1933 por el sector privado y en 1989 por el sector social. Esta actividad es cada vez más importante social, económica y ecológicamente, ya que el monto anual de sus operaciones supera los 700 millones de dólares y genera alrededor de 15,000 empleos directos e indirectos.

La especie *Pleurotus ostreatus* (setas) ha tenido un desarrollo muy rápido, una amplia aceptación en el mercado y un crecimiento de su industria, de tal manera que en la actualidad se produce en casi todas las latitudes del mundo. Este hongo merece una atención especial, entre otras cosas, debido a sus propiedades nutritivas, la amplia variedad de residuos orgánicos en los que es capaz de crecer y la baja inversión inicial para su producción al tratarse de una alternativa económica familiar (Martínez Carrera *et al* 1999).

Los hongos comestibles además de ser consumidos por un grato sabor también tienen valor nutricional para los seres humanos, ya que son fuente de proteínas, y contiene vitaminas como B1, B2, B12, C y D. Otra importancia que se les añade es la acción medicinal, por tener propiedades anti-virales, anti-tumorales, anti-hipertensión y anti-arterioesclerosis (Martínez –Carrera *et al.*, 2000).

OBJETIVO

- Probar diferentes sustratos para el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus*.
- Determinar el rendimiento de los hongos *Pleurotus ostreatus* en el uso de de diferentes sustratos.

HIPOTESIS

- H_0 . No existe diferencia en el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* al probar diferentes sustratos.
- H_a . Al menos uno de los sustratos presenta diferencia en el rendimiento de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

II. REVISION DE LITERATURA

Historia de los hongos comestibles en México

En México el cultivo de los hongos comestibles, tuvo sus inicios en 1933 con la especie *Agaricus bisporus* (champiñón). En 1974 se empezó de manera formal con la producción de *Pleurotus* spp, conocido comercialmente con el nombre de seta (Martínez-Carrera y Larqué Saavedra 1990, Martínez Carrera *et al.*, 1991, Martínez-Carrera 2002).

Desde la época prehispánica los hongos han sido de gran importancia para el hombre, utilizándolos como alimentos, medicinas, amuletos, drogas e incluso para ritos religiosos. En la actualidad existen algunas empresas dedicadas al cultivo de *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus*, conocidos en el mercado como champiñón y setas respectivamente. Aunque no se cuentan con cifras exactas y periódicas, se puede considerar que a nivel nacional, el volumen de producción de setas especies rebasa las 23 toneladas diarias de hongos frescos (Revista CONACyT, 1991).

Definición de hongos y setas

Los hongos son seres macroscópicos o microscópicos que viven sobre diversos materiales orgánicos, a los cuales descomponen para así alimentarse. Estos organismos, generalmente están formados por masas blancas y algodonosas llamada micelio, de las cuales brotan pequeños o grandes botones, que son las estructuras que producirán infinidad de simientes o esporas, a través de las cuales se reproducen. (Guzmán, 1978).

Es el resto del organismo micótico y se desarrolla de forma subterránea mediante una serie de filamentos, llamados hifas, que en conjunto forman el

micelio, siendo esta parte la más importante en lo que a biomasa se refiere. (Colange, 1979).

Una seta es la parte fértil (carpóforo) de ciertos hongos superiores. No es precisamente el fruto de un hongo, pero es algo parecido, porque alberga sus elementos reproductivos (esporas). (Perala, 1973).

Morfología de las setas.

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 futura seta, para finalmente, al término del desarrollo, dar lugar a una seta cuyas partes constituyentes son: sombreros (o píleos), escamas, cutícula, himenio, pie (o estípite), anillo y volva.

La (figura 1), presenta las partes principales de una seta adulta. (Diego, 1979; Guzmán, 1980).

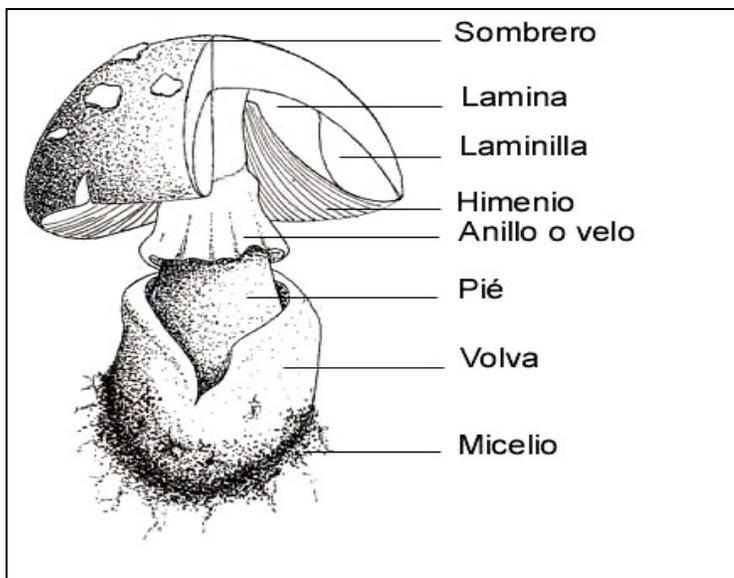


Figura 1. Partes principales de una Seta adulta.

La Cutícula

Es la membrana exterior que recubre al sombrero y pie. Está formada por unas capas de células o por una red compacta de filamentos hifales; puede tener o no sustancias colorantes, por lo general estos pigmentos son fácilmente degradados por la acción de la luz o por el agua. La cutícula puede ser lisa, rugosa, seca, o viscosa; está fuertemente adherida al sombrero o es fácilmente separable del mismo; puede tener estrías, surcos o círculos concéntricos (Diego, 1979).

El Sombrero

El sombrero, también llamado píleo, es la parte más ancha de la seta, situada encima del pie, presentando diversas formas como: esférico en el caso del género *Bovista*; acopados en *Aleuria*; cónicos en *Conocybe*; acampanados en *Panaeolus*; mamelonados o mamiformes en *Melanoleuca*; hemisféricos en *Stripharia*; convexos en *Amanita*; aplanados en *Lepistanuda*, embudados en *Cantharellus* y ramificados en *Ramaria* (Diego, 1979).

La estructura del sombrero 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).

El Himenio

El himenio es la zona donde se encuentran localizadas las esporas de origen sexual, sus características son importantes en la identificación. El más simple puede ser liso como en *Peziza*; formando pliegues como en *Cantharellus*; en

láminas como en *Agaricales*, en púas o agujones como en *Sarcodon*, en tubos como en *Boletus* (Perala, 1973; Diego, 1979).

El Pie (o estípite)

El pié es la parte del hongo que sostiene el sombrero, y que generalmente tiene forma cilíndrica. En él se encuentran una serie de detalles importantes para la identificación de la especie, como la forma, la facilidad de separación, la ornamentación, su colocación respecto al sombrero, su interior (macizo o hueco) y su consistencia.

Este órgano se encuentra formado por un conjunto de hifas dispuestas generalmente en haces paralelos, aunque también pueden estar entrecruzados sin orden alguno; es fibroso, generalmente más coriáceo que el sombrero, sobre todo en su parte inferior. Generalmente es cilíndrico, si es abultado en su parte superior es claviforme (*Cantharellus*). Si está hinchado en forma de bulbo, se llama bulboso (*Cortinarius*); si es más grueso en el centro que en los extremos; es el pie ensanchado (*Boletus*). Si sólo está atenuado en el extremo inferior, que se prolonga en forma de raíz, nos encontramos ante el pie radial o radicante (*Oudemansiella*). El pie puede ser simple o ramificado, en su parte exterior es más dura que la parte central, que es algodonosa y se destruye fácilmente (Lizan, 1967).

La Volva

Es el velo que cubre la mayoría de las especies del género *agarical* al inicio del desarrollo del cuerpo fructífero. En el momento que el cuerpo fructífero crece, esta tiende romperse para dejar pasar el sombrero y queda como una bolsa en la base del pie. Estos restos en forma de saco o funda que envuelven la base del pié se llama volva. Pueden ser en forma de saco como; (*Amanita caesarea*),

en forma de granulaciones cuadradas formando círculos (*Amanita muscaria*), y alguna muy rudimentarias y poco diferenciadas (*Amanita rubescens*) (Lizan, 1967).

El Anillo

Es el resto del velo parcial encargado de proteger el himenio del hongo joven, que al no haberse desprendido del todo, queda enganchado alrededor del pié. No todos son iguales ni se encuentran en la misma altura, si no que pueden estar ubicados de acuerdo al género o especie. (Diego, 1979).

Biología del *Pleurotus ostreatus*

Descripción botánica

Los *Pleurotus Ostreatus* pueden ser de colores muy variables, desde gris claro hasta marrón oscuro, pasando por todas tonalidades intermedias, a veces con reflejos azulados, tomando una coloración más amarillenta con el tiempo. Margen delgado y enrollado del mismo color que el sombrero. El sombrero mide entre 5 y 15 cm., aunque en ocasiones alcanza dimensiones mucho mayores dependiendo de la edad del hongo, convexo a plano convexo, con forma de ostra.

Las laminillas están dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o esporadas, de color blanco con cierto tono lila-grisáceo.

El pie suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Pueden crecer de forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles. La carne de la seta es blanca, de olor y sabor fúngicos y agradables (García, 1982).

Clasificación taxonómica

La taxonomía en hongos mantiene categorías, niveles o jerarquías, las cuales agrupan a los especímenes desde grupos que comparten características desde muy generales a nivel de Reino, hasta aquellos que comparten características muy específicas, las cuales suben hasta el nivel de género, especie, variedad, etc, (Cuadro 1). Clasificación taxonómica del *Pleurotus ostreatus*

Cuadro 1. Taxonomía según Romero (1993).

Subdivisión: *Eumicotina*

Clase: *Basidiomycetes*

Subclase: *Homobasidiomicetidae*

Orden: *Agaricales*

Familia: *Agaricaceae*

Género: *Pleurotus*.

Especie: *ostreatus*

Nombre científico: ***Pleurotus ostreatus***

Ciclo de reproducción del *Pleurotus spp.*

En los hongos existen dos fases de desarrollo que son la vegetativa o micelial y la fase de fructificación; la fase micelial empieza con la liberación de las

esporas, después germinan originando un micelio primario llamado monocarión; éste se fusiona con otro micelio monocarión compatible por medio de la **plasmogamia**, dando origen a un micelio secundario o dicarión (se caracterizan por tener células con dos núcleos haploides y fíbulas en los septos de las hifas). Las fíbulas son estructuras especializadas que permiten el intercambio de núcleos entre cada compartimiento hifal. La segunda fase se conoce como **cariogamia**; sucede cuando el micelio binucleado se desarrolla y se forman uno o varios cuerpos fructíferos en los cuales en su himenio, terminará la reproducción sexual con la formación de basidiosporas en los basidios. En la (figura 2), se presenta el ciclo de reproducción de las Setas. (Velásquez, 1995).

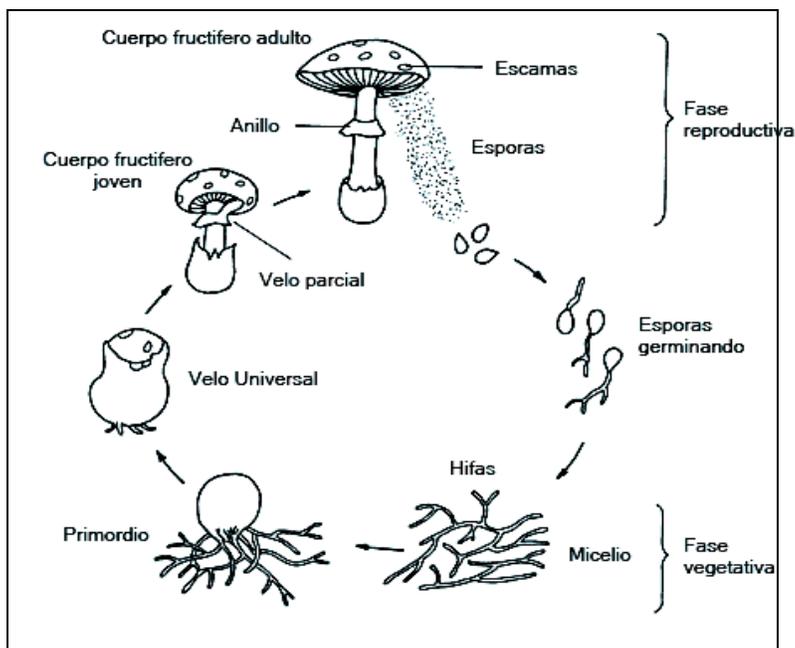


Figura 2. Ciclo de reproducción de las Setas.

