

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**EVALUACION DEL EFECTO DE LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea arábica*) EN EL
INCREMENTO DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA CEPA *INIREB-8* DE *Pleurotus*
ostreatus UTILIZANDO CASCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) y BAMBU
(*Bambusa vulgaris* var. *Striata*) COMO SUSTRATOS**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

OMAR ENRIQUE TUCHAN RUANO

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

Guatemala, enero del 2004

CONTENIDO GENERAL

		Página
	Contenido general.....	i
	Índice de cuadros.....	ii
	Índice de figuras.....	iii
	RESUMEN.....	1
1	INTRODUCCION.....	2
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3	MARCO CONCEPTUAL.....	5
	3.1 Antecedentes.....	5
	3.2 Generalidades de los hongos.....	5
	3.3 Valor Nutritivo de los hongos.....	7
	3.4 Características del genero <i>Pleurotus sp.</i>	7
	3.5 Otras características del genero <i>Pleurotus sp.</i>	9
	3.6 Porcentaje de producción.....	9
	3.7 Eficiencia Biológica.....	10
	3.8 Cultivo y sustratos utilizados para la producción de <i>Pleurotus sp.</i>	10
	1.) La preparación del inóculo.....	10
	2.) La preparación del sustrato.....	11
	3.) La fructificación o cosecha.....	13
	3.8.1 La pulpa de café como sustrato de <i>Pleurotus</i>	15
	3.8.2 La cáscara de cacao como sustrato de <i>Pleurotus</i>	16
	3.8.3 El bambú como sustrato de <i>Pleurotus</i>	18
	3.9 Plagas y enfermedades.....	19
	3.10 Presencia de plagas.....	19
	3.11 Enfermedades.....	20
4	MARCO REFERENCIAL.....	21
	4.1 Localización de la investigación.....	21
	4.2 Zona de vida.....	21
5	OBJETIVOS.....	22
6	HIPOTESIS.....	23
7	METODOLOGIA.....	24
	7.1 Material experimental.....	24
	7.2 Diseño experimental.....	24
	7.3 Tratamientos.....	25
	7.4 Manejo del experimento.....	25
	7.4.1 Procedimiento.....	25
	7.5 Variables de respuesta.....	26
	7.5.1 Eficiencia Biológica.....	26
	7.5.2 Rendimiento.....	27
	7.6 Análisis Estadístico.....	27
8	RESULTADOS Y DISCUSION.....	28
	8.1 Eficiencia Biológica.....	28
	8.2 Rendimiento.....	30
9	CONCLUSIONES.....	32
10	RECOMENDACIONES.....	33
11	BIBLIOGRAFIA.....	34
12	ANEXO.....	36

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1	Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de <i>Pleurotus sp.</i> 9
Cuadro 2	Condiciones ambientales en la sala de fructificación..... 14
Cuadro 3	Composición química de la pulpa de café..... 16
Cuadro 4	Composición química de la mazorca de cacao..... 17
Cuadro 5	Composición química de algunos bambúes..... 18
Cuadro 6	Plagas asociadas al cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> 19
Cuadro 7	Análisis de varianza de Eficiencia Biológica..... 28
Cuadro 8	Prueba de medias de Eficiencia Biológica..... 29
Cuadro 9	Análisis de varianza Rendimiento..... 30
Cuadro 10	Prueba de medias Rendimiento..... 31
Cuadro 11	Contraste mezclas de cacao Vrs. Mezclas de madera de bambú..... 31
Cuadro 12	Resultados unidades experimentales..... 37

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Eficiencia biológica de sustratos en la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	28
Figura 2 Rendimiento de sustratos en la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	30
Figura 3 Partes de hongo.....	36

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**RECTOR****Dr. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO****JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

DECANO	Dr.	ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ
SECRETARO	Ing. Agr.	PEDRO PELAEZ REYES
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	MANUEL DE JESUS MARTÍNEZ OVALLE
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	ERBERTO RAÚL ALFARO ORTÍZ
VOCAL CUARTO	Br.	LUIS ANTONIO RAGUAY PIRIQUE
VOCAL QUINTO	Br.	JUAN MANUEL COREA OCHOA

Guatemala, enero del 2004

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Distinguidos miembros:

Conforme a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACION DEL EFECTO DE LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea arábica*) EN EL
INCREMENTO DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA CEPA *INIREB-8* DE *Pleurotus
ostreatus* UTILIZANDO CASCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) y BAMBU
(*Bambusa vulgaris* var. *Striata*) COMO SUSTRATOS**

Presentándolo como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

En espera que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

Omar Enrique Tuchán Ruano

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Padre nuestro Gracias por la existencia y la oportunidad que me brindas de alcanzar este logro
MI MADRE	Blanca Lily Ruano de Tuchán Que Dios la tenga en su santa gloria
MI PADRE	Leonel Arturo Tuchán Castellanos Por el amor y apoyo brindado en todo momento
MIS ABUELOS	Buenaventura Tuchán María Delfina Castellanos de Tuchán Por ser todos unos padres para mi y mis hermanas.
MI NOVIA	Carmen Carolina Eguizabal Por su cariño y apoyo brindado
MIS HERMANOS	Flor de María, Jennifer Lily, Shirley, Leonela, Luis, Fernanda Con todo mi cariño
MI SOBRINO	Jonathan, Con mucho cariño
MIS AMIGOS	Con mucho cariño y gracias por todo su apoyo en el momento requerido.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi Familia

Guatemala

Mi ciudad Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla

Facultad de Agronomía, USAC.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesor Licenciado Romeo Alfonso Pérez Morales por su orientación, apoyo y amistad brindados tanto para la realización de esta investigación como para la vida.

Ingeniero Adlai Meneses por su apoyo y amistad brindados para la realización de esta investigación.

Ingeniero Gustavo Adolfo Paredes por su apoyo y comprensión para la realización de esta investigación, así como la enseñanza brindada en lo laboral.

EVALUACION DEL EFECTO DE LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea arábica*) EN EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA CEPA *INIREB-8* DE *Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO CASCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) y BAMBU (*Bambusa vulgaris* var. *Striata*) COMO SUSTRATOS

EVALUATION OF THE EFFECT OF PULP OF COFFEE (*Coffea arábica*) IN THE INCREASE OF BIOLOGICAL EFFICIENCY FROM *INIREB-8* STUB FROM *Pleurotus ostreatus* USING COCOA SHELL (*Theobroma cacao*) and BAMBOO WOOD (*Bambusa vulgaris* var. *Striata*) AS SUBSTRATES

RESUMEN

El cultivo de *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus*) se ha incrementado en Guatemala en los últimos años debido que es una excelente alternativa alimentaria, pues posee una elevada calidad nutricional, un amplio rango de adaptación climática y un costo de cultivo, relativamente bajo. En Guatemala son muy aceptados los hongos comestibles, fundamentalmente en el norte y el occidente del país, debido a las propiedades nutricionales y medicinales que se les atribuyen.

Este estudio pretendió aportar información sobre el efecto que tiene la pulpa de café en la producción del hongo en dos sustratos diferentes: cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y madera de bambú (*Bambusa vulgaris*. Var. *Striata*) agregada en cinco proporciones diferentes a cada sustrato.

El objetivo general de la investigación fue determinar el efecto enriquecedor de la pulpa de café sobre la cáscara de cacao y el bambú, midiendo la eficiencia biológica y rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*., desarrollado sobre dichos sustratos, debido que la eficiencia biológica establece una relación directa entre la bioconversión de energía y la biodegradación del sustrato.

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar con doce tratamientos más tres testigos y ocho repeticiones. Las variables medidas fueron el peso de hongos frescos obtenidos por unidad experimental de los sustratos utilizados. Se trabajaron un total de ciento veinte unidades experimentales en las que creció la cepa ECS-110 de *Pleurotus ostreatus*., proveniente de ECOSUR, Chiapas, México.

La información generada fue sometida a un análisis de varianza. A los resultados que presentaron diferencias significativas entre tratamientos se les aplicó la prueba múltiple de medias de Tukey al 0.05% para su agrupación.

Con base en el análisis estadístico se concluyó que el agregar pulpa de café a los sustratos tuvo un efecto positivo, pues en todos los casos las mezclas de pulpa y sustratos presentaron mayor eficiencia biológica que sus testigos, con excepción de la pulpa de café. Por lo que se recomienda agregar pulpa de café a aquellos sustratos que presentan baja eficiencia biológica.

1. INTRODUCCION

Los países subdesarrollados como Guatemala poseen una crítica situación económica, en donde muchos índices de desarrollo se ven afectados y dentro de los cuales se encuentra la situación alimentaria del país. Además muchos residuos de cosecha no tienen un uso adecuado o sólo vienen a convertirse en basura o materia orgánica vegetal en descomposición o bien especies cuyo uso es prácticamente nulo; por lo que es conveniente buscar una manera de darle un valor de uso a estos residuos, entre los cuales se encuentran la cáscara de cacao y el bambú.

Pleurotus ostreatus es un hongo conocido por su buen sabor y elevado contenido de proteínas (30 por ciento en base seca) (ACOSTA, U.L. *et al.*).

