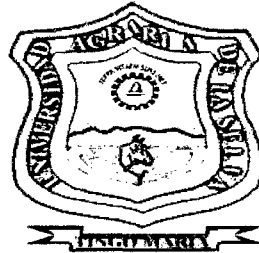


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES



SUSTRATOS AGROINDUSTRIALES COMO FUENTES PARA LA
PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRÁ (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Qué)

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES

MACK MARLON TABOADA HERMOZA

PROMOCIÓN 2008 – II

TINGO MARÍA – PERÚ

2011

F61

T11

Taboada Hermoza, Mack Marlon.

Sustratos Agroindustriales como Fuentes para la Producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) QuéL). Tingo María, 2011

87 h.; 26 cuadros; 8 fgrs.; 33 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención : Forestales)
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de
Recursos Naturales Renovables.

SUSTRATOS / MICELIO / BASIDIOCARPOS / CEPAS / INCUBACIÓN

FRUCTIFICACIÓN / PLEUROTUS OSTREATUS (JACQ.) QUÉL)

TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 24 de Marzo de 2011, a horas 07:32 p.m. en el Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“SISTRATOS AGROINDUSTRIALES COMO FUENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Qué “Hongo Ostra”

Presentado por el **Bachiller: MACK MARLON TABOADA HERMOZA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**BUENO**”.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad. Transmítase al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 30 de Marzo de 2011

Mtblgo. MSc. CÉSAR S. LÓPEZ LÓPEZ
Presidente

Ing. MSc. OSCAR CABEZAS HUAYLLAS
Vocal

Blgo. ARMANDO M. ENEQUE PUICON
Vocal



Ing. MSc. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Asesor

DEDICATORIA

A mí Madre Edith Hermoza de Taboada; quien con mucho cariño, exigencia y sacrificio me apoyó durante mi trayectoria estudiantil. Y así poder terminar con mi carrera profesional.

A mi Padre Aquiles Taboada Acosta, mis hermanos Nick y Cristian, personas que quiero y estimo mucho.

A una persona especial, Viviana que fue la que me incentivó y apoyó durante todo el tiempo del trabajo realizado, y a mis amigos en general.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios sobre todas las cosas ya que el es nuestro padre celestial que siempre nos cuida y nos protege y nos da su bendición para que nos vaya bien en todas las cosas.

En general a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo en la realización de esta tesis, porque tanto ellas como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

A mi Asesor: El Ing. M.Sc. Ladislao Ruíz Rengifo, patrocinador del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Carlos Ayala G. colaborador en el cálculo de los análisis estadísticos.

Al Sr. Oscar Del Águila Picón, por su apoyo con las herramientas del Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Información taxonómica.....	4
2.2. Generalidades de los hongos.....	4
2.2.1. Valor nutritivo de los hongos comestibles.....	7
2.2.2. Morfología de <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
2.2.3. Composición y propiedades nutricionales.....	9
2.2.4. Importancia del recurso genético de <i>Pleurotus ostreatus</i>	11
2.2.5. Características del género <i>Pleurotus sp</i>	13
2.3. Sustratos.....	16
2.3.1. La pulpa de café como sustrato de <i>Pleurotus ostreatus</i> ...	16
2.3.2. La cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) como sustrato de <i>Pleurotus ostreatus</i>	17
2.3.3. El aserrín de madera como sustrato de <i>Pleurotus</i> <i>ostreatus</i>	18
2.3.4. El bagazo de caña de azúcar como sustrato de <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
2.4. Producción de setas del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
2.4.1. La preparación del inóculo.....	20

2.4.2. La preparación del sustrato.....	21
2.4.3. La fructificación o cosecha.....	24
2.5. Plagas y enfermedades de hongos comestibles.....	25
2.6. Sistemas de producción.....	27
2.7. Taza de productividad o razón de producción.....	29
2.8. Eficiencia biológica (EB).....	30
2.9. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación.....	30
2.10. Generalidades sobre su cultivo.....	34
2.10.1. Cultivo sobre troncos cortados.....	34
2.10.2. Cultivo en bolsas plásticas.....	35
2.11. Cultivo de hongos comestibles a nivel mundial.....	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1. Lugar de ejecución del trabajo.....	39
3.1.1. Ubicación política.....	39
3.1.2. Ubicación geográfica.....	39
3.1.3. Zona de vida.....	39
3.2. Materiales.....	39
3.2.1. Material biológico.....	39
3.2.2. Materiales y equipos.....	39
3.2.3. Insumos.....	40
3.3. Metodología.....	40
3.3.1. Proceso para el cultivo empleando sustratos.....	40
3.3.2. Multiplicación del micelio.....	42
3.3.3. Preparación de los sustratos agroindustriales.....	42

3.3.4. Esterilización y auto clavado de los sustratos.....	43
3.3.5. Inoculación del sustrato.....	44
3.3.6. Incubación del micelio en el sustrato.....	44
3.3.7. Fructificación.....	45
3.3.8. Cosechas.....	45
3.3.9. Evaluaciones.....	46
3.4. Análisis estadístico.....	47
3.4.1. Tratamientos en estudio.....	47
3.4.2. Análisis de varianza.....	48
3.4.3. Modelo aditivo lineal.....	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1. De la producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	
4.1.1. Del contenido de humedad inicial de los sustratos.....	49
4.1.2. De la longitud promedio del crecimiento miceliar.....	50
4.1.3. Del diámetro y números de basidiocarpos.....	52
4.2. Del rendimiento en peso y razón de producción de la producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	56
4.3. De la eficiencia biológica (E.B) en la producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	61
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES.....	67
VII. ABSTRACT.....	68
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
VIII. ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de <i>Pleurotus sp.</i>	16
2. Composición química de la pulpa de café (<i>Coffea arábica</i>).....	17
3. Plagas asociadas al cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	26
4. Tratamientos en estudio de la investigación experimental.....	47
5. Esquema del análisis de varianza (ANVA).....	48
6. Determinación del contenido de humedad inicial de los sustratos antes de la siembra.....	50
7. Análisis de varianza para la longitud (cm) en el crecimiento del micelio	51
8. Prueba de Duncan de la longitud (cm) del crecimiento miceliano a los 8 días de incubación.....	51
9. Análisis de varianza para el diámetro del píleo (cm) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.....	53
10. Prueba de Duncan para el píleo de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> en la primera y segunda cosecha.....	54
11. Análisis de varianza para el rendimiento en peso (g) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.....	57
12. Prueba de Duncan del rendimiento en peso (g) de basidiocarpos de	

<i>Pleurotus ostreatus</i> de una primera y segunda cosecha desde su inoculación.....	58
13. Análisis de varianza para la razón de producción (g/día) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.....	60
14. Prueba de Duncan para la razón de producción (g/día) de basidiocarpos.....	60
15. Análisis de varianza para la eficiencia biológica (%) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.....	61
16. Prueba de Duncan para la evaluación de la eficiencia biológica (%) de basidiocarpos.....	62
17. Evaluación de la longitud del crecimiento miceliar en 8 días de incubación.....	75
18. Evaluación del diámetro (cm) promedio de basidiocarpos de la primera cosecha.....	75
19. Evaluación del diámetro (cm) promedio de basidiocarpos de la segunda cosecha.	76
20. Evaluación del rendimiento (g) de basidiocarpos en la primera cosecha.....	76
21. Evaluación del rendimiento (g) de basidiocarpos en la segunda cosecha.....	77
22. Datos de la evaluación de la eficiencia biológica (%) de basidiocarpos en la primera cosecha.....	77
23. Datos de la evaluación de la eficiencia biológica (%) de basidiocarpos en la segunda cosecha.....	78

24. Peso total de toda la producción de basidiocarpos por cada tratamiento.....	78
25. Diámetros (cm) y números de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en la primera cosecha por cada repetición.....	79
26. Diámetros (cm) y números de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en la segunda cosecha por cada repetición.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Flujograma adaptado de RUÍZ (1990).....	41
2. Número de basidiocarpos producidos en una primera y segunda cosecha de hongos comestibles <i>Pleurotus ostreatus</i>	55
3. Auto clavado de los sustratos en estudio.....	85
4. Proceso de inoculación de las semillas en la cámara de flujo.....	85
5. Colonización de las bolsas inoculadas con semillas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	86
6. Bolsas fructificadas con basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	86
7. Cosecha de basidiocarpos.....	87
8. Pesado de todos los basidiocarpos cosechados.....	87

RESUMEN

La producción de hongos comestibles es con fines de comercialización y nutrición alimenticia, el cultivo del *Pleurotus ostreatus* es importante por su contenido energético y valor nutricional, por tanto la presente investigación procura aportar información sobre esta especie, evaluando la capacidad de crecimiento en sustratos agroindustriales con diferentes porcentajes de cantidades, los sustratos utilizados en la investigación fueron: Pulpa de café, cascarilla de cacao, bagazo de caña de azúcar y aserrín descompuesto. Para ello se consideraron 11 tratamientos con un testigo incluido, por cada tratamiento se utilizaron 4 repeticiones, estos fueron evaluados para la producción de basidiocarpos, el diámetro de estos el número de basidiocarpos, el rendimiento en gramos y la eficiencia biológica. Se obtuvieron cepas con micelio de *Pleurotus ostreatus* para realizar el inóculo, se utilizaron 50 g de semilla con micelio para todos los tratamientos en estudio, estas pasaron a una fase de incubación, para después pasar a la fase de fructificación y por último a la cosecha, por último según nuestros resultados el tratamiento T9 fue el que produjo más basidiocarpos con un peso total de 968,2 g; y la producción total de todos los tratamientos fue de 8 186,9 g.

I. INTRODUCCIÓN

Los hongos se distribuyen ampliamente por todo el mundo, existen aproximadamente 70 000 especies de las cuales solo el 10% son comestibles (CONABIO, 2008). Es una alternativa de subsistencia alimentaria en las áreas rurales en la cual puede participar la familia, ya que permite mejorar la nutrición, en virtud de ser sustituto de la carne de origen animal.

En la actualidad, la industria maderera, agricultura y agroindustria desechan anualmente grandes cantidades de subproductos, tales como aserrín, rastrojos de maíz, bagazo de caña de azúcar, pulpa de café y cascarilla de cacao entre otros. Los cuáles en la mayoría de los casos son utilizados en forma ineficiente o eliminados por el desconocimiento de su aprovechamiento en otras actividades, que pueden darles un valor agregado.

La producción de setas comestibles se sustenta en aprovechar los residuos agrícolas tales como hojas, tallos, rastrojos, raíces, entre otros. Esta tecnología, que consiste en transformar residuos en sustratos para la producción que pueden convertirse en fuente secundaria de ingresos económicos y presenta ventajas ya que no se requiere de productos químicos; una vez que se obtuvo el producto comestible, del sustrato residual se puede

obtener abono orgánico, mediante los procesos de compostaje, para la producción de hortalizas y especies forestales.

No hay información sobre la utilización de productos residuales de la agroindustria que ocasionan contaminación, estos como: pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, cascarilla de cacao, y aserrín de madera blanda; podrán constituir los sustratos agroindustriales en trabajos que utilizan productos residuales de la agroindustria que ocasionan contaminación, tales productos como: pulpa de café, bagazo de caña, cascarilla de cacao, y aserrín de madera blanda, etc., en la producción de hongos comestibles.

Por lo tanto surgió la interrogante ¿los sustratos agroindustriales serán fuente para la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Qué?l?

En este contexto, la investigación realizada determina la importancia de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Qué?l, que es un hongo de buen sabor y alimento que posee un alto índice nutritivo compuesto por carbohidratos, minerales; que se encuentran en los cuerpos fructíferos, presentando una buena cantidad de fósforo, potasio, zinc y magnesio; una proporción media de hierro y manganeso; y en pequeñas cantidades calcio, aluminio y sodio; también presenta vitamina C que son una buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos; y que además cultivarlo nos proporciona un aporte ecológico al degradar los subproductos agrícolas que ocasionan problemas de contaminación.

Objetivo general

- Evaluar los sustratos agroindustriales como fuentes para la producción de basidiocarpos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

Objetivos específicos

- Producir basidiocarpos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, utilizando sustratos de aserrín descompuesto pulpa de café, bagazo de caña y cascarilla de cacao.
- Calcular el rendimiento en peso y la razón de producción de basidiocarpos producidos.
- Evaluar la eficiencia biológica del *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos agroindustriales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Información taxonómica

Reino	:	Fungi
Filo	:	Basidiomycota
Clase	:	Basidiomycetes
Orden	:	Agaricales
Familia	:	Pleurotaceae
Nombre científico	:	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) Quéf.
Nombres comunes:	:	Hongo ostra, seta ostreada

2.2. Generalidades de los hongos

Los hongos son organismos diferentes de los reinos vegetal o animal, actualmente son clasificados dentro del Reino Fungi, tienen células eucarióticas, son heterótrofos, portadores de esporas, carecen de clorofila y tejidos de conducción (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

Dependiendo de su tamaño y forma de crecimiento se distinguen los hongos macroscópicos y los microscópicos. Dentro de los macroscópicos están considerados los hongos comestibles, los alucinógenos, los venenosos, etc. Dentro de los microscópicos están comprendidos los mohos, las levaduras, los hongos de interés médico y los hongos fitopatógenos.

En función de su forma de nutrición, los hongos se dividen en tres grandes grupos.

Los saprofitos que se alimentan de materia orgánica muerta; los parásitos, que se alimentan de materia orgánica viva y los simbioses (micorrízicos), que subsisten sólo en relación simbiótica con algunos miembros del reino vegetal (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

Los hongos se nutren a través de su pared celular. Tienen la capacidad de producir enzimas para degradar las moléculas de gran tamaño, como la celulosa y la quitina, que no pueden ser absorbidas hacia el interior de la célula. Los hongos macroscópicos tienen la misma forma de crecimiento vegetativo en forma de hifas y micelio que los hongos microscópicos; sin embargo, tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible, aéreo (carpóforo), que es propiamente lo que mucha gente identifica como hongo.

El cuerpo fructífero se compone de las siguientes partes: micelio primario, micelio secundario, píleo o sombrero, contexto o carne, estípite o tallo, el himenio y las esporas, que pueden ser sexual o asexual (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

De acuerdo con los criterios taxonómicos tradicionales, las características, muy variables para la identificación de un hongo, son:

1. El color: Existen hongos de coloración roja, rosácea, café, blanca, etc. El color es una característica de suma importancia para la identificación de los hongos, ya que permite diferenciar especies.
2. El píleo o sombrero. Puede encontrarse gran variedad de formas como: embudo, campanulado, plano, convexo, cilíndrico, giboso, etc., tener variaciones sobre sus márgenes, pueden ser dentadas, enrollados, levantados, etc. La textura del píleo puede presentar sensación de humedad, ser mucilaginoso, aceitoso, sedoso, tener escamas, vellosidades, estrías, brillantez u ornamentaciones (cavidades, grietas, arrugas, espinas, etc.).
3. El estípite o tallo. Algunos hongos pueden no tener estípite. Cuando lo tienen puede estar ubicado justo abajo del centro del píleo, de manera lateral o excéntrica. Puede presentar rizoides. La forma y la textura del estípite varía, puede ser bulboso, torcido, rígido, liso, quebradizo, leñoso, flexible, etc.
4. La presencia y forma de la volva en la base del tallo o de un anillo en la parte superior del mismo.
5. Las estructuras que forman el himenio. Las láminas (su forma, tamaño, densidad, la unión con el estípite), la presencia de dientes o poros.
6. El olor y el sabor del hongo. Aunque esta característica es de importancia secundaria, ayuda a la confirmación de algunas especies en particular. El olor puede ser agradable, imperceptible, nauseabundo, etc.

