

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS



EVALUACIÓN DE PAJA DE TRIGO, *Triticum sativum*; BROZA DE ENCINO, *Quercus sp.* Y RASTROJO DE MAIZ, *Zea mays*; PARA EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES EN SAN RAFAEL LA INDEPENDENCIA, HUEHUETENANGO

EDWIN AROLDO ROJAS DOMINGO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

**EVALUACIÓN DE PAJA DE TRIGO, *Triticum sativum*; BROZA DE ENCINO, *Quercus sp.* Y
RASTROJO DE MAIZ, *Zea mays*; PARA EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus
ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES EN SAN RAFAEL LA INDEPENDENCIA,
HUEHUETENANGO**

TESIS

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

POR

EDWIN AROLD ROJAS DOMINGO

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2004

Guatemala, Febrero de 2004

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

Señores miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DE PAJA DE TRIGO, *Triticum sativum*; BROZA DE ENCINO, *Quercus sp.* Y RASTROJO DE MAIZ, *Zea mays*; PARA EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES EN SAN RAFAEL LA INDEPENDENCIA, HUEHUETENANGO

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación, me suscribo de ustedes.

Edwin Aroldo Rojas Domingo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Dr. Ariel Abderraman Ortíz López
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Pelaez Reyes
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortíz
VOCAL CUARTO	Br. Luis Antonio Raguay Pirique
VOCAL QUINTO	Br. Juan Manuel Corea Ochoa

ACTO QUE DEDICO

A:

JEHOVÁ Porque El es bueno; y para siempre es su misericordia, y su verdad por todas las generaciones. Porque El da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.

MIS PADRES

Pedro Rojas Díaz e Isidora Candelaria Domingo de Rojas, por darme la oportunidad de estudiar y enseñarme su amor y comprensión con sus múltiples esfuerzo. Gracias. Los amo con todo mi corazón.

MIS ABUELOS

Marciano Rojas (QPD) y Guadalupe Díaz viuda de Rojas; Baltasar Domingo Juárez y María Gregoria Díaz de Domingo, con cariño y respeto, Gracias por su amor.

MIS HERMANOS.

Pedro de Jesús y María Guadalupe, con esperanza de que ustedes logren mayores éxitos; y a Sandra Anabella, gracias compañera por estar a mi lado y apoyarme.

MIS TIOS Y TIAS

Israel Rojas, Jesús Marcelino Rojas, Juan Rojas, Alfredo Rojas, Eduardo Rojas; y sus respectivas familias. Antonio Fabián, Anselmo, Juan Alejandro (QPD), Roselio (QPD), Romelia, Lidia y Anita Delgado. Gracias por su cariño. Especialmente a Walter Rojas, gracias por tu compañía, David Rojas y Patricia de León de Rojas, muchas gracias por tomar la responsabilidad de guiarme, los amo en el amor de nuestro Dios, a El sea la gloria.

MIS PRIMOS Y PRIMAS

Marvin, Alexis, Jesus Aroldo, Chanito, Marili; Josué, Nimci, Anabella; Hans, Isabel Eunice, Haris, Adelupe; José David, Pablo Andres; Alex, Mireya; Geovany, Pedro Emmanuel, Pedro Antonio, Luisito, Mariela; Roselio Alejandro, Santiago, Dannya. Especialmente a Luz Ester y Eric David.

MIS AMIGOS

Julio Cesar, Luis Antonio, Fito (QPD), Ludvin, Josias, Sebastián, Leandra Micaela, Juan Daniel, Feipe, Victor y Vicky, Ing. Nery Cobón Cesar Boteo, Jeremías Coronado, Luis Gutiérrez, Tomás Fernández, Pablo López; especialmente a la promoción 94-96 de la ENCA y a la 97 de la FAUSAC;

IGLESIA CRISTIANA “COMPAÑERISMO”

Especialmente al Pastor Elías Franco y Esposa.

TESIS QUE DEDICO

A:

JEHOVÁ

Mi Patria Guatemala.

Mi pueblo: Jacaltenango, Huehuetenango.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía USAC.

Escuela Nacional Central de Agricultura.

Escuela de Formación Agrícola, Jacaltenango.

Escuela Oficial Urbana Mixta “Dr. Epaminondas Quintana”

Mis catedráticos

Mis Asesores: In.Ag. Adalberto Rodríguez, Lic. Julio Chinchilla

Cooperativa Rafaeleña, San Rafael La Independencia

Compañeros de trabajo (CETE) y todas aquellas personas que contribuyeron en mi formación profesional

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 Marco Conceptual	3
3.1.1 Antecedentes	3
3.1.2 Generalidades de los hongos	3
3.1.2.1 Biología y reproducción.	3
3.1.2.2 Aspectos sobre comestibilidad de hongos	4
3.1.2.3 Valor nutritivo de los hongos	4
3.1.2.4 Especies de setas cultivadas industrialmente	5
3.1.3 Hongos macromicetos	6
3.1.4 Consideraciones acerca del genero <i>Pleurotus</i>	9
3.1.4.1 Taxonomía del hongo <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u>	10
3.1.4.2 Morfología de <i>Pleurotus</i>	10
3.1.5 Generalidades sobre su cultivo	10
3.1.5.1 Cultivo sobre troncos cortados	11
3.1.5.2 Cultivo sobre tocones de madera	11
3.1.5.3 Cultivo sobre paja de cereales	11
3.1.6 Cultivo de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u>	11
3.1.6.1 Producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u>	11
3.1.6.2 Preparación del inóculo	12
3.1.6.3 Preparación del sustrato	12
3.1.6.4 Siembra e incubación	13
3.1.6.5 Fructificación	13
3.1.6.6 Cosecha	14
3.1.7 Rendimientos	15
3.1.8 Eficiencia biológica	15

3.1.9	Contaminación, plagas y enfermedades	15
3.1.9.1	Contaminación	15
3.1.9.2	Plagas	15
3.1.9.3	Enfermedades	16
3.1.10	Recolección y comercialización	16
3.1.11	Sustratos	17
3.1.11.1	Paja de trigo (<i>Triticum sativum</i>)	17
3.1.11.2	Caña de milpa (<i>Zea mays</i>)	18
3.1.11.3	broza de encino (<i>Quercus sp</i>)	18
3.1.12	Análisis bromatológico	19
3.1.12.1	Análisis químico proximal	19
3.1.12.2	Extracto etéreo (E.E.)	19
3.1.12.3	Cenizas o minerales totales	19
3.1.12.4	Fibra cruda	20
3.1.12.5	Proteína cruda	20
3.1.12.5	Extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)	20
3.1.13	Información contable	20
3.1.14	Evaluación financiera de proyectos de inversión	21
3.1.14.1	Valor actual neto (VAN)	21
3.1.14.2	Tasa interna de retorno (TIR)	21
3.1.14.3	Relación beneficio / costo (b/c)	22
3.1.15	Diseño completamente al azar	22
3.2	Marco referencial	23
3.2.1	Historia	23
3.2.2	Extensión territorial	24
3.2.3	Zona de vida	24
3.2.3.1	Bosque Húmedo Montañoso Bajo Subtropical (BHMBBS)	24
3.2.3.2	Bosque Muy Húmedo Montañoso Bajo Subtropical (BMHMBS)	24
3.2.4	Ocupaciones principales	24
3.2.5	Otras alternativas productivas	24
3.2.6	Tenencia de la tierra	25

3.2.7	Uso de la tierra	25
3.2.8	Características del área de estudio	25
3.2.9	Investigaciones realizadas en cultivo de hongos	25
3.2.9.1	Broza de encino <i>Quercus sp.</i>	25
3.2.9.2	Caña de milpa <i>Zea mays</i>	26
3.2.9.3	Paja de trigo <i>Triticum sativum</i>	26
4.	OBJETIVOS	27
4.1	General	27
4.2	Específicos	27
5.	HIPÓTESIS	27
6.	METODOLOGÍA	28
6.1	Material experimental	28
6.2	Diseño experimental	28
6.4	Materiales utilizados	29
6.4.1	Para instalación y desarrollo de cultivo	29
6.5	Manejo del experimento	29
6.5.1	Procedimiento	29
6.5.1.1	Preparación del inóculo primario y secundario	29
6.5.1.2	Preparación del sustrato en adelante	29
6.6	Variable de respuesta	31
6.7	Análisis de la información	31
6.7.1	Análisis estadístico	31
6.7.2	Análisis financiero	32
7.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
7.1	Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	33
7.2	Eficiencia biológica en sustratos	36
7.3	Consumo de lignina	39
7.4	Análisis económico	40
8.	CONCLUSIONES	48
9.	RECOMENDACIONES	49
10.	BIBLIOGRAFÍA	52
11.	ANEXOS	55

INDICE DE CUADROS

	Cuadro	Página
1.	Valor alimenticio de diferentes alimentos en peso fresco	4
2.	Composición proximal de algunas especies de hongos comestibles (por ciento de peso fresco).	5
3.	Indicaciones para el cultivo de otros hongos saprofiticos	6
4.	Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de <i>Pleurotus</i>	9
5.	Fases del cultivo de la seta <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u>	14
6.	Composición química de los residuos de cosecha	17
7.	Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz	18
8.	Tratamientos, claves y descripción.	28
9.	Arreglo espacial (en invernadero) de unidades experimentales	29
10.	Producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> por tratamiento (onzas)	33
11.	Análisis de varianza para producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> en peso fresco	34
12.	Prueba de Tukey para análisis de varianza sobre producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> en peso fresco	35
13.	Resumen Prueba de Tukey para Análisis de varianza sobre producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> en peso fresco	35
14.	Eficiencia biológica (E.B.) por tratamientos para producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> (en porcentaje).	36
15.	Análisis de varianza para eficiencia biológica por tratamientos en la producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> en peso fresco	37
16.	Prueba de Tukey para análisis de varianza sobre eficiencia biológica en la producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> en peso fresco	37
17.	Resumen Prueba de Tukey para Análisis de varianza sobre eficiencia biológica en la producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> en peso fresco	37
18.	Análisis bromatológico para Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) y Paja de Trigo + Rastrojo de Maíz (PTRM) al inicio y final del ciclo de producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> .	40
19.	Resultados económicos de la producción del hongo comestible <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u>	41
20.	Materias Primas	42

21.	Mano de Obra	42
22.	Integración de costos variables, en Quetzales	42
23.	Costos Invernadero, en Quetzales	43
24.	Inversión Requerida ,en Quetzales	43
25.	Depreciaciones, en Quetzales	43
26.	Integración de Costos Totales, en Quetzales	43
27.	Flujo de Efectivo Proyectado	44
28.	Cuadro de Estado de Resultados Proyectados	45
29.	Balance General Proyectado	46
30 A	Datos de temperatura y humedad relativa para producción del hongo <u>Pleurotus ostreatus</u> en cantón cementerio, San Rafael la Independencia	55
31.1A.	Producción del hongo <u>Pleurotus ostreatus</u> en onzas de Abril a Junio del 2,003	60
31.2A.	Producción del hongo <u>Pleurotus ostreatus</u> en onzas de Abril a Junio del 2,003	61
32A.	Formulario Bromatológico, Informe de Resultados de Análisis	62

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esterilización de sustratos para Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	30
2. Inoculación de sustratos	30
3A. Invernadero par producción de <u><i>Pleurotus ostreatus</i></u> en San Rafael la Independencia, Huehuetenango	57
4A. Mapa de Guatemala	58
5A. Mapa de Huehuetenango	58
6A. Mapa de San Rafael La Independencia	59

**EVALUACION DE PAJA DE TRIGO, Triticum sativum; BROZA DE ENCINO, *Quercus sp.* Y
RASTROJO DE MAIZ, *Zea mays*; PARA EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus
ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES EN SAN RAFAEL LA INDEPENDENCIA,
HUEHUETENANGO**

**EVALUATION OF WHEAT STRAW, Triticum sativum;ns ENCINO THICKET, Quercus sp.
AND CORN STRUBBLE, Zea mays; FOR THE CULTURE OF EATABLE MUSHROOM
Pleurotus ostreatus UNDERT ARTISAN CONDITIONS IN SAN RAFAEL LA INDEPENDENCIA,
HUEHUETENANGO**

RESUMEN

Es importante diferenciar primeramente entre lo que se considera un cultivo artesanal y lo que corresponde a un cultivo industrial. El primero está enfocado a la producción de libras de hongos para autoconsumo (e incluso puede alcanzar para vender el excedente a baja escala) con una inversión mínima. El segundo, requiere de inversiones considerables, así como del soporte de técnicos capacitados y responsables de la producción a gran escala y de un plan eficiente de manejo y ventas. Además difieren en las técnicas de obtención del micelio y en general de las técnicas de cultivo. (13).

Este estudio, titulado: Evaluación de paja de trigo, *Triticum sativum*; broza de encino, *Quercus sp.* y rastrojo de maíz, *Zea mays*; para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael la Independencia, Huehuetenango, pretende contribuir al desarrollo agrícola de los campesinos de esta región.

Los objetivos son identificar que sustrato presenta mayor rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en peso fresco, determinar la eficiencia biológica de los diferentes tratamientos utilizados, cuantificar el consumo de lignina del hongo en el mejor tratamiento, conocer la relación beneficio/costo para el mejor tratamiento evaluado en la producción de *Pleurotus ostreatus* (análisis financiero a 2 años) y por último, recomendar uno de los sustratos evaluados, basándose en el análisis de resultados.

El experimento requirió de la construcción de un invernadero, de 6 tratamientos y 7 repeticiones analizados con el diseño completamente al azar.

La variable de respuesta fue el peso fresco de carpóforos o cuerpos fructíferos (en onzas) producidos por unidad experimental.

Cada unidad experimental constó de una bolsa de 6 libras de sustrato por tratamiento, utilizándose por tanto, 48 unidades experimentales que sirvieron como medio de cultivo de la cepa ECS-110 de *Pleurotus ostreatus*, de origen mexicano.

A la información generada se le practicó un análisis de varianza, los resultados con diferencias significativas fueron sometidos a prueba de Tukey, para su correspondiente agrupación. Además, se practicó un análisis bromatológico sobre el mejor tratamiento para cuantificar el consumo de lignina por el hongo y por último un análisis económico para determinar la relación beneficio/costo.