Habitad natural del *Pleurotus ostreatus*

Esta especie se desarrolla casi siempre en troncos o tocones de frondosas en fase de descomposición, aunque a veces puede comportarse como parásita. Donde más frecuentemente la hemos encontrado ha sido en hayedos, pero

también es capaz de colonizar otras especies (Robles, chopos, olmos etc.). Suele crecer en grupos apretados de forma cespitosa, estando unos ejemplares junto a los otros y a veces unidos por el pie. (García, 1991)

En México se encuentra naturalmente en el bosque tropical perennifolio; en este bosque pueden distinguirse tanto los hongos lignícolas así como los húmícolas, se escasean los hongos formadores de ectomicorrizas y predominan las endomicorrizas de tipo vesículo arbuscular (Rzedowski, 1998).

Causa daño considerable puesto que es parásito de los árboles de madera dura especialmente del haya (*Fagus sp.*), se le encuentra durante todo el año, tiende a ser resistente y se seca bien (Seymour, 1979).

Estructura de *Pleurotus ostreatus*

La formación de las setas se debe a la agregación, compactación ramificación, ensanchamiento, gelatinización y engrosamiento de la pared celular de las hifas del micelio; esto quiere decir, que el cuerpo fructífero está formado por hifas provenientes del micelio vegetativo y posteriormente se transforma en micelio reproductor (López, 1995).

En cuanto a la posición de las hifas en el estípote de la seta, tanto en el “tejido” interno como en el externo, están acomodadas verticalmente, a diferencia de que las células de la superficie se alargan para formar estructuras semejantes a pelos.

El himenio (o láminas), está compuesto por basidios apretados, junto con otras células llamadas basidiolos y cistidios. En la zona de la trama, las células son largas y corren longitudinalmente en el centro de la lámina desde el píleo hasta el borde de la misma (López, 1995).

Importancia del *Pleurotus ostreatus*

La producción de hongos comestibles es una alternativa tecnológica apropiada para la obtención de alimentos de alto valor nutritivo y medicinal, así como la generación de empleos e ingresos, por la posibilidad de obtener grandes cantidades de producto en pequeñas áreas, en cortos períodos de tiempo, mediante técnicas sencillas y a bajo costo de producción, utilizando racionalmente los subproductos agrícolas y los productos que se generan de esta actividad, reciclando el sustrato para ser utilizado como abono orgánico (Martínez-Carrera *et al.*, 1995; 1999; Martínez-Carrera, 2000).

Importancia ecológica

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

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

Los materiales que se utilizan en la preparación del sustrato para el cultivo de hongos, comúnmente son residuos que se obtienen de la agroindustria, industria forestal, papelera, etc., (pajas de cereales, aserrín, papeles, cartones, etc.).

Actualmente, la producción comercial de hongos comestibles en México ofrece notables ventajas sociales, económicas y ecológicas. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales (Martínez Carrera 2002, Martínez Carrera *et al.*, 2006).

Importancia medicinal

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).

En México y parte de Centroamérica, también se ha reportado el uso de algunas especies de *Pleurotus*, con fines terapéuticos, entre estas especies se han reportado las siguientes: *Pleurotus smithii*, *P. ostreatoreosus* y *P. ostreatus*, se menciona el uso de estos hongos para el tratamiento de la hipertensión, como diurético, en la reducción del colesterol y como afrodisíaco (Guzmán, 1994).

Efectos antitumorales

Se ha demostrado que algunas variedades de hongos comestibles entre los que destacan las que conocemos en México con el nombre de “setas” (*Pleurotus ostreatus*), contienen cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral, es decir, se ha comprobado a nivel laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir la formación de estos. El mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que posteriormente destruyen las células cancerosas sin ocasionar efectos colaterales al enfermo (Miles y Shu-Ting, 1997).

Efectos antivirales

Los mismos mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto

virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA, y otras enfermedades de origen autoinmune como la artritis reumatoide o el lupus.

Se ha encontrado que el micelio del *Pleurotus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la Zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (Noda Shokukin, 1998).

Efecto antiinflamatorio

Contienen sustancias con actividad antibiótica que son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de las especies de *Pleurotus* o Setas, estos son componentes de ocho carbonos en su estructura molecular, y son las moléculas que originan el aroma y sabor característico que distingue a este tipo de hongos, estas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (Beltrán García *et al.*,1997).

Control del colesterol

Se ha demostrado a nivel experimental con ratas de laboratorio que el consumo frecuente de setas disminuye el nivel de ácidos grasos en sangre y el colesterol en el hígado, por otro lado en estos 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).

Efecto antioxidante

Los *Pleurotus* o setas, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes, o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (Miles y Shu-Ting, 1997).

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; y 4) Las fructificaciones son bien aceptadas por los consumidores en muchos países (Bano y Rajarathnam 1989, Martínez Carrera 1998, Chang y Miles 2004).

La República Popular de China es el mayor productor de hongos comestibles (3.9 millones de toneladas, cerca de 64 por ciento del suplemento mundial).

En el (Cuadro 2), se presenta las principales especies de hongos con mayor número de producción. (Chang, 1999).

Cuadro 2 Comparación de la producción mundial de hongos comestibles cultivados en 1986 y 1997. (Toneladas x 1000/peso fresco).

Especie	1986		1997		Incremento (%)
<i>Agaricus bisporus</i>	1, 227	(56.2%)	1, 956	(31.8%)	59.4
<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 volvácea</i>	178	(8.2%)	181	(3.0%)	1.7
<i>Flammulina velutipes</i>	100	(4.6%)	285	(4.6%)	130.0
<i>Tremella 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%)	–
Others	10	(0.5%)	518	(8.4%)	5, 080.0
Total	2, 182	(100%)	6, 158	(100%)	182.2

Fuente: Chang (1999).

Producción nacional de *Pleurotus ostreatus*

El cultivo de hongos en México ha 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 del 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 356 t (Martínez-Carrera *et al.*, 1993). A partir de ese año la producción comercial de

setas se incrementó notablemente, alcanzando alrededor de 1,825 t en 1997, lo que representó un incremento de 413% durante ese período (Sobal *et al.*, 1997). La tendencia se mantuvo, alcanzando una producción nacional estimada de 2,190 t en 2005 (Martínez-Carrera *et al.*, 2006).

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.

Algunos elementos que permiten explicar la distribución de la producción honguera comercial en tal arreglo geográfico son: la tradición micófaga 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).

Importancia del *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).

Propiedades nutricionales del *Pleurotus ostreatus*

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

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

Se podría clasificar a las setas junto con las verduras más nutritivas y justo por debajo de las carnes (Breene, 1990; Stamets, 1993).

Composición química del *Pleurotus ostreatus*

Proteínas

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

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, azúcares-ácidos, metil-pentosas y amino-azúcares como la quitina (Breene, 1990).

Lípidos

Pleurotus ostreatus contiene del 3 al 5 % de lípidos en peso seco. La grasa cruda contenida en este tipo de hongos es mayor en el estípite que en el pileo y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroides, 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 mas abunda (hasta en un 80 % del total de ácidos grasos) y la fosfatidil-colina 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 muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales. (Kang *et al.*, 1998).

Por otro lado, el alto contenido de ergosterol, es transformado en vitamina D por acción de los rayos de luz UV al ser deshidratados al sol. Por lo que las setas deshidratadas de esta forma, son una buena fuente de esta vitamina, muy importante para la absorción de calcio, 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, arsénico y mercurio, tal como se muestra en el (Cuadro 3), (Breene, 1990).

Cuadro 3. Composición de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales de *Pleurotus ostreatus* mg/100 g 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
Triptofano	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) citados por Miles y Chang (1989).

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 qué hongos (y qué 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).

Eficiencia biológica

Beltrán *et al.*, (1995) coinciden en que el 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:

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

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

Gaitán (1993), utilizó como sustrato el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), viruta de encino (*Quercus sp.*) y bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) en el cultivo del hongo comestible (*Pleurotus djamour*). Estableció 4 tratamientos con 4 repeticiones: T1: Zacate buffel más papel periódico y se agregó como suplemento 15 gramos de harina de trigo, obteniendo una Eficiencia Biológica (EB) de 58.7%; T2: Zacate buffel se agregó 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, más como suplemento 15 gramos de nitrato de amonio obtuvo una EB de 0%.

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

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

Bernabé y Arzeta, (1994) citado por Rodríguez, (1996), 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 cáscara de cacahuate logró 85.44% de EB; la hoja seca de maíz obtuvo una EB de 144.85% y la mezcla en relación 2:1 alcanzó 95% de EB.

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

Sobal *et al.*, (1993), utilizaron rastrojo de haba, rastrojo de frijol 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.

Martínez-Carrera *et al.*, (1990), elaboraron dos mezclas en proporciones 1:1 con bagazo de caña de azúcar, más 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.

Morales *et al.*, (1987), cultivaron *Pleurotus ostreatus* utilizando pulpa de cárdamo (*Elettaria cardamomum*) de la familia *Zingibetaceae* como sustrato, obteniendo una EB de 113.64%.

Guzmán *et al.*, (1987), utilizó bagazo del Agave tequilero como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y *P. ostreatus* var. florida, obteniendo una EB de 60.2% en *P. ostreatus* y del 64.7% en la variedad florida.

Naranjo *et al.*, (1998). usaron corteza de pino mezclado con paja de frijol en el cultivo de *Pleurotus spp.* mezclándolos en diferentes porcentaje mediante seis tratamientos. El T1 fue de 100% paja más 0% corteza, obteniendo una EB de 150%; en el T2 se mezcló 80% paja más 20% corteza, resultando una EB de 128%; en el T3 se combinó 60% paja más 40% corteza, obteniendo una EB del 88%; en el T4 la mezcla fue de 40% paja más 60% corteza, obteniendo 50% de EB; en el T5 la combinación fue 20% paja más 80% corteza obteniendo una EB de 18.4%; y por último T6 fue de 100 % corteza resultando un 7.3% de EB.

Bernabé *et al.* (1993) citados por Rodríguez (1996), probaron la fibra del fruto del 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.

Martínez-Carrera *et al.*, (1988) citados por Gaitán (1993) obtuvieron una Eficiencia Biológica de 17.51% en pulpa de café considerándose como buena para la producción en especies de *Pleurotus*.

En el (cuadro 4), se presentan los resultados de los principales sustratos utilizados para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 4 Resultado de las eficiencias biológicas de diferentes tipos de sustratos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en México.