La importancia nutricional de los hongos radica en la calidad y cantidad de las proteínas y otros nutrientes que posee, pues esta característica los convierte en una excelente fuente alterna de proteínas, vitaminas y minerales para el consumo humano. Además, cultivar este hongo proporciona un aporte ecológico al degradar los subproductos agrícolas que ocasionan problemas de contaminación.

La cáscara de cacao es un desecho de la producción de cacao sin ninguna utilidad, la que se supone adecuada como sustrato, por su bajo costo y facilidad de obtención; además, la mazorca del cacao posee en base húmeda fundamentalmente un 6.2 por ciento de proteína, 8.7 por ciento de cenizas y 24.7 por ciento de hemicelulosa, composición que se supone adecuada para el crecimiento del hongo (FERNANDEZ, J. *et al.*). De igual forma, el bambú es un material de utilidad económica restringida barato (si crece silvestre en el lugar de la producción del hongo), además, se sabe que *B. vulgaris* está constituido básicamente por celulosa (66 por ciento) y lignina (21.9 por ciento), por lo que al ser *P. ostreatus* lignocelulósico, el bambú resultaría un material ideal para su crecimiento y desarrollo.

En la presente investigación se comprobó que es posible cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre cáscara de cacao (*Theobroma cacao.*) y bambú (*Bambusa vulgaris.*) en elevadas eficiencias biológicas, pero la cual se eleva aún más cuando se agrega pulpa de café a los mismos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los análisis químicos de constituyentes nutricionales practicados en *Pleurotus ostreatus* han revelado que este hongo contiene aproximadamente un 30 por ciento (en material seco) de proteínas constituidas por aminoácidos, vitaminas del complejo B y minerales. Este hongo es un saprófito de crecimiento, manejo y desarrollo relativamente fácil, su proceso de producción dura aproximadamente 10 semanas, lo que justifica su empleo en la alimentación humana.

Sin embargo, el sustrato en el cual se pretende que desarrolle, debe proveerle lignina, celulosa, vitaminas y elementos metálicos requeridos para su nutrición. Hasta el momento el sustrato en el que mejores eficiencias biológicas se han obtenido es la pulpa de café. En la actualidad, en Guatemala el café vive su peor crisis en cuanto al precio del producto, razón por la cual muchos productores de café han optado por sustituir sus campos de cultivo por aguacate, producción de peces, etc.

La producción de *Pleurotus* en Guatemala se realiza con pulpa de café, por lo cual se debe encontrar un nuevo sustrato para el hongo en el que se obtengan eficiencias biológicas superiores o similares a las obtenidas con pulpa de café. Además se debe encontrar un nuevo sustrato para *Pleurotus* porque la pulpa de café no se encuentra disponible todo el año a menos que se deshidrate y almacene lo cual es caro.

La cáscara del cacao es un desecho sin ninguna utilidad, lo que lo hace ideal para su utilización como sustrato por su bajo costo y su facilidad de obtención. De igual forma, el bambú es un material de utilidad económica restringida y barato. En ambos casos se esperaba debido a su constitución, que sus eficiencias biológicas fueran bajas y que agregarle pulpa de café, incrementase las mismas en ambos sustratos. En la pulpa de café se han reportado eficiencias biológicas de hasta 160 por ciento, lo que justifica utilizarla para mejorar la calidad nutritiva de los sustratos por trabajar. Del bambú no se encontró reportado como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (ACOSTA, U.L. *et al.*).

Con el objeto de cuantificar la influencia de la pulpa de café en el aumento de la eficiencia biológica de los sustratos, se prepararon mezclas de bambú-pulpa de café y cáscara de cacao-pulpa de café en rangos del 10-50 por ciento de pulpa. Para poder establecer diferencias se cuantificó la eficiencia biológica del bambú, cáscara de cacao y pulpa de café, aisladamente. Para cuantificar algún posible efecto del bambú sobre la

cáscara de cacao o viceversa, se agregaron los tratamientos bambú-cáscara de cacao y bambú-cáscara de cacao-pulpa de café. Como tratamiento testigo se utilizó la pulpa de café, la cáscara de cacao y la madera de bambú. El trabajo consistió en evaluar 15 tratamientos con 8 repeticiones cada uno, cada unidad experimental tuvo un peso de 454 g en seco, los resultados obtenidos se analizaron a través del diseño experimental completamente al azar.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes

En la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala se han evaluado diferentes sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, como parte del proyecto Colecta, domesticación, cultivo y producción de hongos nativos de Guatemala. En 1998 se inició con el proyecto, el cual ha dado como resultado encontrar una buena cantidad de sustratos en los cuales se puede cultivar *Pleurotus ostreatus*. Dentro de los sustratos encontrados se pueden mencionar: en el año 2001 la mezcla de cushin (*Inga michelliana*) con frutos de hule (*Hevea brasiliensis*) en una relación de 1:1 produjo una eficiencia biológica de 110 por ciento (ESPAÑA, H.), en el año 2000 la mezcla de rastrojos de maíz (*Zea mays* L.) con cascarilla de arroz (*Oriza sativa* L.) en una relación 2:1 con una eficiencia biológica de 117.3 por ciento (GARCIA RAMOS, D.A.); la fibra del fruto de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) se encontró como un buen sustrato para el hongo produciendo una eficiencia biológica de 135.62 por ciento (GIRON DE LEON, D.F.).

3.2 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, U.L. *et al.*).

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 saprófitos 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, U.L. *et al.*).

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 sexuales o asexuales (ACOSTA, U.L. *et al.*).

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 química, enzimática o microbiana conocidas hasta ahora, sin embargo el sistema metabólico de estos hongos les permite degradar esos compuesto, de los que obtienen energía para sus procesos vitales y metabólicos para su nutrición (ACOSTA, U.L. *et al.*).

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 períodos sin ser degradados o sufrir mayores transformaciones. De ahí la importancia de los macromicetos, 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.

3.3 Valor nutritivo de los hongos

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 por ciento en peso fresco y de 30 a 50 por ciento 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, U.L. *et al.*).

3.4 Características del genero *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 oblícua. Tanto su forma como su longitud depende 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, U.L. *et al.*).

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 (ACOSTA, U.L. *et al.*). La concentración de CO₂ es muy importante para el desarrollo de *Pleurotus*, se sugiere una concentración relativamente alta de 20-25 por ciento ya que es útil para propiciar el crecimiento del micelio. Sin embargo, concentraciones superiores al 60 por ciento inhiben la formación de primordios (ACOSTA, U.L. *et al.*).

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.

3.5 Otras características del género *Pleurotus sp*

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. Las condiciones varían según la etapa del proceso y según el hongo, por lo que es importante conocer las necesidades específicas de la especie a cultivar. Para el caso de *Pleurotus sp.*, los valores más adecuados de estos parámetros se detallan en el cuadro 1. Generalmente, el mantenimiento de estas condiciones para su producción semi o industrial requiere de la construcción de un invernadero.

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

Factor	Crecimiento micelar	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 CO ₂	20-25% (aire normal)	< 0.6% (buena ventilación)
Luminosidad	Obscuridad	150-200 lux (suficiente para leer)

Fuente: ACOSTA, U.L. *et al.*

3.6 Porcentaje de producción

El porcentaje de producción es definido por la eficiencia biológica (EB) en una unidad de tiempo (t). La eficiencia biológica es definida, por el peso de hongos frescos producidos por unidad de peso del sustrato seco y expresada en porcentaje (PR). Se han utilizado diferentes unidades de tiempo (horas, días, meses, años) que pueden usarse en él calculo del PR. El grado de producción puede representarse por la expresión matemática siguiente (ACOSTA, U.L. *et al.*).

$$PR = \% EB / t$$

3.7 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:

$$EB = \frac{\text{g de hongos frescos}}{\text{g de sustrato seco}} \times 100$$

Existen otros términos, y formas de evaluar la producción, siendo estas:

- Producción promedio de una cepa en un sustrato (P)
- Rendimiento de una cepa en un sustrato (R)
- Eficiencia de sustrato por una cepa. (Biodegradación).

De los términos anteriores, el más utilizado es el de eficiencia biológica, debido a la utilización universal. La EB, depende básicamente del tipo de sustrato a utilizar, en caso de *Pleurotus ostreatus*, alrededor del 100 por ciento es considerada adecuada.

3.8 Cultivo y sustratos utilizados para la producción de *Pleurotus sp*

La producción de hongos comestibles consta de cuatro etapas fundamentales que son: preparación del inóculo, preparación del sustrato, siembra e incubación y fructificación.

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 cajas de 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 resiembró 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:

1.1) Preparación del “primario”

Después de haber preparado el medio adecuado en donde se hará crecer el micelio en forma masiva, procede la inoculación del mismo en los granos.

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 polipapel. Posteriormente se esteriliza a 121° C durante 30 minutos y se deja enfriar para después inocular.

El proceso de preparación del inóculo debe realizarse en un área aséptica, de preferencia cerrada y ajena a corrientes de aire y con equipo esterilizado. Es recomendable la utilización de una cámara de flujo laminar o en su defecto dos o tres mecheros Bunsen, colocados de tal manera que originen una zona aséptica en el área de la mesa donde se trabajará. El material y equipo empleado (aguja de disección, bisturí y asas de platino) se esteriliza flameándolos en la llama del mechero y dejándolos enfriar antes de su uso.