En base al análisis estadístico, económico y bromatológico; se identificó al tratamiento mezcla, Paja de Trigo (*Triticum sativum*) más Broza de Encino (*Quercus sp.*) (PTBE) en proporción 1:1 como el sustrato que dio el mayor rendimiento de hongo *Pleurotus ostreatus* en peso fresco; determinando las eficiencias biológicas para cada tratamiento evaluado; 91.07% para Paja de Trigo (*Triticum sativum*) mas Broza de Encino (*Quercus sp.*), (PTBE) en relación 1:1; 79.16 % para Broza de Encino (*Quercus sp.*) mas Rastrojo de Maíz (*Zea mays*), (BERM) en

relación 1:1; 63.32 % para Paja de Trigo, *Triticum sativum* (PT); 56.55 % para Paja de Trigo (*Triticum sativum*) mas Rastrojo de Maíz (*Zea mays*) (PTRM) en relación 1:1; 43.82 % para Rastrojo de Maíz, (*Zea mays*) (RM) y 30.06 % para Broza de Encino, *Quercus sp.* (BE).

De igual manera, *Pleurotus ostreatus* consumió 49.22 % de lignina sobre 6 libras de sustrato PTBE; siendo la relación beneficio/costo para este tratamiento de 1.75. Finalmente, se recomienda la utilización de Paja de Trigo (*Triticum sativum*) mas Broza de Encino (*Quercus sp.*), (PTBE) en relación 1:1 para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala el cultivo de hongos comestibles inició en el año 1,995 con la producción de champiñones (*Agaricus bisporus*) y posteriormente el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial se dedicó al estudio de otros hongos comestibles, entre ellos el *Pleurotus ostreatus*, llamado hongo ostra; para que en el año 1,986 apareciera la primera planta productora en el ámbito comercial (4).

El *Pleurotus ostreatus* es un hongo macromiceto, cuya particularidad es la de formar un cuerpo fructífero visible (carpóforo) (4). Su importancia radica en que posee un complejo sistema enzimático, que permite degradar moléculas de alto peso como la celulosa, lignina, quitina y taninos que se encuentran en los sustratos sobre los cuales se desarrolla, revalorizando así los desechos orgánicos (1). Por último, esta importancia conduce al aprovechamiento eficaz del sistema enzimático que poseen para fines alimenticios, médicos, industriales y ecológicos (1).

El cultivo del *Pleurotus ostreatus* es de tipo ecológico, pues lo que al hombre le es poco útil y que desecha; como las pajas, bagazos, cascarillas, mantillos forestales y pulpas (subproductos de la agroindustria) el hongo lo transforma en alimento proteínico y en mercancía para la venta. Su alta calidad nutricional, como su amplio rango de adaptación climática aunado a su bajo costo de producción, convierten al hongo, en una buena alternativa nutricional, principalmente para aquellas regiones marginales en nuestro país, que no posee acceso a tecnologías adecuadas de producción y que sobre todo están marcadas por necesidades alimentarias (4).

Con la finalidad de implementar en los campesinos del municipio de San Rafael la Independencia, Huehuetenango el cultivo de hongo *Pleurotus*, se desarrolló el presente estudio; junto a la Cooperativa de Ahorro y Crédito "Rafaeleña" R.L. y el apoyo financiero del Proyecto PROCUCH (Proyecto de manejo sostenible de los recursos naturales en la sierra de los Cuchumatanes). Dentro de su contenido, destaca la evaluación de 3 sustratos; paja de trigo,

Triticum sativum; broza de encino, *Quercus sp.* y rastrojo de maíz, *Zea mays* para el cultivo del hongo ostra bajo condiciones artesanales de producción. Los resultados obtenidos indican que el tratamiento PTBE (Paja de Trigo + Broza de Encino en relación 1:1) es quien brinda mayor rendimiento del hongo en peso fresco (5.47 lb. como promedio por repetición), con una eficiencia biológica de 91.07 % y una relación beneficio/costo de 1.75. También indica ser un sustrato preferido para el consumo de lignina por *Pleurotus* (49.22 % de consumo de lignina).

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Durante mucho tiempo, los campesinos del área de San Rafael La Independencia han basado su agricultura en cultivos tradicionales como el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*), actividades cuyo resultado ha sido destinado al autoconsumo.

En la actualidad, el cultivo de hortalizas y en especial el de cebolla (*Allium cepa*) ha ganado popularidad en el municipio, pero en los últimos años se ha visto afectado por plagas y enfermedades (principalmente en época lluviosa) que impiden la producción en este periodo, por lo que la comunidad se ha visto forzada a sembrar únicamente cuando las condiciones lo permiten (verano), sacando su cosecha al mercado justamente cuando las demás áreas del departamento lo hacen, provocando entonces problemas de oferta y demanda que llevan al productor a obtener un mínimo de ganancias e inclusive en ocasiones en que el mercado se satura, se conforma con obtener de nuevo su inversión y en el peor de los casos no la recupera. Por tal razón, la Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito "Rafaeleña" R.L., con el apoyo técnico y financiero del Proyecto PROCUCH (Proyecto de manejo sostenible de los recursos naturales en la sierra de los Cuchumatanes) ha buscado alternativas de producción con la utilización de materiales propios que permitan mejorar la economía de los campesinos y ajustarla a periodos en los cuales es muy problemático el cultivo de hortalizas y en especial el de cebolla, visualizando en el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* una posible alternativa de producción, consumo y comercialización.

Debido a que en la región no existe información que permita proponer alternativas claras de producción, rentables y con un margen de seguridad aceptable es necesario primeramente generar información que conduzca a la optimización de recursos y aún más de recursos locales.

Por esta razón se ejecutó el estudio de sustratos para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, con materiales propios de la comunidad, bajo condiciones artesanales de producción; basados en experiencias de otros productores que han utilizado tanto broza de encino (*Quercus sp*), cascarilla de trigo (*Triticum sativum*) y rastrojo de maíz (*Zea mays*).

Esto, para que mediante los resultados pueda desarrollarse un proyecto productivo que responda a las necesidades del campesino de San Rafael la Independencia, Huehuetenango.

3. MARCO TEORICO

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Antecedentes

El cultivo de hongos se ha realizado desde el periodo EDO (1,603 a 1,868) en Japón, mientras que en Guatemala inicio en el año 1,955 con la producción de champiñones (*Agaricus bisporus*) y posteriormente el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial se dedicó al estudio de otros hongos comestibles para que en el año 1,986 apareciera la primer planta productora en el ámbito comercial en Guatemala. (4)

3.1.2 Generalidades de los hongos

Los hongos pertenecen al reino Fungi, conforman un enorme grupo independiente al de las plantas y el de los animales como lo hiciera ver Whittaker (1,969) y recientemente Herrera y Ulloa (1,990). Son heterótrofos, poseen células eucarióticas carecen de clorofila, de tejidos de conducción y son portadores de esporas. Se reproducen ya sea sexual o asexualmente; de acuerdo a su reproducción sexual, los hongos se agrupan en dos clases: Ascomycetes y Basidiomycetes, siendo esta última la mas evolucionada y desarrollada, ya que los hongos que ésta comprende, producen sus esporas en estructuras conocidas como basidios, los cuales se encuentran en cuerpos fructíferos altamente organizados llamados basidiocarpos. Con base en su tamaño y forma de crecimiento se distinguen los hongos microscópicos y los macroscópicos. Dentro de los hongos macroscópicos están los comestibles, los alucinógenos, los venenosos, etc (1). De acuerdo a su nutrición, se dividen en tres 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 de mutua ayuda con otros organismos. Los hongos se nutren mediante su pared celular, tienen la capacidad de producir enzimas para degradar

moléculas de gran tamaño, como la celulosa y la quitina, que no pueden ser absorbidas hacia el interior de la célula. En la actualidad, gracias a las características de su metabolismo, muchos hongos son utilizados industrialmente para la producción de diferentes productos como antibióticos, productos químicos, alimenticios, entre otros (6).

3.1.2.1 Biología y reproducción.

La mayoría de las especies de hongos conocidos, son estrictamente saprófitos y viven sobre la materia orgánica muerta a la que descomponen. Alrededor de cincuenta especies de hongos producen enfermedades en el hombre y casi el mismo número ocasiona enfermedades en los animales, la mayoría de las cuales son enfermedades superficiales de la piel o de los apéndices. Más de 8,000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas.

Todas las plantas son afectadas por algún tipo de hongo y cada uno de los hongos parásitos afecta a uno o más tipos de plantas. Algunos son parásitos obligados y otros no obligados (biótrofos) (6).

La reproducción es la formación de nuevos individuos con características típicas de la especie. Los hongos presentan la reproducción sexual y la asexual. La reproducción asexual juega un papel muy importante en la propagación de la especie, ya que produce un gran número de individuos y, además, porque se repite varias veces durante una misma estación. (6)

3.1.2.2 Aspectos sobre comestibilidad de hongos

Hay diversos factores que pueden limitar la cualidad de comestibilidad en forma total o parcial, entre estos factores están las sustancias venenosas que contienen algunos hongos, los que pueden inducir toxicidad parcial o la muerte en los humanos (6). Otro factor influyente es el sabor, ya que algún hongo que aunque posea una consistencia adecuada y no sea tóxico, si presenta un sabor desagradable, no tendrá usos alimenticios. Otro factor limítrofe es la

consistencia de su carne; hay especies que presentan una consistencia demasiado dura y fibrosa, esto hace que su asimilación sea difícil. Los hongos comestibles se encuentran agrupados en las clases Basidiomicetes y Ascomycetes (6).

3.1.2.3 Valor nutritivo de los hongos

Por mucho tiempo se ha considerado a los hongos como alimento de alta calidad con sabor y textura apreciable y sobre todo de alto valor nutritivo. Hoy en día, los hongos juegan un papel importante en la alimentación del hombre al igual que la carne, pescado, frutas y vegetales (9). Ver cuadro 1.

Cuadro 1. Valor alimenticio de diferentes alimentos en peso fresco. Nederland's s.f., citado por Mayela justo; et al (9).

ALIMENTO	VALOR ENERGETICO EN 1000 g (Kcal)	GRASAS	MINERALES	CARBOHIDRATOS	PROTEINA	AGUA
CARNE	189	0.5	0.5	13.0	18.0	68
LECHE	62	0.7	4.8	3.7	3.5	87
HONGOS	25	1.0	4.5	0.3	3.5	90
PAPA	85	1.1	21.0	0.1	2.0	75
ESPINACA	15	1.9	1.0	0.3	2.2	93
ESPÁRRAGO	20	0.6	2.7	0.1	1.8	95

En el cuadro anterior se observa como el mayor constituyente de los alimentos es el agua, que es variable en cada especie, pero va del 70 al 95 %, dependiendo de su consistencia.

El mayor interés en el valor nutritivo de los hongos es la cantidad y aún mas la calidad de la proteína. El contenido de proteína promedio es de 3.5 a 4 % en peso fresco y de 30 a 50 % en peso seco.

En comparación con el contenido de proteína de otros alimentos, el de hongos en fresco es el doble que el de los vegetales (excepto soya, frijol 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 (9).

Desde el siglo pasado ya se habían clasificado los hongos como alimentos ricos en proteínas, debido a que los contienen hasta en un 5 por ciento del peso en fresco. El valor nutritivo de los hongos estriba no sólo en su contenido de proteínas, sino también en su aporte de vitaminas, minerales y fibra dietética, entre otros (9). Ver cuadro 2.

Cuadro 2. Composición proximal de algunas especies de hongos comestibles (por ciento de peso fresco). Leal, L.H. 1985 citado por Lazo Lemus, g. 2001. (9)

ESPECIE	HUME DAD	PROTEINA CRUDA	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CENI ZAS
<i>Agáricos bisporus</i>	84.4	29.4	4.9	9.2	8.5
<i>Agáricos campestris</i>	89.7	33.2	1.9	8.1	8.0
<i>Boletus edulis</i>	87.3	29.7	3.1	8.0	7.5
<i>Cookenia sulcipes</i>	79.9	35.3	2.9	14.3	10.4
<i>Flamulita velutipes</i>	89.2	17.6	1.9	3.7	7.4
<i>Lentinus edodes</i>	90.0	15.5	6.5	7.7	5.4
<i>Pleurotus eous</i>	92.2	25.0	1.1	12.0	9.1
<i>Pleurotus florida</i>	91.5	27.0	1.6	11.5	9.3
<i>Pleurotus ostreatus</i>	82.2	20.5	1.9	8.1	8.0
<i>Pleurotus sajorcaju</i>	90.1	26.6	2.0	13.3	6.5
<i>Volvariella displasia</i>	90.4	28.5	2.6	17.4	11.5
<i>Volvariella volvacea</i>	89.1	25.9	2.45	9.3	8.8
<i>Auricularia sp.</i>	89.1	4.2	8.3	19.8	1.7

Los hongos son ricos en vitaminas tales como: tiamina (B1), ácido ascórbico (C), ácidos 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. Numerosos estudios en ratas y humanos muestran que entre el 71 y el 90 % de la proteína de los hongos puede ser digerida, mientras que la de la carne puede serlo en un 99%, lo que indica que la misma puede considerarse como biodisponible. (9)

3.1.2.4 Especies de setas cultivadas industrialmente

Hay varias especies, pero trataremos especialmente del *Pleurotus*, que es un hongo, que en ambiente natural crece sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera y destruyéndola.

El cultivo de diversas especies de hongos del género *Pleurotus* está adquiriendo una gran importancia, en Francia, Italia y España, siendo el más conocido *Pleurotus ostreatus* (11).

Existen otras especies de interés comercial como son *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus cornucopioides*, *Lentinus edodes* (Shii take, en Japón) y otros hongos pertenecientes a los géneros *Pholiota*, *Coprinus*, *Lepiota*, *Volvariella*, etc, cuyas indicaciones para su cultivo se recogen en la tabla siguiente (11).

Cuadro 3. Indicaciones para el cultivo de otros hongos saprofiticos (fuente: Maroto, 1995.).(11)

HONGO	SUSTRATO UTILIZABLE	CONDICIONES DE CRECIMIENTO	FRUCTIFICACIÓN	OBSERVACIONES
<i>Pleurotus ostreatus</i> Fr.	Paja enriquecida y molida de diversos vegetales	24° C bajo protección plástica	T<24° C. Luz. Aireación. Gran humedad.	Muy apreciado. Está siendo mejorado en Francia con ecotipos salvajes
<i>Volvariella volvacea</i> (Bull ex Fr.) Sing.	Paja de arroz saturada de agua	21° C	Temperaturas altas. Luz	Muy cultivado en Taiwán, China, Madagascar, etc.
<i>Pholiota aegerita</i> Fr.	Paja de trigo. Cortezas molidas de álamo. aserrín de álamo.	25° C. Higrometría elevada. Crecimiento lento.	Cobertura de tierra. Luz. 18-20° C.	Cultivo parecido a <i>Pleurotus</i> . Gran resistencia al CO ₂ .
<i>Rhodopaxillus nudus</i> (Sin. Legista y <i>Tricholoma</i>) (Bull ex Fr.) R. Maire	Hojas de hayas. Compost de champiñón.	Incubación dura seis o más meses.	Shock frío. Maduración en 8-15 días.	Producción continuada durante varios años. Posibilidad de colecciones en todas las épocas
<i>Coprinus comatus</i> P.	Paja esterilizada. Compost.	Rápido	Shock frío. Luz. Cobertura.	Hongo de cultivo relativamente sencillo
<i>Marasmius oreades</i> Fr.	Estiércol de equino y bovino.	Rápido	Shock frío.	Producción durante varios años
<i>Morchella</i> sp.	Resultados inciertos. En desarrollo.			