Desde el punto de vista bioquímico y ecológico, la importancia de los hongos radica en el complejo sistema enzimático que poseen, el cual les

permite, según la especie, degradar moléculas de alto peso molecular como la celulosa, la lignina, la quitina, los taninos, etc. Estas moléculas son normalmente difíciles de degradar *in vitro* por las vías químicas, enzimáticas o microbianas conocidas hasta ahora, sin embargo el sistema metabólico de estos hongos les permite degradar esos compuestos, de los que obtienen energía para sus procesos vitales y metabólicos para su nutrición.

Este tipo de macromoléculas se encuentra normalmente en las formas vegetales y sus desechos. Su estructura química compleja les permite permanecer a la intemperie por largos periodos sin ser degradados o sufrir mayores transformaciones. De ahí la importancia de los micromicetos, ya que pueden revalorizar un desecho orgánico. El estudio de estos organismos conduce, por lo tanto, al aprovechamiento eficaz del complejo sistema enzimático que poseen para fines alimenticios, médicos, industriales o ecológicos (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

2.2.1. Valor nutritivo de los hongos comestibles

BOTELHO y RAMOS (1985) mencionan que los hongos son alimentos de alto valor nutritivo, con bajo contenido de carbohidratos y grasas, y significativas cantidades de proteínas y vitaminas. La composición química varía de acuerdo a la especie de hongo y el cultivar evaluado. Además los hongos son excelentes alimentos para dietas. Investigaciones muestran que 200 gramos de hongos secos son suficientes para el balance nutricional de un ser humano de 70 kilogramos. El mayor interés en el valor nutritivo de los

hongos es la cantidad y calidad de la proteína. El contenido de proteína en promedio es de 3,5 a 4% en peso fresco y de 30 a 50% en peso seco. En comparación con el contenido de proteínas de otros alimentos, el de los hongos en fresco es el doble que el de los vegetales (excepto soya, frijoles y lentejas) y cuatro a doce veces mayor que el de las frutas, sin embargo, es inferior al de la carne, pescado, huevos y lácteos. Los hongos son ricos en varias vitaminas tales como tiamina (B1), ácido ascórbico (C), ácido nicotínico y pantoténico, riboflavina (B2) y vitamina K. La digestibilidad de la proteína de los hongos es un factor muy importante para determinar su valor dietético (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

2.2.2. Morfología de *Pleurotus ostreatus*

GARCÍA (1982), el sombrerillo de esta seta es redondeado, con la superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose luego poco a poco, el borde está algo enrollado al principio. Según WOOD y STEVENS (1996), su diámetro oscila entre 5 y 15 cm, dependiendo de la edad del hongo. El color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo, tomando una coloración más amarillenta con el tiempo. En la parte inferior del sombrero hay unas laminillas 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 algo fuerte, tierno al principio y después correosa.

2.2.3. Composición y propiedades nutricionales

Pleurotus ostreatus se caracteriza por sus propiedades organolépticas, reflejada en su aspecto, aroma agradable, utilización para la elaboración de numerosos platos. El hongo ostra presenta variaciones significativas en cuanto a su composición química proximal. Dichas variaciones se ven afectadas por el sustrato, el método de cultivo, así como el origen geográfico de la cepa (RODRÍGUEZ y MACIAS 2005). Los minerales se concentran fuertemente en los cuerpos fructíferos. Por ejemplo, el potasio 3,2 veces, el sodio 1,64, el fósforo 1,7 y el cadmio 2,75; en comparación con la concentración de estos minerales en el sustrato. Así mismo, el contenido de proteína de *Pleurotus ostreatus* se relaciona significativamente con el contenido de nitrógeno del sustrato. Las setas, son una excelente fuente de proteína, 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%.

El hongo ostra tiene un contenido elevado de carbohidratos de 57% que no son del tipo de los almidones (los que engordan), dentro de los cuales está la quitina, un polisacárido con propiedades excepcionales en cuanto a que puede absorber fácilmente las grasas en el tracto digestivo.

Su contenido de fibra cruda también es alto (14%), del cual, el 47% es fibra dietética. *Pleurotus ostreatus* contiene del 3 al 5% de lípidos en peso seco. Los ácidos grasos son predominantemente insaturados, de fácil digestión y de naturaleza hipolipidémica; el ácido linoléico es el más abundante. La orellana no presenta colesterol pero si gran presencia de ergosterol que es una previtamina de la vitamina D2. Se han identificado por otro lado, algunas sustancias aromáticas responsables en gran parte del aroma y delicioso sabor característico de este tipo de hongos.

En *Pleurotus ostreatus* el contenido de tiamina (vitamina B1) se encuentra entre 4,8 y 7,8 mg/100 g, riboflavina (vitamina B2) 4,7 a 4,9 mg/100 g, y niacina 55 a 109 mg/100 g, todo en peso seco. Los contenidos de 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, estos pueden ser utilizados en el tratamiento del escurbutu, la diabetes, hipoglucemia, cáncer, etc. Este hongo presenta una buena cantidad de fósforo, potasio, zinc, cobre y magnesio; una proporción media de hierro y manganeso; y en pequeñas cantidades calcio, aluminio y sodio.

2.2.4. Importancia del recurso genético de *Pleurotus ostreatus*

Además del valor nutritivo, *Pleurotus ostreatus* se encuentra en la lista de 37 especies de hongos utilizadas en la medicina tradicional de Mesoamérica y México. Se describe como uno de los hongos que producen retardo en el crecimiento de tumores. Se afirman que se han aislado polisacáridos antitumorales tanto de *Flammulina velutipes* como de *Pleurotus ostreatus*; en éste último, el componente antitumoral activo consiste en un esqueleto formado por un polímero 1,3 b-glucano, probablemente con ramificaciones de residuos de galactosa y manosa.

Se ha encontrado experimentalmente que los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* contienen un inhibidor competitivo de la enzima 3-hidroxi-3 metil-glutonnil coenzima A reductasa, que baja el colesterol de la sangre. La sustancia denominada lovastatín se encontró principalmente en las lamelas de basidiocarpos de 10 cm de diámetro, a razón de 5,991 mg/g. Además los hongos de la pudrición blanca, entre los que se encuentra *Pleurotus ostreatus* poseen en su micelio sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bioantioxidantes (CARDONA, 2001).

Por otro lado, *Pleurotus ostreatus* como recurso genético, presenta interés para la agricultura y la economía, ya que se pueden desarrollar sobre una gran cantidad de sustratos lignocelulósicos útiles no sólo para la alimentación humana, sino también para otros aspectos como la alimentación

animal, la medicina, la farmacia, la industria química, el control biológico, la descontaminación de suelos, etc. (SÁNCHEZ y ROYSE, 2002).

El sustrato degradado puede ser reciclado y su proteína recuperada para alimentación animal, siempre y cuando el sustrato esté libre de patógenos y micotoxinas. Ello porque el sustrato degradado tiene un mayor contenido proteico comparado con el sustrato original, debido a que la lignina del sustrato es degradada por el hongo y convertida en una sustancia más digerible y enriquecida. Los hongos de pudrición blanca como *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus comucopiae*, han sido descritos por atacar y consumir nemátodos, probablemente porque utilizan los nutrientes de su presa como suplo, dados los niveles bajos de N disponible en la madera. Las especies de *Pleurotus* producen pequeñas gotitas de toxinas provenientes de sus glándulas secretoras espatuladas. Los nemátodos que tocan dichas gotas muestran una inmediata respuesta y se vuelven más o menos inmóviles. Estimuladas por productos provenientes excretados por el huésped inmóvil, algunas hifas direccionales convergen en los orificios del cuerpo del nematodo, lo colonizan y lo digieren (SÁNCHEZ, 1994).

MIGNUCCI (1986) establece que el cultivo de setas comestibles es de un ciclo de vida corto, requieren poco espacio y tienen un alto valor nutritivo. Indica además, que la producción de setas tropicales podría alcanzar niveles que permitan su exportación a mercados de Norteamérica que ahora la importan en su totalidad de países asiáticos.

GARCÍA (1991), ha comprobado que las setas cultivadas que crecen sobre sustratos leñosos (lignocelulósicos) tienen un contenido muy bajo en metales pesados.

2.2.5. Características del género *Pleurotus sp*

De color blanco a gris pardo-azulado, con el paso del tiempo el color va palideciendo hasta tomar un tono amarillo sucio, mide de 6 a 15 centímetros de diámetro, dependiendo la edad, aunque pueden encontrarse ejemplares mucho más grandes. Tiene las esporas y láminas de pie corto y su contexto en ciertas ocasiones es ligeramente elástico, pero sabroso. Se cultivan algunas especies en forma comercial y es de las más deliciosas y atractivas para su consumo. Se trata de un hongo que, en su ambiente natural, crece sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera, destruyéndola.

El píleo, o parte superior de la seta, es redondeado, con la superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose luego poco a poco. El borde está algo enrollado al principio. En su parte inferior se presenta el himenio, constituido de unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde de aquel. Están esparcidas unas de otras y son anchas, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son de tamaño microscópico, oblongas, casi cilíndricas. Aunque no se distinguen a simple vista, cuando se

depositan en masa forman una especie de polvillo harinoso denominado esporas de color blanco con cierto tono lila-grisáceo. Las esporas se consiguen fácilmente colocando un sombrero (sin pie) en su posición normal sobre un papel oscuro, durante unas horas. El pie suele ser corto (indicador de su calidad) ligeramente duro, blanco al principio, las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Su inserción suele ser algo lateral y su dirección ligeramente oblicua. Tanto su forma como su longitud dependen mucho de la situación del hongo. Si crecen varios juntos, que suele ser lo más frecuente, formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles, los pies están unidos a otros, son cortos y están cerca del borde de los sombreros, que suelen tener forma de abanico o riñón, pero si crecen aislados, sobre una superficie horizontal, el pie puede ser largo, central y el sombrero perfectamente circular, la carne es blanca, de olor algo fuerte, tierna al principio y después correosa. Se suele encontrar en los bosques, sobre todo, en la base de árboles de hoja ancha (frondosos), en otoño e invierno templados. En sitios húmedos puede encontrarse también en otras épocas.

El crecimiento de este género está supeditado a ciertos factores como son: la temperatura, la humedad del ambiente, la humedad del sustrato, el pH, la composición del sustrato, las concentraciones de CO₂, O₂ y la luz. Las condiciones más adecuadas de estos factores dependen del tipo de desarrollo que se busca del hongo, si es para crecimiento de micelio o para propiciar la fructificación. El micelio de *Pleurotus* crece bien en un amplio rango de temperaturas que va desde arriba de 10 °C hasta 40 °C como límite superior,

sin embargo, la temperatura más adecuada oscila alrededor de los 25 °C para la mayoría de las especies (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

Se sabe que la humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo. La falta de humedad ambiental inhibe la fructificación. Según literatura consultada, existen valores que van desde 60 a 95 por ciento para la mayoría de las especies de *Pleurotus*, sin embargo para el caso específico de *Pleurotus ostreatus* se ha observado que una humedad de 80 a 85 por ciento es mejor. La concentración de CO₂ es muy importante para el desarrollo de *Pleurotus*, se sugiere una concentración relativamente alta de 20 - 25% ya que es útil para propiciar el crecimiento del micelio. Sin embargo, concentraciones superiores al 60 por ciento inhiben la formación de primordios (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

Debido a esto, cuando se desea producir hongos de manera comercial, es necesario implementar un buen sistema de ventilación en la sala de fructificación, de tal manera que se retire constantemente el CO₂ formado por la respiración del propio hongo. Una ventilación deficiente se manifiesta en deformaciones del cuerpo fructífero, esto puede ser un ligero alargamiento del estípite, la no formación del píleo o ambas cosas. Es fundamental tener presente que se trabaja con un ser vivo, susceptible a cambios en la temperatura, humedad, ventilación, luz, etc., que son, los factores ambientales más importantes que se debe considerar y controlar a lo largo del proceso de cultivo de los hongos.

Cuadro 1. Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de *Pleurotus sp.*

Factor	Crecimiento miceliar	Fructificación
Temperatura	25 - 33 °C	28 °C
Humedad relativa	Baja humedad	85%
Humedad del sustrato	70%	50%
PH del sustrato	6,0 – 7,0	6,5 – 7,0
Concentración de CO2	20 – 25% (aire normal)	< 0,6% (Buena ventilación)
Luminosidad	Obscuridad	150 - 200 Lux (suficiente para leer)

Fuente: ACOSTA y BUSTOS (1998)

2.3. Sustratos

Se llama sustrato al material que proporciona alimentación al hongo, a nivel comercial se utiliza ampliamente paja de trigo, maíz, pulpa de café, además se han realizado ensayos con materiales como vainas secas de frijol, bagazo de caña, fibra de coco cascara de cacao, etc. Esta es una de las ventajas del cultivo de hongo seta, que se puede aprovechar los desechos de la cosecha que se tenga en la localidad. El sustrato adecuado debe ser de un tamaño de 5 a 15 cm. ya que con estos tamaños se han tenido mejores resultados, además el sustrato debe ser homogéneo para posteriormente llevarlo a un proceso de pasteurización.

2.3.1. La pulpa de café como sustrato de *Pleurotus ostreatus*

La pulpa de café, representa alrededor del 40% del peso del fruto fresco. Debido a la posibilidad de conservarla seca, la pulpa de café es un sustrato que se puede utilizar todo el año para la producción de hongos.

También se puede utilizar mezclada con otros materiales como pajas. La pulpa de café ha sido reportada como uno de los sustratos más apropiados para la producción de *Pleurotus*. Puede ser utilizada en fresco, sin embargo se recomienda fermentarla durante 5 días, lo cual se hace apilándola en montones de aproximadamente 1 m de diámetro y 50 a 60 centímetros de altura. Se tapa el montón así preparado con un plástico, se debe voltear diariamente. Con la pulpa fermentada se han alcanzado rendimientos biológicos bastante elevados.