Teniendo el material y las instalaciones, el proceso a seguir es el siguiente: con la ayuda de bisturí o navaja estéril, se cuadrícula el micelio contenido en el cultivo de la caja de petrí, de tal manera que se obtienen porciones de mas o menos 1 centímetro cuadrado. 1 ó 2 porciones del cultivo de la caja de petri antes señaladas, se depositan entre los granos contenidos en cada una de las bolsas de polipapel, auxiliándose con una aguja de disección o asa de platino.

Es entonces el 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, fructificación temprana. A cada

porción preparada de esta forma se les llama “primario”

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.

Siembra e incubación: Existen varias técnicas para realizar el cultivo de *P. ostreatus*. Entre estos se encuentran: el proceso de túnel, el cultivo en contenedores, el cultivo en bloques prensados y cultivo en sacos. En este caso se menciona el procedimiento para la siembra en bolsas o sacos. El cultivo en sacos o bolsas se realiza en bolsas de

plástico transparente, el tamaño de la misma depende de la experiencia y de los requisitos del cultivador o productor. No debiendo utilizar bolsas de color opaco o negras porque tienen el inconveniente de no dejar ver el crecimiento del micelio sobre el sustrato y tampoco se puede observar si aparece algún moho contaminante y otro problema. Las bolsas a utilizar deberán ser nuevas, para evitar contaminaciones, siendo recomendable revisarlas para que no presenten perforaciones, algún desperfecto o que estén sucias.

La siembra, se debe llevar a cabo en un área destinada para ello (aséptica), debiendo tomar las siguientes precauciones:

- a) El personal debe estar provisto de ropa limpia, con mascarillas, cofia y de preferencia guantes estériles.
- b) La puerta del local debe permanecer cerrada durante el proceso para evitar corrientes de aire.

El sustrato primario se coloca 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.

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.

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. Los primeros primordios dan inicio al proceso de fructificación al cuarto o quinto día, generalmente inicia el proceso en los lugares cercanos a las aberturas de las bolsas.

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. El cuadro 2 resume las condiciones mínimas adecuadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en la sala de fructificación.

Cuadro 2: Condiciones ambientales en la sala de fructificación

FACTOR	VALOR
Humedad del sustrato	50 por ciento
PH del sustrato	6.5 – 7.0
Humedad relativa	85 – 90 por ciento
Temperatura	26 – 28 °C
Luz	La suficiente para leer
Ventilación	4 –6 veces el volumen de la sala/hora

Fuente: ACOSTA, U.L. *et al.*

La ventilación tiene como objetivo eliminar el CO₂ generado por la respiración del hongo y renovarlo por aire oxigenado. Una ventilación insuficiente propicia la acumulación de CO₂ y el exceso de ventilación produce un resecamiento del sustrato. Una acumulación baja de CO₂ puede inhibir el desarrollo de los cuerpos fructíferos o propiciar el crecimiento deforme de estos. Se recomienda mantener una ventilación en el cuarto de fructificación, de tal manera que el volumen de aire en dicho cuarto sea renovado de 4-6 veces cada hora.

Será necesario aplicar riegos en el cuarto de fructificación para aumentar la humedad y evitar el resecamiento del sustrato. Los riegos deberán hacerse de preferencia por medio de pulverización hacia el ambiente, también se podrán efectuar riegos directos hacia el sustrato, sin embargo el chorro de agua debe ser suave para no dañar los cuerpos fructíferos. Una humedad inferior al 80 por ciento será negativa para la formación de carpóforos.

Dos días después de haber llevado los pasteles (sustratos inoculados) a la sala de fructificación y de haber eliminado la bolsa de polietileno, comenzarán a aparecer los

primordios, es decir, los primeros cuerpos fructíferos. Cuatro días después los primordios se habrán desarrollado bien, cubriendo la totalidad de la superficie del pastel y estarán en madurez comercial listos para ser cosechados.

Para cosechar se debe esperar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, sin permitir que el borde del píleo comience a enraizarse, la cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo o bisturí estéril, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato, de abajo hacia arriba sin dañar el sustrato, todos los cuerpos fructíferos frescos que se obtengan en un pastel, se pesan y se calcula la eficiencia biológica.

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. No se debe utilizar los granos que se expenden comercialmente para siembra en el campo, ya que generalmente están protegidos con fungicidas. Para utilizar el grano se requiere únicamente lavarlo y limpiarlo, sumergirlo en agua por unas 6 a 16 horas y esterilizarlo a 121°C durante 30 minutos antes de la inoculación. No existe para el caso de Guatemala un estudio amplio que indique que o cuales granos son más adecuados para la preparación del inóculo. Los granos que suelen utilizarse son: el sorgo, es un grano que crece muy bien en climas cálidos, por lo que es barato. Es fácil de conseguir e inclusive, si se tiene la posibilidad, es fácil de cultivar. *Pleurotus* crece muy bien en él, su tamaño es pequeño, por lo que facilita la diseminación del inóculo. Para usarlo, se hidrata durante 16 horas. Debe usarse de preferencia sorgo forrajero porque es más barato. No importa el color del grano; el maíz, también puede ser utilizado para preparar inóculo de *Pleurotus*, es relativamente barato. Es muy fácil de conseguir, sin embargo su tamaño es mayor y el hongo crece menos que en el sorgo. Es necesario hidratarlo durante 24 horas; el arroz, es más caro que el sorgo y el maíz; sin embargo tiene buen tamaño, lo que permite una fácil y eficiente diseminación sobre el sustrato, además de que el hongo crece muy bien sobre él. Se debe de hidratar de 6 a 12 horas; el trigo, es también otro grano sobre el cual *Pleurotus* crece muy bien. El grano es más grande que el sorgo y el arroz y más caro en zonas tropicales, sin embargo es una buena alternativa que se puede considerar.

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, U.L. *et al.*).

3.8.1 La pulpa de café como sustrato de *Pleurotus*

La pulpa de café, representa alrededor del 40 por ciento 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 1m 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-BARRIGA, H.).

En el cuadro 3 se presenta la composición química de la pulpa de café:

Cuadro 3. 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	21.0	20.8
Proteína Cruda	2.1	11.2	10.7
Cenizas	1.5	8.3	8.8

Fuente: LEE PAZOS, J.E.

3.8.2 La cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como sustrato de *Pleurotus*

El cacao es una planta de origen americano, es uno de los cultivos domesticados en Mesoamérica, aunque antes de la llegada de los españoles creció silvestre en toda el área tropical del nuevo mundo.

El cacao pertenece a la división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Malvales, familia Esterculiaceae y al género *Theobroma* (MARTINEZ ORDOÑEZ, C.A.).

Es una planta perenne de porte bajo, de aproximadamente seis metros de altura, con ramas esparcidas que presentan un marcado dimorfismo, las hojas son pequeñas, pecioladas, elípticas, oblongas y ovaladas de 15 a 30 centímetros de largo, redondas y obtusas en la base. Las flores son hermafroditas, actinomáficas, pentámeras, aparecen sobre la corteza vieja, bien sea en el tronco, en las ramas principales o en las ramificaciones secundarias, los frutos llamados mazorcas o pocha, consisten en una drupa grande indehisciente sostenida por un pedúnculo leñoso que procede del engrosamiento del pedicelo de la flor.

El cacao puede crecer donde las temperaturas fluctúen de 18° a 25°C, de precipitaciones de 1500mm a 2500 mm al año, a alturas comprendidas entre 180 a 600 msnm. Requiere de suelos aluviales de textura franco-arcilloso, bien drenados, con un pH de 6.5 (MARTINEZ ORDOÑEZ, C.A.).

La cáscara de cacao, se encuentra disponible en las regiones tropicales. La cáscara representa un 74 por ciento del peso total del fruto fresco. Este material puede ser utilizado en fresco, pero, puesto que es necesario fracturarla para disminuir el tamaño de partícula, se recomienda secarla primero y después quebrarla para obtener pedazos de 3 a 5 centímetros de tamaño. No se han hecho pruebas con mazorca fermentada. En cáscara de cacao, *Pleurotus* crece más rápido que sobre pulpa de café, sin embargo su rendimiento es inferior. Después de secadas y quebradas, las fracciones de cáscara se hidratan y se pasteurizan a 85°C durante 40 minutos (ACOSTA, U.L. *et al.*).

En el cuadro 4 se indica la composición química de la mazorca de cacao fresca.

Cuadro 4. Composición química de la mazorca de cacao, fresca (g/100g)

COMPONENTE	GUATEMALA	LITERATURA*
Materia seca	75.0	87.4
Ceniza	8.7	7.8
Extracto etéreo	1.1	0.5
Proteína (N*6.25)	6.2	6.3
Fibra cruda	30.3	24.0
Carbohidratos	28.7	61.4
Fibra Acido Detergente	33.5	----
Fibra Neutro Detergente	58.2	----
Hemicelulosa	24.7	----

Fuente: FERNANDEZ, J. *et al.* *Tropical feeds – FAO, 1991

En Chiapas, Coutiño (COUTIÑO, A., J.L.) Evaluó la cáscara de cacao como suplemento para el ganado en pastoreo, por su bajo costo, y concluyó que representa una buena alternativa no sólo por el costo sino también por los beneficios que acarrea la suplementación en términos de utilización de forraje y producción por unidad de superficie. La cáscara de cacao contiene 6-8 por ciento de proteína cruda y 24-36 por ciento de fibra cruda. Según De alba y Bassadre, por cada Kg. de semilla seca de cacao, quedan aproximadamente 2 Kg. de cáscara seca en el campo, que se desperdicia totalmente (COUTIÑO, A., J.L.).