3.1.3 Hongos macromicetos

Los hongos macromicetos o 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 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 himeneo y las esporas, que pueden ser sexuales o asexuales (4).

La mayoría de los hongos macroscópicos pueden identificarse por medio de un examen visual en fresco; sin embargo, para completar los estudios se recurre a la observación de sus características microscópicas como son la forma y dimensiones de sus esporas y sus hifas. En algunos casos es necesario agregar sobre sus tejidos compuestos químicos como hidróxido de potasio, lactofenol, etc. o colorantes para observar la reacción de los hongos a estos (4)

De acuerdo a los criterios taxonómicos tradicionales, citados por Sánchez, las características muy variables para la identificación de un hongo son: (4)

- a. COLOR: Existen hongos de coloración roja, rosáceo, café, blanca, etc. El color es una característica de suma importancia para la identificación de los hongos, ya que permiten diferenciar especies (4)
- b. PILEO O SOMBRERO: Pueden encontrarse gran variedad de formas como: embudo, campanulado, plano, convexo, cilíndrico, giboso, etc., tener variaciones sobre sus márgenes: Pueden ser dentados, enrollados, levantados, etc. La textura del pileo puede presentar sensación de humedad, ser mucilaginoso, aceitoso, sedoso, tener escamas, vellosidades, estrías, brillantez u ornamentaciones (cavidades, grietas, arrugas, espinas, etc.)(4)
- c. ESTIPITE O TALLO: Algunos hongos pueden no tener estípite. Cuando lo tienen puede estar ubicado abajo del centro del píleo, de manera lateral o excéntrica. Puede también

presentar rizoides. La forma y la textura del estípite varía, puede ser bulboso, torcido, rígido, liso, quebradizo, leñoso, flexible, correoso, etc. (4).

- d. PRESENCIA Y FORMA DE LA VOLVA EN LA BASE DEL TALLO O DE UN ANILLO EN LA PARTE SUPERIOR DEL MISMO.
- e. ESTRUCTURAS QUE FORMAN EL HIMENEO: Las láminas (su forma, su tamaño, su densidad, la unión con el estípite), la presencia de dientes o poros (4).
- f. COLOR Y SABOR DEL HONGO: Estas características son de importancia secundaria, sin embargo ayudan a la configuración de algunas especies en particular. El olor puede ser agradable, imperceptible, nauseabundo, etc (4).

Desde el punto 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 vía química, enzimática o microbiana conocidas hasta ahora, sin embargo el sistema metabólico de estos hongos les permiten degradar esos compuestos, de los que obtienen su energía para sus procesos vitales y metabólicos.

Este tipo de macromicetos 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 (1)

De allí la importancia de los macromicetos, ya que pueden revalorizar un desecho orgánico. A fin de cuentas, el fenómeno bioquímico de degradación se traduce en las células de los macromicetos al crecer y desarrollarse sobre sustratos que contienen esas macromoléculas produciendo proteínas, enzimas, etc., para satisfacer sus propias necesidades de crecimiento y supervivencia. Estos compuestos de manufactura biológica de alto valor pueden ser aprovechados

posteriormente. 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 (1).

Algunos hongos pueden llegar a formar parte de asociaciones de tipo simbiótico como las células de la raíz de plantas. A estas asociaciones se les conoce con el nombre de micorrizas. También pueden dar origen a nuevos organismos al asociarse con algas: líquenes. Los hongos difieren de las plantas en que ellos requieren alimento elaborado, ya que son incapaces de elaborarlo ellos mismos. Utilizando como fuente de carbono la glucosa, sacarosa o maltosa, de la cual obtiene la energía necesaria para sintetizar sus proteínas. Requieren también de nitrógeno orgánico o inorgánico y varios elementos esenciales para el crecimiento. En el ámbito del laboratorio se ha determinado que necesitan C, O, H, N; P, Mg, S, B, Mn, Cu, Mo, Fe y Zn, para un buen desarrollo (1). Algunos hongos son capaces de sintetizar sus propias vitaminas para su crecimiento y reproducción, mientras que otros son incapaces de producir biotína y tiamina o ambos, en cuyo caso lo obtienen del sustrato donde crecen. Los hongos pueden crecer entre los 0 y 36°C pero su óptimo crecimiento se presenta entre 20 y 30 °C.

En contraste con las bacterias, los hongos prefieren los medios ácidos para su crecimiento, con pH entre 5 y 6, aunque el óptimo para muchas especies no ha sido determinado. La luz se requerida para su crecimiento, y en algunos casos es esencial para su fructificación, esporulación y/o dispersión de esporas (1).

3.1.4 Consideraciones acerca del genero *Pleurotus*

Las condiciones varían según la etapa del proceso y del hongo, por lo que es importante conocer las necesidades específicas de la especie a cultivar. Para el caso de *Pleurotus* los valores mas adecuados de estos parámetros se detallan en el siguiente cuadro (6).

Cuadro 4. Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de *Pleurotus* (9).

FACTOR	CRECIMIENTO MICELIAR	FRUCTIFICACION
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)	Menor a 0.6% (buena ventilación)
Luminosidad	Oscuridad	150-200 lux (suficiente para leer)

Las especies de *Pleurotus* que más se han utilizado para fines comestibles son: *P. ostreatus*, *P. flabellatus*, *P. florida*. (7).

Este genero posee un píleo de redondeado a aplanado con un diámetro de 4 a 20 cm., el que puede a veces ser liso o escamoso en el centro, es de 5 a 10 centímetro de ancho; blanco, grisáceo o café grisáceo con tonos metálicos. El estípote lateral, blanco opaco excéntrico y de consistencia carnosa, regularmente muy corto.

Laminas blancas o rosa amarillenta en seco, poco o nada unidas entre si en la base, mas o menos delgadas y con bordes lisos. Las esporas de 7 a 9 por 3 a 4 micrómetros, son regularmente elípticas, lisas, blancas o de un color claro, no amiloides (6).

El crecimiento de este género esta supeditado a ciertos factores como es: la temperatura, la humedad del ambiente y del sustrato, el pH, las concentraciones de dióxido de carbono y oxígeno y la luz. Las condiciones más adecuadas de estos factores dependen del tipo de desarrollo que se busca del hongo. El micelio del *Pleurotus* crece bien en un amplio rango de temperaturas que va desde arriba de los 10°C hasta los 40°C como límite superior, sin embargo la temperatura óptima oscila alrededor de los 25 °C para la mayoría de las especies. Se sabe que la humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo, ya que la falta de

humedad ambiental inhibe la fructificación, la mejor humedad ambiental para el caso de *Pleurotus* esta entre los rangos de 80 a 85%. Se ha comprobado que el suministro de luz es necesario para promover la fructificación de este hongo, pero se sabe que requiere de ondas cortas (cargadas hacia el color azul del espectro) y con una intensidad de 10 a 200 lux aproximadamente. La concentración de CO₂ es muy importante para el desarrollo (6).

3.1.4.1 Taxonomía del hongo *Pleurotus ostreatus* (6).

Reino	Fungi
División	Basidiomycotina
Clase	Holobasidiomycete
Subclase	Hymenomycete
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Genero	Pleurotus
Especie	<i>Pleurotus ostreatus</i>

3.1.4.2 Morfología de *Pleurotus*

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. 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 (1).

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 (1).

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 (1).

3.1.5 Generalidades sobre su cultivo

El cultivo de ésta 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 (12).

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

3.1.5.1 Cultivo sobre troncos cortados

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.

Los árboles más adecuados son el chopo o álamo negro (*Populus nigra*) y sus híbridos, así como el chopo temblón (*Populus tremula*). También se pueden emplear el álamo blanco, los sauces, moreras, hayas, nogales, cerezos, abedules, castaños de Indias, robles y encinas. 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 (12).

3.1.5.2 Cultivo sobre tocones de madera

Los tocones de chopos, álamos, hayas, nogales, sauces, moreras, robles y encinas, pueden aprovecharse para cultivar *Pleurotus ostreatus*, con la ventaja de que el propio hongo se encargará de atacar a la madera y en pocos años la dejará blanda, lo que facilitará la eliminación del tocón (12).

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 (12).

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 (12).

3.1.5.3 Cultivo sobre paja de cereales

Es el método que proporciona mayores rendimientos. Consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato preparado a base de paja, incubarlo a unos 25° C y luego tenerlo en un sitio fresco, húmedo, ventilado e iluminado (12).

3.1.6 Cultivo de *Pleurotus ostreatus*

3.1.6.1 Producción de *Pleurotus ostreatus*

La producción de *Pleurotus* consta de cuatro etapas fundamentales entre las que están: la preparación del inóculo, preparación del sustrato, siembra e incubación y fructificación (9).

3.1.6.2 Preparación del inóculo

Esta etapa debe llevarse a cabo en un laboratorio. Se refiere a la siembra y propagación del micelio del hongo de un tubo inclinado que contenga la cepa original en buenas condiciones fisiológicas, tomando micelio del contexto del carpóforo fresco.

La siembra se hace en cajas de petri, sobre agar papa dextrosa, agar malta, agar de sabouraud, etc. Se incuba a 28°C durante 8 días aproximadamente en oscuridad, posteriormente el hongo se resiembra en un sustrato intermedio (granos de cereales) en cantidad suficiente para que una vez desarrollado su micelio, a mezcla grano-hongo se use como semilla en la siembra del sustrato definitivo (12).

La preparación del inóculo comprende los siguientes pasos:

- a. Preparación del inóculo primario: El grano elegido como sustrato intermedio se limpia, se deja escurrir, luego para eliminar el exceso de agua, se pesa en porciones de más o menos 200 gramos y se mete dentro de bolsas de polipapel. Luego se esteriliza a 121°C durante 30 minutos, se deja enfriar para después inocularlo en condiciones de asepsia rigurosa con micelio proveniente de un centímetro cuadrado del hongo que se ha cultivado en cajas de petri. Una vez inoculada cada porción de 200 gramos embolsada se incuba durante 10 a 15 días a 28 °C en la oscuridad (9).

- b. Preparación del inóculo secundario: A partir de un primario, en el cual el hongo debió haberse desarrollado satisfactoriamente, se puede tomar en forma estéril de 8 a 10 porciones del grano para ser resembrados en el mismo número de bolsas que contengan sustrato intermedio estéril. Estos nuevos inóculos se incuban de la misma manera que los primarios y una vez crecido el hongo en estos paquetes de grano se les denomina secundarios, los cuales son recomendados ampliamente como semilla para la siembra ya que se disminuye en consumo de agar y medios sintéticos y la propagación del hongo en el secundario es más rápida por estar ya adaptado al grano (9).

3.1.6.3 Preparación del sustrato

Esta etapa comprende el secado, facturación, quiebra, hidratación, escurrimiento, pasteurización y finalmente el enfriamiento y mezclado de los materiales que servirán como soporte para el crecimiento y fructificación del hongo. El sustrato a usar deberá estar fraccionado, a un tamaño de más o menos 2 a 3 centímetros por lado, las pajas, el rastrojo, pueden ser procesados por una picadora y en el caso de olote o la cáscara de cacao puede ser triturado. Una vez que se logra el tamaño indicado, se aconseja meter el material en bolsas de costal de plástico y ponerlas en remojo durante 1 a 12 horas (9). Después de escurrir el exceso de agua se pasteuriza dentro de las mismas bolsas, se deja escurrir y enfriar para proceder después a la siembra.

La pasteurización es una actividad de suma importancia, cuya función es inhibir la mayor cantidad de organismos que puedan competir con el hongo en la utilización del sustrato, lo cual se logra calentando suficiente agua para que cubra la totalidad del lote por pasteurizar (9).

Cuando el agua alcanza una temperatura de 90 grados centígrados, se agrega el sustrato en bolsa y se mantiene a esta temperatura un mínimo de 45 minutos.

Es necesario recalcar la importancia que reviste el hecho de introducir el sustrato únicamente cuando el agua ya ha alcanzado la temperatura de 90°C o hirviendo; esto provoca un choque térmico muy brusco que es difícil de soportar por los organismos que se encuentran sobre el sustrato. Este choque térmico sirve también para que se destruyan semillas, insectos parásitos, que puedan aparecer posteriormente el cultivo (9).

3.1.6.4 Siembra e incubación

Esta etapa se refiere al momento de inocular el sustrato con el hongo y al periodo de espera o reposo que se debe dar al sustrato inoculado para permitir el adecuado desarrollo del micelio (9).

La siembra se realiza agregando y distribuyendo en capas alternas los 200 gramos de un secundario en 2.5 kilogramos de sustrato previamente pasteurizado y enfriado a temperatura ambiente. La mezcla entre sustrato e inóculo se acomoda en bolsas de polietileno, al terminar la siembra la bolsa se cierra por medio de un nudo tendido cuidando de eliminar el aire interior (9).

La incubación de las bolsas ya inoculadas se realiza en un local especialmente diseñado para este fin, en donde se colocan las mezclas a unos 28°C durante 10 a 15 días, dependiendo del sustrato (9).

Durante la incubación dos días después de haber efectuado la siembra se hacen unas 800 perforaciones perfectamente distribuidas sobre toda la superficie de cada bolsa de polietileno que se haya sembrado, esto permite un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo(9).

3.1.6.5 Fructificación

Cuando ya ha crecido bien el micelio y a formado una superficie blanco algodonosa, la cual cubre todo el sustrato, es el momento de eliminar la bolsa de polietileno y colocar el agregado del

hongo y sustrato en un lugar adecuado para su fructificación, este lugar debe poseer una temperatura de 26 a 28 °C, una humedad relativa de 85 a 90 %, una iluminación suficiente para leer y una adecuada ventilación (9).

Además es importante indicar que es necesario el aspecto de riego aunque sea solo unas horas al día, pero es indispensable para una buena fructificación, que no se deje resecar el sustrato y se deba aumentar la humedad del ambiente.

Luego de 2 días después de haber quitado las bolsas al sustrato empiezan a aparecer los primordios o primeros cuerpos fructíferos, cuatro días después, los primordios se han desarrollado bien y cubren la totalidad del sustrato y están en su madurez comercial, listos para ser cosechados. Luego de que el micelio ha invadido todo el sustrato y la temperatura es adecuada, las setas empiezan a salir y poco tiempo después puede empezarse a cosechar (9).