Sustratos utilizados	Especies	Eficiencia Biológica %	Autor y año
Zacate buffel+periódico	<i>P. djamour</i>	58.7	Gaitán-Hernández, 1993
Zacate buffel fermentado	<i>P. djamour</i>	54.1	Gaitán-Hernández, 1993
Viruta de encino	<i>P. djamour</i>	26	Gaitán-Hernández, 1993
Bagazo de henequén+15gr. Nitrato de amonio	<i>P. ostreatus</i>	0	Gaitán-Hernández, 1993
Residuos de oregano	<i>P. ostreatus</i>	117.31	Tellez et al. 1991
Vaina de frijol	<i>P. spp.</i>	75	Bautista et al.1991
Cascara de cacahuete	<i>P. ostreatus</i>	85.44	Bernabé y Arzeta, 1994
Hojas secas de maíz	<i>P. ostreatus</i>	144.85	Bernabé y Arzeta, 1994
Bagazo de henequén	<i>P. ostreatus</i>	51.46	Burgos et al 1993
Rastrojo de haba	<i>P. ostreatus</i>	99.8 a 137.6	Sobal et al. 1993
Rastrojo de frijol	<i>P. ostreatus</i>	113.5 a 118	Sobal et al. 1993
Paja de cebada	<i>P. ostreatus</i>	62.2 a 78.1	Sobal et al. 1993
Bagazo de caña de azúcar	<i>P. ostreatus</i>	14.15	Martínez-Carrera, et al. 1990
Pulpa de cardamo	<i>P. ostreatus</i>	113.64	Morales et al. 1998
Bagazo de agave tequilero	<i>P. ostreatus</i>	60.2	Guzman et al,1987
Corteza de pino	<i>P. ostreatus</i>	7.3	Naranjo-Jiménez et al. 1998
Fibra de coco	<i>P. ostreatus</i>	80.6	Bernabé et el. 1993
Pulpa de café	<i>P. spp.</i>	17.51	Martínez-Carrera et al. 1993

Descripción de sustratos

Sorgo (*Sorghum bicolor*)

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

Hay muchas variaciones en color, dureza y forma del grano. El grano de sorgo tiene aplicación tanto en la nutrición humana, como en la alimentación de los animales; su potencial de rendimiento es alto, comparable al del arroz, trigo o maíz. En condiciones de campo los rendimientos pueden llegar a superar los 11,000 kg/ha con rendimientos promedio que fluctúan entre 7,000 y 9,000 kg/ha, cuando la humedad no es un factor limitante. (House, 1982).

En cuanto a sus valores nutritivos, la calidad de la proteína del sorgo es deficiente, como la de otros cereales, tal como se muestra en el (Cuadro 5).

Cuadro 5. Composición química del sorgo.

Materia seca %	Proteína cruda %	Grasa cruda %	Fibra cruda %	Cenizas %	Celulosa %	Lignina %
24.25	5.4	4.4	27.3	8.07	29.0	16.0

Fuente: Nordquist y Rumery 1967.

Maíz (*Zea mays* L.)

La planta es de porte robusto, de fácil desarrollo y de producción anual, su altura varía de más o menos 80 cm. hasta alrededor de 4 metros. Presenta raíces fasciculadas o fibrosas y carece de raíz pivotante. El sistema radicular fibroso se ramifica en raíces secundarias, terciarias, etcétera, hasta llegar en cada uno de los pelos radiculares. La función principal de la raíz es la absorción de agua y nutrientes contenidos en el suelo. También funciona como un órgano de fijación o anclaje de la planta, ya que se desarrollan raíces adventicias en los primeros nudos del tallo que le dan mayor estabilidad y así tener menor problema de acame (Robles, 1990).

Presenta tallo erecto más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos. El diámetro de los entrenudos y altura del tallo, puede ser variable, según las variedades y sus condiciones de cultivo (Robles, 1990)

Las hojas son largas y angostas, con venación paralelinerve, y constituida por vaina, lígula y limbo. La longitud y la anchura del limbo depende de la constitución genética, de las variedades y de las condiciones ecológicas y edáficas (Robles, 1990)

En el maíz existen dos tipos de flor, masculina o estaminadas y flor femenina o pistiladas. Las flores estaminadas se conocen comúnmente como “espiga”, la parte que es propiamente una panícula abierta que produce ovarios millones de granos polen según el desarrollo, y la mayor o la menor ramificación de la espiga. Las flores pistiladas se encuentran distribuidas en una inflorescencia, con un soporte central denominado “olote”. Cada flor está formada por un ovario, un estilo y gran cantidad de estigmas distribuidos a lo largo del estilo (Robles, 1990).

Botánicamente presenta un fruto en cariósipide conocido comúnmente como “semilla” o grano.

La planta de maíz es un excelente forraje al consumirse verde, ensilado, henificado, o aun el rastrojo. El análisis químico proximal que se obtuvo de los órganos, tallo, hoja y elotes señalan que el maíz es un forraje verde de alto valor nutritivo como fuente de energía, dada por los carbohidratos y proteínas tal como se presenta en el (Cuadro 6), (Reyes, 1990).

Cuadro 6. Análisis químico proximal de la planta del maíz en diferentes etapas fenológicas. (Datos de 10 variedades sembradas en Apodaca, N.L. en la primavera de 1979).

Parte de la planta		Proteína %	Grasa %	Fibra %	Cenizas %	E.L.N.* %
Tallo	Rango	5.1-6.1	.12 -.89	33.3-38.3	5.5 - 8.9	39.0-46.2
	Promedio	5.8	.47	36.0	7.1	41.9
Hoja	Rango	10.9-11.9	.8 -1.5	25.5-31.3	11- 12.7	45.2-52.4
	Promedio	11.5	1.1	27.4	11.9	49.6
Elote	Rango	8.5 -10.3	.6 -1.3	16 -20.4	1.9 - 3.4	56.1-61.5
	Promedio	9.4	1.1	18.1	2.6	59.0
Plántula (30 días)	Rango	16.3-22.0	1.2-2.2	17.9-20.8	11.3-14.0	36.5-42.5
	Promedio	19.2	1.8	19.3	11.9	38.8
Grano (seco)	Rango	8.7-13.8	3.22-5.21	2.2 -2.9	1.3 - 2.6	65.5-71.5
	Promedio	10.5	4.2	2.5	2.0	69.3

ELN = Extracto libre den nitrógeno (carbohidratos).

Fuente: Reyes 1990.

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

Se considera que las pajas y los rastrojos son forrajes de bajo valor nutritivo, por los altos niveles de fibra y lignina y bajo contenido de carbohidratos solubles, proteína digestible, calcio, fósforo, vitaminas y nutrientes digestibles totales (Reyes, 1990). Análisis químico de pajas y rastrojos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Composición química de algunas pajas o rastrojos utilizados en México.

FORRAJE	N.D.T %	P.C %	P.C.D %	F.C %	Ca %	P %	K %
Paja trigo	44	3	0.3	40	0.23	0.08	0.85
Paja arroz	45	4	0.6	36	0.21	0.08	1.32
Paja cebada	47	5	0.8	42	0.36	0.12	1.47
Rastrojo maíz	57	7	2.3	34	0.32	0.06	0.50
Paja avena	50	4	0.8	40	0.21	0.11	1.51
Paja soya	43	4	1.4	39	—	0.14	0.70
Paja frijol	48	8	4.0	45	—	1.00	—
Paja cacahuete	51	10	5.6	31	—	0.09	—

NDT= Nutrientes digestibles totales; PC= Proteína cruda; PCD= Proteína cruda digestible; FC= Fibra cruda; Ca = Calcio; P= Fósforo; K= Potasio.

Fuente: Reyes 1990.

A continuación se presenta la composición química del olote de maíz (Cuadro 8), en donde se muestra el porcentaje correspondiente a cada uno de los nutrientes que lo integran.

Cuadro 8. Composición química del olote de maíz.

N .D.T %	M. S. T %	P.C %	E. D MCal.	F.C %	Ca %	P %
47	90.4	2.5	2.07	35.5	0.12	0.04

Fuente: Reyes 1990.

Análisis nutricional de sustratos

Los principales componentes de interés son: humedad, grasa, cenizas y carbohidratos accesibles e inaccesibles. En la práctica los métodos varían según el alimento examinado y el procedimiento adoptado.

El valor del resultado del análisis químico de una muestra de laboratorio bien preparada, depende de cuán representativa sea esta del lote, embarque o empaque del alimento del que se tomo y de la clase de información química que se requiera.

Para obtener resultados analíticos precisos, la muestra de laboratorio debe ser tan homogénea como sea posible, de modo que dentro de los límites del método analítico usado, los análisis repetidos concuerden entre sí (Kirk, Sawyer, Egan, 2004)

Determinación de humedad (Método de secado)

Se considera humedad al agua contenida o impregnada en los alimentos, es el componente más simple de analizar, ya que se determina por desecación mediante evaporación sometiendo la muestra a 65-70 °C durante 24 hrs.

La determinación precisa es muy difícil. El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas, como agua enlazada y como agua disponible o libre; el agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no esta físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado.

El métodos de secado incluye la determinación de perdida de peso debida a la evaporación de agua en el punto de ebullición o temperaturas cercanas a el.

La pérdida en peso también depende de otros factores, incluyendo el tamaño de partícula y el peso de la muestra, el tipo de capsula de porcelana y las variaciones de temperatura entre una y otra charola del horno (Kirk, Sawyer, Egan, 2004).

Determinación de cenizas totales

La ceniza de un producto alimentario es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica, no contienen carbono y están formadas por diversas sustancias minerales. La porción incombustible (cenizas) se determina quemando la porción combustible mediante una elevada temperatura (calcinación) que puede ser de 500-600 °C. La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia inorgánica del alimento original, ya que puede haber pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes. El valor de las cenizas se puede considerar como una medida general de calidad o grado, y a menudo es un criterio útil en la identificación de la autenticidad de un alimento (Kirk, Sawyer, Egan, 2004).

Determinación de Nitrógeno y Proteína cruda (Método Kjeldahl)

Se le denomina proteína cruda porque no solo se determinan proteínas si no también compuestos nitrogenados que no son estrictamente proteínas. Las proteínas son compuestos nitrogenados que están integrados por cadenas de aminoácidos que son necesarios para realizar las funciones fisiológicas del animal.

El método kjeldahl, se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y de otro tipo para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta amoníaco, el cual queda en solución en forma de sulfato de amonio. El digerido

una vez alcalinizado, se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoníaco, el cual es atrapado y luego se destila.

La determinación de nitrógeno total por el método normal de Kjeldahl no incluye el nitrógeno inorgánico (nitratos y nitritos). Sin embargo, los métodos radioquímicos detectan y miden el nitrógeno en todas sus formas de combinación (Kirk, Sawyer, Egan, 2004).

Determinación de grasa

La grasa cruda es otro de los componentes químicos que representa la grasa y que algunas veces se les denomina extracto etéreo. La grasa cruda esta formada principalmente por lípidos y por otras sustancias que no lo son, pero que son solubles con ciertos solventes de las grasas.

Al realizar el análisis de extracto etéreo, no solamente se encuentran en este las grasas y aceites, si no otros compuestos con las vitaminas liposolubles, pigmentos, fosfolipídicos, glicolipídicos, ceras, parafinas y xantofilas.

El contenido de grasa, el cual puede ser considerado como formado de constituyentes lípidos “libres”, es aquel que puede ser extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras del petróleo y éter etílico, mientras que los lípidos “enlazados” requieren disolventes mas polares para su extracción. Estos pueden separarse por hidrólisis u otros tratamientos químicos para obtener el lípido libre, de aquí que la cantidad de lípido extraído de un producto alimenticio dependa del método de análisis usado (Kirk, Sawyer, Egan, 2004).

Determinación de fibra cruda

Es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra. Las condiciones mas comunes son tratamientos consecutivos con

petróleo ligero, ebullición con ácido sulfúrico diluido, ebullición con hidróxido de sodio diluido, con ácido clorhídrico diluido, con alcohol y con éter. Este tratamiento empírico proporciona una fibra cruda que consiste principalmente en celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original. Las cantidades de estas sustancias en la fibra cruda varían según las condiciones empleadas, de modo que para obtener resultados congruentes es preciso seguir en forma estricta un procedimiento estandarizado (Kirk, Sawyer, Egan, 2004).

Preparación del sustrato

Pasteurización

Un método de pasteurizar consiste en sumergir la bolsa con el sustrato en agua calentada de 80 a 90 °C. durante 15 minutos, haciendo un movimiento de meter y sacar la bolsa con la finalidad de que se lave la paja y se desprendan las sustancias nocivas de la superficie; y posteriormente a esta actividad, se sacan las bolsas del agua caliente y se sumerge en agua a la temperatura ambiental. (López, 1995).

Es el proceso mas 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 que de alguna forma puedan ocasionar daños al cultivo (García, 1998).

Inoculación

Es el siguiente paso después de la pasteurización del sustrato; se debe tener mucho cuidado de no inocular el sustrato caliente, el exceso de calor puede matar el micelio (Beltrán *et al.*, 1995).

La siembra es un procedimiento que consiste en mezclar el micelio con el sustrato ya preparado, del modo mas uniforme posible, tratar de no frotar los granos, ni restregarlos para desmenuzar el conjunto totalmente, pues se corre el riesgo de destruir el micelio (García, 1976).