3.8.3 El bambú (*Bambusa vulgaris*. Var. *Striata*) como sustrato para *Pleurotus*

Estructuralmente, el bambú está constituido por un sistema de ejes vegetativos segmentados, que forman alternamente nudos y entrenudos, que varían en su morfología según correspondan al rizoma, al tallo o a las ramas. Los tallos de bambú se caracterizan por tener forma cilíndrica y entrenudos huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le imparten mayor rigidez, flexibilidad y resistencia (HIDALGO LOPEZ, O.).

El bambú ha sido utilizado como alimento desde tiempos inmemoriales, como es el caso de muchos pueblos orientales; ya sea para animales o para humanos. Para humanos se emplean los cogollos tiernos de ciertas especies y para animales se emplean las hojas del follaje como forraje. Estas hojas tienen gran valor nutritivo en la India, donde se emplean como forraje, particularmente cuando hay escasez de pastos. Agrada tanto a las reses como a los caballos y en algunos distritos es el alimento preferido de los elefantes.

Por otro lado, también se utiliza en la producción de papel. La idea de utilizar el bambú en la fabricación de pulpa y su subsecuente conversión en papel, a escala

industrial, surgió en la India aproximadamente en 1,910, pero sólo a partir de 1,925 tuvo su aplicación comercial una vez que se estudiaron las condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo del bambú (HIDALGO LOPEZ, O.).

Además, el bambú es utilizado en construcción. De las especies nativas de América que tienen mayor y más diversa aplicación, son las correspondientes a los géneros *Chusquea* y al Subgénero *Guadua* (HIDALGO LOPEZ, O.).

La composición química de varias especies de Bambú se indican en el cuadro 5.

Cuadro 5. Composición química de algunos bambúes (base seca)

Especies	Lignina %	Pentosa %	Ceniza %	Sílice %	Celulosa %	α celulosa %	Localidad
<i>Bambusa arundinaceae.</i>	30.1	19.6	3.3	1.8	57.6	--	India
<i>B. polymorpha</i>	22.0	21.5	1.7	1.0	61.8	--	India
<i>B. spinosa</i>	20.4	19.0	4.8	3.4	67.4	--	Filipinas
<i>B. tulda</i>	24.2	18.4	2.0	1.4	64.4	--	India
<i>B. vulgaris</i>	21.9	21.1	2.4	1.1	66.5	--	Filipinas

Fuente: HIDALGO LOPEZ, O.

3.9 Plagas y enfermedades

Existen tres problemas principales para el cultivo y producción de hongo: **1)** las contaminaciones, **2)** la presencia de plagas y **3)** 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.

3.10 Presencia de plagas

Se ha reportado un grupo de insectos asociados al cultivo de *Pleurotus*, el cual se indica en el cuadro 6.

Cuadro 6. Plagas asociadas al cultivo de *Pleurotus ostreatus*

ORDEN	FAMILIA
Coleoptera.	Staphylinidae.
Coleoptera.	Chrysomellidae.
Coleoptera.	Tenebrionidae.
Coleoptera.	Endomychilidae.
Diptera.	Mycetophilidae.
Diptera.	Stratiomyidae.
Diptera.	Drosophylidae.

Fuente: ACOSTA, U.L. *et al.*

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. Las larvas se comen entonces el sustrato, el hongo y contaminan con otros hongos el pastel. En estos casos es necesaria la limpieza constante de anaqueles y paredes con jabón y cloro para matar huevos y larvas. Para el control de estas plagas e insectos asociados, se recomienda el aislamiento de los locales y la colocación de trampas. Dos trampas que funcionan muy bien son: 1) tiras de polietileno untadas de aceite comestible y colocadas a través de los estantes o, 2) recipientes plásticos o de vidrio con un líquido atrayente como cerveza o miel de cacao, a la cual se le pone en la boca un embudo con el orificio muy pequeño, de tal manera que el insecto pueda entrar pero no salir. Existen trampas comerciales para insectos voladores. Otra forma adecuada resulta mezclando insecticidas con alimento atrayente. Es posible usar los insecticidas para uso ambiental y como un último recurso las fumigaciones con piretroides, un remedio muy eficaz es el uso de aspersiones de infusión de raíz de flor de muerto (*Tagetes erecta*) (ACOSTA, U.L. *et al.*).

3.11 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.

El exceso de CO₂, en la atmósfera que rodea al hongo produce que estos desarrollen estípetes más largos. La falta de humedad además de reducir el rendimiento, afecta el desarrollo de los carpóforos, los cuales pueden presentar deformaciones. 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, U.L. *et al.*).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Localización de la investigación

La investigación se llevó a cabo en dos diferentes sitios: 1) los laboratorios de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la ciudad capital. Aquí se llevó a cabo las fases de inoculación e incubación para sustratos primarios y finales. 2) La etapa de fructificación se llevó a cabo en la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa.

La ciudad universitaria se localiza geográficamente en las coordenadas 14°35'11" latitud norte y 90°35'58" longitud oeste, y a una altitud media de 1,502 msnm (INSIVUMEH). La ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa se localiza geográficamente en las coordenadas 14°19' latitud norte y 90°59' longitud oeste, a una elevación de 400 msnm aproximadamente (BARAHONA, R.). De acuerdo a la zonificación ecológica de Holdrige, está comprendida dentro de la zona ecológica tropical húmeda que es caracterizada por una precipitación que varía entre los 2000 a 4000 mm y con una biotemperatura menor de 24 grados centígrados. Con base al registro de los últimos diez años de la estación meteorológica tipo "B" Mangalitos (Finca Pantaleón); las condiciones climáticas promedio son las siguientes:

Humedad relativa promedio anual	70%
Precipitación pluvial promedio anual	3721 mm
Días de lluvia promedio anual	190
Temperatura mínima promedio anual	20.77 °C
Temperatura máxima promedio anual	31.54 °C
Temperatura promedio anual	26.15 °C
Evaporación promedio anual	1.597mm

Fuente: Estación meteorológica tipo "B" Mangalitos

4.2 Zona de vida

Según el mapa de zonas de vida a un nivel de reconocimiento de la República de Guatemala, a escala 1:600,000; publicado por el Instituto Nacional Forestal, la ciudad de Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida: Bosque húmedo subtropical templado (Bh-st) (INSTITUTO NACIONAL FORESTAL, Guatemala.).

Según el INSIVUMEH, las condiciones climáticas para el área del centro universitario son las siguientes: Precipitación media anual: 1,212.2 mm distribuidos en 110 días en los meses de mayo a octubre; Temperatura media anual: 18.3 grados

centígrados; Humedad relativa media: 79 por ciento; Insolación promedio: 6.65 horas/día (INSIVUMEH).

5. OBJETIVOS

5.1 General

- 5.1.1 Determinar el efecto enriquecedor de la pulpa de café sobre la cáscara de cacao y el bambú en la producción de *Pleurotus ostreatus*.
- 5.1.2 Contribuir al proyecto colecta, domesticación y producción de hongos, perteneciente a la Universidad de San Carlos de Guatemala; en la identificación de materiales de fácil obtención y que tengan poco o ningún uso comercial.

5.2 Específicos

- 5.2.1 Cuantificar la eficiencia biológica del bambú, la cáscara de cacao y la pulpa de café para este experimento.
- 5.2.2 Cuantificar el efecto de la pulpa de café en el incremento de la eficiencia biológica de los sustratos y sus mezclas.

6. HIPOTESIS

- 6.1 La eficiencia biológica será mayor en los sustratos en los que esté presente la pulpa de café.
- 6.2 El rendimiento será mayor en los sustratos en los que esté presente la pulpa de café.

7. METODOLOGÍA

7.1 Material experimental

Se utilizó como sustrato el desecho de la comercialización del cacao (*Theobroma cacao.*), conocida como cáscara y que técnicamente es el exocarpo del fruto del cacao. También se utilizaron los entrenudos del bambú (*Bambusa vulgaris. Var striata.*).

La pulpa de café (*Coffea arábica L.*) también se utilizó como tratamiento. Es un deshecho de los beneficios de café al ser procesado el producto.

La cepa de hongo utilizado es la INIREB-8 de *Pleurotus ostreatus* desarrollada en México por el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) la cepa fue seleccionada por sus buenos rendimientos al ser cultivada en pulpa de café, además de estar adaptada a regiones tropicales y subtropicales (LEON-CHOCOOJ, D.E. *et al.*), sin embargo; esta cepa fue proporcionada por el Colegio de La Frontera Sur “**ECOSUR**”, como **ECS 0110** y representa rendimientos promedio de 1,460 g de hongo fresco en pulpa de café, utilizando la cantidad de 8,989 g de sustrato húmedo (9kg) en 3 cosechas de hongo y presenta una eficiencia biológica promedio de hasta 140 por ciento (LEON-CHOCOOJ, D.E. *et al.*).