3.1.6.6 Cosecha

Para establecer el recoger las setas en el momento óptimo de comercialización, hay que tener en cuenta dos factores que son el aspecto y el tamaño. En cuanto al aspecto no debe darse la ocasión de que los bordes de sombrero se rizen excesivamente, en cuanto a esto, lo más que se puede esperar es cuando el borde empieza a volverse hacia arriba, con relación al tamaño no es conveniente recoger setas ni muy pequeñas ni gigantescas. Así pues, los criterios para su recolección teniendo en cuenta lo anterior es el siguiente:

Deben recogerse aquellas setas a las cuales se les empieza a rizar el borde aunque no hayan alcanzado un gran tamaño (9).

Cuadro 5. Fases del cultivo de la seta *Pleurotus ostreatus* (fuente: García-Rollán, 1985) (5)

Fases	Procesos	Tiempo	Cultivo industrial	Cultivo doméstico
Preparación del sustrato	Acondicionamiento del material de base		Paja de cereales, residuos de maíz, aserrín, etc. Solos o mezclados. Picados	Paja de cereales picada, etc.
	Empajado	De unas horas a días	Con agua	Con agua algo templada
	Mezcla de aditivos		Yeso (10-40%), harina de plumas (5%), etc.	Un poco de yeso fino bien mezclado con el resto.
	Pasteurización.	18-24 horas. 8 horas. 18 horas.	80° C. Al vapor. 60° C 50° C. En aerobiosis	Una hora en agua a 80° C. Escurrir y lavar
Siembra del micelio	Mezclado		Al 2% con el sustrato (que estará a unos 25° C y con 70% de humedad)	3% del sustrato húmedo
Incubación		15-20 días	En sacos de plástico transparente o en recipientes cubiertos de plástico. Temperatura del local: 18 a 22° C. Temperatura del sustrato: 25° C.	Igual que en el cultivo industrial
Producción de setas	Control del ambiente	Hasta 60 días (en tandas de 3-8 días, con descansos de 10-20 días)	Temperatura del local: 12-18° C según la cepa empleada. Humedad del ambiente: 85-95%. Mantener el sustrato húmedo regando finamente, o dejando el plástico sin quitar si tiene perforaciones grandes. Iluminación diurna: 60-200 lux. Ventilación: 150 m ³ de aire nuevo por ton. y hora, reciclando de 5 a 10 veces por hora su totalidad.	Temperatura del local menor de 15° C. Humedad grande (rociar). Iluminación diurna. Mucha ventilación.

3.1.7 Rendimientos

Los rendimientos de estos hongos son estimados en mas o menos 100 a 200 kilos del hongo por tonelada de sustrato preparado y húmedo, rendimiento que se tiene en aproximadamente 7 a 9 semanas. La producción puede escalonarse a lo largo del año teniendo en cuenta que el ciclo total del cultivo se supone entre 2 y 4 meses repartidos así: De 15 a 30 días de incubación y crecimiento de micelio, de 15 a 20 días en la zona de cultivo, de 45 a 60 días de cosecha (1).

3.1.8 Eficiencia biológica

Este es un factor importante de evaluación del rendimiento ya que en el se considera la bioconversión de energía y la degradación biótica del sustrato. Se expresa en porcentaje y la formula utilizada para su cálculo se obtiene de la relación entre la cosecha de los cuerpos fructíferos del hongo (peso fresco) y el peso seco del sustrato (4).

$$\%EB = (\text{Gramos de hongo en fresco} / \text{Gramos del sustrato seco}) * 100$$

Se recomienda que solo 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 (9).

3.1.9 Contaminación, plagas y enfermedades

3.1.9.1 Contaminación

3.1.9.1.1 Causas

Mala pasteurización o descuidos en el manejo del sustrato en el proceso.

Deficiencias en la limpieza de incubación.

Orificios donde entra aire y microorganismos, insectos y roedores (4).

3.1.9.1.2 Efectos

Crecimiento pobre o nulo.

Hongos mal formados o defectuosos (4).

3.1.9.1.3 Soluciones

Trabajar en condiciones asépticas, realizar buena esterilización y pasteurización.

Buena limpieza y lavado de los cuartos de incubación y fructificación.

Alrededor de los cuartos debe mantenerse muy limpio siempre (4).

3.1.9.2 Plagas

3.1.9.2.1 Colémbolos

Son insectos diminutos sin alas que forman pequeñas galerías, secas y de sección oval en la carne de los hongos. Se encuentran en gran cantidad entre las laminillas que hay bajo el sombrero de las setas. También pueden atacar al micelio si el sustrato está demasiado húmedo. Destaca la especie *Hypogastrura armata* (11).

3.1.9.2.2 Dípteros

El daño lo causan sus larvas que se comen las hifas del micelio, hacen pequeñas galerías en los pies de las setas y luego en los sombreros. Destacan algunas especies de mosquitos de los géneros *Lycoriella*, *Heteropeza*, *Mycophila* y moscas del género *Megaselia* (11). Para el control de Colémbolos y de dípteros se recomiendan medidas preventivas como colocación de filtros junto a los ventiladores, eliminación de residuos, tratamiento térmico de los sustratos para eliminar huevos y larvas, etc. También pueden emplearse distintos insecticidas: diazinón o malatión en polvo mezclados con el sustrato, nebulizaciones con endosulfán o diclorvos, etc (11).

3.1.9.3 Enfermedades

3.1.9.3.1 Telaraña (*Dactylium dandroides*) (= *Cladobotryum dandroides*, *Hypomyces rosellus*)

Los filamentos de este hongo crecen rápidamente y se extienden sobre la superficie del sustrato y de las setas, cubriéndolas con un moho blanquecino, primero ralo y luego denso y harinoso (11).

En las partes viejas las formas perfectas forman puntos rojizos. Los ejemplares atacados se vuelven blandos, amarillento * parduscos, y se acelera su descomposición. Puede atacar a las setas recolectadas (11).

Esta enfermedad aparece con humedad excesiva, el calor y la escasa ventilación. Para su control se deben cubrir con cal viva en polvo, sal, formalina 2% o soluciones de benomyl las zonas afectadas. También se puede emplear zineb, mancozeb, carbendazin o thiabendazol (11).

3.1.9.3.2 *Pseudomonas tolaasii* (= *P. fluorescens*)

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

Para su control se aconseja procurar evitar el exceso de humedad, la adición de sustancias nitrogenadas y el calor. Se puede añadir hipoclorito sódico al agua de riego, solución de formalina al 0,2-0,3%, formol u otros productos (11).

3.1.10 Recolección y comercialización

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

En unas siete o nueve semanas se pueden producir entre 100 y 200 kilos de *Pleurotus* por tonelada de sustrato preparado y húmedo. La producción se escalona a lo largo del año, concentrándose entre 2 y 4 meses, distribuidos:(12).

De 15 a 30 días de incubación y crecimiento del micelio.

De 15 a 20 días en la zona de cultivo.

De 45 a 60 días de cosecha.

Los ejemplares para la venta se recogen cuando son jóvenes ya que luego su carne se vuelve correosa. Los sombreros más aceptados por el consumidor son los que pesan menos de 70 g. Los pies y los ejemplares adultos se destinan a la preparación de sopas, salsas o platos preparados con sabor a setas (12).

3.1.11 Sustratos

3.1.11.1 Paja de trigo (*Triticum sativum*)

El trigo (*Triticum sativum*) pertenece a la familia Poaceae (gramineae). Actualmente, los trigos duros o cristalinos se clasifican botánicamente como *Triticum turgidum*, subespecie durum, y los harineros como *Triticum aestivum*, subespecie vulgaris. El trigo es una planta que se caracteriza por su rusticidad y adaptabilidad, factores que son favorables y que deben aprovecharse para los planes de desarrollo de su producción (14).

Es una planta gramínea de raíz fasciculada y tallo erecto y cilíndrico, provisto de nudos; las hojas están constituidas por dos partes, la vaina que abraza al tallo y el limbo, largo, estrecho y con nervaciones paralelas. La raíz es fasciculada y su mayor o menor desarrollo de las raíces es función de muchas variables, tales como la textura del terreno, la situación de la capa freática, la época de la siembra, la mayor o menor cantidad de lluvia caída en las primeras fases de su desarrollo, la variedad, etc (14)

Cuadro 6. Composición química de los residuos de cosecha. (14)

MATERIAL	MS %	PC %	FDN %	DIVMS %	NDT %	EM Mcal/Kg	ED Mcal/Kg
Paja de Trigo	75.15	2.60	70.39	36.25	35.83	1.30	1.58

MS = Materia seca, PC = Proteína cruda, FDN = Fibra detergente neutra, IVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, NDT = Nutrientes digestibles totales, EM = Energía metabolizable, ED = Energía digestible.

3.1.11.2 Caña de milpa (*Zea mays*)

Familia: Gramíneas

Género: *Zea*

Nombre científico: *Zea mays*

Nombre común: Maíz

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual (14).

Cuadro 7. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz (8).

ESTRUCTURA DE LA PLANTA	% del peso seco del maíz
Panoja o limbos	12,0
Tallos	17,6
Chalas	8,9
TOTAL CAÑA	38,5
Coronta	11,8
Grano	49,7
TOTAL ESPIGA	61,5

3.1.11.2.1 Composición química y valor nutritivo de la caña de milpa

Cada una de las estructuras señaladas en el Cuadro 7 posee características físico químicas propias, lo que les confiere un valor nutritivo muy diferente.

Los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de menor contenido de proteína bruta (3,1%) y las hojas de 4 - 7%. La composición química indica que el rastrojo de maíz es bajo en materias nitrogenadas (4,5% de proteína bruta promedio).

La pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosa que de celulosa. Su bajo porcentaje de lignina lo hace ser más digestible que las pajas de cereales, siendo así mismo más rico en azúcares solubles que éstas (8).

Por esta razón este residuo presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1,69 y 2,1 Mcal/kg de materia seca. (8).

3.1.11.3 broza de encino (*Quercus sp*)

Pertenece a la familia Fagaceae, las hojas son simples alternas, caducas, con limbo de 5 a 12cm. de largo, de 4 a 8 cm. de ancho, de 3 a 5 lóbulos redondeados a cada lado del nervio principal, más ensanchado en el tercio superior, acorazonadas u oval-oblongas, totalmente lampiñas en las dos caras, con el haz más verde que envés, de consistencia coriácea y con pecíolo cortísimo (2 a 7 mm). Una característica muy típica de esta especie es que la base del limbo termina en dos orejitas. Las estipulas son muy pequeñitas y estrechas, cayéndose enseguida (10).

La utilización de los materiales lignocelulósicos (mantillos de *Quercus*) como fuente para la producción de Hongos Comestibles, representa una amplia posibilidad biotecnológica para la obtención de alimento humano partiendo por lo general de materia prima de desecho o de muy bajo costo. En la actividad forestal la producción de biomasa desperdiciada es todavía mucho mayor, si consideramos que la producción de biomasa vegetal en el planeta sobrepasa las 10 toneladas/año y que únicamente el 10% de ésta es sintetizada por cultivos agrícolas y aproximadamente el 75% se genera en zonas boscosas.

Debido a que los procesos de biodegradación natural no funcionan a la misma velocidad con que se generan dichos desperdicios, éstos se acumulan llegando inclusive a convertirse en un peligro para el equilibrio ecológico (Leong, 1978). Los materiales lignocelulósicos como los del Quercus están constituidos esencialmente por celulosa (45-60%), hemicelulosa (15-50%) y lignina (10-30%). La celulosa junto con la hemicelulosa son los componentes más abundantes en los materiales lignocelulósicos. A la celulosa se le considera inclusive como el material renovable más abundante en la biosfera (10).

3.1.12 Análisis bromatológico

3.1.12.1 Análisis químico proximal

Es el método por el cual se conoce cuantitativamente el valor nutricional de un alimento o material y sirve para la formulación específica de un alimento, para una especie en particular, así como para el tipo de producción y/o etapa de crecimiento en que estos se encuentren.

Para esto se utiliza el método Weende y establece la determinación de Materia Seca mediante Material Seco Parcial (Horno 60° C/24-48 horas) y Material Seco Total (Horno 105° C/18-24 horas), luego Proteína Cruda (Kjeltec), Extracto Etéreo (Goldfish), Minerales (Mufla 600° c/2-3 horas), Fibra Cruda (Fibertec) y Extracto Libre de Nitrógeno (cálculo matemático) (16).

3.1.12.2 Extracto etéreo (E.E.)

Mediante este método se determina el porcentaje aproximado de grasas totales en una muestra, compuestos susceptibles a ser solubles en solventes orgánicos (vitaminas liposolubles, lipoproteínas, pigmentos vegetales como clorofila, xantofila y caroteno) (16).

3.1.12.3 Cenizas o minerales totales

Los minerales en conjunto son determinados en el alimento por la incineración de la materia orgánica, el residuo se pesa y es lo que se conoce como ceniza (16).

Una determinación de este tipo nos revela los elementos específicos presentes, además las cenizas pueden contener carbón de la materia orgánica en forma de carbonato cuando hay excesos de minerales capaces de formar bases.

El análisis de cenizas nos aclara las combinaciones en que se encuentra un material determinado, los minerales presentes en las combinaciones orgánicas se convierten en compuestos inorgánicos (16)

3.1.12.4 Fibra cruda

Mediante la ebullición alternada de una muestra en ácido débil y después en álcali, el residuo de esta queda libre de componentes solubles como grasa, proteína, azúcares, hemicelulosa y almidón, dando como resultado la fracción de carbohidratos menos solubles como la ligno-celulosa. La pérdida por incineración representa la Fibra Cruda. Nos da una idea de su contenido en el alimento sin decir cuales son sus componentes. La fibra es sinónimo de celulosa (16)

3.1.12.5 Proteína cruda:

Las proteínas son la tercera clase principal de alimentos y se toman como compuestos altos en proteína son aquellas que la poseen en valores iguales o mayores al 10%. Las proteínas son sustancias poliméricas que, por hidrólisis producen aminoácidos. Este método pretende destruir la muestra liberando el nitrógeno que posee y captarlo en una forma que pueda ser medible.