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).

Incubación

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 (García, 1976).

El hongo inicia su crecimiento durante las primeras 24 horas, crece poco porque se tiene que adaptar y empezar un crecimiento acelerado durante las 48 horas. A los 3 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).

Durante este periodo de 15 días el hongo utiliza lignina y celulosa como fuente de energía para la síntesis de proteína y otras sustancias metabólicas, en la descomposición de sustratos lignocelulósicos en donde intervienen enzimas tales como la celulosa (Pérez, 1996).

Fructificación

Es el periodo de transición entre el desarrollo del micelio y la producción de cuerpos fructíferos, en este fase, el sustrato ya presenta agregados miceliales, que son el inicio de los cuerpos fructíferos. Primero se forman puntos de

crecimiento del micelio, después aumenta de tamaño hasta que se reconocen claramente como cabezas de alfiler. En este momento termina el periodo de incubación y el cuerpo fructífero empieza a crecer (Beltrán et al., 1995).

De 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 practica no se lleva acabo 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 cuanto al riego de los sustratos, ha de ser suficiente para que permanezcan húmedos (70 a 75% de humedad), el exceso puede favorecer el ataque de bacterias como la *Pseudomona* sp. Las gotas de agua deben ser lo mas finas posible y se riega cuando las setas están creciendo, dejar entrar mas aire fresco para que se sequen las gotas que hayan caído sobre los sombreros, la luz es necesario para que el hongo crezca uniforme y tiene que ser de 8 a 12 horas diarias (García, 1998).

La cosecha

Para recoger las setas, deben tener el sombrero bien abierto, pero todavía convexo; se hacen en grupos, sin afectar el micelio. Se utiliza una navaja o un cuchillo de buen filo y delgado (García, 1998).

Comercialización

Un sistema eficiente de comercialización trae como consecuencia el desarrollo de un país y de los productores, y por lo tanto beneficio para los consumidores, esto también disminuye la pobreza y la desnutrición. Para el productor, le promueve la apertura de nuevos mercados y la descentralización, obteniendo ganancias acordes a sus costos de producción al estar presente un sistema

bien estructurado de comercialización; también se mejora el déficit comercial, aumentando las exportaciones y disminuyendo las importaciones (Nava, 2000).

Se estima que aproximadamente el 80-90% de la producción de hongos comestibles se comercializa en la ciudad de México a través de la Central de Abastos, de manera que el comercio está muy centralizado y manipulado por los grandes acapadores; estas prácticas monopólicas conducen a un excesivo intermediarismo y a la especulación de precios, además de observarse una fuerte carencia de infraestructura de conservación del producto (las bodegas con sistemas de refrigeración apropiada son escasas), todo esto repercute en la calidad, disponibilidad y precios al consumidor (Carrera *et al.*, 1999; Carrera, 2000).

Aspectos físicos para su producción

El crecimiento micelial y fructificación de los hongos comestibles es afectada por diversos factores ambientales físicos, químicos y biológicos, dentro de los cuáles la temperatura (tolerable de 20°C hasta 32°C según especie), la humedad relativa (óptima de 70% a 90%), el pH (5-7) y la concentración de oxígeno y bióxido de carbono, que también pueden influir significativamente en el desarrollo micelial y producción de cuerpos fructíferos.

Las características climáticas que requiere el cultivo de hongos comestibles son variables, las plantas productoras de hongos comestibles se distribuyen en un rango de altitud de 1,200 a 2,700 msnm, con clima templado húmedo a templado frío, ya que la mayoría de las especies cultivadas se reproducen mejor en clima templado y por la relativa escasez de cepas que puedan desarrollarse en buenas condiciones en clima cálido. Las mayores producciones se observan sobre los 2,000 msnm, donde no se requiere un control de los factores ambientales de temperatura, luz y humedad relativa de

las áreas de desarrollo (Chang y Miles, 1989; Carrera *et al.*, 1999; Carrera, 2000).

El cultivo de hongos comestibles en las zonas de baja altitud tiene varias desventajas (Chang y Miles, 1989; Martínez-Carrera *et al.*, 1999):

- La carencia de cepas cultivadas tolerantes a las altas temperaturas.
- Mayor presencia de plagas y enfermedades.
- Poca disponibilidad en dichas zonas de sustratos variados.
- La tecnología para el control ambiental de temperatura y humedad relativa es cara.
- Se requiere de un mejor manejo postcosecha y comercialización para el producto fresco, ya que las altas temperaturas deterioran el producto rápidamente.
- Los costos de producción y transporte a los centros de acopio (centrales de abasto) son elevados.
- El consumo de hongos comestibles es menor en las zonas cálidas que en las zonas templadas.

Plagas y enfermedades del *Pleurotus ostreatus*

El cultivo de hongos comestibles se enfrenta a problemas de plagas, enfermedades y competidores que contaminan el sustrato o los cuerpos fructíferos y pueden reducir la producción, afectando la rentabilidad, la generación de divisas y la producción de hongos comestibles en una proporción que puede llegar al 30-90% (Ortega, 2002).

Plagas

Colémbolos

Es un insecto diminuto sin alas que forman pequeñas galerías, secas y desecación oval en la carne de los hongos. Se encuentran en gran cantidad entre las laminillas que hay bajo el sombrero de las setas. También pueden atacar al micelio si el sustrato está demasiado húmedo (García, 1978).

Dípteros

El daño ocasionado por los dípteros lo causan principalmente las larvas que se comen las hifas del micelio, hacen pequeñas galerías en los pies de las setas y luego en los sombreros. Destacan algunas especies de mosquitos de los géneros *Lycoriella*, *Heteropeza*, *Mycophila* y moscas del género *Megaselia* (García, 1978).

Para el control de colémbolos y de dípteros se recomiendan medidas preventivas como colocación de filtros junto a los ventiladores, eliminación de residuos, tratamiento térmico de los sustratos para eliminar huevos y larvas, etc. También pueden emplearse distintos insecticidas: diazinón o malatión en polvo mezclados con el sustrato, nebulizaciones con endosulfán o diclorvos, etc. (García, 1978).

Enfermedades

Telaraña (*Dactylium dandroides*)

Es una especie de hongo característico por sus filamentos que 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. Puede atacar a las setas recolectadas. Esta enfermedad aparece con humedad excesiva, el calor y la escasa ventilación.

Para su control se deben cubrir con cal viva en polvo, sal, formalina 2% o soluciones de benomyl las zonas afectadas. También se puede emplear zineb, mancozeb, carbendazin o thiabendazol (García, 1978).

Pseudomonas tolaasii

Esta enfermedad es una bacteria que puede presentarse en cualquier fase del cultivo, desde el micelio en incubación hasta las setas ya formadas, disminuyendo o anulando la producción. En los sombreros de los ejemplares enfermos aparecen zonas de tamaño variable de color amarillo-pardusco o anaranjado, acaban pegajosos y si la temperatura y humedad son altas, se pudren pronto y huelen mal.

Para su control se aconseja procurar evitar el exceso de humedad, la adición de sustancias nitrogenadas y el calor. Se puede añadir hipoclorito sódico al agua de riego, solución de formalina al 0,2-0,3%, formol u otros productos (García, 1978).

En nuestro país son escasos los trabajos de investigación sobre estos aspectos en las diferentes fases de producción de hongos comestibles. De esta manera, el control de plagas y enfermedades y la capacitación de los productores se hace de acuerdo a las recomendaciones de publicaciones extranjeras y la experiencia directa aprendida por el productor durante la práctica del cultivo (Martínez-Carrera et al., 1999; Martínez-Carrera, 2000).

III. MATERIALES Y METODOS

Descripción de las instalaciones.

El experimento se llevó a cabo en una de las instalaciones de Sección Agrotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En Buenavista, Saltillo, Coahuila el cual se ubica a los 25° 21' 03" N y 101° 01' 34" W con 1805 msnm. (CENTENAL, 1975).

Las características son las siguientes: El cuarto de incubación tiene un área de 4x4m, completamente encerrado; el de fructificaciones es de 3x4m, provisto con ventanas para el control de la luz, temperatura, aire.

Materiales de laboratorio (Análisis Bromatológico).

Equipos

Mufla THERMOLYNE modelo 1500 (100 - 900° C).

Digestor marca Labconco.

Estufa de secado marca THELCO modelo 27 (100 - 103° C).

Aparato de digestión y destilación Kjeldhal.

Aparato extractor tipo Soxhlet, balanza analítica.

Reactivos y soluciones

Acido sulfúrico 0.1 N.

Hidróxido de Sodio 45%.

Acido Bórico 4%.

Indicador mixto.

Agua destilada

Acido Sulfúrico concentrado.

Mezcla de Selenio.
Acido Sulfúrico 0.252 N.
Hidróxido de Sodio 0.313 N.
Hexano.

Otros

Crisoles de porcelana.
Pinzas para crisol.
Desecador.
Matraz Kjeldhal de 800ml.
Matraz Erlenmeyer 500ml.
Bureta.
Perlas de vidrio.
Dedales de asbesto.
Matraces bola.
Papel filtro.
Vasos Berzelius de 600 ml.
Embudos de vidrio.

Material de campo

Balanza granataria.
Tonel.
Mechero.
Vernier.
Alcohol.
Lligas.
Bolsas de polietileno de 20 x 40 cm.
Hilo.

Material genético

Micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*

Análisis químico de sustratos

Con la finalidad de conocer la composición química de los sustratos y como complemento del trabajo experimental se realizó el análisis bromatológico (A.O.A.C, 1980), el cual fue analizado estadísticamente por el modelo completamente al azar de 6 tratamientos con 3 repeticiones, teniendo un total de 18 unidades experimentales según (Steel y Torrie, 1980)

Establecimiento del trabajo experimental

El experimento se estableció en el mes de marzo del 2007 con un diseño completamente al azar de 6 tratamientos con 5 repeticiones cada uno, siendo un total de 30 unidades experimentales según (Steel y Torrie, 1980).

En el (Cuadro 9), se presentan los pesos de cada repetición en cada uno de los tratamientos del trabajo experimental.

Cuadro 9. Proporciones de sustratos utilizados en cada repetición de cada tratamiento en el experimento.

Tratamientos	Peso seco	Peso húmedo	Diferencia
Sorgo (T)	250 gr.	1650 gr.	1400 gr.
Zacate	250 gr.	1650 gr.	1400 gr.
Rastrojo	250 gr.	1650 gr.	1400 gr.
Olote	250 gr.	1650 g.	1400 gr.
Cartón	250 gr.	1650 gr.	1400 gr.
F. de coco	250 gr.	1650 gr.	1400 gr.

Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron: La longitud de tallo en centímetros, diámetro de

tallo en centímetros, diámetro de sombrero en centímetros y peso fresco en gramos.

Análisis estadístico.

Para la evaluación de los parámetros, se realizó un análisis de varianza con el diseño completamente al azar para cada tratamiento, obteniendo los cuadrados medios y sus significancia para cada una de las variables. Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias, para las variables que presentaron diferencias significativas, utilizando la prueba de medias de Tukey al 0.05 y 0.01 (Steel y Torrie 1980).

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

Cuadro 10. Cuadro para el análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	FC
Tratamiento	t-1	SCT	CMt	CMt/CME
Error	n-1	SCE	CME	
Total	n-1	SCT		

t= Número de tratamiento

n= Número de unidad experimental

FV= Fuente de variación

GL= Grados de libertad

CM= Cuadrados medios

Procedimiento

Preparación del sustrato

Se utilizaron seis sustratos : paja de sorgo, paja de zacate, tallo de maíz, olote de maiz, cartón y fibra de coco, donde se pesaron en cantidades de 250 gramos de peso seco por cada uno de los tratamientos con las 5 repeticiones que sumados fue 1250 gramos por tratamiento, posteriormente se puso a fermentar por un tiempo de 24 horas obteniendo un segundo peso de 1 kilogramo con 650 gramos por cada uno de los tratamiento, luego se introdujo en arpilleras para proseguir a la pasteurización, donde se utilizo una tina para calentar el agua a una temperatura de 90-100 ° C, donde se sumergieron por una hora y media cada arpilla con los sustratos.