La pulpa también puede ser deshidratada al sol inmediatamente después de sacarla del pulpero (hasta un 8 por ciento de humedad). Así se puede conservar hasta 2 años, para usar la pulpa que se ha secado, se sumerge durante 1 hora para hidratarla y se pasteuriza después durante 40 minutos a una temperatura de 85 a 100 °C, la pulpa fermentada se pone directamente a pasteurizar sin remojar (DIAZ, 1992).

Cuadro 2. Composición química de la pulpa de café (*Coffea arábica*).

Componente	Fresca %	Deshidratada %	Fermentada naturalmente y deshidratada %
Humedad	76,7	12,6	7,9
Materia seca	23,3	87,4	92,1
Fibra Cruda	3,4	21	20,8
Proteína Cruda	2,1	11,2	10,7
Cenizas	1,5	8,3	8,8

Fuente: LEE (1990)

2.3.2. La cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) como sustrato de *Pleurotus ostreatus*

La cascarilla de cacao representa un 20% del peso total del fruto fresco, en cascarilla de cacao, *Pleurotus ostreatus* crece más rápido el micelio

que sobre la pulpa de café, sin embargo su rendimiento es inferior (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

2.3.3. El aserrín de madera como sustrato de *Pleurotus ostreatus*

El hongo ostra es un ejemplo de hongos comestibles que pueden utilizar materiales lignocelulosicos como sustrato, esta capacidad del hongo ostra se debe a la presencia de enzimas lignoceluloticas que lo ayudan a convertir celulosa y lignina en hidratos de carbono útiles como glucosa que pueden usarse como fuente de energía para los hongos.

El aserrín de madera blanda o dura son los que brindan nutrientes para el desarrollo de los hongos, en la preparación de este sustrato se empieza con la remoción física de las impurezas como las astillas de madera, plásticos, hojas de plantas y otras sustancias orgánicas que puedan causar contaminación.

Usualmente se agregan suplementos orgánicos a los sustratos para promocionar fuentes orgánicas de nitrógeno, algunos suplementos orgánicos usados frecuentemente son paja de arroz y salvado de arroz, el salvado de arroz se usa generalmente para proporcionar nitrógeno, sobre todo durante la formación de los cuerpos fructíferos (DIAZ, 1992).

2.3.4. El bagazo de caña de azúcar como sustrato de *Pleurotus ostreatus*

El bagazo de caña de azúcar es otro material para sustrato disponible en grandes cantidades, para una producción de hongos. El bagazo de caña no requiere ser molido o astillado para ser utilizado como sustrato, a diferencia de las hojas de banano, esto puede recogerse directamente de la fábrica, de manera que no se necesita laboreo extra para la recolección y se puede mantener en el ambiente. El bagazo de caña de azúcar no está disponible fuera de su estación, así que la mayoría de productores de hongos padecen la escases del sustrato, el bagazo de caña no puede almacenarse mucho tiempo.

El bagazo de caña consiste principalmente en humedad, fibra, y sólidos solubles, los constituyentes principales de la fibra son celulosa, pentosa y lignina, el bagazo de caña contiene celulosa que es degradada fácilmente por el hongo ostra, el contenido de nitrógeno que posee no es pobre y está en forma orgánica, sobre toda proteína que se requiere para el crecimiento del hongo (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

2.4. Producción de setas del hongo *Pleurotus ostreatus*

ACOSTA y BUSTOS (1998) manifiesta que para la producción de setas de *Pleurotus ostreatus*, comprende de 4 etapas importantes fundamentales que son: preparación del inóculo, preparación del sustrato, siembra e incubación y fructificación.

2.4.1. La preparación del inóculo

Se refiere a la siembra y propagación del micelio del hongo, a partir de micelio del contexto de un carpóforo fresco o a partir de un tubo inclinado que contenga la cepa original en buenas condiciones fisiológicas. La siembra se hace en placas petri sobre agar papa dextrosa (PDA). Esta etapa se efectúa en condiciones de extremo cuidado en el laboratorio.

Se incuba en obscuridad durante 8 días a 28 °C aproximadamente. Pasando este período, el hongo se resiembra en un sustrato intermedio (maíz, sorgo, arroz, trigo.) en cantidad suficiente para que una vez desarrollado su micelio, la mezcla grano-hongo sea utilizada como semilla en la siembra del sustrato definitivo. Se busca en este caso una colonización más rápida y económica que optimice la fructificación. La preparación del inóculo comprende los siguientes pasos:

3.4.1.1. Preparación del grano

El grano que sea elegido como sustrato intermedio, se limpia, se hidrata en agua pura y limpia (durante 15 horas), se deja después escurrir para eliminar el exceso de agua, se pesa en porciones de 100 gramos y se coloca dentro de bolsas de poli papel. Posteriormente se esteriliza a 121 °C durante 30 minutos y se deja enfriar para después inocular.

Seguidamente se inocula el micelio en las bolsas y se incuba a una temperatura momento de incubar las bolsas. A una temperatura de 28 a 30 °C,

en la oscuridad, hasta que el micelio cubra totalmente los granos, lo cual ocurre a los 15 a 21 días. En este período se realizan inspecciones continuas para detectar cualquier irregularidad como contaminaciones anaerobiosis, a cada porción preparada de esta forma se les llama “primario”

2.4.2. La preparación del sustrato

- Fermentación: La fermentación en este caso implica un proceso aeróbico y el sustrato debe ser tratado de la forma siguiente: se apilan los sustratos en un montículo y se cubren con un material plástico negro para poder mantener el calor y la humedad que favorecen las actividades enzimáticas de los microorganismos, alcanzando una temperatura promedio de 50 a 55 °C. En esta etapa del proceso, se presentan cambios en el pH, lo cual permitirá la adaptación de distintos microorganismos descomponedores de azúcares, dando origen a carbohidratos menos complejos y que a su vez generan proteínas, esto además trae el beneficio de disminuir las probabilidades de contaminación con hongos como *Penicillium*, debido a la baja concentración de azúcares, otro de los beneficios es la obtención de sustratos más blandos. Al finalizar el proceso de fermentación el sustrato ha alcanzado una temperatura de más o menos 35 °C y los carbohidratos y proteínas se pudieron transformar, lo que provoca la atracción de moscas, las cuales pueden ovipositar y contaminar el sustrato. Se recomienda remover los sustratos cada dos días para evitar una fermentación anaeróbica. El tiempo de fermentación, puede variar de 3 a 5 días dependiendo del sustrato, en algunos casos, como el de los bagazos, se requiere un mínimo de 10 días.

- **Hidratación:** La hidratación, se realiza básicamente en sustratos secos como pajas, rastrojos, desechos de algodón, papel, serrín y pulpas deshidratadas. En caso de que presenten segmentos muy grandes o largos, como el caso de las pajas, es necesario reducir su tamaño a segmentos de aproximadamente 3 a 5 centímetros, con lo cual se permite una mayor retención de la humedad y un fácil manejo del sustrato.

- **La Pasteurización:** es una actividad de suma importancia. Su función es la de eliminar o inhibir la mayor cantidad de organismos que puedan competir con el hongo en la utilización del sustrato. Para lograrlo se pone a calentar agua suficiente para que cubra la totalidad del lote por pasteurizar, cuando el agua alcance una temperatura de 90 °C se agrega el sustrato (ya embolsado) y se mantiene a esa temperatura durante un mínimo de 45 minutos.

- **Inoculación Siembra e incubación:** La tasa de inoculación es la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de sustrato que se pretende inocular. En el caso de especies de *Pleurotus* se han usado tasas de inoculación que varían entre 2 y 15% del peso húmedo del sustrato. Por ejemplo, para una tasa de inoculación del 5%, por cada 100 kg de paja húmeda se deben usar 5 kg de semilla. La definición de este valor depende de las características tanto de la cepa y del inóculo, como del sustrato donde se siembra. Mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor será el costo por compra del inóculo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice

el sustrato. Además, a mayor tiempo para colonización mayor será el riesgo de contaminación. De lo anterior, la cantidad de semilla utilizada no afecta directamente el rendimiento; sin embargo, el uso de más semilla acelera la colonización del sustrato (SÁNCHEZ, 2006).

Los mejores crecimientos del micelio para una buena colonización en el sustrato, ocurren cuando el contenido de humedad fluctúa entre el 55 – 70% (WOOD y FLEGG, 1985).

Existen otros estudios con diferentes porcentajes de humedad, CHANG y MILES (1989) menciona que el humedad optima para una buena colonización del micelio es de 60 y 70%. Existen varias técnicas en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, entre estos se encuentran: el proceso del túnel, el cultivo en contenedores, el cultivo en bloques prensados y cultivo en sacos.

Los granos con micelio se colocan dentro de las bolsas que contienen el sustrato definitivo, alternando las capas de sustrato. Al terminar la siembra, la bolsa se cierra por medio de un nudo, teniendo cuidado de eliminar el aire del interior. La incubación es una de las etapas más importantes, porque es cuando el hongo se propaga en el sustrato, previo a la fructificación y su posterior cosecha. Por lo que se debe realizar en un local donde la luz sea mínima o en completa oscuridad, colocando los sustratos en anaqueles debe mantenerse una temperatura de 28 °C durante 15 - 21 días. Durante la incubación, 2 días después de haber realizado la siembra, se hacen

perforaciones bien distribuidas sobre toda la superficie de la bolsa que se ha sembrado, eso es para permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo. Se observa cada bolsa para poder evaluar el buen crecimiento del micelio y observar la presencia de contaminantes. Las bolsas que presenten contaminantes como manchas amarillas, verdes o naranjas, se retiran inmediatamente del medio (TUCHAN, 2004).

2.4.3. La fructificación o cosecha

Es el último paso en el cultivo de hongos comestibles, este proceso se lleva a cabo después de la incubación cuando ya ha crecido bien el micelio y ha formado una superficie blanco - algodonosa que cubra totalmente el sustrato y está lo suficientemente compactado. En presencia de luz se elimina la bolsa de polietileno para permitir la aparición de cuerpos fructíferos y pasar la masa hongo - sustrato formada, a la sala de fructificación.

CISTERNA (2002) menciona que se puede aprovechar hasta tres cosechas determinando que el 80% de producción se encuentra en la primera y segunda cosecha, así mismo después de la primera cosecha los sustratos pueden sufrir cambios en la producción del hongo, se recomienda que sólo dos cosechas sean tomadas en cuenta para determinar la eficiencia biológica del sustrato debido a que en una tercera o cuarta cosecha, los cuerpos fructíferos son de menor tamaño. La sala de fructificación debe presentar algunas características que son importantes para el buen desarrollo de los carpóforos siendo estas: un área amplia, dedicada solamente a la fructificación del hongo;

buena ventilación, control de temperatura y de iluminación. Para la preparación del inóculo se utiliza generalmente como sustrato un grano que permita un crecimiento rápido del hongo y que de facilidad para distribuirlo en el sustrato definitivo, cuando haya colonizado bien, al momento de la siembra de éste. Para la producción de *Pleurotus* se han utilizado una gran variedad de sustratos, tales como: troncos de árboles, serrín, desechos orgánicos, etc. Estos últimos han sido utilizados en fresco o fermentados. También se han probado en otros países diversas mezclas con muy buenos resultados. El sustrato que se usa para producir los cuerpos fructíferos debe ser un material cuyo precio sea mínimo o se reduzca al costo de transporte. Debe ser de disponibilidad amplia y bien definida, aunque no necesariamente constante. La elección del sustrato es uno de los factores claves que se debe optimizar para tener una rentabilidad competitiva. Generalmente los desechos varían durante el año, por lo que es común trabajar con diferentes sustratos, según se tenga disponibilidad en cada época (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

2.5. Plagas y enfermedades de hongos comestibles

Existen tres problemas principales para el cultivo y producción de hongo: Las Contaminaciones, la presencia de plagas y las enfermedades. Las contaminaciones resultan de una mala pasteurización o de deficiencias en el manejo o en la siembra del material en proceso. Durante la incubación son muy frecuentes las contaminaciones, que pueden deberse a deficiencias en la limpieza de los locales de incubación o a orificios por donde pueden entrar el aire y sus microbios, los insectos y otros animales. Las contaminaciones

disminuyen notablemente si se pone un esmerado empeño en trabajar en condiciones de asepsia rigurosa y si se verifica que los tratamientos de esterilización del grano para inóculo y la pasteurización del sustrato sean efectuados rigurosamente. Los cuartos de incubación, siembra y fructificación deben ser frecuentemente lavados, limpiados, desinfectados con cloro, alcohol, u otro material, para este fin se debe diseñar un programa de limpieza y asepsia que permita prevenir las contaminaciones.

Presencia de plagas: Se ha reportado un grupo de insectos asociados al cultivo de *Pleurotus*, el cual se indica en el cuadro.

Cuadro 3. Plagas asociadas al cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

ORDEN	FAMILIA
Coleóptera.	Staphylinidae
Coleóptera.	Chrysomellidae.
Coleóptera.	Tenebrionidae.
Coleóptera.	Endomychilidae.
Diptera	Mycetophilidae.
Diptera	Stratiomydae.
Diptera	Drosophylidae

Fuente: ACOSTA y BUSTOS (1998)

También se ha observado algunas especies de lepidópteros en su fase larval aún no identificados. Algunos de estos insectos pueden reducir el rendimiento o la calidad de los hongos, ya que suelen alimentarse de las esporas, de las láminas o inclusive del contexto mismo del hongo, al cual perforan y le hacen túneles y galerías. También pueden ser agentes de contaminación de otros hongos y bacterias. Algunos insectos depositan sus huevecillos en la madera de los anaqueles. Al eclosionar, las larvas se

introducen al sustrato, sobre todo durante la incubación, después de haber perforado las bolsas.

Enfermedades: Existen dos tipos de enfermedades que pueden causar daños a los hongos: bióticas y abióticas. Las enfermedades bióticas, son causadas por bacterias, micoplasmas o virus, sin embargo este tipo de enfermedades no es común en los hongos, o al menos no han sido reportadas como importantes desde el punto de vista económico para el cultivo. Las enfermedades abióticas son causadas por falta de nutrientes específicos para el desarrollo de los hongos o por las variaciones ambientales del entorno donde se cultiva el hongo. Así los principales problemas ocurren por efecto de una deficiencia en ventilación, lo que influye directamente en la concentración de CO₂, en variaciones en la humedad relativa o en los efectos del exceso o falta de luminosidad, también a las sustancias tóxicas del hongo que pueden retardar un crecimiento miceliar (WOOD y FLEGG, 1985). El exceso de CO₂, en la atmósfera que rodea al hongo produce que estos desarrollen estípites más largos. La iluminación produce variaciones en la pigmentación de los carpóforos. Cuando la humedad es excesiva, de tal manera que moja demasiado los cuerpos fructíferos, estos presentan un aspecto blando, aguado y amarillento (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

2.6. Sistemas de producción

La habilidad del *Pleurotus ostreatus* para crecer en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos residuales y en un amplio rango de

temperaturas, hacen que su cultivo sea el más sencillo de todos los hongos cultivados comercialmente (SÁNCHEZ y ROYSE, 2002). Sin embargo, tales medios deben contener las sustancias nutritivas necesarias y sobre todo, reunir condiciones de asepsia que en otros casos resulta laborioso y oneroso, tal como ocurre en la preparación del sustrato para el cultivo de hongos.