Se asume que como promedio el 16 % de la composición de la proteína es nitrógeno y se multiplica el resultado por el factor 6.25, que se aplica a los alientos en general (16)

3.1.12.5 Extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)

Se encuentra por diferencia 100 - % del análisis químico proximal igual E.L.N. No contienen celulosa, pero si hemicelulosa y un poco de lignina, todos lo productos solubles en agua que son solubles en éter (vitamina hidrosoluble). La mayor parte de E.L.N. está compuesto de aminoácidos de almidón y azúcares, los cuales dan un alto valor a su contenido (16)

3.1.13 Información contable

La información contable se puede clasificar en dos grandes categorías: la contabilidad financiera o contabilidad externa y la contabilidad de costos o contabilidad interna. La contabilidad financiera muestra la información que se facilita al público en general, y que no participa en la administración de la empresa, como son los accionistas, los acreedores, los clientes, los proveedores, los sindicatos y los analistas financieros, entre otros, aunque esta información también tiene mucho interés para los administradores y directivos de la empresa. Esta contabilidad permite obtener información sobre la posición financiera de la empresa, su grado de liquidez (es decir, las posibilidades que tiene para obtener con rapidez dinero en efectivo), y sobre la rentabilidad de la empresa (15).

La contabilidad de costos estudia las relaciones costos-beneficios-volumen de producción, el grado de eficiencia y productividad, y permite la planificación y el control de la producción, la toma de decisiones sobre precios, los presupuestos y la política de capital.

Esta información no suele difundirse al público. Mientras que la contabilidad financiera tiene como objetivo genérico facilitar al público información sobre la situación económico-financiera de la empresa (15).

La contabilidad de costos tiene como objetivo esencial facilitar información a los distintos departamentos, a los directivos y a los planificadores para que puedan desempeñar sus funciones (15).

3.1.14 Evaluación financiera de proyectos de inversión

Fundamentalmente la evaluación consiste en la ponderación financiera, en valores actuales, de los ingresos del efectivo (beneficios) frente a los respectivos egresos de efectivo (costos), tomando en cuenta el desembolso de la inversión inicial, y la duración del proyecto (análisis del flujo de efectivo) (7).

3.1.14.1 Valor actual neto (VAN)

Se basa en la comparación del valor actual de los ingresos de efectivo (beneficios) con el valor actual de los egresos de efectivo (costos) que ocurrirán durante el plazo del proyecto (actualización del flujo de efectivo) mediante la utilización de una tasa de interés denominada "Tasa de actualización" (7).

Si el resultado que se obtiene de dicha comparación es positivo (mayor que cero) indica que el retorno del capital invertido es mayor que la tasa de interés a la que se actualizó; mientras mayor sea el valor actual neto a la tasa de interés elegida, mejor es el proyecto en términos financieros. El VAN generalmente se utiliza para evaluar dos o más proyectos que se excluyen entre sí, ya que determinan cual genera mejor ingreso durante el tiempo de ejecución. Es decir que cuando se tienen dos o más proyectos el que de mayor VAN es el que mejor conviene realizar (7).

3.1.14.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Este método se basa en establecer una tasa de actualización que haga el valor actual de los ingresos de efectivo igual a l valor actual de los egresos del efectivo durante la vida útil del proyecto; en otras palabras dicha tasa de actualización hace que el valor actual del flujo de efectivo sea igual a cero (7).

Esta tasa de actualización se denomina tasa de rentabilidad interna e indica el interés máximo que un proyecto podría pagar por los recursos utilizados si se desea que el proyecto recupere su inversión teniendo entradas o gastos iguales (7).

La TIR indica cual es la rentabilidad media anual del dinero invertido en el proyecto, así mismo, con el fin de establecer si tal rentabilidad es suficientemente alta para que quede justificada, habrá que compararla con el costo de oportunidad del capital (7).

Generalmente la TIR se obtiene por tanteo, para averiguarla. Básicamente la metodología consiste en actualizar la corriente de beneficios netos a dos tasas de actualización y sumar los resultados, debiéndose encontrar una tasa de actualización que transforme lo beneficios netos (flujo de efectivo) a un valor actualizado negativo, entre ambas tasas se encuentra la verdadera tasa interna de retorno, pudiendo estimarse esta por interpolación. A la tasa interna de retorno algunos autores le denominan tasa interna de rendimiento (7).

3.1.14.3 Relación beneficio / costo (b/c)

Este método evalúa la eficiencia con se emplean los recursos en un proyecto; y consiste en la relación que se obtiene de dividir los ingresos actualizados de efectivo dentro de los egresos actualizados de efectivo.

La relación Beneficio / costo esta representada por la relación

$$\frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

En donde los Ingresos y los Egresos deben ser calculados utilizando el VPN, de acuerdo al flujo de caja. El análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

- a. $B/C > 1$ implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.
- b. $B/C = 1$ implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.
- c. $B/C < 1$ implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable. Al aplicar la relación Beneficio / costo, es importante determinar las cantidades que constituyen los Ingresos llamados "*Beneficios*" y qué cantidades constituyen los Egresos llamados "*Costos*" (15)

3.1.15 Diseño completamente al azar

Este diseño se caracteriza porque no estratifica el material experimental en bloques, ya que no es necesario, debido a que las unidades experimentales son homogéneas ya que no están presentes gradientes de variabilidad que pueden afectar a la variable de respuesta, tiene la ventaja de que es el único de los diseños experimentales comunes que admite números desiguales de repeticiones de los tratamientos. Este diseño es ideal para los experimentos de invernadero, puesto que las diferencias ambientales dentro de las unidades experimentales son mínimas que pueden eliminarse mediante el proceso de aleatorización (4).

3.2 Marco Referencial

El municipio de San Rafael La Independencia está ubicado en la parte Nor-occidente del departamento de Huehuetenango, se encuentra ubicada dentro de la sierra de los Cuchumatanes considerada como área protegida pero actualmente carece de manejo y no se ha definido su

categoría. Únicamente aparece como un azoca de protección especial dentro de los registros del CONAP. Las colindancias municipales son: al Norte con Santa Eulalia y San Sebastián Coatán, al Este con Santa Eulalia y San Pedro Soloma, al Sur con San Pedro Soloma y San Miguel Acatan, al Oeste con San Miguel Acatan y San Sebastián Coatán. Para llegar a la cabecera Municipal, partiendo de la ciudad capital, se toma la ruta Interamericana hasta llegar a Huehuetenango, con 263 Km. de ruta asfaltada, de allí se toma la ruta nacional asfaltada, vía San Juan Ixcoy, San Pedro Soloma, Santa Eulalia, con un longitud de 90 Km. luego se toma la ruta municipal no asfaltada, vía San Rafael La Independencia, con una distancia de 15Km.

La cabecera Municipal se comunica con sus aldeas por medio de caminos de terracería o por veredas que se recorren a pie las cuales se encuentran en condiciones transitables durante todo el año. El municipio está integrado por 18 aldeas y 1 caserío. Los cuales se mencionan a continuación (2).

Pueblo: San Rafael La Independencia.

Aldeas: Achí, Canmox, Cantetaj, Caxnajup, Cololaj, Inconop, Incú, Isticultaj, Istinajap, Ixcanac I, Ixcanac II, K'aan, Lajcholaj, Los Molinos, Pucpalá, Tataj, Villa Linda, Yulaja, Caserio Caxnajup (2).

3.2.1 Historia

El municipio de San Rafael La Independencia, fue creado mediante acuerdo gubernativo el 21 de mayo de 1,924 basándose en la solicitud del Señor Andrés Martínez y compañeros compuesto por aldeas y pajares: Cantetaj, Tataj, Paiconop, Lajcholaj, Istinajap, Ixcanac y Conepte'-ciomá, (estos nombres así se encuentran escritos en el diccionario geográfico) pertenecientes al Municipio de San Miguel Acatan. La cabecera se estableció en la aldea Cantetaj, la cual se trazó en los terrenos de los Señores Miguel Pascual, Diego Pascual, Francisco Pedro Pascual, Francisco Miguel, Mateo Miguel, Andrés Pablo, Tomás Diego y Francisco Andrés.

Por acuerdo gubernativo del 26 de noviembre de 1,927 aumentaron los ejidos por 160 caballerías y en el año 1,931 otro acuerdo gubernativo fija los límites del Municipio y le otorga el título del terreno y el 25 de junio de 1,937 el deslinde definitivo de San Miguel Acatan (2).

3.2.2 Extensión territorial

Cuenta con un área aproximada de 64 Km². Toma como referencia el Banco de marca (BM) establecido en la Escuela de la Cabecera Municipal, con una Altura de 2,490 msnm: con una latitud de 15°42'06" norte y longitud de 91°32'08" oeste (2)

La Fisiografía pertenece a las tierras altas sedimentarias de la cordillera de los Cuchumatanes y montañas fuertemente escarpadas. Con porcentaje de pendiente que van de 30% a 65 % (2)

3.2.3 Zona de vida

Según Simons y Taramo las principales zonas de vida del municipio de San Rafael la independencia se localizan las siguientes:

3.2.3.1 Bosque Húmedo Montañoso Bajo Subtropical (BHMBS)

- a. Altitud: 2,000 a 2,500 metros sobre el nivel del mar.
- b. Precipitación Pluvial Anual: 1,000 a 2,000 milímetros.
- c. Temperatura Media: 12 a 19 grados centígrados.
- d. Suelos: Son superficiales de textura pesada, el drenaje es imperfecto, color pardo en la superficie. Los rasgos de pendiente están de 12 a 32%, 32 a 45% y mayor de 45%. El uso potencial es silvícola (2).

3.2.3.2 Bosque Muy Húmedo Montañoso Bajo Subtropical (BMHMBS)

- a. Altitud: 2,500 a 3,000 metros sobre el nivel del mar.

- b. Precipitación Pluvial Anual: 2,000 a 4,000 milímetros.
- c. Temperatura Media: 12 a 18 grados centígrados.
- d. Suelos: Aproximadamente el 50% de estos suelos son profundos, de textura pesada, bien drenados, color pardo.

Las pendientes oscilan entre 00 a 05% y de 12 a 32%. Con un potencial probable para uso agrícola y silvícola. En la otra parte, los suelos son superficiales, de textura pesada, bien drenados, de color gris oscuro a negro, la pendiente está en rango de 32 a 45%. Existe una porción de suelo de textura mediana, imperfectamente drenados, color pardo, y las pendientes están en el rango de 12 a 32%. El potencial probable es silvícola (2).

3.2.4 Ocupaciones principales

Según datos del instituto nacional de Estadística el 80% de la Población se dedica a la Agricultura, un 2% Profesionales, 2% Carpinteros, 5% Sastres, y un 11% a otras actividades (2).

3.2.5 Otras alternativas productivas

De acuerdo a lo observado, las alternativas con potencial se pueden resumir en: granjas de pollo, cerdo, lechería. Actividades de turismo entre los más importantes (2).

3.2.6 Tenencia de la tierra

En el municipio existen tres formas de tenencia, entre las cuales sobresalen las tierras municipales que están poder de tres aldeas(ixcanac1, Ixcana2. Villa linda). También existe tierra de uso de las familias que únicamente con escritura publica. Y las tierras de propiedad priva y que posee escritura registrada que solo repretenda un 32% (2).

3.2.7 Uso de la tierra

De acuerdo a la información cartográfica el uso actual que se le está dando a la Tierra es un 80 % Agrícola, 15% forestal y un 5% pecuario. lo cual contrasta con su vocación forestal (2)

3.2.8 Características del área de estudio

Las anteriores características enmarcan los rasgos generales pertenecientes al municipio de San Rafael La Independencia, referente al área de estudio (Cantón Cementerio, San Rafael la Independencia), se ha inferido en las condiciones que lo rodean, algunas características son:

- a. Zona de Vida: Bosque Muy Húmedo Montañoso Bajo Subtropical (BMHMBS)
- b. Altitud: metros sobre el nivel del mar: 2,617
- c. Precipitación Pluvial Anual: 2,000 a 4,000 milímetros.
- d. Temperatura Máxima: 30°C
- e. Temperatura Mínima: -2°C
- f. Temperatura Media: 12 a 18 grados centígrados.
- g. El terreno es completamente plano.
- h. Humedad Relativa: 80%.
- i. Horas Luz: Seis horas efectivas de luz en el día.
- j. Las coordenadas de ubicación son: 15 P 0657504 y UTM 1736628

3.2.9 Investigaciones realizadas en cultivo de hongos

3.2.9.1 Broza de encino *Quercus sp.*

Según Fajardo Montes, en la investigación Producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustratos los mantillos de *Quercus acatenangensis* (Encino); *Enterolobium cyclocarpum* (Conacaste) y *Liquidambar straciflua* (Liquidambar) donde se determinó eficiencia biológica y

productividad (rentabilidad), el único material que presentó respuesta (crecimiento micelial) fue el de *Quercus*, al igual que su tratamiento testigo Café (*Coffea arabica*). Para el caso de Eficiencia biológica modificada promedio se obtuvo un resultado de 7.57% (para 4 repeticiones). Se obtuvo también correspondiente a producción, el parámetro de relación beneficio / costo de -16.

Se determinó valores de biodegradación de sustratos, los cuales fueron tomados como una variable complementaria de la eficiencia biológica, en donde el café (*Coffea arabica*) y el encino (*Quercus acatenangensis*) obtuvieron los mejores resultados (24.77 y 16.85, correspondientemente). Como recomendación se infiere en la posibilidad de ensayar en otras especies de *Quercus* con el fin de buscar un nuevo y mejor sustrato de *Pleurotus* (3).

3.2.9.2 Caña de milpa *Zea mays*

Se determinó que el uso de rastrojo de maíz y cascarilla de arroz *Oriza sativa* supera el uso de estos mismos sustratos sin mezclar, aunque el uso de mezclas en proporciones desiguales supera en rendimiento de eficiencia biológica al uso de la mezcla de rastrojo de maíz y cascarilla de arroz en proporciones similares (4).

Algo importante de notar es que los tratamientos en donde se incluyen mezclas de los dos materiales fueron estadísticamente similares o superiores al tratamiento utilizado como testigo (Pulpa de café *Coffea sp.*), mientras que los mismos sustratos utilizados individualmente tuvieron rendimientos por debajo de los establecidos por el mismo testigo (4). El autor (García Ramos, D.A.) indica que los resultados evidencian que las mezclas de residuos favorecen el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, pues la eficiencia biológica obtenida en ellas oscila entre 100 y 117 por ciento, contra las obtenidas en los sustratos aislados que fueron del 83 al 86 % (4).

3.2.9.3 Paja de trigo *Triticum sativum*

El objetivo que se persiguió con esta investigación es producir el hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos bajo diferentes condiciones de laboratorio, con el fin de elaborar un tríptico autodidacta para transferir esta técnica a los usuarios. El tratamiento de pajas de trigo-maíz fue la mezcla que mayor rendimiento generó (913.2 g), observándose cinco agrupamientos de primordios, seguido por el tratamiento de la combinación pajas de trigo-maíz-frijol-cartón de huevo, del cual se obtuvo una producción de 698.2 g y ocho agrupamientos de primordios. El tratamiento con menos producción fue el de paja de trigo con 320.3 g y cinco agrupamientos de primordios. Cabe mencionar que los resultados son preliminares y que esta fase se debe repetir con un mayor rigor científico. Deberá incluirse un mayor número de repeticiones y el uso de un paquete estadístico para el análisis de los resultados. Aunque tales resultados indican una producción menor en la paja de trigo, los estudios también confirman que al mezclar sustratos como el maíz, frijol o cartón de huevos, los resultados se incrementan (5)

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar tres sustratos (Paja de Trigo, *Triticum sativum*; Broza de Encino, *Quercus sp.* y Rastrojo de Maíz, *Zea mays*) propios de la zona (San Rafael La Independencia) bajo condiciones artesanales para el desarrollo del cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, para concluir y recomendar en la implementación de uno de ellos, que permita el desarrollo posterior de un “Proyecto Productivo” que pueda responder a las necesidades del productor.