Siembra del micelio

Se llevo acabo una limpieza previa al área de siembra, posteriormente se realizó la siembra utilizando bolsas de polietileno de 20 X 40 cm., la inoculación al sustrato se realizó por método de capas, donde se aplicó 100 g de semilla o micelio por cada bolsa, el llenado de las bolsas se llevo acabo mediante la aplicación de una capa de sustrato y una capa de inoculo, posteriormente se procedió a cerrar bien las bolsas y etiquetarlas; luego se trasladaron al área de incubación , donde a las 24 horas se les hicieron pequeños agujeros con una aguja estéril.

Fase de incubación

Una vez inoculado el micelio se trasladaron al cuarto de incubación en donde se mantuvo a una temperatura de 26-28 °C con una humedad relativa de 80%, en esta área se colocaron cada una de las bolsas inoculadas para posteriormente iniciar su desarrollo, realizando riegos periódicos y cuidando la ventilación e higiene.

Fase de fructificación

Al ser colonizado el sustrato con el micelio de *Pleurotus ostreatus*, se procedió a colocar con un hilo de manera que queden colgados y a hacer grandes perforaciones a la bolsa del polietileno, para dar salida a los cuerpos fructíferos.

Fase de cosecha

Se procedió a realizar la cosecha utilizando un cúter para cortar el cuerpo fructífero, después de la cosecha se determinaron los siguientes parámetros, se tomaron 7 hongos al azar que se midieron la longitud del tallo con una regla del sistema métrico decimal, así como el diámetro del tallo y sombrero que se llevo acabo con un vernier graduado en centímetros tomándose los datos entre tratamientos y repeticiones, así mismo se obtuvo el peso del hongo fresco en cada corte, realizando tres cortes en total.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Resultados de laboratorio

Análisis de varianza

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico practicada en los sustratos de cada tratamiento se muestran en el (Cuadro 4.1) en donde se presentan los cuadrados medios y la significancia de las variables evaluadas en el análisis de varianza; la variable, por ciento de materia seca total no mostró significancia entre los tratamientos, sin embargo para la variable por ciento de nitrógeno, y por ciento de proteína cruda se observa significancia entre tratamientos al 0.05 de probabilidad, en relación al por ciento de humedad, materia orgánica, cenizas, grasa, fibra cruda, y por ciento de extracto libre de nitrógeno se obtuvieron resultados altamente significativos al 0.01 de probabilidad, tal como se muestra en el (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cuadrados medios y su significancia para las variables evaluadas en el análisis de varianza.

VARIABLES EVALUADAS	C.M	F.c	C.V %
Materia seca total	7.60	2.39 NS	1.98
Humedad	7.60	2.39 **	17.39
Materia orgánica	23.43	4.38 **	2.73
Cenizas	17.27	31.85 **	13.96
Nitrógeno	0.24	99.46 *	11.75
Proteína cruda	9.51	97.03 *	11.92
Grasa	0.63	20.78 **	20.98
Fibra cruda	502.91	112.25 **	5.65
Extracto libre de Nitrógeno	383.24	83.98 **	3.97

En donde: CM= Cuadrados medios, CV= Coeficiente de variación, Ns= No significativo, **= Altamente significativo, *= Significativo.

Al presentar significancia entre variables se efectuó la prueba de medias de Tukey (Cuadro 12), en donde se presentan los resultados obtenidos de cada una de las variables en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 12. Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad con las variables evaluadas.

VARIABLES	T1	T2	T3	T4	T5	T6
M.S.T (%)	91.20 a	89.82 a	89.33 a	88.59 a	91.92 a	87.67 a
HUMEDAD (%)	8.79 b	10.17 a	10.66 a	11.40 a	8.07 ab	12.32 a
M.O (%)	85.26 ab	82.58 b	80.73 b	84.06 ab	88.95 a	83.38 ab
CENIZAS (%)	5.93 ab	7.24 ab	8.60 a	2.61 b	2.96 b	4.28 b
NITROGENO (%)	0.61 a	0.55 a	0.71 a	0.51 a	0.02 ab	0.10 ab
P.C (%)	3.82 a	3.49 a	4.45 a	3.19 a	0.16 b	0.64 b
GRASA (%)	0.79 ab	0.66 ab	0.66 ab	0.16 b	1.26 a	1.43 a
F.C (%)	34.68 ab	36.84 ab	27.55 b	28.72 b	62.83 a	34.01 ab
E.L.N (%)	54.73 ab	51.75 ab	58.73 ab	65.33 a	32.76 b	59.62 ab

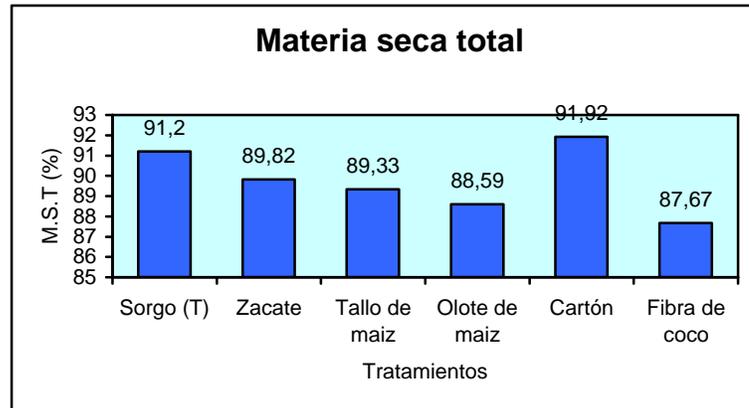
Donde: T1= Sorgo (Testigo), T2= Zacate, T3= Tallo de maíz, T4= Orote de maíz, T5= Cartón, 6= Fibra de coco.

M.S.T= Materia seca total, M.O =Materia orgánica, P.C= Proteína cruda, F.C= Fibra cruda, E.L.N= Extracto libre de nitrógeno.

Materia seca total

En cuanto a por ciento de materia seca total los tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo al utilizar la prueba de medias, es posible observar que el tratamiento cinco que corresponde al sustrato cartón registro la media mas alta que fue de 91.92 por ciento, seguido de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente, registrando la media mas

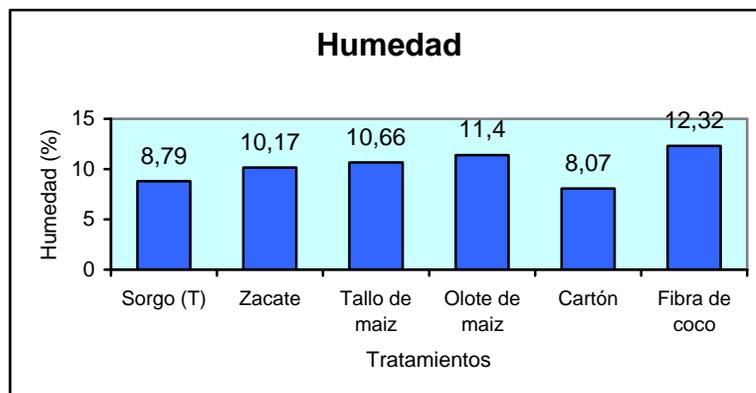
baja el tratamiento seis que corresponde al sustrato fibra de coco, con una media de 87.67 por ciento, lo cual fue inferior a los demás tratamientos, tal como se muestra en la (grafica 1).



Grafica 1. Por ciento promedio de Materia seca total.

Humedad

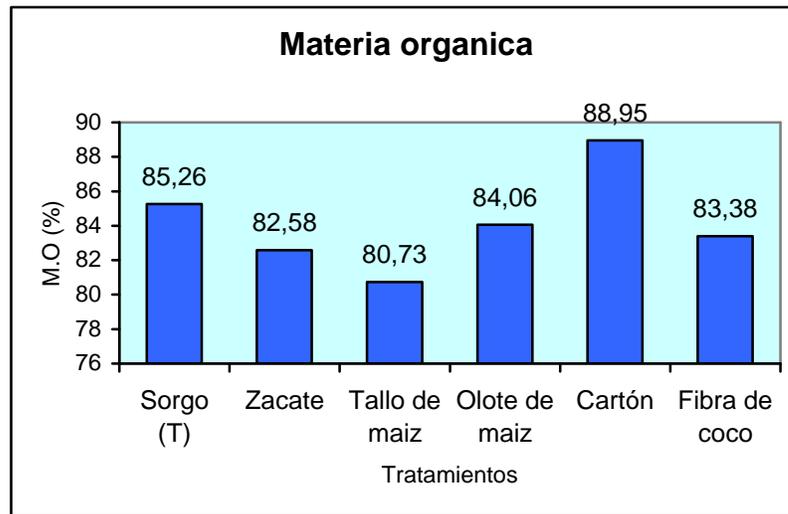
En la variable por ciento de humedad, el tratamiento seis que corresponde a la fibra de coco obtuvo la media mas alta que fue de 12.32 por ciento, seguido de los tratamientos T4, T3, T2 y T1 sucesivamente, en donde el tratamiento cinco correspondiente al sustrato cartón registro la media mas baja que fue de 8.07 por ciento, lo cual fue superado por todo los demás tratamientos, tal como se muestra en la (grafica 2).



Grafica 2. Por ciento promedio de humedad.

Materia orgánica

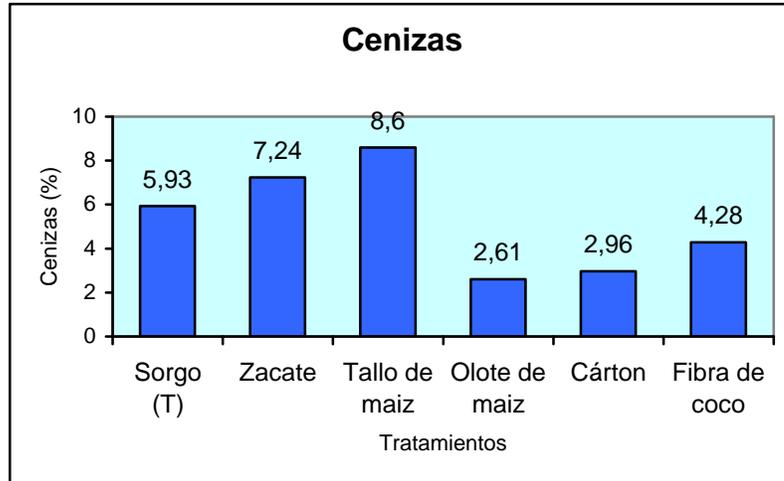
Para el porcentaje de materia orgánica, el tratamiento cinco que corresponde al cartón obtuvo la media más alta que fue de 88.95 por ciento, seguido de los tratamientos T1, T4, T6 y T2 respectivamente, registrándose la media más baja para el tratamiento tres que obedece al tallo de maíz que fue de 80.73 por ciento, tal como se presenta en la (grafica 3).



Grafica 3. Por ciento promedio de Materia orgánica.

Cenizas

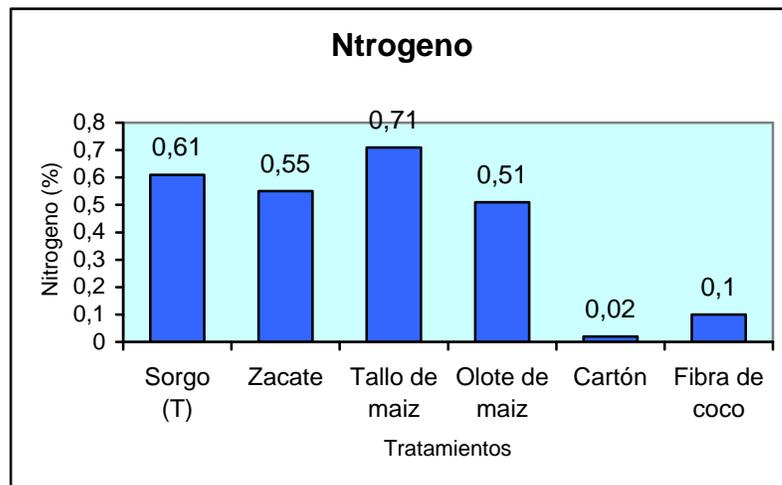
En lo que respecta a porcentaje de cenizas, es posible apreciar en la prueba de medias que el tratamiento tres correspondiente al tallo de maíz obtuvo el valor más alto con 8.60 por ciento superando a todos los tratamientos, obteniendo la media más baja el tratamiento cuatro que corresponde al olote de maíz registrando una media de 2.61 por ciento, lo cual es reflejado en la (grafica 4).