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* puede llevarse a cabo ya sea a escala artesanal o industrial. La diferencia entre uno y otro estriba en el nivel de producción, el capital invertido, la complejidad de la organización de la empresa y sobre todo la productividad del sistema de producción.

Para el caso del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en condiciones artesanales, el ingenio del cultivador será necesario para emprender el proyecto, acondicionar instalaciones y resolver las situaciones del cultivo. La experiencia será la base del mejoramiento del proceso de producción, esa es la aventura y la motivación que conlleva a la superación. Para iniciar con la producción, se puede utilizar alguna instalación agropecuaria en desuso como: gallineros, establos, casas o bodegas abandonadas, etc. cuales quiera de estas instalaciones rústicas pueden ser salas de incubación o producción de setas. La rusticidad no dependerá de la apariencia solamente, sino básicamente de los equipos que puedan adaptárseles a estas instalaciones. Esto quiere decir que bien se pueden tener instalaciones rústicas muy bien equipadas y adaptadas para la producción de hongos o instalaciones modernas rústicamente equipadas, que para efectos de responder a los requerimientos

del hongo, lo importante es proveer las condiciones ambientales y biológicas más que estructurales (FERNÁNDEZ, 2004).

El cultivo de hongos de manera artesanal, a bajo costo (por sus características de austeridad) por lo general ejerce poco control sobre las condiciones del ambiente (temperatura, humedad, ventilación, iluminación, etc.). Entre más factores del medio se puedan controlar, más costos se tendrán que incorporar a la inversión para el cultivo. Los cultivos son más estables y más productivos cuando el lugar de cultivo posee aire acondicionado. Sin embargo, las condiciones de cultivo caseras son baratas, dependientes de las condiciones del ambiente natural y son productivas a bajo nivel, suficiente para autoconsumo y comercialización del excedente (LOPEZ, 1995).

2.7. Taza de productividad o razón de producción

SÁNCHEZ y ROYSE (2002) relaciona la eficiencia biológica y el tiempo en días para completar un ciclo del cultivo. Sin embargo, a criterio personal, también es ventajoso calcular la razón de producción (R_p) que resulta de dividir el peso de hongos frescos cortados y los días que conlleva un ciclo de cultivo (kg/día), porque permite evaluar la precocidad del material genético, la eficacia del número de cosechas aprovechadas y del sistema en general en función del tiempo. La razón de producción (R_p) se refiere a la cantidad (peso) de biomasa fúngica cosechada por cada unidad de tiempo (día) empleado para producirla. La razón de producción (R_p) se calcula dividiendo la cantidad de

hongos frescos cosechados y en tiempo transcurrido desde la inoculación del sustrato hasta la finalización del período de cosechabiológica.

$$R_p \left(\frac{g}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Peso de los hongos frescos (g)}}{\text{Tiempo en días (inoculación - cosecha)}}$$

2.8. Eficiencia biológica (EB)

La eficiencia biológica es la bioconversión de la energía y biodegradación del sustrato para la producción de cuerpos fructíferos. Se expresa en porcentaje y la fórmula para obtenerla es la siguiente:

$$E.B = \frac{\text{peso fresco de basidiocarpos}}{\text{peso seco del sustrato}} \times 100$$

2.9. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación

El desarrollo de *Pleurotus ostreatus* es afectado por varios factores.

A continuación se comentan los más importantes:

a) La temperatura

La temperatura afecta el metabolismo de las células. Influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. SÁNCHEZ y ROYES (2002) reportó que *P. ostreatus* crece en un rango entre 0 y 32 °C con temperaturas óptimas de 26 – 28 °C. Este mismo autor demostró que esta especie podía soportar 35 °C durante 24 horas (pero no 72 h) y después reiniciar su crecimiento. Por regla general, las temperaturas óptimas para fructificación son ligeramente inferiores que las

temperaturas óptimas para crecimiento micelial. La sensibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo, por lo que el rango de temperatura mencionado debe ser considerado solo como indicativo.

b) El pH

El potencial de hidrógeno (pH) del sustrato donde crece un hongo tiene una influencia directa sobre éste, porque influye directamente sobre las proteínas de la membrana. Para el crecimiento de *Pleurotus* se han citado rangos de crecimiento entre 4 y 7 de pH con un óptimo entre 5 y 6. SÁNCHEZ y ROYES (2002) cita que los sustratos ácidos (pH 4) inhiben el desarrollo de *P. ostreatus* y que este hongo encuentra un pH óptimo en un rango entre 5,5 y 6,5. Dado que la mayoría de los contaminantes que se encuentran durante el proceso de cultivo son más sensibles a los valores altos de pH que las especies de *Pleurotus*, actualmente al preparar el sustrato se prefieren valores más elevados que los señalados como óptimos.

c) Carbono

El carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. Dada la importancia que tiene para la vida de la célula, este elemento es el que requiere en mayores cantidades. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc. SÁNCHEZ y

ROYES (2002) observó que después de cosechar los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, las cantidades finales de hemicelulosa, celulosa y lignina se reducían en un 80% y concluyó diciendo que todos los materiales que contengan celulosa y lignina (con excepción de los tóxicos y con metales pesados) pobres en nitrógeno, pueden ser usados como sustratos.

d) Nitrógeno

Los sustratos sobre los que suelen fructificar las especies de *Pleurotus* pueden contener valores bajos de nitrógeno por lo que se ha llegado a pensar que este género es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin que esto haya sido demostrado, sí es notorio que la concentración en nitrógeno en el cuerpo fructífero en algunos casos es mayor que la del sustrato sobre el cual crece (SÁNCHEZ y ROYSE, 2002).

e) Relación C/N

Como ya se mencionó, el carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales en la nutrición de cualquier organismo (SÁNCHEZ, J; *et al.*, 2007) determinaron que la relación óptima para el crecimiento en medio líquido de *Pleurotus ostreatus* era 40:1, en 1978, se encontró que para la misma especie, una relación de 15:23 permitía una rápida formación de cuerpos fructíferos con bajos rendimientos, que una relación de 11:42 incrementaba los rendimientos pero que disminuía la formación de cuerpos fructíferos y que tomando en cuenta los dos aspectos (rendimiento y velocidad de formación), la relación óptima debía ser 30:46.

f) La humedad en el substrato

El contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo del hongo ostra porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50% no serán propicios y una humedad superior al 80% tendrá un efecto negativo en el crecimiento por la escasez de oxígeno. Cada substrato tiene una capacidad de retención de agua diferente, pero lo ideal en el cultivo es que posean alta capacidad de almacenamiento y retención de humedad.

g) La humedad del aire

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

h) Aireación y luz

El oxígeno es un elemento importancia para el crecimiento de los basidiomicetos porque son organismos aerobios. Para el caso de *Pleurotus*, se ha notado que la concentración alta en CO₂ estimula la germinación de las esporas y el crecimiento micelial pero inhibe la fructificación. Según

MORCILLO (2004), *P. ostreatus* requiere de oscuridad para crecimiento micelial, pero no puede fructificar en oscuridad continua. Para poder hacerlo requiere ser expuesto a longitudes de onda inferiores a 600 nm, sin embargo la sensibilidad tanto de la cantidad como de la calidad de la luz depende de la cepa.

2.10. Generalidades sobre su cultivo

Según GARCÍA (1982), el cultivo de esta seta es posible realizarlo con diferentes técnicas, pero en todas ellas lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado), incubarlo a 20 – 25 °C, mientras se tiene envuelto el plástico y, por último, mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos y frescos, generalmente a, menos de 15 °C, hasta que salgan las setas.

Así durante los años se han ido sucediendo distintos tipos de sustratos para los cultivos de *Pleurotus ostreatus*, entre los que destacan:

2.10.1. Cultivo sobre troncos cortados

ORENSANZ y NAVARRO (1979), troncos de maderas blandas de menos de 50 cm, en los que se inocula el micelio (colocándolo en orificios o en la superficie del corte); se tienen unos meses en una zanja cubierta y cuando ya ha prendido el hongo, se sacan y se colocan, en otoño, en sitios húmedos, con la base algo enterrada. El cultivo sobre este sustrato es bastante fácil y no requiere instalaciones complicadas, pero requiere el corte de árboles y por

tanto una reforestación de la masa forestal. La producción de setas dura pocos años y sucede en otoño, obteniéndose unos rendimientos de entre 100 y 150 kg por metro cúbico de madera. Los tocones de chopos, álamos, hayas, nogales, sauces, moreras, robles y encinas, pueden aprovecharse para cultivar *Pleurotus ostreatus*, con la ventaja de que el propio hongo se encargará de atacar a la madera y en pocos años la dejará blanda, lo que facilitará la eliminación del tocón. La siembra del micelio en el tocón se realiza a los pocos meses de la tala del árbol. Para ello se realizan unos agujeros con una barrena o taladro en diversos puntos del tocón, o algunos surcos con una sierra, con cierta inclinación hacia arriba y adentro, para evitar que se llenen de agua con la lluvia. Después se rellenan de micelio y se cubren con tiras de papel engomado opaco. Otra forma de siembra consiste en cortar una rodaja del tocón con una motosierra. Se extiende el micelio sobre la superficie nueva y se cubre con la rodaja de madera, sujetándola con unos clavos. El borde se sella con papel engomado.

2.10.2. Cultivo en bolsas plásticas

Pleurotus ostreatus ha sido tradicionalmente cultivado sobre leños al aire libre en medio ambientes naturales, pero actualmente existen otras alternativas que permiten un cultivo mas intenso. La técnica de cultivo en leños de "madera sintética" dentro de bolsas plásticas, utiliza como sustrato aserrín mezclado con diversos ingredientes o residuos agroindustriales, este permite un rápido crecimiento del hongo bajo condiciones controladas o semicontroladas, aunque la producción del hongo ostra en leños sintéticos es económicamente

menos importante a nivel mundial, tiene un gran potencial para el futuro desarrollo de la industria, en comparación con el cultivo en leños naturales.

En 1929 apareció uno de los primeros reportes de la fructificación de una especie de *Pleurotus* sobre aserrín, se menciona que una mezcla de harina de maíz, paja de cereal y aserrín de leños naturales fue usado exitosamente para la producción de *Pleurotus ostreatus*, desde entonces otras investigaciones han reportado la obtención de basidiocarpos de *Pleurotus* en cultivos realizados en medios artificiales.

El método de cultivo en bolsas plásticas tiene tres características fundamentales:

1. Los materiales usados para hacer los leños sintéticos principalmente son aserrín y productos agroindustriales tales como bagacillo de caña de azúcar, pulpa de café, rastrojo de cebada, cascarilla de cacao, etc., los cuales se encuentra en forma abundante y disponible en cualquier lugar del mundo.
2. Este método acorta el tiempo de producción y nos da un alto rendimiento. Usando leños naturales y residuos agroindustriales, el tiempo desde la inoculación hasta la primera cosecha es alrededor de 20 a 30 días aproximadamente dándoles las condiciones necesarias y condiciones ambientales.

3. El cultivo en bolsas plásticas es relativamente fácil de manejar. Las bolsas plásticas pueden ser manipuladas por trabajadores jóvenes y viejos y puede ser manejado como un negocio en áreas rurales.

2.11. Cultivo de hongos comestibles a nivel mundial

Se estima que el primer intento por cultivar hongos tuvo lugar en China hace 1 400 años. La primera especie cultivada fue *Auricularia auricula*, la siguiente fue *Flammulina velutipes*, la cual se cultivó 200 a 300 años después y la tercera fue *Lentinula edodes* (CHANG y MILES, 2004). El cultivo de hongos comestibles requiere el cumplimiento de diferentes fases las cuales comprenden: a) selección del hongo, b) determinación de los requerimientos para el cultivo, c) producción de inóculo, d) preparación del sustrato, e) desarrollo del micelio y f) desarrollo de los cuerpos fructíferos (CHANG y MILES, 2004; HUERTA, 2002).

Las 10 especies cultivadas más populares a nivel mundial son *Agaricus bisporus/bitorquis*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus* spp., *Auricularia* spp., *Volvariella volvacea*, *Flammulina velutipes*, *Tremella fuciformis*, *Hypsizygus marmoreus*, *Pholiota nameko* y *Grifola frondosa*. (CHANG y MILES, 2004).

SÁNCHEZ (2007), al cultivar *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café se han reportado eficiencias biológicas de 34,03 hasta 176%, de 19,9 -142,6% en paja de trigo y de 14,15 – 146,77% en bagazo de caña de azúcar, esto significa que los con el mismo sustrato se pueden obtener rendimientos tanto

arriba como abajo del 100% que se constituye como un valor aceptable, en 100 kg de micelio inoculado. MARTINEZ (2000) reporto una eficiencia biológica de 44,47% en pulpa de café sin fermentar, a su vez comparo una obtenida en la pulpa de café fermentada con 175,80%, estos valores determinan que la pulpa de café es un sustrato factible para una producción de *Pleurotus ostreatus*. SHAN *et al.*, (2004) reportan un porcentaje de eficiencia biológica de 64,69% y HAMI (2005) de 69,88% en aserrín de roble, se puede determinar que son resultados similares, por lo tanto se puede deducir que el aserrín es uno de los mejores sustratos para determinar una eficiencia biológica.

En el año 1977, se estableció la primera planta productora de *Agaricus* y su actividad continúa hasta ahora. En la actualidad, cuatro compañías cultivan también este hongo y todas utilizan paja de trigo como sustrato. La producción de *Agaricus* en Guatemala es de 68,504 kg por año, el 70% de esta producción se consume en el país y el resto se exporta (DE LEÓN, 2003).

La producción anual de *Pleurotus* es aproximadamente de 29 580 kg y la mayoría se consume en Guatemala. La producción total de hongos comestibles en Guatemala ha sido estimada en 132,104 kg por año, incluyendo que por una bolsa de 2 kg de sustrato produce 1,5 kg de setas *A. bisporus* y *A. bitorquis* (51,9%), *L. edodes* (25,7%), y *Pleurotus* spp. (22,4%) (DE LEÓN *et al.*, 1988).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución del trabajo

3.1.1. Ubicación política

Región : Huánuco
Provincia : Leoncio Prado
Distrito : Rupa Rupa
Localidad : Tingo María

3.1.2. Ubicación geográfica

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional Agraria en el laboratorio de microbiología. Con coordenadas 9° 15' 50" de latitud sur y 75° 59' 47" de longitud oeste, con precipitación de 3300 mm anual, altitud de 660 msnm y una temperatura promedio anual de de 24 °C.

3.1.3. Zona de vida

Según HOLDRIDGE (1982), Tingo María corresponde a un Bosque muy húmedo pre montano sub tropical (bmh - PST).