4.2 Específicos

- 4.2.1 Identificar que sustrato presenta mayor rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en peso fresco.
- 4.2.2 Determinar la mayor eficiencia biológica proporcionada por los tratamientos utilizados.
- 4.2.3 Cuantificar el consumo de lignina del hongo *Pleurotas Ostreatus* en el mejor tratamiento
- 4.2.4 Conocer la relación beneficio / costo para el mejor tratamiento evaluado en la producción de *Pleurotus ostreatus* (análisis financiero a 2 años).

5. HIPÓTESIS

Sobre la base de investigaciones realizadas y considerando los resultados (2,5) se espera que al menos uno de los tratamientos evaluados en esta investigación (Paja de Trigo, *Triticum sativum*; Broza de Encino, *Quercus sp.*; y Rastrojo de Maíz, *Zea mays* y sus correspondientes combinaciones) presente mayor eficiencia biológica, rendimiento en base a peso fresco y que su relación beneficio costo sea superior a 1.

6. METODOLOGÍA

6.1 Material experimental

Para el desarrollo de la investigación se evaluaron tres sustratos propios del área, estos son: Paja de Trigo (*Triticum sativum*), Broza de Encino (*Quercus sp.*) y Rastrojo de maíz (*Zea mays*); y sus correspondientes combinaciones (Paja de trigo + Rastrojo de Maíz, Paja de Trigo + Broza de Encino, Broza de Encino + Rastrojo de Maíz; todos en relación 1 : 1). La cepa utilizada fué ecs – 110 de *Pleurotus ostreatus* de origen francés proporcionada por la planta productora de Hongos OCOX de San Lucas, Sacatepequez.

6.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue el denominado Completamente al Azar (6 tratamientos y 7 repeticiones de cada uno) ya que las condiciones del área de estudio son homogéneas y no se observa ningún tipo de gradiente que pueda inducir variación en los tratamientos. Cada unidad experimental constó de 6 libras de sustrato en peso seco, por lo que se tuvo un total de 42 unidades experimentales.

El modelo estadístico usado fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Respuesta del rendimiento de *Pleurotus ostreatus* obtenido en el j-esimo bloque y el i-esimo tratamiento.

μ = Media general del rendimiento.

α_i = Efecto asociado al i-esimo sustrato

ε_{ij} = Error experimental asociado a la j-esima unidad experimental

6.3 Tratamientos

Los tratamientos que se estudiaron se detallan en el cuadro siguiente:

Cuadro 8. Tratamientos, claves y descripción.

TRATAMIENTO	CLAVE	DESCRIPCIÓN
T1	PTBE	Paja de trigo + Broza de Encino (1:1)
T2	PTRM	Paja de trigo + Rastrojo de Maíz (1:1)
T3	BE	Broza de encino
T4	BERM	Broza de encino + Rastrojo de Maíz (1:1)
T5	RM	Rastrojo de Maíz
T6	PTBE	Paja de trigo

A continuación se presenta el cuadro que muestra el arreglo experimental de los tratamientos y repeticiones en el espacio.

Cuadro 9. Arreglo espacial (en invernadero) de unidades experimentales

PTBE	BERM	PTRM	BERM	RM	PT	PTRM
PTRM	PTBE	RM	BE	PTRM	PTBE	RM
BE	PTRM	PT	PTBE	BE	BERM	BE
BERM	RM	BE	RM	BERM	RM	BERM
RM	PT	BERM	PT	PTBE	BE	PT
PT	BE	PTBE	PTRM	PT	PTRM	PTBE

6.4 Materiales utilizados

6.4.1 Para instalación y desarrollo de cultivo

24 Postes Labrados y 24 postes rústicos, 15 metros de Nylon negro, 2 rollos de Pita plástica, 3 Yardas de cedazo, 2 Octavos de pegamento, 2.5 Libras de clavos (5 y 3 pulgadas), 10 Yardas de nylon verde, Recipientes para riego, Balanza, ½ Quintal de cal, 14 metros de nylon transparente, Ambush (Piretroide), ½ Litro de alcohol, 4 Pares de guantes, 1 Tarea de leña, 2 Toneles, 21 Libras de semilla de hongo activada de *Pleurotus ostreatus*, Bomba de mochila, 200 Bolsas de libra, Hidrómetra, Termómetro de máximas y mínimas.

6.5 Manejo del experimento

6.5.1 Procedimiento

6.5.1.1 Preparación del inóculo primario y secundario

Esta fase se realizó en los laboratorios de la empresa OCOX, de San Lucas, Sacatepéquez; procediendo a la compra del micelio activado posteriormente.

6.5.1.2 Preparación del sustrato en adelante

1. Luego de ser recolectados los sustratos, el Rastrojo de Maíz fue cortado en trozos no muy pequeños, a fin de no romper las bolsas y de homogenizar el material. La Broza de encino y Paja de trigo fue utilizada en partes completas (sin seccionar).
2. Se almacenaron muestras de 3 libras de sustrato inicial por cada tratamiento.
3. Se pesaron 14 veces 3 libras de paja de trigo, broza de encino, rastrojo de maíz (por cada sustrato) y se embolsó cada pesada.

Se pesaron 7 veces 6 libras de paja de trigo, broza de encino, rastrojo de maíz (por cada sustrato) y se embolsó cada pesada.

Posteriormente se efectuaron las mezclas correspondientes, en relación 1:1 para los tratamientos y se embolsó cada uno de ellos.

4. Se sumergió en agua caliente a 90°C (Temperatura del agua antes de hervir o cuando apenas empiezan a producirse unas burbujas muy pequeñas) cada tratamiento durante 15 minutos, utilizando para ello una regla de madera para introducir a presión los tratamientos, efectuando movimientos de meter y sacar las bolsas con la finalidad de que se laven los sustratos y se desprendan las sustancias nocivas para el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus* de su superficie.

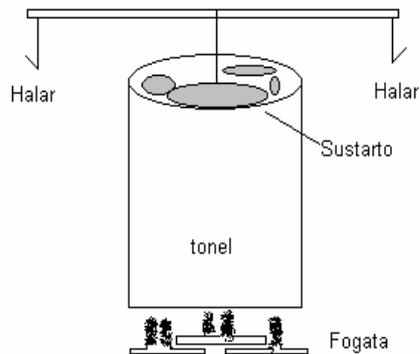
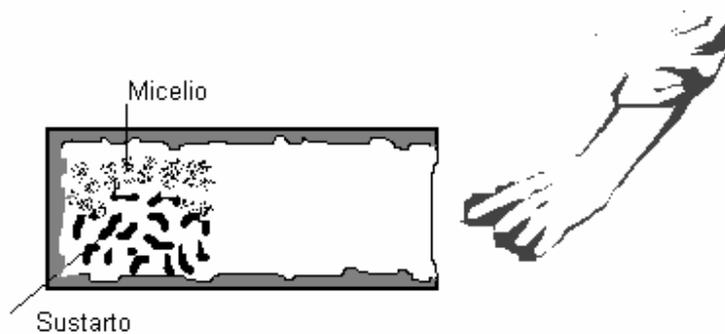


Figura 1. Esterilización de sustratos para Producción de *Pleurotus ostreatus*.

5. Luego del lavado del sustrato se dejó escurrir unos minutos (+/- 5 min.) para evitar el exceso de agua.
6. Entonces se colocó el sustrato húmedo sobre el suelo del invernadero (cubierto de nylon limpio) esperando que el material se enfriara.
7. Primeramente, en las bolsas ya preparadas (de nylon transparente (1.70 metros de largo) y con la costura hacia el interior de la bolsa, ya que esto permite que al momento de regar no quede agua en las orillas externas de la bolsa y así evitar que algunos organismos pueda desarrollarse en estas partes) se sumergió el sustrato, metiendo primeramente una capa de material y luego una parte de micelio activado (1/2 libra por unidad experimental); de la siguiente manera:

Figura 2. Inoculación de sustratos



8. Ya estando llena la bolsa se procedió a efectuar el amarre, teniendo cuidado de sacar el aire que se encuentra dentro de ella, para después ser llevada a la posición determinada dentro del invernadero, amarrándola en el techo de la instalación.
9. Para la primera etapa de producción (crecimiento miceliar) las bolsas se incubaron en el invernadero, bajo condiciones de oscuridad por 20 días y a una temperatura promedio de 29°C; cuidando de no abrir la instalación en este período de tiempo.
10. Luego de 15 días de la siembra del micelio y estando la bolsa de color blanco y saturada de él, se perforaron longitudinalmente (6 incisiones aproximadamente a cada unidad experimental) con una hoja de gillette desinfectada con alcohol, para luego regar el material; percatándose de que la temperatura en la instalación no subiera a 32°C pues el hongo puede sucumbir.
11. Se dejó un lapso de 5 días entre perforación de bolsas y apertura de instalación (Para proporcionar luz y ventilación) para darle tiempo al hongo de adaptarse a perder agua del sustrato y a la humedad relativa que se presente en la instalación.
12. La cosecha de carpóforos se realizó arrancando el hongo de la bolsa con las manos previamente desinfectadas, registrando cada corte de cada bolsa para tener los datos

utilizados en el cálculo de Producción (rentabilidad). Para el cálculo de Eficiencia Biológica se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Eficiencia Biológica} = (\text{gramos de hongo en fresco} / \text{gramos del sustrato seco}) * 100$$

13. Luego del ciclo de producción, se tomaron muestras de 3 libras de sustrato final de los dos mejores tratamientos en cuanto a producción y eficiencia biológica.
14. Los 2 mejores tratamientos fueron sometidos a un análisis químico proximal y Lignina, tomando para ello muestras iniciales y finales de tales sustratos. Esto fue realizado por el laboratorio de Bromatología de la Escuela de Zootecnia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
15. Al final se estudió económicamente la producción para determinar rentabilidad y relación beneficio/ costo mediante un análisis financiero practicado al mejor tratamiento en cuanto a rendimiento para un periodo de 2 años. Para esto se tomó el rendimiento del mejor tratamiento y éste se proyectó para todo el área del invernadero, como si fuera el único que se estuviese cultivando; calculándose la producción en un 5% menos para dicho tratamiento y así poder introducirlo al análisis financiero.

6.6 Variables de respuesta:

- Peso fresco del carpóforo o cuerpo fructífero por unidad experimental, medido en gramos mediante conversión de la unidad de medida original (onzas)
- Eficiencia biológica en %; tomado de la división entre el peso del hongo en fresco y el peso del sustrato en seco multiplicado por 100
- Relación beneficio/costo, mediante un análisis financiero a 2 años para el mejor tratamiento.
- Respuesta de *Pleurotas ostreatus* sobre el sustrato en cuanto al consumo de lignina medido en %.

6.7 Análisis de la información

6.7.1 Análisis estadístico

Los datos obtenidos (rendimiento del hongo –peso fresco- por unidad experimental) fueron introducidos a un análisis de varianza (ANDEVA), tanto los de producción como los de eficiencia biológica, para realizar el correspondiente estudio del comportamiento de los pesos y eficiencias biológicas por unidad experimental.

Los factores de variación fueron sometidos a prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad ($\alpha = 0.05$) tanto para la Eficiencia Biológica como para la producción y así conocer diferencias entre tratamientos.

6.7.2 Análisis financiero

Se estudió económicamente la producción para el tratamiento que presentó el mayor valor productivo, partiendo del supuesto de que se utilizó en el invernadero únicamente dicho tratamiento con 42 repeticiones (unidades experimentales) de él, calculando un 5% menos de la producción obtenida como resultado final de la cosecha luego de 3 meses del ciclo de cultivo, para ser utilizado como dato de producción en el análisis financiero proyectado a 2 años (8 ciclos de producción).

7. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el propósito de llevar una secuencia lógica en la presentación y discusión de resultados, se estableció una guía para ello. Esta se presenta a continuación:

Primero, se analizaron los resultados de producción de *Pleurotus ostreatus* para establecer que tratamiento presenta mayor rendimiento, luego con los datos de eficiencia biológica por unidad experimental se analizaron cual de ellos presenta el mayor porcentaje, esto para establecer si el primer resultado (rendimiento) está de acuerdo al de eficiencia biológica y así poder corroborar la información obtenida. Seguidamente, se estudiaron los resultados de laboratorio de bromatología para los dos tratamientos que presentaron el mayor rendimiento y eficiencia biológica; estos son: PTBE (Paja de Trigo + Broza de Encino) y BERM (Broza de Encino + Rastrojo de Maíz), para evidenciar la preferencia de consumo del hongo en alguno de los dos sustratos y así poder amarrarla a los anteriores resultados. Por último, se efectuó un análisis económico proyectado a 2 años para el mejor tratamiento en base a rendimiento, eficiencia biológica y a preferencias de consumo por el hongo *Pleurotus ostreatus*; es decir, para PTBE; para establecer finalmente la relación beneficio/costo.

7.1 Producción de *Pleurotus ostreatus*

Siguiendo la metodología, se determinó un periodo de tres meses de ciclo de cultivo, observándose crecimiento de carpóforos 28 días luego de inoculado los sustratos.

El crecimiento de carpóforos inicio en el tratamiento Paja de Trigo (PT), siguiéndole Paja de Trigo + Rastrojo de Maíz (PTRM), Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE), luego Rastrojo de Maíz (RM), Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM) y por último Broza de Encino (BE); aunque éste último presentó mayor agresividad, es decir, mayor número de carpóforos en tiempo igual de crecimiento, pero menor tamaño de ellos y por ende menor peso fresco.

En los tratamientos que incluyeron mezclas fue notoria la homogeneidad en tamaño de carpóforos, no así en producción y en intervalos de producción (tiempo de cosecha).

Por lo tanto, el período de cosecha del hongo fue de 63 días, tiempo en el que se practicaron 31 cortes, dependiendo del crecimiento (que los primordios crezcan al mismo tiempo), tamaño (que no superen los 15 cms. de diámetro), y calidad del hongo (que los bordes no se hayan rizado). Tales cortes fueron realizados por las mañanas (7:00 a.m.) para evitar pérdida de peso al momento de la venta (ver cuadro 31.1A y 31.2A).