Grafica 4. Por ciento promedio de cenizas

Nitrógeno

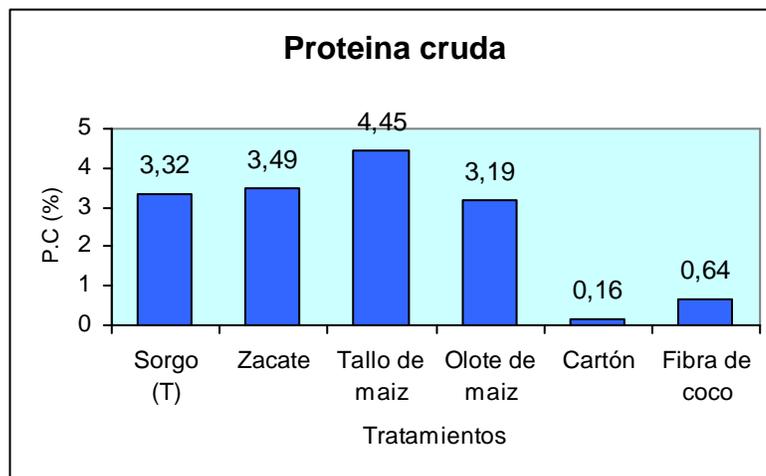
Continuando con la variable por ciento de Nitrógeno y con los resultados obtenidos en la prueba de Tukey se observa que el tratamiento tres obtuvo los niveles mas altos de nitrógeno, registrando una media de 0.71 por ciento, seguido de los tratamientos T1, T2, T4 y T6 sucesivamente, obteniendo el resultado mas bajo el tratamiento cinco que corresponde al sustrato cartón, registrando una media de 0.02 por ciento, lo cual fue superado por todos los tratamientos, tal como se presenta en la (grafica 5).



Grafica 5 Por ciento promedio de nitrógeno.

Proteína cruda

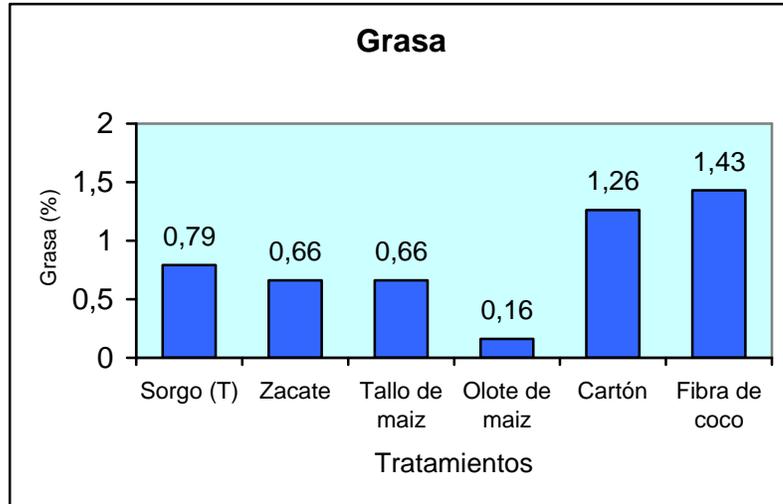
En relación al cuadro de comparación de medias se observa que el por ciento de proteína cruda fue superior en el tratamiento tres que corresponde al tallo de maíz obteniendo la media mas alta con 4.45 por ciento, seguido por los tratamientos T1, T2, T4, y T6 respectivamente, obteniendo la media mas baja el tratamiento cinco que obedece al sustrato cartón con media de 0.16 por ciento superado por los demás tratamientos. En base a este resultado podemos observar que existe una relación entre por ciento de Nitrógeno y por ciento de proteínas ya que concuerdan en los resultados obtenidos, lo cual es reflejado en la (Gráfica 6).



Grafica 6. Por ciento promedio de Proteína cruda.

Grasa

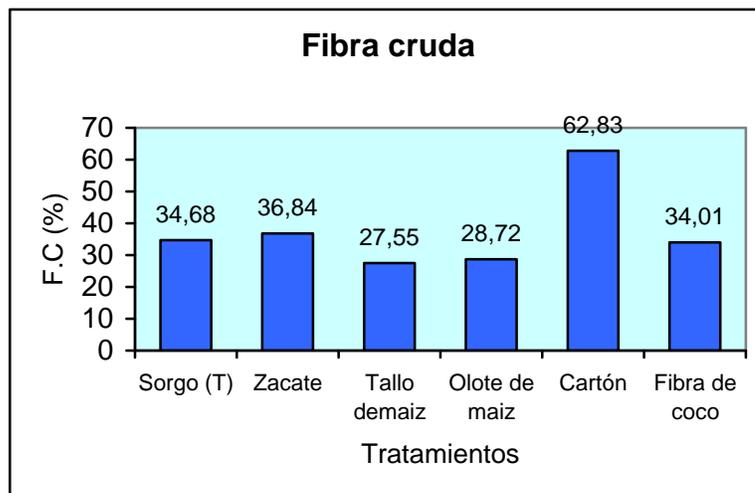
Para el por ciento de grasa el tratamiento seis que corresponde a la fibra de coco registro los niveles mas altos, obteniendo una media de 1.43 por ciento, seguido del tratamiento cinco que obedece al sustrato cartón con media de 1.26 por ciento, seguido de los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, el tratamiento cuatro que corresponde al olate de maíz con una media de 0.16 por ciento fue superado por todos los tratamientos, como se puede apreciar en la (grafica 7).



Grafica 7. Por ciento promedio de grasa.

Fibra cruda

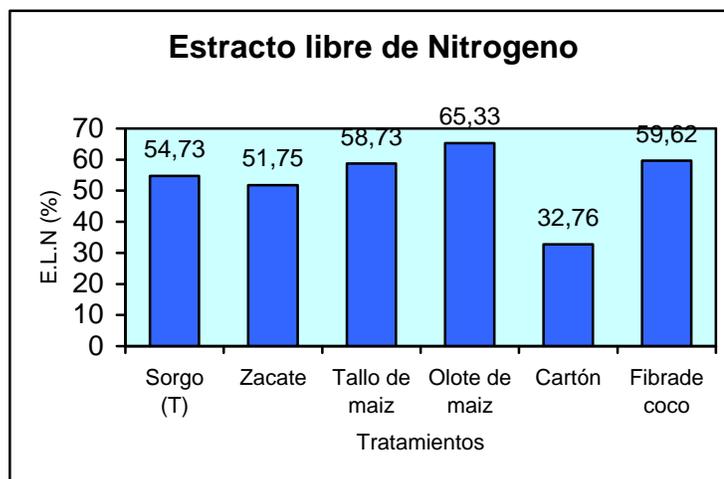
En lo que respecta a los valores de la variable por ciento de fibra cruda se puede mencionar que el tratamiento cinco que corresponde al sustrato cartón fue superior a todos los tratamientos, registrando una media de 62.83 por ciento, seguido del T2, T1, T6 y T4, en donde el tratamiento tres que obedece al tallo de maíz que fue superado por todos los tratamientos registro una media de 27.55 por ciento, tal como se presenta en la (grafica 8).



Grafica 8. Por ciento promedio de Fibra cruda.

Estracto libre de Nitrógeno

Los resultados obtenidos en extracto libre de nitrógeno que corresponde a carbohidratos el tratamiento cuatro que obedece al olote de maíz obtuvo el resultado mas alto superando a todos los tratamientos, registrando una media de 65.33 por ciento, lo que nos indica que este tratamiento contiene altos niveles de carbohidratos lo cual es indispensable para un buen desarrollo del cuerpo fructífero del *Pleurotus ostreatus*, seguido inmediatamente por los tratamientos T6, T3, T1 y T2 respectivamente, en donde el tratamiento cinco que obedece al sustrato cartón fue superado por todos los tratamientos registrando una media de 32.76 por ciento, así como se muestra en la (Grafica 9).



Grafica 9. Por ciento promedio de Estracto libre de Nitrógeno.

Resultados de trabajo de campo

Análisis de varianza

A continuación se presentan los resultados del trabajo de campo, en donde se observan los cuadrados medios y la significancia de cada una de las variables obtenidas en el análisis de varianza.

Longitud de tallo

Para la variable longitud de tallo, en los primeros dos cortes se presento una diferencia con alta significancia al 0.01 de probabilidad entre los tratamientos, sin embargo en el corte tres no se encontró significancia para los tratamientos, tal como se muestra en el (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios y su significancia para la variable longitud de tallo en las tres oleadas.

F.V/ No Oleadas	Corte 1	Corte 2	Corte 3
C.M	4.81	0.92	0.34
F.c	15.92 **	3.96 **	1.55 NS
C.V. %	22.32	20.54	20.26

Donde:

NS= No significante, * = Significancia al 0.05 de probabilidad, **= significancia al 0.01 de probabilidad.

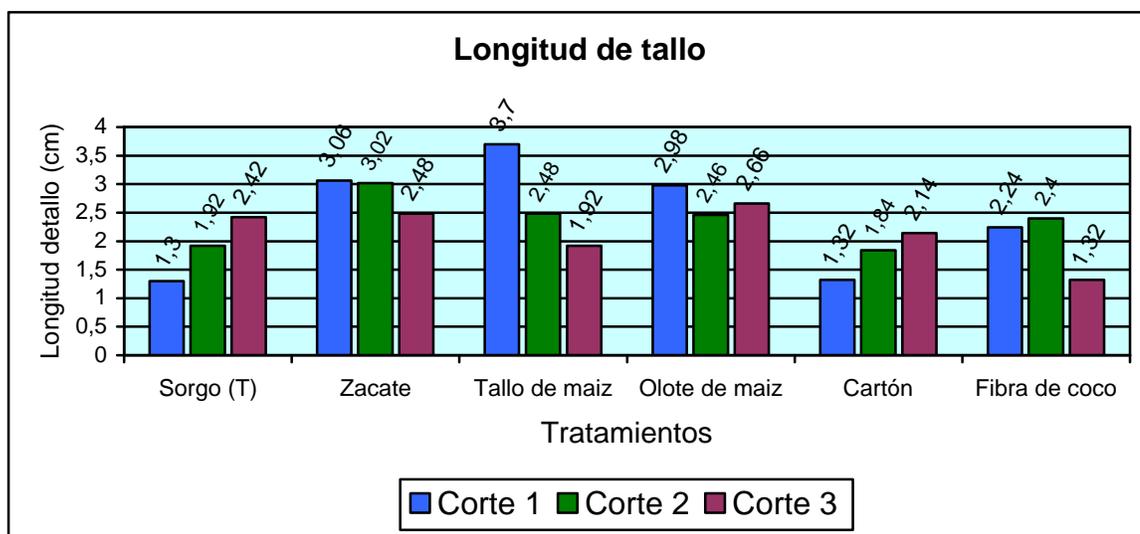
En la prueba de medias (Cuadro 14) se puede observar que en el corte uno, el tratamiento tres que corresponde al tallo de maíz fue superior a todos los tratamientos, mientras el tratamiento uno correspondiente al testigo registró la media mas baja con 1.30cm. En el caso del corte dos el tratamiento dos que obedece al zacate, supero todos los tratamientos con una media de 3.02 por ciento, obteniendo el resultado más bajo el tratamiento cinco que corresponde al cartón, se puede observar que el testigo se incremento relativamente en este corte. En el corte tres el mejor fue el tratamiento cuatro que corresponde al olote de maíz, el tratamiento tres obtuvo la media mas baja para este corte, tal como se muestra en la grafica 4.10.

En el (Cuadro 14), se presenta la prueba de medias para la variable longitud de tallo en las tres oleadas.

Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable longitud de tallo.