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

Se usaron cepas de *Pleurotus ostreatus*, (Jacq.) Quéil, procedente de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), de las cuales se

multiplicaron en granos de trigo para producir micelio de *Pleurotus ostreatus* y tener la cantidad necesaria por bolsa, en el trabajo de investigación se utilizó 50 g de semillas de trigo con micelio de *Pleurotus ostreatus* para cada sustrato.

3.2.2. Materiales y equipos

Se utilizó equipos de autoclave, estufa, una cámara de flujo, mecheros a gas, balanza digital para el pesado de los basidiocarpos; y materiales como bolsas de polipropileno para el embolsado de los sustratos, algodón, legía, alcohol y acetona para la desinfección del área a inocular, rafia y regla milimetrada para la medición en longitud del micelio.

3.2.3. Insumos

- Dextrosa y agar malta: Se utilizó para la preparación de un medio de cultivo artificial a base de trigo y autoclavado.
- hipoclorito de sodio, alcohol: Se utilizaron para la desinfección del ambiente y materiales a utilizar.
- yeso y carbonato de calcio: Se utilizaron para mezclar con el trigo, provocando la des humidificación, y controlar el pH.

3.3. Metodología

3.3.1. Proceso para el cultivo empleando sustratos

Se utilizó un flujograma de RUÍZ (1990) que fue adaptado según la metodología empleada durante el estudio realizado.

Según RUIZ (1990).

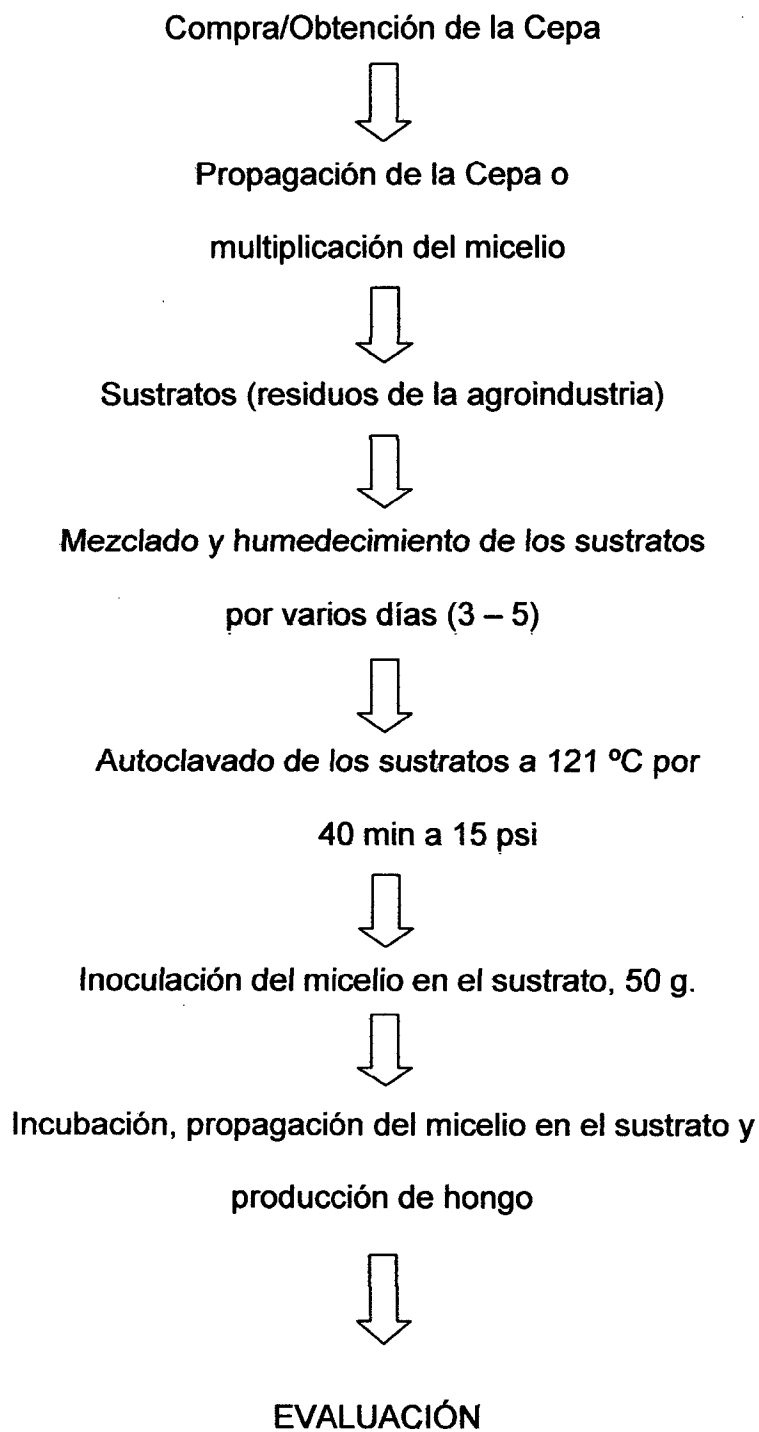


Figura 1. Flujograma adaptado de RUIZ (1990).

3.3.2. Multiplicación del micelio

El micelio del hongo se obtuvo mediante cultivo en granos de trigo auto clavado, utilizando la metodología de RUÍZ (1990). Este micelio, posteriormente, fue propagado en bolsas de polipropileno de mayor capacidad y se obtuvo la cantidad de micelio deseado para la siembra en los sustratos correspondientes.

3.3.3. Obtención y preparación de los sustratos agroindustriales

Se utilizaron sustratos como: Aserrín de madera blanda (fresca), pulpa de café fermentado, bagazo de caña fresca, y cascarilla de cacao.

3.3.3.1. Lugar de obtención de los sustratos agroindustriales

Para el aserrín de madera fueron obtenidos del aserradero de Naranjillo, el bagazo de caña fue obtenido de parte de un vendedor de cañas, la pulpa de café fue obtenido de la cooperativa de San Isidro Distrito de Hermilio Valdizan, y la cascarilla de cacao obtenido de la cooperativa Naranjillo ubicado en afilador carretera a Huánuco.

3.3.3.2. Preparación de los sustratos

Todos los sustratos fueron humedecidos, el aserrín se humedeció para favorecer la descomposición; y se mantuvo húmedo durante dos semanas y removido cada dos días para homogenizar el proceso de descomposición.

Para la pulpa de café, bagazo de caña y cascarilla de cacao se prepararon de la siguiente manera:

- El bagazo de caña fresco, fue humedecido durante una semana (7 días) y removido cada dos días, para que se uniformice la humedad en el sustrato.
- La pulpa de café fermentado, también fue humedecido y removido diariamente por un periodo de 8 días, al igual que la cascarilla de cacao.

Todos los sustratos fueron embolsados en forma manual, se utilizó 44 bolsas de polipropileno de 9,1 x 13,8 pulgadas.

Luego del llenado de las bolsas de polipropileno, se colocaron en la parte superior un tapón de algodón para después amarrarlo con rafia y dejarla bien asegurada, para evitar alguna contaminación de parte del ambiente.

3.3.4. Esterilización y autoclavado de los sustratos

La esterilización de los sustratos, fueron realizados en el autoclave, a 121 °C por un tiempo de 40 minutos a 15 psi, el objetivo del autoclavado es eliminar todos los microorganismos (esporas de hongos) malezas e insectos, para proporcionarse un sustrato adecuado; para el desarrollo del hongo comestible, este proceso fue realizado durante dos días.

3.3.5. Inoculación del sustrato

La inoculación del sustrato se realizó en un ambiente cerrado con mucha asepsia y bien iluminada, esto se realizó en la cámara de flujo y muy cerca a la flama del mechero para evitar problemas de contaminación, se procedió a retirar el tapón de algodón de la bolsa y seguidamente con una cucharadita bien esterilizada se comenzó a vaciar el micelio preparado a base de trigo autoclavado de *Pleurotus ostreatus*, se utilizaron 50 g de micelio preparado por cada bolsa, como menciona SÁNCHEZ (2006), que el uso de mayor cantidad de semillas acelera a la colonización del sustrato.

3.3.6. Incubación del micelio en el sustrato

Las bolsas inoculadas fueron colocadas en cajas de cartón y llevadas a un ambiente cerrado (sótano) y sometidas a oscuridad todo esto por un periodo de 20 a 25 días o hasta que el micelio colonice todo el sustrato, para evitar contaminación el ambiente debe estar limpio y tener mucha asepsia, a mayor tiempo de colonización del micelio, mayor riesgo será la contaminación (SÁNCHEZ, 2006), el ambiente de incubación fluctúa una temperatura promedio de 24 a 28 °C (VELASCO y VARGAS, 2004).

Durante la incubación del micelio en el sustrato se realizó controles para ver la existencia de alguna enfermedad o contaminación durante este proceso (LOPEZ, 1995).

3.3.7. Fructificación

Las bolsas incubadas se trasladaron al área de fructificación previo a esto se acondicionaron al ambiente una cama de aserrín húmeda que se utilizó como una plataforma para acomodar a las bolsas, la temperatura fluyente en el área de fructificación fluctuó entre 18 a 26 °C y una humedad relativa de 85 – 95% (VELASCO y VARGAS, 2004).

En este proceso las bolsas fueron abiertas en su extremo superior e inferior realizando cortes verticales aproximadamente de 5 cm de longitud, para que por ahí puedan emerger los carpóforos durante la fructificación, cada 2 días se realizaban riegos con agua para evitar pérdida de humedad de las bolsas y una asepsia total al ambiente.

3.3.8. Cosechas

Para realizar las cosechas se tuvo que esperar que los carpóforos lleguen al mayor tamaño, los primeros primordios aparecieron durante los primeros 5 a 6 días, en este trabajo de investigación se realizaron dos cosechas, la primera se realizó después de 12 días de haber sido trasladado al área de fructificación, y la segunda después de 22 días, la cosecha se realizó cortando el estípite con un bisturí estéril, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato evitando removerlo para poder realizar una segunda cosecha, después de haber realizado la primera cosecha se remojaron las bolsas para mantener su humedad.

3.3.9. Evaluaciones

- **Determinación del porcentaje de humedad:** Se tomaron una muestra de cada sustrato húmedo embolsado para determinar su peso, luego fueron sometidas a estufa por un periodo de 5 días, hasta obtener un peso seco, y por formula determinar el % de humedad.

$$\% H = \frac{\text{peso humedo} - \text{peso seco}}{\text{peso humedo}} \times 100$$

- **Determinación de la longitud de crecimiento:** Con una regla milimetrada se midieron el crecimiento longitudinal del micelio del hongo, partiendo desde el nivel superior del sustrato hacia abajo.
- **Diámetro y número de basidiocarpos:** Se midieron con una regla milimetrada el diámetro promedio por cada bolsa, se contaron la cantidad de basidiocarpos en unidades, producidas por cada sustrato.
- **Rendimiento razón de producción y eficiencia biológica:** Los basidiocarpos desarrollados en cada bolsa y antes de abrirse completamente fueron cosechados y pesados, y por formula se determinara la eficiencia biológica, utilizando el peso seco del sustrato.

$$\% EB = \frac{\text{Peso fresco de basidiocarpos}}{\text{Pese seco del sustrato}} \times 100$$

$$Rp \left(\frac{g}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Peso de los hongos frescos (g)}}{\text{Tiempo en días (inoculación - cosecha)}}$$

3.4. Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS 15.0, con los datos obtenidos en las evaluaciones, utilizando un diseño completamente al azar (DCA), con 11 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 44 unidades experimentales, para la prueba de comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 95% de probabilidad ($p < 0,05$).

3.4.1. Tratamientos en estudio

Cuadro 4. Tratamientos en estudio de la investigación experimental.

TTOS	Pulpa de café %	Bagazo de caña %	Cascarilla de cacao %	Aserrín de madera %	Total %	Peso total g
T0 (testigo)				100	100	1 700
T1 (testigo)	100				100	950
T2 (testigo)		100			100	850
T3 (testigo)			100		100	1 800
T4	50	50			100	850
T5	20	20	50	10	100	1 400
T6		25	25	50	100	1 500
T7		50	50		100	1 200
T8	25	25	25	25	100	1 500
T9	25	25		50	100	1 250
T10			50	50	100	1 950

3.4.2. Análisis de varianza

Cuadro 5. Esquema del análisis de varianza (ANVA).

F.V	GL	SC	CM	FC	Ft	NS
Tratamiento t-1	10					
Error experimental t(r-1)	33					
Total	23					

3.4.3. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = efecto de la media general

Y_{ij} = es la respuesta obtenida en la j-ésima observación a la cual se aplico el i-ésimo sustrato agroindustrial.

τ_i = Es el efecto de la i-ésima del sustrato agroindustrial.

ε_{ij} = efecto aleatorio del error experimental en la j-ésima observación a la cual se le aplicó en i-ésimo sustrato agroindustrial.

Para:

$i = 1, 2, 3, \dots, 11$ sustrato agroindustrial

$j = 1, 2, 3, 4$ repeticiones

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus*

4.1.1. Del contenido de humedad inicial de los sustratos

En el Cuadro 6, podemos observar todos los pesos húmedos de todos los sustratos en estudio, de los cuales por cada sustrato se determinó su peso seco al horno para determinar su contenido de humedad, los contenidos de humedad menores al 60% se encuentran en los tratamientos T4 (51,8%), T5 (58,4%), T7 (57,1%), T8 (59,3%), T9 (52,6%); mientras que los demás tratamientos superan el 60%.

WOOD y FLEGG (1985) mencionan que los mejores crecimientos del micelio para una buena colonización en el sustrato, ocurren cuando el contenido de humedad fluctúa entre el 55 – 70%.

Por otro lado otros autores como SÁNCHEZ (1994), menciona que el humedad óptima del sustrato para el desarrollo del hongo es de 70%, mientras que CHANG y MILES (1989), mencionan porcentajes de humedad que fluctúan entre 60 y 70%, según nuestros resultados el tratamiento T6 (71,1%), es el tratamiento que tiene mayor contenido de humedad, por lo cual

es el sustrato que retiene más cantidad de agua, y es uno de los tratamientos que tiene mejor crecimiento del micelio.

Cuadro 6. Determinación del contenido de humedad inicial de los sustratos antes de la siembra.

Nº	Tratamientos	Peso húmedo (g/bolsa)	Peso seco (g/bolsa)	% de humedad
To	Aserrín	1 700	550	67,4
T1	Pulpa de café	950	320	66,3
T2	Bagazo de caña	850	425	60,6
T3	Cascarilla de cacao	1 800	615	65,8
T4	Pulpa + bagazo	850	435	51,8
T5	Pulpa + bagazo + Cacao + aserrín	1 400	582	58,4
T6	Bagazo + cacao + aserrín	1 500	433	71,1
T7	Bagazo + cacao	1 200	515	57,1
T8	Pulpa + bagazo + Cacao + aserrín	1 500	610	59,3
T9	Pulpa + bagazo + aserrín	1 250	593	52,6
T10	Cacao + aserrín	1 950	684	64,9

4.1.2. De la longitud promedio del crecimiento miceliar

En la determinación de la longitud en el crecimiento del micelio, todas las bolsas con sustratos fueron medidos en longitud la colonización del micelio en todo el sustrato, desde la parte superior hasta la parte inferior de la bolsa, se realizo un ANVA para medir las variaciones de las respuestas.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la longitud (cm) en el crecimiento del micelio.