7.2 Diseño experimental

En el lugar donde se llevó a cabo la investigación existen condiciones homogéneas y no se encontró ningún gradiente que pudiera provocar variación, por lo que se optó por el diseño experimental completamente al azar con 15 tratamientos y 8 repeticiones, para hacer un total de 120 unidades experimentales. Cada unidad experimental constó de una bolsa de 454 g de sustrato seco. El modelo experimental es así:

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

Donde:

Y_{ij} = Rendimiento de hongo obtenido en la ij -ésima unidad experimental

μ = Media de los tratamientos.

τ_i = Efecto de la pulpa de café agregada a la cáscara de cacao y al bambú.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

7.3 Tratamientos

Los tratamientos se expresan en proporciones de peso seco del sustrato:

T1 = pulpa 100% (Testigo)	T9 = pulpa-bambú 10:90
T2 = cacao 100%	T10 = pulpa-bambú 20:80
T3 = Bambú 100%	T11 = pulpa-bambú 30:70
T4 = pulpa-cacao 10:90	T12 = pulpa-bambú 40:60
T5 = pulpa-cacao 20:80	T13 = pulpa-bambú 50:50
T6 = pulpa-cacao 30:70	T14 = pulpa-cacao-bambú 33:33:33
T7 = pulpa-cacao 40:60	T15 = cacao-bambú
T8 = pulpa-cacao 50:50	

7.4 Manejo del experimento

7.4.1 Procedimiento

- Se obtuvo micelio de un carpóforo , utilizando un asa estéril.
- Se inocularon 3 porciones de micelio en 1 caja de petrí conteniendo PDA (agar, papa, dextrosa), en total se inocularon 30 cajas de petri y la inoculación se realizó dentro de una cámara de flujo laminar.
- Se incubaron las 30 cajas a una temperatura de 28°C, en una incubadora microbiológica, por un lapso de 3 semanas hasta que el micelio creció en toda la superficie del agar.
- Después, se preparó el sustrato primario (sorgo) de la siguiente manera: se limpió, hidrató en agua limpia y pura durante 24horas, luego se escurrió y se pesaron porciones de 200 gr. que se colocaron en bolsas de polipapel enrollando bien el sustrato con la bolsa y sellando luego con cinta adhesiva.
- Después se pasteurizó el sustrato a 121°C durante 30 minutos, luego se dejó enfriar éste.
- Seguidamente se cuadrículó el agar en trozos de 1 cm² aproximadamente, con un bisturí estéril. Siempre dentro de la cámara de flujo laminar.
- Dentro de la cámara de flujo laminar se procedió a inocular el primario, colocando 2 cuadritos de agar por bolsa de 200 g, las cuales se cerraron procurando compactar el sustrato primario; se inocularon 60 bolsas.
- Ya inoculadas las bolsas, se procedió a incubarlas durante 21 días a una temperatura promedio de 28°C, en obscuridad, mientras que el micelio cubría todo el sustrato primario.
- Después de éste período se preparó el sustrato final, así:

- Los sustratos se fermentaron durante 10 días, posteriormente se pasteurizaron a una temperatura de 90°C durante 45 minutos. La pasteurización se realizó colocando el sustrato embolsado, en agua y esperar a que alcanzara la temperatura deseada.
 - Se llenaron bolsas transparentes de polietileno de 1 libra de sustrato final.
- j. Ya finalizado el período de incubación y teniendo listas las bolsas se procedió a realizar la siembra final en un lugar que garantizara lo mínimo de contaminación (Subárea de ciencias químicas de la FAUSAC), se mezclaron en capas alternas granos-hongo del sustrato primario y el sustrato final.
 - k. Las bolsas sembradas se cerraron con un nudo tratando de eliminar todo el aire de su interior, además se procuró dejar un hueco en la parte superior de la siembra para que mantenga humedad; luego se colocaron en anaqueles bajo oscuridad a una temperatura de 28°C durante 21 días.
 - l. Al segundo día de sembradas las bolsas, se perforaron con una tablilla con clavos estériles, procurando perforar unos 500 agujeros en promedio por bolsa, distribuidos en toda la superficie.
 - m. Finalizados los 21 días se observó un crecimiento del micelio formando una superficie blanco-algodonosa sobre el sustrato final, el sustrato estaba bien compactado. Es el momento de retirar las bolsas y colocarlas en la sala de fructificación.
 - n. En ésta fase, se controló la aireación de la sala y el riego para evitar el resecamiento del sustrato. Además se inició a tomar datos desde la aparición de primordios, para obtener las variables de respuesta.
 - o. La cosecha se llevó a cabo cortando con un bisturí estéril el estípote de abajo hacia arriba sin dañar el sustrato.
 - p. Los carpofóros frescos obtenidos por unidad experimental se pesaron para poder calcular la eficiencia biológica.

7.5 VARIABLES DE RESPUESTA

7.5.1 Eficiencia biológica

Esta variable se medirá en peso seco de hongos, y en peso fresco de hongos:

$$EB (\%) = \frac{\text{Peso fresco de hongos (g)}}{\text{Peso seco sustrato (g)}} \times 100$$

Esta variable se calculó con el peso total de hongos colectados en las primeras dos cosechas.

7.5.2 Rendimiento

Esta variable de respuesta se expresa como el porcentaje de eficiencia biológica obtenido a través del tiempo

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{EB (\%)}}{\text{Tiempo producción (días)}}$$

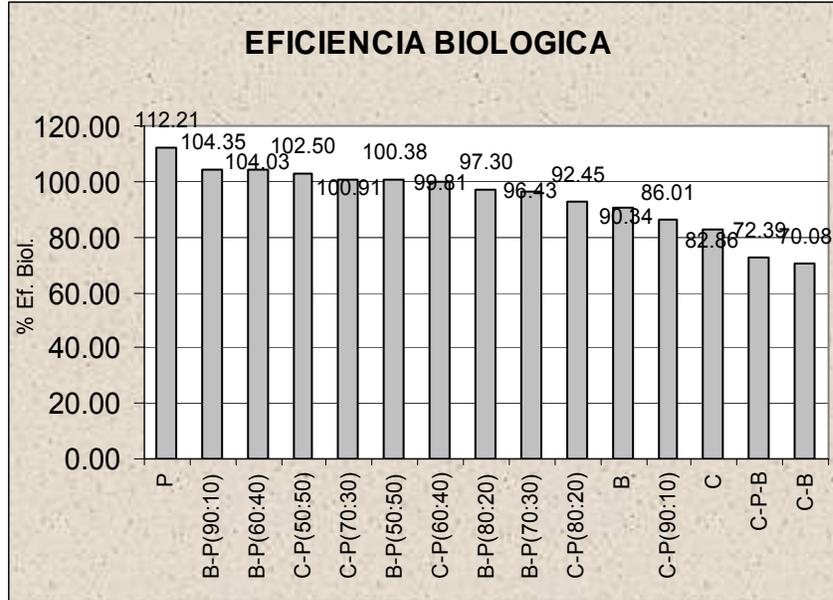
7.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existieron diferencias significativas en cada una de las variables de respuesta, después de la aplicación de tratamientos. Se utilizó una significancia de $\alpha = 0.05$. Las variables que presentaron diferencias significativas se les realizó la prueba múltiple de medias Tukey para determinar que tratamiento proporciona los mejores resultados. Para determinar la existencia de la diferencia significativa entre mezclas se realizó la prueba de contrastes ortogonales entre las mezclas de cáscara de cacao con pulpa de café vrs. Las de madera de bambú con pulpa de café.

8 RESULTADOS Y DISCUSION

8.1 EFICIENCIA BIOLOGICA

Figura 1. Eficiencia biológica de sustratos en la producción de pleurotus ostreatus



Se puede observar que las agregaciones de pulpa de café mejoran a los sustratos evaluados, los cuales sirven de testigos para su comparación. Estos resultados siguen una lógica al contenido nutricional de cada tratamiento, específicamente al contenido de celulosa y lignina de ellos. Por ejemplo la literatura indica que la pulpa de café contiene un 21% de fibra seca lo cual se traduce en lignina y celulosa y el bambú que contiene 21.9% de lignina y 66.5% de celulosa; la cáscara de cacao como tal no se encontró literatura pero si de la mazorca en su totalidad, la cual en fresco contiene 30.3% de fibra cruda y 24.7% de hemicelulosa, por lo tanto se asume que los contenidos de la cáscara de cacao son menores a los citados. Sin embargo la existencia de la diferencia significativa se observa en el cuadro 7.

Cuadro 7. ANALISIS DE VARIANZA DE EFICIENCIA BIOLOGICA

FV	GL	SC	CM	F	5%
Total	119	17943.10018	150.7823544		
Trat%	14	15944.06554	1138.9	59.819	1.79
Error	105	1999.034638	19.038		

La diferencia significativa entre tratamientos se presenta, es por eso que en el cuadro 8 se observa la prueba múltiple de medias Tukey para definir al mejor de ellos.