Los resultados son presentados en onzas por razón de integridad de ellos al momento de conversión para el análisis de datos, aunado a la falta de un instrumento de medición de gramos; pero se puede tomar el valor de 1 onza equivalente a 28.35 gramos.

Cuadro 10. Producción de Pleurotus ostreatus por tratamiento (onzas).

REPETICION	TRATAMIENTOS					
	PTBE	PTRM	BE	BERM	RM	PT
I	95	67	35	86.5	41	66.5
II	82.5	61.5	22.5	81.5	36	68
III	78.5	55.5	36.5	63	32	66.5
IV	98	48.5	32.5	73	29.5	62
V	74.5	51	20	63.5	56	51.5
VI	81	48	26	85.5	47	59
VII	103	48.5	29.5	79	53	52
TOTAL	612.5	380	202	532	294.5	425.5
PRMEDIO	87.5	54.28	28.85	76	42.1	60.78

Fuente: El Autor

Con el objeto de comparar los resultados obtenidos en la producción de carpóforos en peso fresco se realizó un análisis de varianza (ver cuadro 11) con un 95 % de confiabilidad.

Cuadro 11. Análisis de varianza para producción de Pleurotus ostreatus en peso fresco.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	F Tabulada
Tratamiento	5	16229.19643	3245.839286	41.91291537	2.47716514
Error Experimental	36	2787.928571	77.44246032		
Total	41	19017.125			

Fuente: El Autor.

Cuadro 12. Prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad para análisis de varianza sobre producción de *Pleurotus ostreatus* en peso fresco.

		PTBE	BERM	PT	PTRM	RM	BE
		87.5	76	60.79	54.29	42.07	28.86
BE	28.86	58.64 *	47.14 *	31.93 *	25.43 *	13.21 NS	-
RM	42.07	45.43 *	33.93 *	18.72 *	12.22 NS	-	
PTRM	54.29	33.21 *	21.71 *	6.5 NS	-		
PT	60.79	26.71 *	15.21 *	-			
BERM	76	11.5 NS	-				
PTBE	87.5	-					

Fuente: El Autor.

* Significativo al 95 %

N.S. No significativo

W = 14.44

Cuadro 13. Resumen Prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad para Análisis de varianza sobre producción de *Pleurotus ostreatus* en peso fresco.

TRATAMIENTO	MEDIA (onz)	GRUPO			
PTBE	87.5	a			
BERM	76.0	a			
PT	60.79		b		
PTRM	54.29		b	c	
RM	42.07			c	d
BE	28.86				d

Fuente: El Autor

Los resultados valida la hipótesis planteada en el experimento, lo que constituye un indicador de la incidencia que tienen los sustratos en el rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Considerando los resultados vertidos por el análisis de varianza (ANDEVA) y tomando en cuenta que el coeficiente de variación (C.V.) fue de 15.11 % se rechaza la posibilidad de un mal manejo del experimento. Podemos observar los diferentes resultados de producción obtenidos y según ellos, el tratamiento consistente en Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) fue el mayor, con 612.5 onzas y un promedio por repetición de 87.5 onzas por unidad experimental. Le sigue Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM) con 532 onzas y un promedio por repetición de 76 onzas por unidad experimental, según el análisis de Tukey. El tratamiento con menos producción fue Broza de Encino (BE) con 202 onzas y un promedio por repetición de 28.85 onzas

por unidad experimental; aunque éste último haya presentado mas agresividad, es notorio que el periodo de crecimiento de carpóforos entre cosecha y cosecha es más largo (mayor número de días) por lo tanto existe menos producción al final del ciclo de cultivo.

Los tratamientos que no incluyen mezclas, Broza de Encino (BE) y Rastrojo de Maíz (RM) presentaron rendimientos similares (294.5 y 202 onzas respectivamente), no así el de Paja de Trigo (PT) que supero a sus tratamientos homólogos con 425.5 onzas. El único tratamiento mezcla que presentó resultados menores a los tratamientos individuales y al de sus homólogos fue el de Paja de Trigo + Rastrojo de Maíz (PTRM) con 380 onzas y un promedio por repetición de 54.28 onzas por unidad experimental.

Por lo tanto, se demuestra que cultivar el hongo Pleurotus, tanto en el sustrato Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) y Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM) brinda los mejores rendimientos en peso fresco de carpóforos con medias de 87.5 y 76 onzas respectivamente. Esto evidencia que los tratamientos Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) y Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM) estadísticamente son iguales y que su utilización causará indiferentemente de cual de ellos se use, los mejores resultados.

En el campo, esto, obviamente no es así, ya que uno de ellos presenta mayor producción (PTBE = 87.5 onzas como media) que el otro (BERM = 76 onzas como media), lo que indica una diferencia entre ellos de 11.5 onzas, equivalente a Q. 14.40 por unidad experimental (1 libra = Q.20.00). Si suponemos tener 42 unidades experimentales en un invernadero trabajado con Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE); como el caso de éste experimento, el valor se dispara a Q. 604.80 de diferencia, únicamente para un ciclo de cultivo (al año se pueden obtener 4 ciclos de cultivo), cantidad que no puede dejar pasarse por alto. Por tal razón, en el numeral 7.4 (Análisis económico), se hace un estudio financiero para Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) proyectado a 2 años.

7.2 Eficiencia biológica en sustratos

Luego de obtener los valores de producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* se analizó por unidad experimental (repetición) para cada tratamiento el porcentaje de eficiencia biológica utilizando para ello la metodología planteada en el inciso 12 del numeral 6.5 (Manejo del experimento). Los resultados son observables en el cuadro siguiente.

Cuadro 14. Eficiencia biológica (E.B.) por tratamientos para producción de *Pleurotus ostreatus* (en porcentaje).

REPETICIÓN	TRATAMIENTOS					
	PTBE	PTRM	BE	BERM	RM	PT
I	98.96	69.79	36.48	90.1	42.71	69.27
II	85.94	64.06	23.44	84.9	37.5	70.83
III	81.77	57.81	38.02	65.62	33.33	69.27
IV	102.08	50.52	33.85	76.04	30.73	64.58
V	77.08	53.12	20.83	66.14	58.33	53.64
VI	84.38	50	27.08	89.06	48.96	61.46
VII	107.29	50.52	30.73	82.29	55.21	54.17
PRMEDIO	91.07	56.55	30.06	79.16	43.82	63.32

Fuente: El Autor

Cuadro 15. Análisis de varianza al 95 % de confiabilidad para eficiencia biológica por tratamientos en la producción de *Pleurotus ostreatus* en peso fresco.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	F Tabulada
Tratamiento	5	17576.75558	3515.351117	41.632440873	2.47716514
Error Experimental	36	3039.762629	84.43785079		
Total	41	20616.51821			

Fuente: El Autor

Cuadro 16. Prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad para análisis de varianza sobre eficiencia biológica en la producción de *Pleurotus ostreatus* en peso fresco.

		PTBE	BERM	PT	PTRM	RM	BE
		91.07	79.16	63.32	56.54	43.82	30.06
BE	30.06	61.01 *	49.1 *	33.26 *	26.48 *	13.76 NS	-
CM	43.82	47.25 *	35.34 *	19.5 *	12.72 NS	-	
PTCM	56.54	34.53 *	22.62 *	6.78 NS	-		
PT	63.32	27.75 *	15.84 *	-			
BECM	79.16	11.91 NS	-				
PTBE	91.07	-					

Fuente: El Autor.

* Significativo al 95 %

N.S. No significativo

W = 15.02

Cuadro 17. Resumen Prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad para Análisis de varianza sobre eficiencia biológica en la producción de *Pleurotus ostreatus* en peso fresco.

TRATAMIENTO	MEDIA (%)	GRUPO			
PTBE	91.07	a			
BERM	79.16	a			
PT	63.32		b		
PTRM	56.54		b	c	
RM	43.82			c	d
BE	30.06				d

Fuente: El Autor

Según los cuadros anteriores (15, 16, 17), el tratamiento consistente en mezcla de Paja de Trigo + Broza de Encino, con clave PTBE presenta el mejor resultado promedio (91.07 %); incluso, es el único que presentó dentro de sus unidades experimentales porcentajes superiores al 100 % (repetición IV con 102.08 % y repetición VII con 107.29 %). En orden descendiente, el siguiente tratamiento es mezcla de Broza de Encino + Rastrojo de Maíz, con clave BERM; éste con 79.16 % de eficiencia biológica demuestra que existe más obstáculos que impiden la extracción y aprovechamiento de nutrientes que en PTBE.

El resto de tratamientos oscilan entre 63.32 % y 30.06 % de eficiencia biológica, evidenciando que el hongo *Pleurotus* tiene dificultad al momento de sintetizar proteínas, aminoácidos y minerales a partir de tales sustratos.

El grupo (a) del cuadro 17, consistente en Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) y Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM) con 91.07 % y 79.16 % respectivamente, muestra que cualquiera de los dos sustratos evaluados presenta un buen medio (para el ambiente en donde se realizó la investigación) de bioconversión de energía y de biodegradación.

Finalmente, enlazando los resultados de rendimiento y de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*, es notorio que la presencia de Broza de Encino en las mezclas, es fundamental; siendo la adición de Paja de Trigo o Rastrojo de Maíz) el que determina hasta que punto pueden aumentar los parámetros estudiados y paralelamente hasta que punto el hongo puede degradar los sustratos y hacer buen uso de su contenido de proteínas, aminoácidos y minerales.

7.3 Consumo de lignina

Antes de analizar el consumo de lignina, se discutirán los demás resultados vertidos por el análisis bromatológico practicado a BERM y PTBE al inicio y final del ciclo de producción para comprender el comportamiento de estos dos sustratos. Tal análisis, brinda un panorama general de la actividad de degradación del *Pleurotus ostreatus* sobre los sustratos evaluados (ver cuadro 18) que facilita el entendimiento de las diferencias en porcentajes de eficiencia biológica (91.07 % y 79.16 %) obtenidos en este experimento.

Para iniciar, existe mayor porcentaje de agua en BERM inicial que en PTBE inicial, comportándose de la misma manera al final de la producción. Igualmente mayor porcentaje de materia seca (M.S.) en PTBE inicial que en BERM inicial comportándose de la misma manera al final de la producción.

Analizando el contenido de Fibra Cruda (F.C.) tenemos lo siguiente:

PTBE SECA: Mayor porcentaje de FC inicial que al final (51.13 i – 46.76 f) con diferencia de 4.37 %.

ALIMENTO: Mayor porcentaje de FC inicial que al final (32.15 i – 9.39 f) con diferencia de 22.76 %.

BERM SECA: Mayor porcentaje de FC inicial que al final (54.11 i – 49.8 f) con diferencia de 4.31 %.

ALIMENTO: Mayor porcentaje de FC inicial que al final (29.8 i – 8.93 f) con diferencia de 20.87 %.

Por lo tanto, en estado seco el hongo consumió mas Fibra Cruda en el PTBE (PTBE con diferencia de 4.37 % y BERM con diferencia de 4.31 %). Como alimento, el hongo consumió mas Fibra Cruda del PTBE (PTBE con diferencia de 22.76 % y BERM con diferencia de 20.87 %).

Analizando el contenido de Proteína Cruda (PC) en los sustratos, tenemos:

PTBE SECA: Mayor porcentaje de PC final (8.94 f – 8.58 i) con diferencia negativa de 0.36 %.

ALIMENTO: Mayor porcentaje de PC inicial que en PC final (5.39 i – 1.79 f) con diferencia de 3.6 %.

BERM SECO: Mayor porcentaje de PC final que en PC inicial (8.03 f – 77.89 i) con diferencia negativa de 0.14 %.

ALIMENTO: Mayor porcentaje de PC inicial que en PC final (4.74 i – 1.44 f) con diferencia de 3.3 %.

Por lo tanto en estado seco, el hongo no consumió Proteína Cruda en base seca, pero los valores se hacen mayores probablemente a que al momento del análisis, también se introdujeron algunas estructuras del hongo, incluyendo su micelio, algo imposible de sacar de la muestra final. Como alimento el hongo consumió mayor Proteína Cruda del tratamiento PTBE (PTBE con diferencia de 3.6 % y BERM con diferencia de 3.3 %).

El comportamiento del hongo para Extracto Etéreo (E.E.) fue similar al que presentó para Fibra Cruda, ya que según las diferencias el *Pleurotus* consumió más del tratamiento PTBE que del BERM (PTBE seco: diferencia de 0.23 %, alimento: diferencia de 1.06 %; BERM seco: diferencia de 0.19 %, alimento: diferencia de 1.01 %). En cuanto al porcentaje de cenizas, el hongo se comporto de igual forma que en Fibra Cruda, ya que en base seca no hubo consumo, pero como alimento, consumió mas en PTBE que en BERM (diferencias de 3.1 % y 2.77 % respectivamente).

Sobre la base de lo anterior se demuestran las razones del por qué el tratamiento Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) presenta mayor eficiencia biológica que Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM), ya que es obvio que el hongo *Pleurotus ostreatus* prefiere desarrollarse sobre el primer sustrato.

Para conocer la preferencia de consumo de lignina del hongo en los sustratos estudiados, se analizó el resultado de consumo de lignina en porcentaje (inicial y final), es decir; se tomaron muestras de los sustratos al inicio de la producción y al final de ella; ya que el consumo de lignina por el hongo es un indicador teórico de sus preferencias alimenticias y por lo tanto de su desarrollo normal. Los resultados se observan en el cuadro siguiente:

Cuadro 18. Análisis bromatológico para Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) y Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM) al inicio y final del ciclo de producción de *Pleurotus ostreatus*.