VARIABLE LONGITUD EN CRECIMIENTO DEL MICELIO				
	G.L	C.M	Fc.	Sig
Trats	10	8,05	4,22	**
Error Exp.	33	1,91		
Total	43			
C.V (%)	12,29			

** = Muy significativo (Fcal. >2,43)

* = Significativo (Fcal >2,13)

n.s = No significativo

C.V = Coeficiente de variación

El análisis de varianza (Cuadro 7) indica que si existe significancia entre los tratamientos, sin embargo, no indica cuál de ellos es el mejor y cómo difieren unos de otros. Para determinar este aspecto se utilizó la prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha = 0,05$).

Cuadro 8. Prueba de Duncan de la longitud (cm) del crecimiento miceliar a los 8 días de incubación.

Tratamientos	Promedio (cm)	
T ₀ (A)	14,13	a
T ₆ (B+C)	12,18	ab
T ₃ (C)	12,03	b
T ₈ (P+B+C+A)	11,98	b
T ₁₀ (C+A)	11,68	b
T ₂ (B)	11,63	b
T ₄ (P+B)	10,63	bc
T ₁ (P)	10,38	bc
T ₉ (P+B+A)	10,13	bc
T ₅ (P+B+C+A)	10,13	bc
T ₇ (B+C)	8,83	c

A = aserrín, B = Bagazo de caña, C = Cascarilla de cacao, P = Pulpa de café.

En el Cuadro 8, se observa la longitud (cm) promedio de crecimiento del micelio de *Pleurotus ostreatus*, los tratamientos To (14,1 cm), T3 (12,3 cm) y T6 (12,2 cm), son los tratamientos que obtuvieron mayor longitud de crecimiento del micelio, comportándose con un buen contenido de humedad que supera el 50%, los tratamientos T5 (10,1 cm) y T7 (8,8 cm), son de menor longitud promedio en crecimiento, esto se debe a muchos factores ya se nutricionales o por la presencia de metabolitos o sustancias tóxicas para el hongo que retardan el crecimiento miceliar (WOOD y FLEGG, 1985).

En otros estudios realizados, el mejor sustrato para una colonización buena del micelio de *Pleurotus ostreatus*, se dieron en el aserrín del roble (*Quercus humboldtii*) (GARCIA, 1991), los residuos de aserrín tienen la propiedad de retener agua, en el sustrato haciendo llegar a la humedad óptima del 70%.

4.1.3. Del diámetro y números de basidiocarpos

Se contabilizó todos los basidiocarpos producidos en ambas cosechas a su vez se midieron el diámetro de cada basidiocarpo, luego de realizar un análisis de varianza (ANVA); en ambas cosechas, prueba que nos permitió medir la variación de las respuestas numéricas como valores de evaluación de diferentes tratamientos, para determinar el mejor tratamiento se realizó las pruebas de Duncan ($\alpha = 0,05$) correspondientes a esta evaluación.

En el Cuadro 9, nos muestra un análisis de varianza (ANVA), para todos los diámetros de los basidiocarpos evaluados en ambas cosechas, observando que en la primera cosecha los tratamientos son muy significativos entre sí, es decir el diámetro de los basidiocarpos son afectados por los tratamientos, sin embargo en la segunda cosecha no existe diferencia significativa entre los tratamientos, debido que la energía de emergencia de los hongos disminuyen con el tiempo, para poder discutir y determinar estos resultados del análisis de varianza (ANVA), se realizó una prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha = 0,05$).

Cuadro 9. Análisis de varianza para el diámetro del píleo (cm) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.

VARIABLE DIÁMETRO DE BASIDIOCARPO (cm)							
F.V	1era Cosecha				2da Cosecha		
	G.L	C.M	Fc.	Sig	C.M	Fc.	Sig
Tratamientos	10	4,16	17,86	**	6,11	1,25	n.s
Error Exp.	33	0,23			4,89		
Total	43				43		
C.V (%)		5,45			27,52		

** = Muy significativo (Fcal. >2,43)

* = Significativo (Fcal >2,13)

n.s = No significativo

C.V = Coeficiente de variación

En el Cuadro 10, se observa los diámetros de promedios de todos los basidiocarpos evaluados demostrando que; en la primera cosecha los tratamientos T0 (11,34 cm), T1 (10,10 cm), T2 (9,08 cm); presentan significancia estadística, ante los demás tratamientos también difieren numéricamente entre ellos obteniendo un valor óptimo para el tratamiento T0 (testigo).

Cuadro 10. Prueba de Duncan para el píleo de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* en la primera y segunda cosecha.

Tratamientos	Primera cosecha		Tratamientos	Segunda cosecha	
	Promedio (cm)			Promedio (cm)	
T ₀ (A)	11,34	a	T ₀	9,53	a
T ₁ (P)	10,10	b	T ₁	9,45	a
T ₂ (B)	9,08	c	T ₈	8,69	a
T ₄ (P + B)	8,85	cd	T ₄	8,55	a
T ₈ (P + B + C + A)	8,75	cde	T ₆	8,52	a
T ₃ (C)	8,45	cde	T ₇	8,37	a
T ₆ (B + C + A)	8,35	cde	T ₅	8,32	a
T ₁₀ (C + A)	8,18	de	T ₉	8,32	a
T ₅ (P + B + C + A)	8,15	de	T ₁₀	6,43	a
T ₉ (P + B + A)	8,15	de	T ₃	6,29	a
T ₇ (B + C)	8,00	e	T ₂	5,98	a

¹ A = aserrín, B = Bagazo de caña, C = Cascarilla de cacao, P = Pulpa de café.

Los tratamientos T₄, T₈, T₃, T₆, T₁₀, T₅, T₉, T₇, no presentan diferencias estadísticas ya que entre ellos difieren numéricamente sus valores, encontrándose entre los rangos de 8,00 cm a 8,85 cm.

Del mismo cuadro podemos mencionar que los diámetros de la segunda cosecha para todos los tratamientos no presentan ninguna diferencia estadística ya que no son valores significativos, según Duncan estos valores tienen diferencias numéricas pero son estadísticamente iguales.

Existen varios factores en donde un basidiocarpo no se desarrolla su tamaño óptimo, esto significa que sustancias tóxicas o agentes

contaminantes inhiben en el sustrato cuando el primordio está en pleno desarrollo, según WOOD y STEVENS (1996) manifiesta que un basidiocarpo bien desarrollado presenta un diámetro de 5 a 15 cm, otros estudios realizados en *Pleurotus ostreatus* demuestran en un sustrato de aserrín de roble producen basidiocarpos de 6 a 10,5 cm de diámetro (CABRERA *et al.*, 1998).

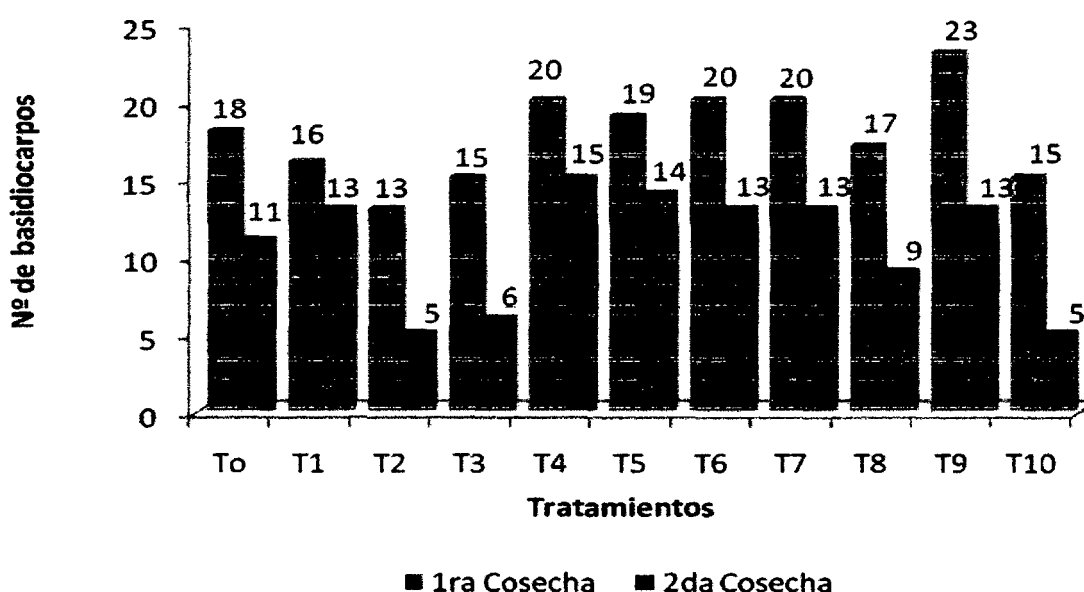


Figura 2. Número de basidiocarpos producidos en una primera y segunda cosecha de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.

En la Figura 2, podemos observar el número de basidiocarpos producidos durante el estudio de investigación, observando que en la primera cosecha el tratamiento que obtuvo mayor unidades de basidiocarpos fue el T9 (23 u), seguido por el T4, T5, T6, T7; todos estos con 20 unidades de basidiocarpos por cada tratamiento mencionado, los demás tratamientos restantes también produjeron un buena cantidad de basidiocarpos.

De la misma figura 2, podemos observar que en la segunda cosecha el número de basidiocarpos tienden a disminuir para todos los tratamientos, encontrándose al que obtuvo mayor cantidad de basidiocarpos el tratamiento T4 (15 u), y con menor unidad de basidiocarpos el T2, T10, con 5 unidades para ambos.

Esto indica que en una primera cosecha es más aprovechable una producción de hongos, la disminución de unidades de basidiocarpos se debe a muchos factores, como una pérdida de humedad en los sustratos, una disminución de pH y carbono, ya que estos son fuente directa de energía para su metabolismo; a si mismo son de importancia para la formación de diferentes partes estructurales celulares, según SANCHEZ y ROYES (2002) observó que después de cosechar cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*, las cantidades finales de hemicelulosa, celulosa y lignina se reducían en un 80%, esto hace que los sustratos disminuyan energía de emergencia para producir mas basicocarpos.

4.2. Del rendimiento en peso y razón de producción de la producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus*

Para la determinación del rendimiento se pesaron todos los basidiocarpos frescos recién cosechados, se realizaron dos cosechas para la obtención de basidiocarpos frescos, la primera cosecha se realizó durante los 12 días después de haber sido llevado a la sala de fructificación, después se realizo una segunda cosecha durante 10 días después del primer corte.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el rendimiento en peso (g) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.

VARIABLE RENDIMIENTO DE BASIDIOCARPO (g)									
F.V	1era Cosecha				2da Cosecha			Cosecha total	
	G.L	C.M	Fc.	Sig	C.M	Fc.	Sig	C.M	Fc. Sig
Trattos	10	1408,91	3,59	**	3092,74	5,15	**	7277,9	3,59 **
Error Exp.	33	392,62			600,28			1439,79	
Total	43								
C.V (%)		17,96			27,52			17,96	

** = Muy significativo (Fcal. >2,43)

* = Significativo (Fcal >2,13)

n.s = No significativo

C.V = Coeficiente de variación

En el Cuadro 11, observamos el análisis de varianza para la variable rendimiento en peso (g), demostrando que existen diferencias significativas entre los tratamientos según el análisis de varianza (ANVA) para ambas cosechas realizadas, esto quiere decir que si hubo una producción de basidiocarpos, para poder deducir bien estos resultados realizando una comparación de medias, y determinar el tratamiento más óptimo, se realizó una prueba de Duncan con un nivel de significancia de 0,05.

Cuadro 12. Prueba de Duncan del rendimiento en peso (g) de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* de una primera y segunda cosecha desde su inoculación.

Ttos	Primera cosecha Promedio (g)	Ttos	Segunda cosecha Promedio (g)	Ttos	Cosecha total Promedio (g)
T ₉	145,03 a	T ₄	109,8 a	T ₉	242,05 a
T ₆	133,93 ab	T ₅	104,53 ab	T ₄	226,08 ab
T ₇	121,50 abc	T ₉	97,03 ab	T ₆	224,35 ab
T ₅	119,05 abc	T ₇	92,38 ab	T ₅	223,58 ab
T ₄	116,28 abc	T ₆	90,43 ab	T ₇	213,88 ab
T ₃	107,68 bcd	T ₁	89,33 ab	T ₁	184,23 abc
T ₈	103,40 bcd	T ₀	72,88 abc	T ₈	168,65 bcd
T ₁	94,90 cd	T ₈	65,25 bc	T ₀	167,2 bcd
T ₀	94,33 cd	T ₃	40,25 c	T ₃	147,93 cd
T ₁₀	94,03 cd	T ₁₀	37,13 c	T ₁₀	131,15 cd
T ₂	83,68 d	T ₂	33,98 c	T ₂	117,65 d

[†] Rendimiento promedio en peso (g) de basidiocarpos de 4 bolsas (repeticiones) con sustratos agroindustriales, con 50 g de semillas de trigo con micelio de *Pleurotus ostreatus* para cada bolsa.

En el Cuadro 12, podemos observar que:

- En la primera cosecha el tratamiento T₉, presenta diferencias estadísticas ante los demás tratamientos en estudio, esto a su vez lo designa como el tratamiento más óptimo para el cálculo del rendimiento en peso con 145,03 g de basidiocarpos frescos, seguido por el T₆ como un segundo mejor tratamiento obteniendo 133,93 g de basidiocarpos frescos.
- Los tratamientos T₄, T₅, T₇, no presentan diferencias estadísticas entre ellos, pero si difieren de sus valores numéricos, pero a su vez difieren de

sus valores numéricos, pero a su vez difieren estadísticamente ante el tratamiento T2.

- Según Duncan en la segunda cosecha el tratamiento T4 difiere estadísticamente ante los tratamientos T2, T3 y T10, inclusive del tratamiento T9, que es el tratamiento más óptimo para la primera cosecha, esto se debe a que el T9, no contaba con los factores ambientales necesarios, puede que este sufrió una disminución de humedad del sustrato o reducción del pH; por el cual hizo que su producción disminuyera casi el 40% de su peso.
- Del mismo cuadro Duncan afirma que para la cosecha final la mayor producción de basidiocarpos lo obtuvo el tratamiento T9 con un 242,05 g en peso fresco de basidiocarpo, asignándole como el mejor tratamiento y mas óptimo para esta variable.