Cuadro 8. PRUEBA DE MEDIAS EFICIENCIA BIOLOGICA

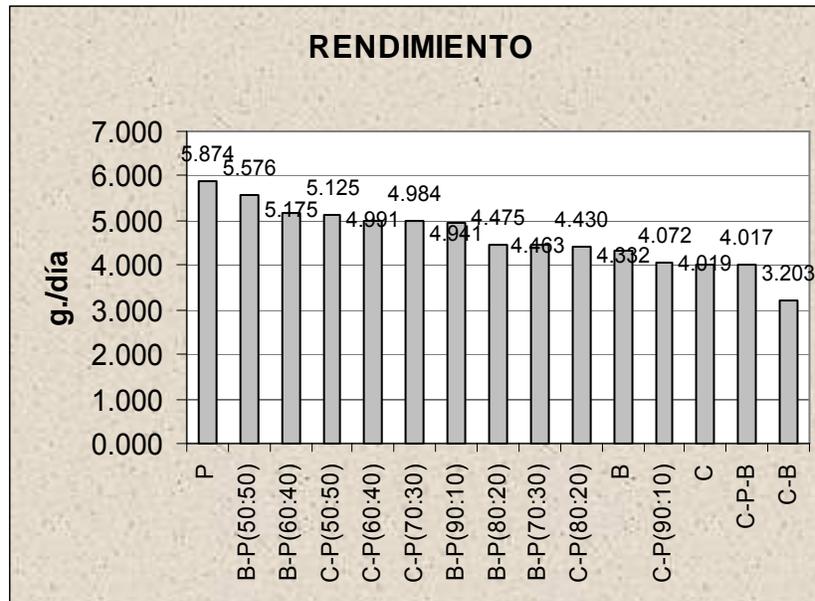
TRATAMIENTO	MEDIA	NOTACION
P	112.20	A
B-P (90:10)	104.30	B
B-P (60:40)	104.00	BC
C - P (50:50)	102.50	BC
C - P (70:30)	100.90	BC
B-P (50:50)	100.40	BC
C - P (60:40)	99.81	BCD
B-P (80:20)	97.30	BCDE
B-P (70:30)	96.43	CDE
C - P (80:20)	92.45	DEF
B	90.34	EFG
C - P (90:10)	86.01	FG
C	82.86	G
C-P-B	72.39	H
C-B	70.08	H

El mejor de los tratamientos es la pulpa de café, sin embargo todas las mezclas de pulpa de café con cáscara de cacao o madera de bambú superan a sus testigos, además no se puede decir que las agregaciones de pulpa a la cáscara de cacao son mejores que las agregaciones de pulpa a la madera de bambú o viceversa ya que no existe una tendencia clara de algunas sobre otras, para poder observar esto se realizó la prueba de contrastes ortogonales la cual se muestra en el cuadro 11. No existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de pulpa agregada a los sustratos y las eficiencias biológicas obtenidas. La mezcla de los tratamientos testigo (C-P-B) solamente ratifica la hipótesis planteada ya que la eficiencia biológica de la mezcla de cáscara de cacao con la madera de bambú (C-B) es inferior a la obtenida por la mezcla de los tres testigos.

8.2 RENDIMIENTO

El rendimiento es importante porque indica la tasa de producción diaria de *Pleurotus ostreatus* la cual sirve para determinar al igual que la eficiencia biológica al mejor de los tratamientos. Un buen sustrato no es solamente aquel que produce más hongo sino que lo es el que lo produce pero que además lo hace en la menor cantidad de tiempo.

Figura 2. Rendimiento de sustratos en la producción de *Pleurotus ostreatus*



La pulpa de café sigue siendo el mejor tratamiento ya que presenta una tasa de crecimiento diaria de 5.874 gramos de hongo, en cuanto a rendimiento el peor de los tratamientos parece ser la mezcla de cáscara de cacao con bambú aunque se necesita saber si existe o no diferencias significativas entre tratamientos. El análisis de varianza se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. ANALISIS DE VARIANZA RENDIMIENTO

FV	GL	SC	CM	F	5%
Total	119	59.64667	0.50123		
Trat%	14	52.8913	3.8	58.721	1.79
Error	105	6.755361	0.064		

Se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. La prueba de medias Tukey mostrada en el cuadro 10 sirve para definir al mejor tratamiento aunque las comparaciones entre mezclas se observa en la prueba de contrastes ortogonales presentada en el cuadro 11.

Cuadro 10. PRUEBA DE MEDIAS RENDIMIENTO

TRATAMIENTO	MEDIA	NOTACION
P	5.873	A
B-P (50:50)	5.576	AB
B-P (60:40)	5.175	BC
C - P (50:50)	5.125	C
C - P (60:40)	4.990	C
C - P (70:30)	4.984	C
B-P (90:10)	4.941	C
B-P (80:20)	4.475	D
B-P (70:30)	4.463	DE
C - P (80:20)	4.430	DE
B	4.332	DE
C - P (90:10)	4.072	DE
C	4.019	E
C-P-B	4.017	E
C-B	3.202	F

Se observa la formación de varios grupos de tratamientos, en donde el mejor es la pulpa de café, seguida de la mezcla B-P (50:50) que a su vez es seguida por la mezcla B-P (60:40). Después siguen más grupos estadísticos conformados pero se observa que en cuanto a las mezclas no existe una relación directamente proporcional a la cantidad de pulpa de café agregada. Además se observa que los tratamientos que se les agregó pulpa de café mejoraron su rendimiento con respecto al testigo, con lo cual se estaría aceptando la hipótesis. Para observar si existe alguna diferencia significativa entre las mezclas de pulpa de café con cáscara de cacao y las mezclas de pulpa de café con madera de bambú se realizó la prueba de contrastes ortogonales, la cual se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. CONTRASTE MEZCLAS DE CACAO Vrs. MEZCLAS DE MADERA DE BAMBÚ

Tratamiento	Vrs.	Tratamiento	Diferencia significativa	
			Ef. Biológica	Rendimiento
Mezclas de cacao y pulpa		Mezclas de Bambú y pulpa	*	*
96.34		100.50		
4.720		4.926		

Esta prueba indica claramente la diferencia significativa entre ambas mezclas tanto para eficiencia biológica como para rendimiento y sobresalen las mezclas de bambú y pulpa con una eficiencia biológica promedio de 100.50 y un rendimiento de 4.926 g/día sobre las mezclas de cáscara de cacao y pulpa con una eficiencia biológica promedio de 96.34 y un rendimiento de 4.720 g/día.

9 CONCLUSIONES

- La eficiencia biológica del bambú es de 90.34 por ciento, para la cáscara de cacao es de 82.86 por ciento y para la pulpa de café es de 112.20 por ciento.
- La pulpa de café incrementó la eficiencia biológica de los sustratos de ésta forma:

CACAO	UTILIZANDO % PULPA	BAMBU
4.29	10	13.96
9.59	20	6.96
18.04	30	6.09
16.95	40	13.66
19.64	50	10.06

- Las mezclas de madera de bambú con pulpa de café son superiores a las mezclas de cáscara de cacao con pulpa de café.
- La mezcla de los dos sustratos en estudio (Cáscara de cacao y bambú) no incrementó su eficiencia biológica sino que la disminuyó en 20.26 por ciento con respecto al bambú y en 12.78 por ciento con respecto a la cáscara de cacao.
- La mezcla de los tres sustratos en estudio (cáscara de cacao, bambú y pulpa de café) no incrementó su eficiencia biológica sino que disminuyó en 17.95 por ciento con respecto al bambú, 10.47 por ciento con respecto a la cáscara de cacao y en 39.82 por ciento con respecto a la pulpa de café.

10 RECOMENDACIONES

- Agregar pulpa de café a la cáscara de cacao y al bambú ya que se mejora la eficiencia biológica de cada uno de ellos y se les da un nuevo valor agregado el cual es el uso alimentario.
- Si se quisiera determinar exactamente el porcentaje de pulpa a agregar para obtener el mayor incremento de eficiencia biológica se debe de realizar más de una vez la evaluación ya que los datos analizados en éste documento se obtuvieron de una evaluación realizada una sola vez en una época del año bajo condiciones climatológicas específicas las cuales pueden variar de una época a otra.

11 BIBLIOGRAFIA

1. Acosta, UL; Bustos, Z. 1998. Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en la planta PROBIOTEC. Tesis. Q.F.B. Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas. 57 p.
2. Barahona, R. 1982. Estudio detallado de suelos de la empresa Pantaleón, S.A. Guatemala, Pantaleón. 100 p.
3. Coutiño A, JL. 1981. Utilización de la cáscara de cacao en sustitución de sorgo, para la suplementación de bovinos en pastoreo. Chapingo (MX) no. 31-32:74-78.
4. Diaz-Barriga, H. 1992. Hongos comestibles y venenosos de la cuenca del lago Pátzcuaro, Michoacán. México, CIDEM. 148 p.
5. España, H. 2001. Evaluación de la utilización de frutos de cushin (*Inga micheliana*) y frutos de hule (*Hevea brasiliensis*) para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 39 p.
6. Estación Meteorológica Tipo "B" Mangalitos, finca Pantaleón, GT. Datos climáticos de la finca Pantaleón [2003].