No.	Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3
1	Sorgo (T)	1.30 B	1.92 B	2.42 A
2	Zacate	3.06 AB	3.02 A	2.48 A
3	Tallo de maíz	3.70 A	2.48 AB	1.92 A
4	Olote de maíz	2.98 AB	2.46 AB	2.66 A
5	Cartón	1.32 B	1.84 B	2.14 A
6	Fibra de coco	2.24 B	2.40 AB	1.32 A

En la (grafica 10), se puede apreciar el comportamiento de las medias de cada tratamiento de la variable longitud de tallo en las tres oleadas.



Grafica 10. Longitud de tallo en las tres oleadas.

Diámetro de tallo

En diámetro de tallo la prueba de medias registró una diferencia altamente significativa en el corte uno, lo que indica que los tratamientos estadísticamente

son diferentes, sin embargo en el corte dos no hubo diferencia significativa entre tratamientos, en relación al corte tres se presentó diferencia significativa al 0.05 de probabilidad entre los tratamientos, tal como se presenta en el (Cuadro 15).

Cuadro 15. Cuadros medios y su significancia para la variable diámetro de tallo en las tres oleadas.

F.V/ No. Oleadas	Corte 1	Corte 2	Corte 3
C.M	0.70	0.19	0.50
F.c	5.41 **	1.64 NS	5.68 *
C.V. %	27.77	26.85	21.81

Donde:

NS= No significante, * = Significancia al 0.05 de probabilidad, **= significancia al 0.01 de probabilidad.

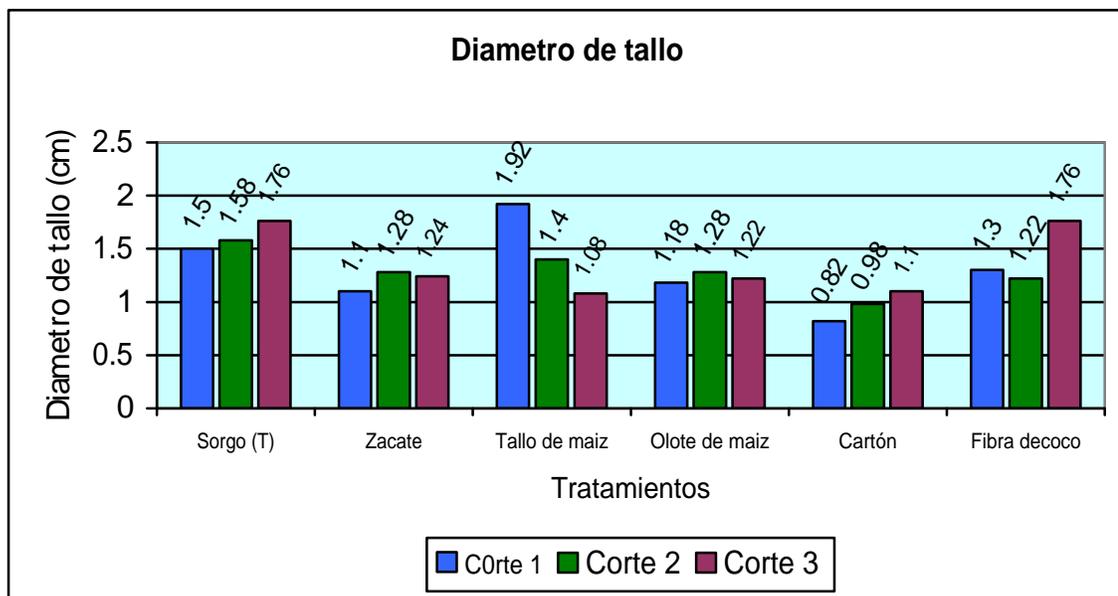
En los resultados de la prueba de medias (Cuadro 16) se observa que en el corte uno, el tratamiento uno fue superior a los demás tratamientos, presentando una media de 1.92cm, obteniendo el valor mas bajo el tratamiento cinco registrando una media de 0.82cm, sin embargo para el corte dos el mejor resultado se presentó en el tratamiento uno que corresponde al testigo, por tanto que el tratamiento cinco de nueva cuenta reflejó la media mas baja, siendo inferior a todos los tratamientos. En relación al corte tres podemos apreciar que en algunos tratamientos aumento ligeramente el diámetro de tallo, registrando los mejores resultados los tratamientos uno y seis, que obedece al testigo y fibra de coco respectivamente con una media similar de 1.76cm en ambos casos, mientras que el tratamiento tres fue inferior a todos los tratamientos, tal como se aprecia en la grafica 11.

A continuación se presenta la prueba de medias para la variable diámetro de tallo en las tres oleadas.

Cuadro 16. Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable diámetro de tallo.

No.	Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3
1	Sorgo (T)	1.50 AB	1.58 A	1.76 A
2	Zacate	1.10 AB	1,28 A	1.24 AB
3	Tallo de maíz	1.92 A	1.40 A	1.08 B
4	Olote de maíz	1.18 AB	1.28 A	1.22 B
5	Cartón	0.82 B	0.98 A	1.10 B
6	Fibra de coco	1.30 AB	1.22 A	1.76 A

En la (grafica 11) se puede apreciar el comportamiento de las medias de cada tratamiento de la variable diámetro de tallo en las tres oleadas.



Grafica 11. Diámetro de tallo en las tres oleadas.

Diámetro de sombrero

En diámetro de sombrero en el corte uno y corte tres se observó alta significancia entre tratamientos, lo que indica que estadísticamente son diferentes, en el corte dos se presentó significancia al 0.05 de probabilidad entre los tratamientos, tal como se muestra en el (Cuadro 17).

Cuadro 17. Cuadros medios y su significancia para la variable diámetro de sombrero en las tres oleadas.

F.V/ No. Oleadas	Corte 1	Corte 2	Corte 3
C.M	9.06	4.84	17.69
F.c	17.70 **	8.99 *	15.50 **
C.V. %	10.97	11.23	20.87

Donde:

NS= No significante, * = Significancia al 0.05 de probabilidad, **= significancia al 0.01 de probabilidad

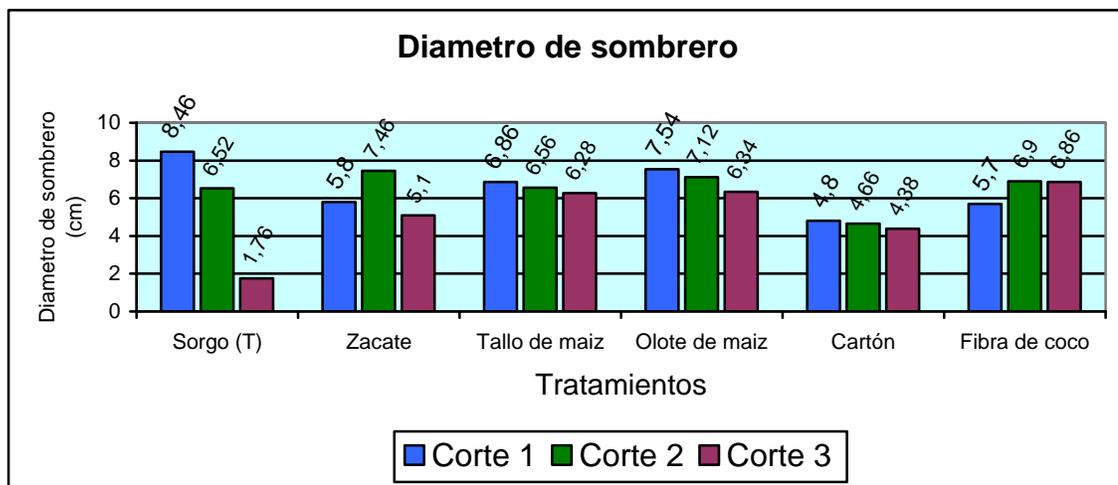
La prueba de medias de Tukey (Cuadro 18), el corte uno presentó tres niveles de significancia obteniendo el mejor resultado el tratamiento uno que corresponde al sorgo (testigo), el resultado más bajo lo reflejó el sustrato cartón correspondiente al tratamiento cinco, mientras que para el corte dos, el mejor resultado se presentó en el tratamiento dos correspondiente al sustrato zacate, y la media más baja se reflejó en el tratamiento cuatro con media de 4.66cm, en cuanto al corte tres la media más alta lo obtuvo el tratamiento cinco y el resultado más bajo lo registró el tratamiento uno siendo inferior a todos los tratamientos tal como se observa en la (gráfica 12).

A continuación se presenta la prueba de medias para la variable diámetro de sombrero en las tres oleadas.

Cuadro 18. Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable diámetro de sombrero.

No.	Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3
1	Sorgo (T)	8.46 A	6.52 A	1.76 B
2	Zacate	5.80 AB	7.46 A	5.10 AB
3	Tallo de maíz	6.86 A	6.56 A	6.28 A
4	Olote de maíz	7.54 A	7.12 A	6.34 A
5	Cartón	4.80 B	4.66 B	4.38 AB
6	Fibra de coco	5.70 AB	6.90 A	6.86 A

En la (grafica 12), se puede apreciar el comportamiento de los resultados de cada tratamiento de la variable diámetro de sombrero en las tres oleadas.



Grafica 12. Diámetro de sombrero en las tres oleadas.

Peso fresco

Los resultados obtenidos en peso fresco se observa una diferencia altamente significativa para el corte uno y dos, mostrando que estadísticamente los

tratamientos son diferentes, sin embargo en el corte tres se observaron dos niveles de significancia (A y B), presentando significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad entre los tratamientos tal como se muestra en el (Cuadro 19).

Cuadro 19. Cuadros medios y su significancia para la variable peso fresco en las tres oleadas.

F.V/ No. Oleadas	Corte 1	Corte 2	Corte 3
C.M	232.50	490.04	1047.18
F.c	8.26 **	30.52 **	55.56 *
C.V. %	4.49	3.38	3.77

Donde:

NS= No significante, * = Significancia al 0.05 de probabilidad, **= significancia al 0.01 de probabilidad

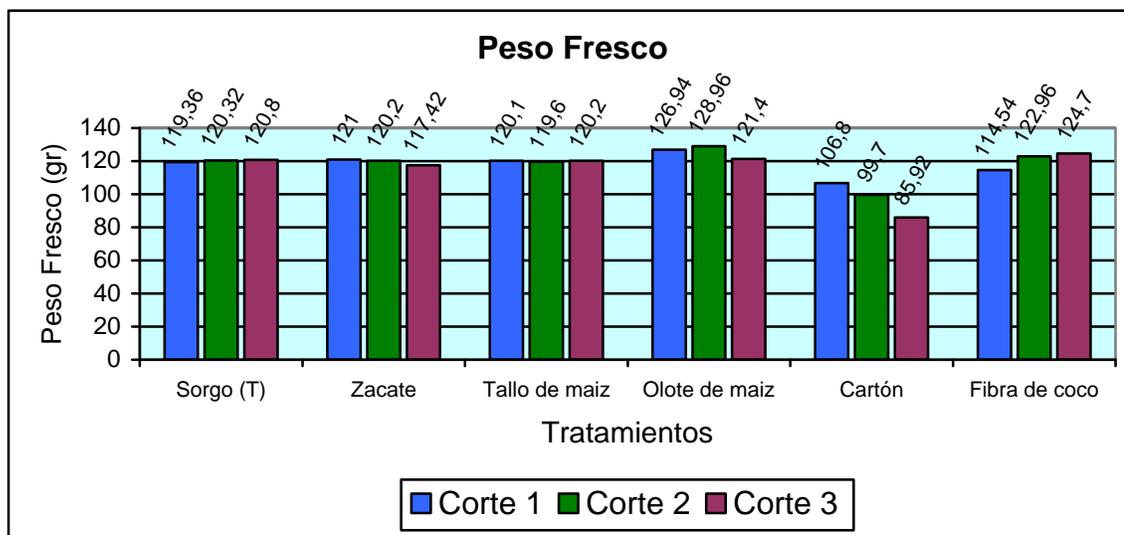
En la prueba de medias (Cuadro 20) indica que en el corte uno el tratamiento cuatro que corresponde al olote de maíz obtuvo el mayor rendimiento comparado con los demás tratamientos, obteniendo la media mas baja el tratamiento cinco correspondiente al sustrato cartón, para el corte dos los resultados obtenidos fueron similares al corte uno, registrando de nueva cuenta el valor mas alto para el tratamiento cuatro, en tanto que el tratamiento cinco fue superado por todos los tratamientos, el mejor tratamiento para el corte tres corresponde a la fibra de coco, registrando media de 124.70 grs., mientras que el tratamiento cinco fue superado por todos los tratamientos, como se observa en la (Gráfica 13).