CISTERNA (2002) menciona que se puede aprovechar hasta tres cosechas determinando que el 80% de producción se encuentra en la primera y segunda cosecha, así mismo después de la primera cosecha los sustratos pueden sufrir cambios en la producción del hongo, debido a la presencia de plagas o enfermedades, la producción disminuye considerablemente como se observó en el caso del tratamiento T9, algunos de estas plagas o insectos como lepidópteros pueden reducir el rendimiento o la calidad de los hongos, ya que suelen alimentarse de las esporas, de las láminas o inclusive del contexto mismo del hongo, al cual perforan y le hacen túneles y galerías. También

pueden ser agentes de contaminación de otros hongos y bacterias (ACOSTA y BUSTOS, 1998).

Cuadro 13. Análisis de varianza para la razón de producción (g/día) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.

VARIABLE RAZON DE PRODUCCION DE BASIDIOCARPO (g/días)							
F.V	1 ERA COSECHA				2 SEGUNDA COSECHA		
	G.L	C.M	Fc.	Sig	C.M	Fc.	Sig
Tratamiento	10	0,79	3,57	**	1,14	5,17	**
Error Exp.	33	0,22			0,22		
Total	43						
C.V (%)		17,87			32,3		

** = Muy significativo (Fcal. >2,43)

* = Significativo (Fcal >2,13)

n.s = No significativo

C.V = Coeficiente de variación

En el Cuadro 13, observamos el ANVA para la variable razón de producción en ambas cosechas durante todo el estudio de investigación.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para la razón de producción (g/día) de basidiocarpos.

Tratamientos	Primera cosecha		Tratamientos	Segunda cosecha	
	Promedio (g/día)			Promedio (g/día)	
T ₉ (P+B+A)	3,45	a	T ₄	2,11	a
T ₆ (B+C+A)	3,19	ab	T ₅	2,01	ab
T ₇ (B+C)	2,90	abc	T ₉	1,87	ab
T ₅ (P+B+C+A)	2,83	abc	T ₇	1,78	ab
T ₄ (P+B)	2,77	abcd	T ₆	1,74	ab
T ₃ (C)	2,56	bcd	T ₁	1,72	ab
T ₈ (P+B+C +A)	2,46	bcd	T ₀	1,40	abc
T ₁ (P)	2,26	cd	T ₈	1,26	bc
T ₀ (A)	2,25	cd	T ₃	0,78	c
T ₁₀ (C+A)	2,24	cd	T ₁₀	0,72	c
T ₂ (B)	2,01	d	T ₂	0,65	c

¹ A = aserrín, B = Bagazo de caña, C = Cascarilla de cacao, P = Pulpa de café.

En el Cuadro 14, observamos que los tratamientos de la primera y segunda cosecha para la razón de producción (g/día), se encuentran en la misma posición que la variable del rendimiento en peso (g), (cuadro 12), demostrando que también tienen diferencias estadísticas siendo el tratamiento T9, el que obtuvo la mayor razón de producción de 3,45 g/día (primera cosecha), y le tratamiento T4 con 2,11 g/día (segunda cosecha), no se encontró mucha información de otros estudios realizados para el cálculo de esta variable, sin embargo (SÁNCHEZ y ROYSE 2002) a criterio personal menciona que es ventajoso determinarlo, porque la razón de producción (Rp) y la eficiencia biológica (EB) son dos características que determinan el potencial genético de la cepa.

4.3. De la eficiencia biológica (E.B) en la producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus*

Cuadro 15. Análisis de varianza para la eficiencia biológica (%) de la primera y segunda cosecha de basidiocarpos.

F.V	VARIABLE EFICIENCIA BIOLOGICA (%)						
	1era Cosecha				2da Cosecha		
	G.L	C.M	Fc.	Sig	C.M	Fc.	Sig
Tratamientos	10	190,13	10,03	**	242,45	9,12	**
Error Exp.	33	18,96			26,57		
Total	43						
C.V (%)		18,5			31,32		

** = Muy significativo (Fcal. >2,43)

* = Significativo (Fcal >2,13)

n.s = No significativo

C.V = Coeficiente de variación

El análisis de varianza (Cuadro 15) indica que si existe significancia entre los tratamientos, esto implica que los tratamientos no pertenecen a población con medias comunes y difieren en forma significativa. Sin embargo, no indica cuál de ellos es el mejor y cómo difieren unos de otros. Para determinar este aspecto se utilizó la prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha = 0,05$).

Cuadro 16. Prueba de Duncan para la evaluación de la eficiencia biológica (%) de basidiocarpos.

Tratamientos	Primera cosecha		Tratamientos	Segunda cosecha	
	Promedio (%)			Promedio (%)	
T ₉ (P+B+A)	34,98	a	T ₁	27,78	a
T ₆ (B+C+A)	30,93	ab	T ₄	26,78	a
T ₁ (P)	29,53	abc	T ₉	23,38	ab
T ₄ (P+B)	28,36	abc	T ₆	20,9	abc
T ₂ (B)	25,75	bcd	T ₅	17,96	bcd
T ₇ (B+C)	23,59	cde	T ₇	17,92	bcd
T ₅ (P+B+C+A)	20,46	def	T ₀	13,25	cde
T ₃ (C)	17,51	ef	T ₈	10,7	de
T ₀ (A)	17,15	ef	T ₂	10,45	de
T ₈ (P+B+C+A)	16,95	ef	T ₃	6,55	e
T ₁₀ (C+A)	13,75	f	T ₁₀	5,43	e

A = aserrín, B = Bagazo de caña, C = Cascarilla de cacao, P = Pulpa de café.

En el Cuadro 16, podemos observar que:

- En la primera cosecha el tratamiento T₉, (34,98%) difiere estadísticamente con los demás tratamientos asignándose como el tratamiento más óptimo para la eficiencia biológica, por otro lado los tratamientos T₁, T₂, T₄, y T₆, no presentan diferencias estadísticas

entre ellos, pero a su vez estos difieren estadísticamente frente a los demás tratamientos T0, T3, T8, y T10.

- En la segunda cosecha el tratamiento T1 (27,78%) y T4 (26,78%) no presentan diferencias estadísticas entre ellos, pero a su vez estos si difieren estadísticamente ante los demás tratamientos T5 y T7.
- Los tratamientos T3 (6,55%) y T10 (5,43%), no presentan diferencias estadísticas entre ellos, pero si ante los demás tratamientos, siendo los que obtuvieron los valores menores en la segunda cosecha.

La eficiencia biológica es una característica del potencial genético de la cepa (SÁNCHEZ y ROYSE 2002), por otro lado SÁNCHEZ (2007), para expresar el grado de producción de biomasa fúngica a partir de la biodegradación del sustrato, el concepto generalmente aceptado es la eficiencia biológica; que es la relación en porcentaje, entre el peso fresco de hongos producidos y el peso seco de sustrato empleado.

Cuando la eficiencia biológica es mayor se debe a una mayor producción de cuerpos fructíferos relacionado con el peso de estos, produciendo a su vez mayor números de basidiocarpos, como se muestra el cuadro 12; el contenido de humedad influye en una producción de hongos dando mayor producción de cuerpos fructíferos; pero no siempre suele suceder esto, según los resultados los tratamientos T4 y T9 con un contenido de humedad de 51,8% y 52,6% respectivamente, demostraron ser los tratamientos más productivos en cuerpos fructíferos durante toda la investigación.

Según SÁNCHEZ (2007), al cultivar *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café se han reportado eficiencias biológicas de 34,03 hasta 176%, de 19,9 - 142,6% en paja de trigo y de 14,15 – 146,77% en bagazo de caña de azúcar, esto significa que los con el mismo sustrato se pueden obtener rendimientos tanto arriba como abajo del 100% que se constituye como un valor aceptable, en 100 kg de micelio inoculado.

Por otro lado MARTINEZ (2000) reporto una eficiencia biológica de 44,47% en pulpa de café sin fermentar, a su vez comparo una obtenida en la pulpa de café fermentada con 175,80%, estos valores determinan que la pulpa de café es un sustrato factible para una producción de *Pleurotus ostreatus*.

SHAN *et al.*, (2004) quienes reportan un porcentaje de eficiencia biológica de 64,69% y HAMI (2005) de 69,88% en aserrín de roble, se puede determinar que son resultados similares, por lo tanto se puede deducir que el aserrín es uno de los mejores sustratos para determinar una eficiencia biológica.

V. CONCLUSIONES

1. De todos los sustratos utilizados el que tuvo mayor porcentaje de humedad fue el tratamiento T6 _(B+C+A), con un 71,1%, mientras que el tratamiento T4 _(P+B), tuvo un menor contenido de humedad con un 51,8%.
2. El mayor crecimiento del micelio se presentó en uno de los testigos, tratamiento T0 _(A) con un promedio de 14,1 cm de longitud.
3. El tratamiento que obtuvo mayor número de basidiocarpos en una cosecha total fue el T4 _(P+B) y T9 _(P+B+A), reportando 35 y 36 unidades de basidiocarpos frescos.
4. La producción de basidiocarpos para el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* fueron mayores para el tratamiento T9 _(P+B+A), con una producción total de 968,2 g, esto indica que es un tratamiento más óptimo ante los demás tratamientos.
5. El rendimiento en peso (g), para todos los sustratos en la primera cosecha, se determinó al tratamiento T9 _(P+B+A), con 145,03 g, asignado por Duncan como el tratamiento más óptimo para un buen rendimiento,

para la segunda cosecha encontramos al tratamiento T4, con 109,8 g, como el más óptimo.

6. El tratamiento T9 $(P+B+A)$, es el que tuvo una razón de producción de 3,45 g/día, esto para la primera cosecha siendo el tratamiento más óptimo; y el tratamiento T4 $(P+B)$, con 2,11 g/día, para la segunda cosecha.
7. En la evaluación de la Eficiencia biológica, los tratamientos que obtuvieron mayores resultados para ambas cosechas y según Duncan son los fueron los óptimos son el tratamiento T9 $(P+B+A)$, 34,98% y T1 (P) 27,78%, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- 1. Continuar con este tipo de investigación, realizando estudios comparativos entre mayores cantidades de sustrato y semillas de hongos.**
- 2. Instalar un área de centro de producción de hongos comestibles aquí en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.**
- 3. Realizar producción de hongos comestibles con los sustratos óptimos que son el bagazo de caña, la pulpa de café y el aserrín de madera en una proporción de 25:25:50 respectivamente, en relación al peso total del sustrato.**
- 4. Utilizar sustratos como pulpa de café, bagazo de caña y aserrín de madera en la producción de basidiocarpos de otras especies, para luego hacer una comparación con el estudio realizado.**
- 5. Realizar estudios de costo y beneficios en una producción de hongos comestibles.**

VII. ABSTRACT

Edible mushroom production is for marketing and nutrition food, the cultivation of *Pleurotus ostreatus* is important for its energy content and nutritional value, so this research seeks to provide information on this species, assessing the capacity for growth in agro-industrial substrates different percentages of quantities, the substrates used in the investigation were: pulp, coffee, cocoa shells, husks and sugar calla decomposed sawdust. To do so is considered 11 treatments with 4 witnesses including, for each treatment 4 replicates were used, these were evaluated for the production of basidiocarps, the diameter of these the number of basidiocarps, the yield in grams and biological efficiency. Strains were obtained from *Pleurotus ostreatus* mycelium for inoculum, we used 50 g. seed with mycelia for all the treatments under study, these came to an incubation phase, then go to the fruiting stage and finally to the harvest, according to our results last T9 treatment was producing more basidiocarps with a total weight of 968,2 g., and the total production of all treatments was 8186,9 g.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, U., BUSTOS, Z. 1998. Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en la planta PROBIOTEC. Tesis. Q.F.B. Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas. 57 p.
- BOTELHO, T. S. y, RAMOS, B.V. 1985. Cogumelos comestiveis. Sao Paulo – Brasil. Ed. Icome. 83 p.
- CABRERA T., J. CASAS, F., ROJAS, C. y VIVEROS, S. 1998. Alimentos en la naturaleza. Algunas plantas comestibles, silvestres ruderales. SEMARNAP. México, D.F 245 págs. [En línea]: Javeriana, (<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>, 20 Nov. 2010).
- CARDONA URREA, LF. 2001. Anotaciones sobre la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. México. [En línea]: Sipicyt, (<http://sipicyt.ipicyt.edu.mx:7777/materialbiblioteca/BaenaGonzalezArmando3.pdf>, 15 Oct. 2010).
- CHANG S. y, MILES, P. 2004. Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2a. ed. USA. CRC Press. 451 p.
- CHANG S. Y, MILES, P. 1989. Edible mushrooms and their cultivation. USA. CRC Press., 344 p.

- CISTERNA LAGOS, C. 2002. Cultivo del hongo Ostra en Chile. Ltda. Editores – Concepción, Chile. [En línea]: Micotec, (<http://www.micotec.cl/libro%20Cultivo%20Hongo%20Ostra%20en%20Chile.pdf>, 15 Oct. 2010).
- CONABIO. 2008. Capital Natural de México. Volumen 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México DF. [En línea]: Biodiversidad (<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp.html>, 28 Ene. 2011).
- DE LEÓN, R., GUZMÁN, G., MARTÍNEZ CARRERA, D. 1988. Planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Guatemala. Rev. México. 297-301 p.
- HOLDRIDGE, L. 1982. Ecología Basada en Zonas de Vida. Centro de la ciencia Tropical. 1ra Ed. San José, Costa Rica. IICA 456 p.
- HUERTA, G. 2002. Generalidades sobre los hongos, con énfasis en los basidiomicetos. En La Biología y el Cultivo de *Pleurotus* spp. México, Editorial Limusa. 294p.
- DÍAZ BARRIGA, H. 1992. Hongos comestibles y venenosos de la cuenca del lago Pátzcuaro, Michoacán. México, CIDEM. 148 p.
- FERNÁNDEZ MICHEL, F. 2004. Guía Práctica de Producción de Setas de *Pleurotus*. Guadalajara, Jalisco. México. [En línea]: Fungitec, (<http://www.fungitec.com/guia/guiadesetasproduce.pdf>, 16 Oct. 2010).
- GARCIA, R. M. 1991. Cultivo de setas y trufas. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 174 p.