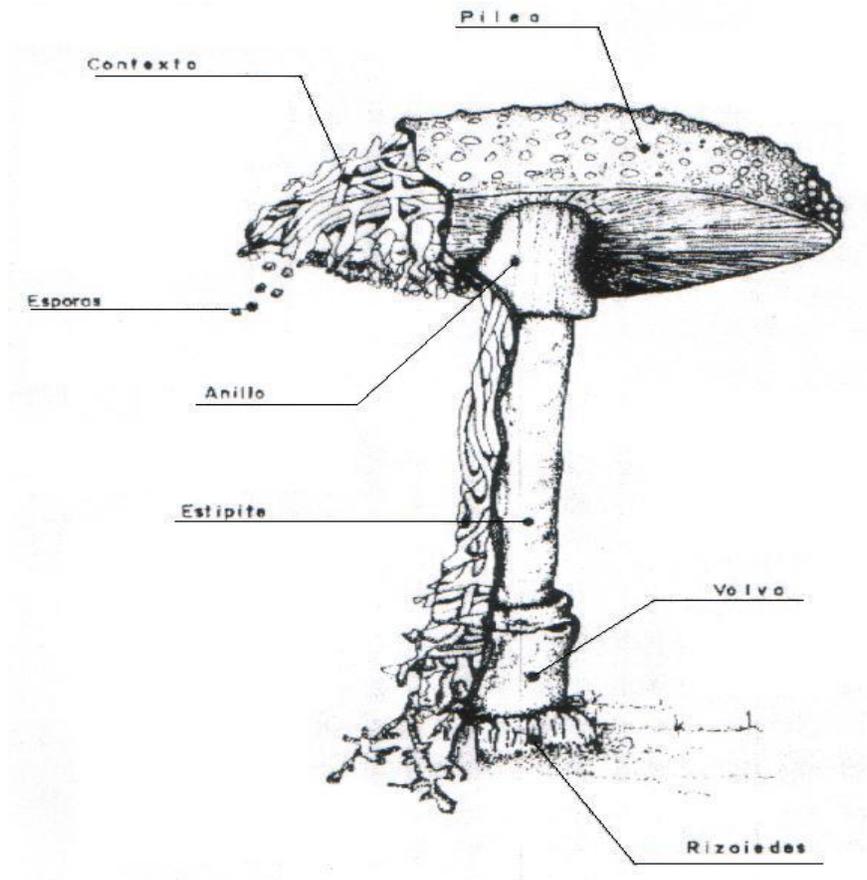
Sin publicar.
7. Fernández, J; Bressani, R. 2000. Valor nutritivo de la cáscara de cacao en la alimentación animal. Agricultura (GT) 3(31):54-56.
8. García Ramos, DA. 2000. Utilización de rastrojos de maíz (*Zea mays* L.) y cascarilla de arroz (*Oriza sativa* L.) como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 37 p.
9. Girón De León, DF. 2000. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulosicos derivados de la agroindustria de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 53 p.
10. Hidalgo López, O. 1974. Bambú su cultivo y aplicaciones: fabricación de papel; construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía. Colombia, Estudios Técnicos Colombianos. 318 p.
11. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1993. Mapa de zonas de vida de la república de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. Esc. 1:600,000. 4 p.
12. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). Tarjetas de registros climáticos de la estación experimental del INSIVUMEH de los años 1937-1990.

Sin publicar.

13. Lee Pazos, JE. 1990. Determinación de macro y micronutrientes existentes en la pulpa de café sometida a degradación enzimática para su utilización como abono orgánico. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 83 p.
14. León-Chocooj, DE *et al.* 1988. Planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus.*) en Guatemala. Revista Mexicana de Micología (MX) 4:296-301.
15. 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.

12. ANEXO

Figura 3. PARTES DE HONGO



Cuadro 12. RESULTADOS UNIDADES EXPERIMENTALES

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	P	500.10	454	19	110.15	5.798
2	P	499.09	454	20	109.93	5.497
3	P	507.72	454	20	111.83	5.592
4	P	518.62	454	19	114.23	6.012
5	P	505.45	454	19	111.33	5.860
6	P	525.88	454	19	115.83	6.096
7	P	506.01	454	18	111.46	6.192
8	P	512.48	454	19	112.88	5.941

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C	375.26	454	21	82.66	3.936
2	C	388.24	454	21	85.52	4.072
3	C	440.09	454	21	96.94	4.616
4	C	394.5	454	20	86.89	4.345
5	C	363.14	454	20	79.99	3.999
6	C	359.31	454	21	79.14	3.769
7	C	324.68	454	21	71.52	3.405
8	C	364.15	454	20	80.21	4.010

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	B	400.15	454	21	88.14	4.197
2	B	430.11	454	22	94.74	4.306
3	B	420.13	454	21	92.54	4.407
4	B	435.11	454	20	95.84	4.792
5	B	417.86	454	20	92.04	4.602
6	B	398.79	454	21	87.84	4.183
7	B	404.58	454	21	89.11	4.244
8	B	374.32	454	21	82.45	3.926

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C-P (90:10)	389.14	454	21	85.71	4.082
2	C-P (90:10)	374.73	454	21	82.54	3.930
3	C-P (90:10)	398.17	454	22	87.70	3.986
4	C-P (90:10)	409.49	454	21	90.20	4.295
5	C-P (90:10)	411.16	454	21	90.56	4.313
6	C-P (90:10)	354.33	454	21	78.05	3.716
7	C-P (90:10)	368.62	454	21	81.19	3.866
8	C-P (90:10)	418.41	454	21	92.16	4.389

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C-P (80:20)	425.36	454	21	93.69	4.462
2	C-P (80:20)	410.51	454	20	90.42	4.521
3	C-P (80:20)	401.63	454	21	88.46	4.213
4	C-P (80:20)	436.62	454	21	96.17	4.580
5	C-P (80:20)	456.38	454	21	100.52	4.787
6	C-P (80:20)	412.51	454	21	90.86	4.327
7	C-P (80:20)	405.63	454	21	89.35	4.255
8	C-P (80:20)	409.33	454	21	90.16	4.293

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C-P (70:30)	455.14	454	20	100.25	5.013
2	C-P (70:30)	463.25	454	21	102.04	4.859
3	C-P (70:30)	431.75	454	20	95.10	4.755
4	C-P (70:30)	449.68	454	20	99.05	4.952
5	C-P (70:30)	469.71	454	21	103.46	4.927
6	C-P (70:30)	481.32	454	20	106.02	5.301
7	C-P (70:30)	462.25	454	20	101.82	5.091
8	C-P (70:30)	451.79	454	20	99.51	4.976

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C-P (60:40)	450.33	454	20	99.19	4.960
2	C-P (60:40)	462.41	454	20	101.85	5.093
3	C-P (60:40)	451.72	454	20	99.50	4.975
4	C-P (60:40)	410.24	454	20	90.36	4.518
5	C-P (60:40)	463.86	454	20	102.17	5.109
6	C-P (60:40)	482.19	454	20	106.21	5.310
7	C-P (60:40)	435.64	454	20	95.96	4.798
8	C-P (60:40)	468.59	454	20	103.21	5.161

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C-P (50:50)	470.23	454	20	103.57	5.179
2	C-P (50:50)	462.15	454	20	101.80	5.090
3	C-P (50:50)	451.28	454	20	99.40	4.970
4	C-P (50:50)	495.62	454	20	109.17	5.458
5	C-P (50:50)	459.17	454	20	101.14	5.057
6	C-P (50:50)	439.28	454	20	96.76	4.838
7	C-P (50:50)	475.25	454	20	104.68	5.234
8	C-P (50:50)	469.78	454	20	103.48	5.174

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	B-P (90:10)	460.8	454	21	101.50	4.833
2	B-P (90:10)	466.34	454	22	102.72	4.669
3	B-P (90:10)	469.47	454	21	103.41	4.924
4	B-P (90:10)	445.12	454	21	98.04	4.669
5	B-P (90:10)	494.73	454	21	108.97	5.189
6	B-P (90:10)	479.31	454	21	105.57	5.027
7	B-P (90:10)	484.14	454	21	106.64	5.078
8	B-P (90:10)	490.03	454	21	107.94	5.140

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	B-P (80:20)	440.35	454	21	96.99	4.619
2	B-P (80:20)	420.41	454	22	92.60	4.209
3	B-P (80:20)	445.04	454	22	98.03	4.456
4	B-P (80:20)	435.65	454	22	95.96	4.362
5	B-P (80:20)	442.76	454	21	97.52	4.644
6	B-P (80:20)	468.42	454	23	103.18	4.486
7	B-P (80:20)	422.16	454	21	92.99	4.428
8	B-P (80:20)	459.12	454	22	101.13	4.597

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	B-P (70:30)	439.24	454	22	96.75	4.398
2	B-P (70:30)	410.15	454	22	90.34	4.106
3	B-P (70:30)	454.32	454	21	100.07	4.765
4	B-P (70:30)	431.14	454	22	94.96	4.317
5	B-P (70:30)	445.81	454	22	98.20	4.463
6	B-P (70:30)	457.67	454	21	100.81	4.800
7	B-P (70:30)	438.25	454	22	96.53	4.388
8	B-P (70:30)	425.73	454	21	93.77	4.465