A continuación se presenta la prueba de medias para la variable peso fresco en las tres oleadas.

Cuadro 20. Prueba de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad en la variable peso fresco.

No.	Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3
1	Sorgo (T)	119.36 AB	120.32 AB	120.80 A
2	Zacate	121.00 AB	120.20 AB	117.42 A
3	Tallo de maíz	120.10 AB	119.60 AB	120.20 A
4	Olote de maíz	126.94 A	128.96 A	121.40 A
5	Cartón	106.80 B	99.70 B	85.92 B
6	Fibra de coco	114.54 AB	122.96 AB	124.70 A

En la (grafica 13), se puede apreciar el comportamiento de medias de cada tratamiento de la variable peso fresco en las tres oleadas.



Gráfica 13. Peso Fresco en las tres oleadas.

V. CONCLUSIONES

En el análisis bromatológico de los sustratos en la variable de materia seca total el mejor tratamiento fue el cartón (T5) con una media de 91.92 %.

En la variable de humedad el mejor tratamiento fue la fibra de coco (T6) con una media de 12.32 %.

La materia orgánica el mejor tratamiento fue cartón (T5) con una media de 88.95 %.

La presencia de cenizas el mejor tratamiento fue tallo de maíz (T3) con una media de 8.60 %.

El contenido de nitrógeno el mejor tratamiento fue el tallo de maíz (T3) con una media de 0.71 %.

La proteína cruda el mejor tratamiento fue el tallo de maíz (T3) con una media de 4.45 %.

La presencia de grasa presente en los sustratos el mejor tratamiento fue la fibra de coco (T6) con una media de 1.43 %.

La fibra cruda el mejor tratamiento fue cartón (T5) con una media de 62.83 %.

El contenido de extracto libre de nitrógeno el mejor tratamiento fue el olote de maíz (T4) con una media de 65.33 %.

En relación de los parámetros de estudio en la variable longitud de tallo en el corte uno el mejor tratamiento fue el tallo de maíz (T3), lo cual supero al testigo (T1).

En la variable diámetro de tallo el mejor tratamiento del corte uno fue el sustrato de tallo de maíz, superando al sorgo (Testigo)

Para el diámetro de sombrero el mejor tratamiento fue la paja de sorgo testigo (T1).

En relación a peso fresco el mejor tratamiento fue el olote de maíz (T4), superando al testigo, (T1).

De acuerdo a los resultados obtenidos en los seis sustratos, el olote de maíz es el mejor, para la producción del hongo **Pleurotus ostreatus**, ya que este sustrato contiene los nutrientes esenciales para el desarrollo de los cuerpos fructíferos del hongo de estudio, concluyendo que sea aceptado la hipótesis alternante.

VI. LITERATURA CITADA

Andrade Melchor, R.L. (1995). Evaluación de sustratos para la producción del hongo comestible Shiitake (*Lentinus edoes* 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.

A.O.A.C (1980). Oficial methods of análisis. 14a. edición. Association of oficial analytical Chemists. Washington, D.C.

Avila, R.L.E. (1997). Evaluación financiera de una planta rural de setas comestibles (*Pleurotus* spp) diseñada bajo tecnología ambiental en el sur de Jalisco, México. 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 Villeda, E.; Campos, L.L.E.; López, R.B.; Oviedo, V.R.; Rodríguez, R.J. y Tovar M.G. (1995). Producción Comercial de Setas (*Pleurotus* spp.). Manual de Setas y Champiñones S. A de C.V. México.

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

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: Biología (Bratislava), Vol.54:961-966.

Breene, W.M. 1990. Nutritional and medicinal, value of specialty mushrooms. University of Minnesota, St. Paul, M.N. En: Journal of Food Protection. (USA), Vol.53 (10):883-894.

CENTENAL, (1975). Carta topográfica de Saltillo, G14. 1ª Edición.

Chang, S. T. And Miles, 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Boca Raton.

Chang, S. T. 1999. Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21st century: nongreen revolution. Int. Journal of Medicinal Mushrooms 1: 1-7.

Chang, S. T. y P. G. Miles. 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, environmental impact. CRC Press, Boca Raton. 451 pp.

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

Gaitán Hernández., 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 Rollan, M. (1976). Hongos de la Madera (Basidiomicetos). Ministerio de Agricultura (Publicación de Extensión Agraria). Madrid. 243 pp.

García-Rollán, M. 1978. Plagas y enfermedades del champiñón y de las setas. Ministerio de Agricultura. Madrid. 80 pp.

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

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

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

García Rollan, M. (1998). Cultivo de Setas y Trufas. Tercera edición., ediciones Mundi- prensa, España.

Guzmán Gastón, 1978. Hongos. Ed. Limusa. México. 194 pp.

Guzmán Gastón, (1980). Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Limusa. México. 452pp.

Guzmán Dávalos, L.; Martínez, C.L.; Morales, D. y Soto, C. (1987). El cultivo de hongos comestibles *Pleurotus* sobre el bagazo del maguey de la industria tequilera. (Inst. Bot., Univ. Guadalajara; Zapopan, Jalisco, Méx.). Revista Mexicana de Micología. No. 3, p 47-49

Guzmán, G. 1994. Los hongos en la medicina Tradicional de Mesoamérica y de México. Revista Iberoamericana de micología.

House Lelandr, 1982. "El sorgo" Guía para su mejoramiento genético. Universidad Autónoma Chapingo. México. 425 pp.

Kapich, A.N., y Shishkina, L.N. 1992. Antioxidants properties of wood destroying basidiomycetes. En: Mikologiya i Fitopatologiya. Vol.26(6):486-492.

Kirk, S. R., Sawyer, R., y Egan, H. 2004. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Ed. CECOSA. México. 777 pp.

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

López, R.A. (1995). Cultivo de setas. Centro de Genética Forestal, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

Martínez-Carrera, D., Morales, P., y Sobal, M. (1988). Cultivo de diversas cepas de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café y cebada. Revista Mexicana de Micología.

Martínez-Carrera, D. y Larqué-Saavedra, A. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. Ciencia y desarrollo. 95: 53-64.

Martínez Carrera, D.; Morales, P.; Sobal, M. (1990). Cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o paja de cebada. (CEICADAR, Puebla, Pue, Méx.). Micología Neotropical Aplicada No. 3 p 49-52

Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal y A. Larqué-Saavedra. 1991. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo (CONACYT)* 96: 33-43.

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., M. Sobal, P. Morales, W. Martínez, A. Aguilar and A. Larqué-Saavedra, 1995. Edible mushroom cultivation and sustainable agriculture in México. *The African Journal of Micology and Biotechnology* 3 (1): 13-18.

Martínez-Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla y A. Larqué-Saavedra. 1998. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 77-96.

Martínez-Carrera, D. 1998. Oyster mushrooms. *McGraw-Hill Yearbook of Science & Technology*. McGraw-Hill, Inc., Nueva York.

Martínez-Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla and a. Larqué-Saavedra, 1999. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 77-96.

Martínez-Carrera, D., 2000. Perspectiva de los hongos comestibles en México para el siglo XXI. I Simposio Latinoamericano del Cultivo de Hongos Comestibles. Xalapa, Ver.

Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, M. Aliphath, A. Aguilar, M. Bonilla y. W. Martínez, 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. Conacyt, Academia Mexicana de Ciencias: 193-207.

Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micol. Apl. Int.* 14: 61-74.

Mayett, Y., D. Martínez-Carrera, M. Sánchez, A. Macías, S. Mora & A. Estrada, 2006. Consumption trends of edible mushrooms in developing countries: the case of Mexico. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 18: 151-176.

Miles, P.G. & Shu-Ting, Ch. 1997. Biología de las setas. Fundamentos Básicos y acontecimientos actuales. Hong Kong. World Scientific. p 133.

Morales, P.(1987). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de cárdamo. (INIREB, Xalapa, Veracruz, Méx.). Revista Mexicana de Micología No. 3 p71-73

Naranjo Jiménez, N.; Almaraz, A.N.; Herrera, C.J.; Avila, R.J. (1998). Corteza de pino en el cultivo del hongo comestible (*Pleurotus* sp.). En Raya, G.D. 1998 (Ed). II Congreso Mexicano de Productos Forestales. Morelia, Mich; México. p32

Nava, L. D. 2000. Estrategias para la comercialización de hongos comestibles a nivel local y regional en México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México.

Noda-Shokukin. 1998. A preparation for kidney treatment possessing antiinflammatory activity, obtained from Basidiomycetes, e.g. *Lentinus*, *Pleurotus*, *Flammulina*, and *Tricholoma*. Patent JPJ 61171428 (1986) JP 85-11888 (1985).

Nordquist, P. and Rumery, M. 1967. Corn and Sorghum silage for lactating cows. J. Dairy Sci. 50, 115-1261.

ODUM, E. P., 1971. Ecología. 3^a Edición, Editorial Interamericana, México, D. F.

Opletal, L., Jahordar, L., Chobot, V., Zdansky, P., Lukes, J., Bratova, M., Solichova, D., Blunen, G., Dacke, C.G., y Patel, A.V. 1997. Evidence for the hyperlipidemic activity of the edible fungus *Pleurotus ostreatus*. En: British Journal of Biomedical Science. Vol.54 (4):240-243.

Ortega, G. P. 2002. Plagas, enfermedades y competidores en plantas productoras de hongos comestibles en la región central de México y la estrategia para su prevención y control. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México.

Perala Santolaria, 1973. Setas. 2aEd. Madrid, España.

Perala Santolaria, J. (1993). Setas. Segunda edición. Madrid. p 13 y 7

Perez Godinez Edmundo A. 1996. Producción de hongos comestibles (setas y champiñones). Centro de investigaciones sociales, tecnologicas y Agroindustriales de la Agricultura Mundial (CIESTAAM) 2da. Edicion. Mexico.

Quimio, T. H., Chang, S.T and Royse, D.T. 1990. Guidelines on growing techniques. En: Technical Guidelines for mushroom growing in the Tripics. FAO, articulo 106, Rome, Itali.

Revista de Ciencia y Desarrollo. CONACyT. Vol. XVI. Número 96. Enero-febrero 1991. México.

Reyes Castañeda P. (1990). El maíz y su cultivo. AGT. EDITOR, S.A. México. 460 pp.

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

Rodríguez, M.R. (1996). Caracterización de cepas del hongo comestible (*Pleurotus* spp.) en medios de cultivos y su evaluación en sustratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Romero, Cova, S. (1993). Hongos Fitopatógenos. Primera edición UACH, México.

Rzedowski Jerzy, (1998). Vegetación de México. Ed. Limusa, México. ISBN 968-18-0002-8.

Seymour, J. (1979). La Naturaleza de las Setas, 1^{era} ed. Ediciones Castell, Barcelona.

Sobal, M.; Morales, P.; Martínez-Carrera, D. (1993). Utilización de los rastrojos del haba y frijol como sustrato para el cultivo del *Pleurotus*. Laboratorio de Biotecnología en Hongos comestibles, Puebla, Pue., México). *Micología Neotropical Aplicada* (6) 137-141.

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.

Stamets, P. 1993. Growing gourmet e medicinal mushrooms. Olympia. Ten Speed Press and Mycomedia. 552p. il.

Steel, R.G.D. and Torrie, D. H. 1980. Principales and procedures of statistics Ed; Magraw-Hill. USA PCPRPBIT Version 1.0 Colegio de posgraduados. Chapingo Mexico.

Velásquez Delín, N. (1995). Producción del hongo ostión o de cazahuate (*Pleurotus* spp.). Revisión bibliográfica. Universidad Autónoma Chapingo.

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

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.