- GARCIA ROLDAN, M. 1982. Cultivo industrial de *Pleurotus ostreatus*, hojas divulgadoras Núm. 11/82 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Madrid, España. 16 p.
- LEE Pazos, J. 1990. Determinación de macro y micronutrientes existentes en la pulpa de café sometida a degradación enzimática para su utilización como abono orgánico. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Guatemala, USAC. 83 p.
- LÓPEZ R, A. 1995. Cultivo de setas: alternativa alimenticia de la economía familiar. Veracruz, México, Universidad Veracruzana. [En línea]: Uv, (<http://www.uv.mx/institutos/fores/hongos/setas.html>), 25 Sep. 2010).
- MARTÍNEZ CARRERA, D. 2000. Perspectivas de la producción de hongos comestibles en México para el siglo XXI. En: Memorias del I Simposio Latinoamericano de cultivo de hongos comestibles (Resúmenes). Xalapa. [En línea]: Gratisweb, (<http://www.gratisweb.com/cdeea/gonzalo.htm>), 22 Nov. 2010).
- MARTÍNEZ ORDÓÑEZ, CA. 1990. Diagnóstico de la producción-consumo, análisis y perspectivas del sistema productivo cacao (*Theobroma cacao*.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 149 p.
- MIGNUCCI, J. 1986. Perspectivas para el cultivo de setas en Puerto Rico y el Caribe, Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico. 24 p.
- MORCILLO, M. 2004. Experiencias en el cultivo e introducción en bosque de setas silvestres con valor comercial. Barcelona, España. [En línea]: Micofora, (http://www.micofora.com/pubdocs/articulos_15.pdf), 23 Oct. 2010).

- ORENSANZ, J.V. Y, NAVARRO, C. 1979. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre madera. Hojas divulgadoras Núm.3/79 HD. Ministerio de Agricultura. España 195 p.
- RODRÍGUEZ, J., MACIAS, R. 2005. Perspectivas de producción de hongos comestibles (*Pleurotus* spp.) en la región nordeste del estado de Nuevo León. Revista SCIENTIA. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (UCBA). México. [En línea]: Cucba, (http://www.cucba.udg.mx/new/publicaciones/page_scientia_cucba/Scientia_8_2.pdf, 16 Sep. 2010).
- RUIZ, R. L. 1990. Aislamiento y cultivo del hongo *Pleurotus a fin ostreatus* (Jaccq. Ex Fr) Kumm, Tingo María – Perú. 94 p.
- SÁNCHEZ, J. 2007. El cultivo de setas *Pleurotus* spp. Cultivo de *Pleurotus* spp y buenas prácticas de manejo para la producción de cuerpos fructíferos inocuos. Chiapas - México, D. F. [En línea]: Ecosur, (http://www.ecosur.mx/EICultivodelasSetas_1.pdf, 8 Oct. 2010).
- SÁNCHEZ, J. Y, ROYSE, D. 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chiapas, México, D. F., MX, Editorial Limusa, S.A. 290 p.
- SÁNCHEZ, M. 2006. Hongos silvestres en Guatemala. Micología Forestal Barcelona, España. [En línea]: Micofora, (http://www.micofora.com/pubdocs/articulos_8.pdf, 28 Sep. 2010).
- SÁNCHEZ VÁSQUEZ, JE. 1994. Producción de hongos comestibles. Centro de investigaciones ecológicas del Sur (CIES), San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 107 p.

- SHAN, Z.; ASHRAF, M.; ISHTIAQ, C. 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw dust). Pakistan Journal of Nutrition. 158-160. Págs.
- TUCHAN RUANO, E. 2004. Evaluación del efecto de la pulpa de café (*coffea arabica*) en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa INIREB-8 de *Pleurotus ostreatus* utilizando cascara de cacao y bambú como sustratos. Guatemala, USAC. Tesis Ing. Agr. [En línea]: Usac, (http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2112.pdf, 28 Ago. 2010).
- VELASCO J. Y, VARGAS, E. 2004. Cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). Reforma Agraria, México, DF. [En línea]: Sra, (http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_t ierras/manuales/Cultivo_Hongo_Seta.pdf, 20 Ago. 2010).
- WOOD, D. Y, FLEGG, P. 1985. Growth and Fruiting. In: The Biology and Technology of the cultivated Mushrooms. Edited by P.B. 141 – 177 p.
- WOOD, M., STEVENS, F. 1996. Fungi of the San Francisco bay área: *Pleurotus ostreatus*. San Francisco, California, US. [En línea]: Mykoweb, (http://www.mykoweb.com/CAF/species/Pleurotus_ostreatus.html, 11 Oct. 2010).

IX. ANEXOS

Anexo 1. Datos evaluados respecto al diámetro, rendimiento, eficiencia biológica y número de basidiocarpos, de una producción de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 17. Evaluación de la longitud del crecimiento miceliar en 8 días de incubación.

Tratamientos	REPETICIONES				Promedio (cm)
	R1	R2	R3	R4	
T0	13,5	15	16	12	14,1
T1	9	10,5	12	10	10,4
T2	10	13	12	11,5	11,6
T3	14	12,3	10,3	11,5	12,1
T4	9	12	11,5	10	10,6
T5	9	11,5	10,5	9,5	10,1
T6	12,5	13,2	11	12	12,2
T7	10,3	7,5	9,5	8	8,8
T8	12,8	13	10,5	11,6	11,9
T9	9,5	13	10	8	10,1
T10	10,6	11,7	11,4	13	11,7

Cuadro 18. Evaluación del diámetro (cm) promedio de basidiocarpos de la primera cosecha.

Tratamientos	REPETICIONES			
	R1	R2	R3	R4
T0	10,9	11,36	11,08	12,02
T1	10,5	10,1	10,3	9,5
T2	9,4	8,6	8,8	9,2
T3	8,1	8,9	8,5	8,3
T4	9,1	8,5	8,7	9,1
T5	8,6	7,2	8,4	8,4
T6	7,9	8,7	8,7	8,1
T7	7,5	8,4	7,9	8,2
T8	9,3	8,9	7,9	8,9
T9	8,1	8,3	7,9	8,3
T10	8,8	8,8	7,9	7,2

Cuadro 19. Evaluación del diámetro (cm) promedio de basidiocarpos de la segunda cosecha.

Tratamientos	REPETICIONES			
	R1	R2	R3	R4
T0	9,9	9,7	9,4	9,1
T1	9,7	9,1	9,7	9,3
T2	7,9	7,7	8,3	0
T3	0	8,9	7,9	8,4
T4	8,8	8,6	8,3	8,5
T5	8,6	7,6	8,7	8,3
T6	7,9	9,5	8,6	8,1
T7	8,0	8,3	8,5	8,7
T8	8,9	8,8	8,5	8,6
T9	8,7	8,1	8,3	8,3
T10	0	9,5	8,6	7,6

Cuadro 20. Evaluación del rendimiento (g) de basidiocarpos en la primera cosecha.

Tratamientos	REPETICIONES				Peso total
	R1	R2	R3	R4	
T0	87,6	120,8	904	78,5	377,3
T1	96,4	76,5	110,4	96,3	379,6
T2	80,5	986	85,4	70,2	334,7
T3	104,3	122,4	112,8	91,2	430,7
T4	139,8	119,3	96,4	109,6	465,1
T5	115,7	98,5	129,5	132,5	476,2
T6	187,6	126,4	109,3	112,4	535,7
T7	121,4	103,2	162,8	98,6	486
T8	102,4	115,3	96,3	99,6	413,6
T9	128,7	145,6	170,6	135,2	580,1
T10	68,5	103,2	98,6	105,8	376,1
Total					4 855,1

Cuadro 21. Evaluación del rendimiento (g) de basidiocarpos en la segunda cosecha.

Tratamientos	REPETICIONES				Peso total
	R1	R2	R3	R4	
T0	97,2	52,4	81,5	60,4	291,5
T1	85,4	82,3	102,3	87,3	357,3
T2	56,3	51,2	28,4	0	135,9
T3	0	53,3	82,4	25,3	161
T4	119,5	132,5	76,4	110,8	439,2
T5	115,8	120,3	89,5	92,5	418,1
T6	135,8	58,6	85,2	82,1	361,7
T7	113,2	89,5	110,9	55,9	369,5
T8	61,5	90,4	57,8	51,3	261
T9	87,5	83,4	88,7	128,5	388,1
T10	0	27,5	62,4	58,6	148,5
Total					3 331,8

Cuadro 22. Datos de la evaluación de la eficiencia biológica (%) de basidiocarpos en la primera cosecha.

Tratamientos	REPETICIONES			
	R1	R2	R3	R4
T0	15,9	22,0	16,4	14,3
T1	30,1	23,3	34,5	30,2
T2	24,8	30,3	26,3	21,6
T3	17,0	19,9	18,3	14,8
T4	34,1	29,1	23,5	26,7
T5	19,9	16,9	22,3	22,8
T6	43,3	29,2	25,2	26,0
T7	23,6	20,0	31,6	19,1
T8	16,8	18,9	15,8	16,3
T9	31,1	35,1	41,1	32,6
T10	10,0	15,1	14,4	15,5

Cuadro 23. Datos de la evaluación de la eficiencia biológica (%) de basidiocarpos en la segunda cosecha.

Tratamientos	REPETICIONES			
	R1	R2	R3	R4
T0	17,7	9,5	14,8	11,0
T1	26,7	25,7	31,4	27,3
T2	17,3	15,8	8,7	0
T3	0	8,7	13,4	4,1
T4	29,1	32,3	18,6	27,0
T5	19,9	20,7	15,4	15,9
T6	31,4	13,5	19,8	18,9
T7	21,9	17,4	21,5	10,9
T8	10,1	14,8	9,5	8,4
T9	21,1	20,1	21,4	30,9
T10	0	4	9,1	8,6

Cuadro 24. Peso total de toda la producción de basidiocarpos por cada tratamiento.

Tratamientos	REPETICIONES				Peso total	Promedio (g)
	R1	R2	R3	R4		
T0	184,8	173,2	171,9	138,9	668,8	167,2
T1	181,8	158,8	212,7	183,6	736,9	184,2
T2	136,8	149,8	113,8	70,2	470,6	117,7
T3	104,3	175,7	195,2	116,5	591,7	147,9
T4	259,3	251,8	172,8	220,4	904,3	226,1
T5	231,5	218,8	219	225	894,3	223,6
T6	323,4	185	194,5	194,5	897,4	224,4
T7	234,6	192,7	273,7	154,5	855,5	213,9
T8	163,9	205,7	154,1	150,9	674,6	168,7
T9	216,2	229	259,3	263,7	968,2	242,1
T10	68,5	130,7	161	164,4	524,6	131,2
Peso Total					8186,9	

 Tratamiento T8 (Pulpa de café + bagazo de caña + Casc. de cacao + aserrín)

	Basid. 1	Basid. 2	Basid. 3	Basid. 4	Basid. 5	Basid. 6	Basid. 7	Diam. Total	N° de Basid.	Promedio (cm)
1	8,3	9,5						17,8	2	8,9
2	9,1	8,5	8,8					26,4	3	8,8
3	8,5	8,5						17	2	8,5
4	8,2	8,9						17,1	2	8,6
Total									9	

Tratamiento T9 (Pulpa de café + bagazo de caña + aserrín)

Repetición	Basid. 1	Basid. 2	Basid. 3	Basid. 4	Basid. 5	Basid. 6	Basid. 7	Diam. Total	N° de Basid.	Promedio (cm)
1	9,5	8,2	8,3					26	3	8,7
2	7,5	8,2	8,5					24,2	3	8,1
3	6,9	9,5	8,4					24,8	3	8,3
4	8,6	7,7	8,2	8,5				33	4	8,3
Total									13	

Tratamiento T10 (Casc. de cacao + aserrín)

Repetición	Basid. 1	Basid. 2	Basid. 3	Basid. 4	Basid. 5	Basid. 6	Basid. 7	Diam. Total	N° de Basid.	Promedio (cm)
1								0	0	0
2	9,5							9,5	1	9,5
3	8,5	8,7						17,2	2	8,6
4	7,7	7,5						15,2	2	7,6
Total									5	

Anexo 2. Panel fotográfico del trabajo realizado

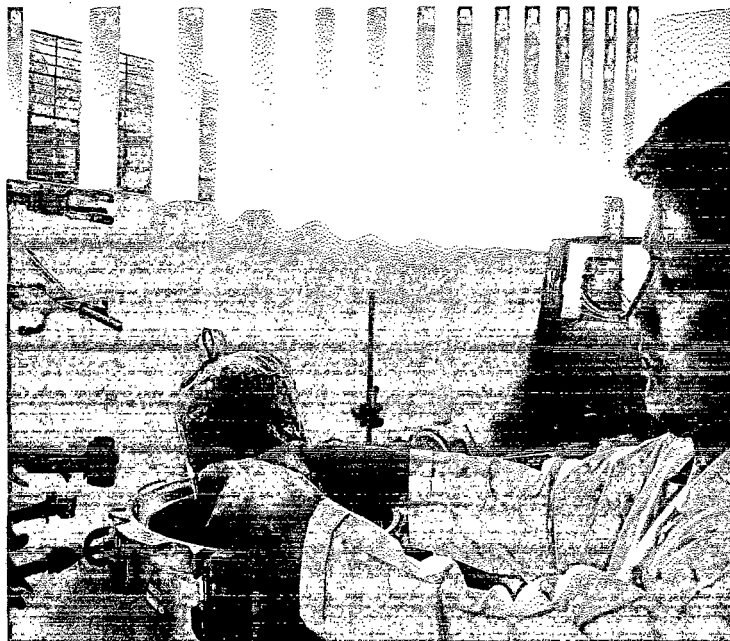


Figura 3. Auto clavado de los sustratos en estudio.



Figura 4. Proceso de inoculación de las semillas en la cámara de flujo.



Figura 5. Colonización de las bolsas inoculadas con semillas de *Pleurotus ostreatus*.

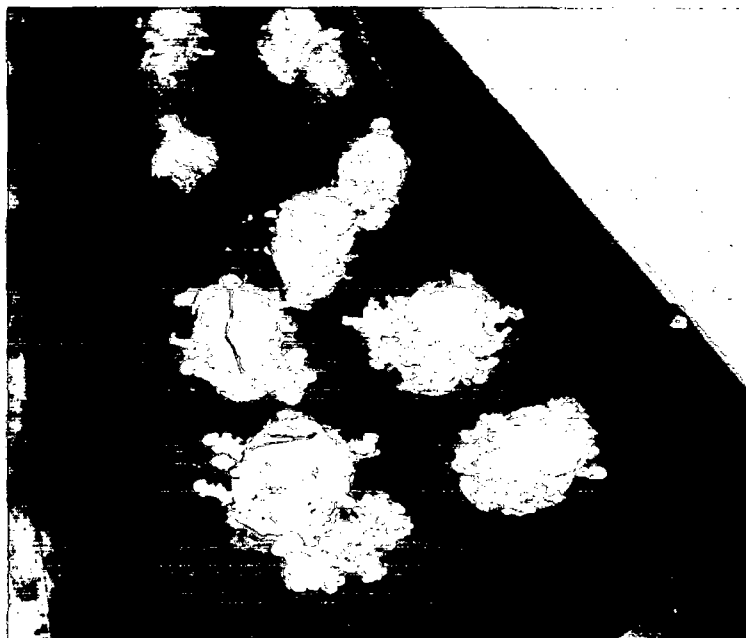


Figura 6. Bolsas fructificadas con basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus*.



Figura 7. Cosecha de basidiocarpos.



Figura 8. Pesado de todos los basidiocarpos cosechados.