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	B-P (60:40)	470.82	454	21	103.70	4.938
2	B-P (60:40)	480.51	454	21	105.84	5.040
3	B-P (60:40)	465.74	454	20	102.59	5.129
4	B-P (60:40)	441.03	454	20	97.14	4.857
5	B-P (60:40)	484.94	454	20	106.81	5.341
6	B-P (60:40)	495.41	454	19	109.12	5.743
7	B-P (60:40)	460	454	20	101.32	5.066
8	B-P (60:40)	480.03	454	20	105.73	5.287

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	B-P (50:50)	450.03	454	18	99.13	5.507
2	B-P (50:50)	470.32	454	18	103.59	5.755
3	B-P (50:50)	439.27	454	18	96.76	5.375
4	B-P (50:50)	468.16	454	18	103.12	5.729
5	B-P (50:50)	485.04	454	18	106.84	5.935
6	B-P (50:50)	445.71	454	18	98.17	5.454
7	B-P (50:50)	431.84	454	18	95.12	5.284
8	B-P (50:50)	455.23	454	18	100.27	5.571

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C-P-B	329.65	454	19	72.61	3.857
2	C-P-B	290.45	454	16	63.98	4.018
3	C-P-B	338.16	454	22	74.48	3.433
4	C-P-B	341.23	454	16	75.16	4.768
5	C-P-B	321.04	454	18	70.71	3.986
6	C-P-B	355.83	454	22	78.38	3.603
7	C-P-B	332.23	454	19	73.18	3.926
8	C-P-B	320.61	454	16	70.62	4.546

Réplica	Tratamiento	Hongo Producido Gr.	Sustrato Seco gr.	Días en Producir	Eficiencia Biológica	Rendimiento
1	C-B	315.19	454	22	69.43	3.157
2	C-B	310.1	454	25	68.30	2.782
3	C-B	280.55	454	18	61.80	3.386
4	C-B	368.01	454	24	81.06	3.416
5	C-B	325.74	454	23	71.75	3.075
6	C-B	294.43	454	19	64.85	3.408
7	C-B	320.87	454	21	70.68	3.326
8	C-B	330.25	454	24	72.74	3.070

ANALISIS ESTADISTICO (MSTAT)

Data file: ←&k0S←&k2GTESIS←&k0S

Title: Análisis datos de tesis

Function: ANOVA-1

Data case no. 1 to 120

One way ANOVA grouped over variable 2 (TRAT Tratamiento)
with values from 1 to 15.

Variable 3 (EFICIEN Eficiencia Biológica)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	15944.065	1138.862	59.819	0.0000
Within	105	1999.035	19.038		

Total 119 17943.100
Coefficient of Variation = 4.64%

Var. 2	VARIABLE Number	No. 3 Sum	Average	SD	SE
1	8.00	897.640	112.205	2.02	1.54
2	8.00	662.870	82.859	7.36	1.54
3	8.00	722.700	90.337	4.35	1.54
4	8.00	688.110	86.014	5.04	1.54
5	8.00	739.630	92.454	4.10	1.54
6	8.00	807.250	100.906	3.26	1.54
7	8.00	798.450	99.806	4.88	1.54
8	8.00	820.000	102.500	3.71	1.54
9	8.00	834.790	104.349	3.63	1.54
10	8.00	778.400	97.300	3.63	1.54
11	8.00	771.430	96.429	3.42	1.54
12	8.00	832.250	104.031	3.72	1.54
13	8.00	803.000	100.375	3.91	1.54
14	8.00	579.120	72.390	4.23	1.54
15	8.00	560.610	70.076	5.74	1.54
Total	120.00	11296.250	94.135	12.28	1.12
Within				4.36	

Bartlett's test

Chi-square = 15.295

Number of Degrees of Freedom = 14

Approximate significance = 0.358

Variable 4 (REND Rendimiento)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	52.891	3.778	58.721	0.0000
Within	105	6.755	0.064		

Total 119 59.647
Coefficient of Variation = 5.46%

Var. 2	VARIABLE Number	Sum	No. 4 Average	SD	SE
1	8.00	46.988	5.873	0.24	0.09
2	8.00	32.152	4.019	0.36	0.09
3	8.00	34.657	4.332	0.27	0.09
4	8.00	32.577	4.072	0.24	0.09
5	8.00	35.438	4.430	0.20	0.09
6	8.00	39.874	4.984	0.16	0.09
7	8.00	39.924	4.990	0.24	0.09
8	8.00	41.000	5.125	0.19	0.09
9	8.00	39.529	4.941	0.20	0.09
10	8.00	35.801	4.475	0.15	0.09
11	8.00	35.702	4.463	0.23	0.09
12	8.00	41.401	5.175	0.28	0.09
13	8.00	44.610	5.576	0.22	0.09
14	8.00	32.137	4.017	0.45	0.09
15	8.00	25.620	3.202	0.22	0.09
Total	120.00	557.410	4.645	0.71	0.06
Within				0.25	

Bartlett's test

Chi-square = 16.761

Number of Degrees of Freedom = 14

Approximate significance = 0.269

Data File : ←&k0S←&k2GTESIS←&k0S

Title : Análisis datos de tesis

Case Range : 121 - 135

Variable 3 : EFICIEN Eficiencia Biológica

Function : ←&k0S←&k2GRANGE←&k0S

Error Mean Square = 19.04

Error Degrees of Freedom = 105

No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test

$s_{\bar{x}} = 1.543$ at $\alpha = 0.050$

x

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 112.2 A	Mean 1 = 112.2 A
Mean 2 = 82.86 G	Mean 9 = 104.3 B
Mean 3 = 90.34 EFG	Mean 12 = 104.0 BC
Mean 4 = 86.01 FG	Mean 8 = 102.5 BC
Mean 5 = 92.45 DEF	Mean 6 = 100.9 BC
Mean 6 = 100.9 BC	Mean 13 = 100.4 BC
Mean 7 = 99.81 BCD	Mean 7 = 99.81 BCD
Mean 8 = 102.5 BC	Mean 10 = 97.30 BCDE
Mean 9 = 104.3 B	Mean 11 = 96.43 CDE
Mean 10 = 97.30 BCDE	Mean 5 = 92.45 DEF
Mean 11 = 96.43 CDE	Mean 3 = 90.34 EFG
Mean 12 = 104.0 BC	Mean 4 = 86.01 FG
Mean 13 = 100.4 BC	Mean 2 = 82.86 G
Mean 15 = 70.08 H	Mean 14 = 72.39 H
Mean 14 = 72.39 H	Mean 15 = 70.08 H

←&k0S←&k2G♀

Variable 4 : REND Rendimiento

Function : ←&k0S←&k2GRANGE←&k0S

Error Mean Square = 0.06400

Error Degrees of Freedom = 105

No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test

$s_{\bar{x}} = 0.08944$ at $\alpha = 0.050$

x

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 5.873 A	Mean 1 = 5.873 A
Mean 2 = 4.019 E	Mean 13 = 5.576 AB
Mean 3 = 4.332 DE	Mean 12 = 5.175 BC
Mean 4 = 4.072 DE	Mean 8 = 5.125 C
Mean 5 = 4.430 DE	Mean 7 = 4.990 C
Mean 6 = 4.984 C	Mean 6 = 4.984 C
Mean 7 = 4.990 C	Mean 9 = 4.941 C
Mean 8 = 5.125 C	Mean 10 = 4.475 D
Mean 9 = 4.941 C	Mean 11 = 4.463 DE
Mean 10 = 4.475 D	Mean 5 = 4.430 DE
Mean 11 = 4.463 DE	Mean 3 = 4.332 DE
Mean 12 = 5.175 BC	Mean 4 = 4.072 DE
Mean 13 = 5.576 AB	Mean 2 = 4.019 E
Mean 14 = 4.017 E	Mean 14 = 4.017 E
Mean 15 = 3.202 F	Mean 15 = 3.202 F

Eficiencia biológica**Orthogonal Contrast: Mezcla CP Vrs. Mezcla BP**

Treat.	Coeff.	Treat.	Coeff.	Treat.	Coeff.
1	0.00	6	1.00	11	-1.00
2	0.00	7	1.00	12	-1.00
3	0.00	8	1.00	13	-1.00
4	1.00	9	-1.00	14	0.00
5	1.00	10	-1.00	15	0.00

Sum of Squares: 346.237
 Effect: -2.080
 Error: 0.488
 F value: 18.186
 Probability: 0.000

Rendimiento**Orthogonal Contrast: Mezcla CP Vrs. Mezcla BP**

Treat.	Coeff.	Treat.	Coeff.	Treat.	Coeff.
1	0.00	6	1.00	11	-1.00
2	0.00	7	1.00	12	-1.00
3	0.00	8	1.00	13	-1.00
4	1.00	9	-1.00	14	0.00
5	1.00	10	-1.00	15	0.00

Sum of Squares: 0.847
 Effect: -0.103
 Error: 0.028
 F value: 13.160
 Probability: 0.000