	BASE	AGUA	M.S.	E.E.	F.C.	P.C.	CENIZAS	E.L.N.	LIGNINA
		%	%	%	%	%	%	%	%
PTBE	<i>Seca</i>	37.13	62.87	2.37	51.13	8.58	9.93	27.98	
Inicial	<i>Alimento</i>	-	-	1.49	32.15	5.39	6.25	17.59	26.94
PTBE	<i>Seca</i>	79.92	20.08	2.14	46.76	8.94	15.67	26.50	
Final	<i>Alimento</i>	-	-	0.43	9.39	1.79	3.15	5.32	13.68
BERM	<i>Seca</i>	45.86	54.14	2.29	54.11	7.89	9.38	26.62	
Inicial	<i>Alimento</i>	-	-	1.39	29.8	4.74	5.41	15.73	30.23
BERM	<i>Seca</i>	82.07	17.93	2.10	49.80	8.03	14.63	25.44	
Final	<i>Alimento</i>	-	-	0.38	8.93	1.44	2.64	4.56	22.97

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Escuela de Zootecnia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. M.S= Materia seca, E.E= Extracto Etéreo, F.C= Fibra Cruda, P.C= Proteína Cruda, E.L.N= Extracto Libre de Nitrógeno, PTBE=Paja de Trigo+Broza de Encino, BERM=Broza de Encino + Rastrojo de Maíz

Según lo anterior, referente al consumo de lignina por *Pleurotus* en cada sustrato (tratamiento) es evidente que, aunque el porcentaje de lignina inicial es mayor en BERM que en PTBE (30.23 % y 26.94 %) no indica que es mejor para el desarrollo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* ; ya que al momento de cuantificar el porcentaje de lignina final de los dos tratamientos, las diferencias hacen notar que el hongo encuentra mas biodisponible la lignina en el PTBE que en BERM, es de ver las diferencias entre tratamientos iniciales y finales para verificarlo, ya que en BERM existe una diferencia de 7.26 %, mientras que en PTBE 13.26 % de diferencia, lo que indica que *Pleurotus ostreatus* aprovechó mas lignina en PTBE que en BERM y por ende aprovecho a mayor velocidad los nutrientes proporcionados por el sustrato PTBE.

7.4 Análisis económico

Este análisis se enmarca en un estudio de cuantificación de la mano de obra, materia prima, costo de invernadero, depreciaciones; para determinar el flujo de efectivo, balance general y estado de resultados para determinar la relación beneficio/costo, ya que por la naturaleza del

experimento (que hay que construir un invernadero) no se puede efectuar un análisis de rentabilidad simple.

De acuerdo al cuadro 10, y convirtiendo los datos de producción (onzas) a ingreso monetario (Quetzales), obtenemos el cuadro 19, en el que podemos notar que el tratamiento que reporto mayor ingreso fue el de Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE) con Q765.63, siguiéndole Broza de Encino + Rastrojo de Maíz (BERM) con Q665.00. El menor ingreso fue producto del tratamiento Broza de Encino con Q252.50. En total (por los 6 tratamientos) se percibió Q3,058.13 como ingreso bruto, con un costo de inversión requerida de Q4,401.01. Esto indica que en el primer ciclo de producción no existen ganancias, ya que dentro de los costos va incluido el valor del invernadero construido para esta investigación (Q1,229.25).

Cuadro 19. Resultados económicos de la producción del hongo comestible Pleurotus ostreatus

Resultados Económicos de la Producción de Hongos						
Repetición	PTBE	PTRM	BE	BERM	RM	PT
1	Q118.75	Q83.75	Q43.75	Q108.13	Q51.25	Q83.13
2	Q103.13	Q76.88	Q28.13	Q101.88	Q45.00	Q85.00
3	Q98.13	Q69.38	Q45.63	Q78.75	Q40.00	Q83.13
4	Q122.50	Q60.63	Q40.63	Q91.25	Q36.88	Q77.50
5	Q93.13	Q63.75	Q25.00	Q79.38	Q70.00	Q64.38
6	Q101.25	Q60.00	Q32.50	Q106.88	Q58.75	Q73.75
7	Q128.75	Q60.63	Q36.88	Q98.75	Q66.25	Q65.00
TOTAL	Q765.63	Q475.00	Q252.50	Q665.00	Q368.13	Q531.88
Gran Total	Q3,058.13					

Fuente: El Autor.

Por lo anterior, el cálculo de la relación beneficio / costo (B/C) para el mejor tratamiento (Paja de Trigo + Broza de Encino, PTBE) se determinó bajo las siguientes condiciones, debido a que un cálculo de rentabilidad simple para analizar la producción no es funcional.

1. La producción total en el invernadero fue de Q3, 058.13, equivalente a 2,446.5 onzas (154.16 libras), influido por 6 diferentes tratamientos (42 unidades experimentales).
2. La producción para el mejor tratamiento fue de Q765.63, equivalente a 612.5 onzas (38.3 libras), influido por 7 repeticiones.
3. Se supone tener dentro del invernadero 42 unidades experimentales producidas con sustrato Paja de Trigo + Broza de Encino (PTBE), por lo que se espera un ingreso por venta de Q4, 593.75, equivalentes a 3,675 onzas (229.69 libras).
4. Como margen de seguridad se calculó un 5% menos de producción sobre 3,675 onzas, esto es 3,491 onzas (218.13 libras) equivalentes a Q4,362.60.

De esta cuenta, se analizó el cuadro 20 (indicador de los costos totales trimestrales de producción referente a materias primas para producir el hongo), el cuadro 21 (indicador de los costos trimestrales de la mano de obra para producir el Pleurotus), cuadro 22 (referente a la integración de costos variables, en quetzales; es decir la suma de la materia prima y la mano de obra para la producción del hongo trimestralmente), Cuadro 23 (indica los costos del invernadero, monto que suma Q1229.25), cuadro 24 (indica la inversión requerida para cultivar 42 unidades o bolsas de producción de 6 libras de sustrato, utilizando 20 libras de inóculo de semilla sumado al costo del invernadero, para verter un monto de inversión general por tres meses de Q4401.01), cuadro 25 (indica las depreciaciones en quetzales trimestralmente que se calcula al invernadero, manguera, balanza, toneles y bomba de mochila, sumando Q199.91 trimestralmente), cuadro 26 (se refiere a la integración de costos totales, abarcando costos fijos y costos variables,

utilizados para analizar el flujo de efectivo proyectado), cuadro 27 (se refiere al movimiento de inversión, costos y ganancias proyectado a 2 años de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*), cuadro 28 (hace referencia al estado de pérdidas y ganancias a 2 años de producción) y cuadro 29 (indica el movimiento de activos, pasivo y capital de la producción a 2 años) para calcular la relación beneficio/costo. A continuación se muestran los cuadros sujetos de análisis, para luego establecer los flujos netos de efectivo, el valor presente neto, la tasa interna de retorno y por ultimo la relación beneficio/costo.

Cuadro 20. Materias Primas, en quetzales.

Producto	Costo por Unidad (Q)	Costos Totales Trimestrales en Quetzales							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Ambux	3.12 / MB	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26
Alcohol	22 / Lt.	11	11	11	11	11	11	11	11
Semilla de hongo	20 / Lb.	420	420	420	420	420	420	420	420
Nylon transpar.	7 / mt.	98	98	98	98	98	98	98	98
Cal	40 / qq	20	20	20	20	20	20	20	20
Sustrato	0.50 / lb.	126	126	126	126	126	126	126	126
Leña	80 / tarea	80	80	80	80	80	80	80	80
Guantes	1.25 / par	5	5	5	5	5	5	5	5
Pita	8 / rollo	4	4	4	4	4	4	4	4
TOTAL (Q)		773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26

Fuente: El Autor.

Cuadro 21. Mano de Obra, en quetzales.

Producto	Costo por Unidad (Q)	Costos Totales Trimestrales en quetzales							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Acarreo,picado,sustrato	25 / jornal	100	100	100	100	100	100	100	100
Esterilización	25 / jornal	50	50	50	50	50	50	50	50
Siembra de micelio	25 / jornal	100	100	100	100	100	100	100	100
Hechura de bolsa	0.50 / Bolsa	21	21	21	21	21	21	21	21
Experimentador	200 / mes	600	600	600	600	600	600	600	600
TOTAL (Q)		871	871	871	871	871	871	871	871

Fuente: El Autor.

Cuadro 22. Integración de costos variables, en Quetzales.

RUBRO	Costos Totales Trimestrales en quetzales							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Materia prima	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26
Mano de obra	871	871	871	871	871	871	871	871
TOTAL (Q)	1644.26	1644.26	1644.26	1644.26	1644.26	1644.26	1644.26	1644.26

Fuente: El Autor.

Cuadro 23. Costos Invernadero, en Quetzales.

MATERIAL	COSTO(Q)
Madera	720
Nylon negro	120
Pita plástica	8
Cedazo	54
Pegamento	14
Clavos	6.25
Nylon negro	7
MANO DE OBRA	
Construc.	300
TOTAL(Q)	1229.25

Fuente: El Autor

Cuadro 24. Inversión Requerida ,en Quetzales.

A. INVERSION FIJA	FINANCIAM.PRESTAMO (Q)
Invernadero	1229.25
Manguera	40
Balanzas	50
Toneles	200
Bomba de mochila	400
Imprevistos (5%)	95.97
TOTAL (Q)	2115.22
B.CAPITAL TRABAJO	FINANCIAM.PRESTAMO (Q)
Costos Variables	1726.48
Costos Fijos	659.31
TOTAL (Q)	2385.79
C. SUMA A+B (Q)	4401.01

Fuente: El Autor

Cuadro 25. Depreciaciones, en Quetzales.

RUBRO	VALOR EN Q.	AÑOS VIDA	DEPRECIACIÓN POR TRIMESTRE EN QUETZALES							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Invernadero.	1229.25	2	153.66	153.66	153.66	153.66	153.66	153.66	153.66	153.66
Manguera	40	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Balanza	50	2	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
Toneles	200	4	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Bomba mochila	400	4	25	25	25	25	25	25	25	25
TOTAL(Q)	1919.25		199.91	199.91	199.91	199.91	199.91	199.91	199.91	199.91

Fuente: El Autor

Cuadro 26. Integración de Costos Totales, en Quetzales

A. COSTOS VARIABLES	1	2	3	4	5	6	7	8
Materia Prima (Q)	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26
Mano de Obra (Q)	871	871	871	871	871	871	871	871
Imprevistos (5 %) (Q)	82.22	82.22	82.22	82.22	82.22	82.22	82.22	82.22
TOTAL COST. VARIABLES	1726.5							
B. COSTOS FIJOS	1	2	3	4	5	6	7	8
Pago por ventas (Q)	100	100	100	100	100	100	100	100
Costo por bolsa (Q)	23	23	23	23	23	23	23	23
Arrendamiento (Q)	250	250	250	250	250	250	250	250
Agua (Q)	30	30	30	30	30	30	30	30
Mantenimiento (Q)	25	25	25	25	25	25	25	25
Depreciaciones (Q)	199.91	199.91	199.91	199.91	199.91	199.91	199.91	199.91
Imprevistos (5 %) (Q)	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
TOTAL COSTOS FIJOS	659.31							

Fuente: El Autor

Cuadro 27. Flujo de Efectivo Proyectado en quetzales

CONCEPTO	0 (Q)	1 (Q)	2(Q)	3 (Q)	4 (Q)	5 (Q)	6 (Q)	7 (Q)	8 (Q)
Saldo inicial		1612.53	3580.2	5547.87	7515.54	5082.2	7258.92	9435.64	11612.36
Ventas		4362.6	4362.6	4362.6	4362.6	4362.6	4362.6	4362.6	4362.6
Prestamo	4401.01								
Total Disponible	4401.01	5975.13	7942.8	9910.47	11878.14	9444.8	11621.52	13798.24	15974.96
Salid. efectivo									
Materia Prima	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26
Invernadero	1229.25								
Manguera	40								
Balanza	50								
Toneles	200								
Bomba mochila	400								
imprevistos 5%	95.97								
Mano de Obra		871	871	871	871	871	871	871	871
Pago / ventas		100	100	100	100	100	100	100	100
Costo Bolsa		23	23	23	23	23	23	23	23
Arrendamiento		250	250	250	250	250	250	250	250
Agua		30	30	30	30	30	30	30	30
Mantenimiento		25	25	25	25	25	25	25	25
Imprevistos C.V		82.22	82.22	82.22	82.22	82.22	82.22	82.22	82.22
Imprevistos C.F		31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Interes Presta.		209.05	209.05	209.05	209.05				
Pago Prestamo					4401.01				
TOTAL SALIDA	2788.48	2394.93	2394.93	2394.93	6795.94	2185.88	2185.88	2185.88	2185.88
SALDO	1612.53	3580.2	5547.87	7515.54	5082.2	7258.92	9435.64	11612.36	13789.08
DISPONIBLE (Q)									

Fuente: El Autor.

Cuadro 28. Cuadro de Estado de Resultados Proyectados, en quetzales

CONCEPTO	TRIMESTRES								
	0 (Q)	1 (Q)	2 (Q)	3 (Q)	4 (Q)	5 (Q)	6 (Q)	7 (Q)	8 (Q)
ACTIVO NO CORRIENTE									
Invernadero	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25
Manguera	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Balanza	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Toneles	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Bomba de Mochila	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Depreciac. acumulada		199.91	399.82	599.73	799.64	999.55	1199.46	1399.37	1599.28
DIFERIDO									
Imprevistos 5 %	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97
ACTIVOS CORRIENTES									
Caja y Bancos	1612.53	3580.2	5547.87	7515.54	5082.2	7258.92	9435.64	11612.36	13789.08
Inventarios	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26
TOTAL ACTIVOS	4401.01	6168.77	7936.53	9704.29	7071.04	9047.85	11024.66	13001.47	14978.28
PASIVO Y PATRIMONIO									
Capital			1767.76	3535.52	5303.28	7071.04	9047.85	11024.66	13001.47
Capital Inicial									
Utilidad del Proyecto		1767.76	1767.76	1767.76	1767.76	1976.81	1976.81	1976.81	1976.81
PASIVO CORRENTE									
Prestamo	4401.01	4401.01	4401.01	4401.01					
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO (Q)		6168.77	7936.53	9704.29	7071.04	9047.85	11024.66	13001.47	14978.28

Fuente: El Autor

Cuadro 29. Balance General Proyectado, en quetzales.

CONCEPTO	TRIMESTRES (Q)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ACTIVO NO CORRIENTE									
Invernadero	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25	1229.25
Manguera	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Balanza	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Toneles	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Bomba de Mochila	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Depreciac. acumulada		199.91	399.82	599.73	799.64	999.55	1199.46	1399.37	1599.28
DIFERIDO									
Imprevistos 5 %	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97	95.97
ACTIVOS CORRIENTES									
Caja y Bancos	1612.53	3580.2	5547.87	7515.54	5082.2	7258.92	9435.64	11612.36	13789.08
Inventarios	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26	773.26
TOTAL ACTIVOS	4401.01	6168.77	7936.53	9704.29	7071.04	9047.85	11024.66	13001.47	14978.28
PASIVO Y PATRIMONIO									
Capital			1767.76	3535.52	5303.28	7071.04	9047.85	11024.66	13001.47
Capital Inicial									
Utilidad del Proyecto		1767.76	1767.76	1767.76	1767.76	1976.81	1976.81	1976.81	1976.81
PASIVO CORRENTE									
Prestamo	4401.01	4401.01	4401.01	4401.01					
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO (Q)		6168.77	7936.53	9704.29	7071.04	9047.85	11024.66	13001.47	14978.28

Fuente: El Autor

Tomado en cuenta los cuadros 20 a 29 y efectuando los análisis correspondientes; auxiliándose en el paquete computacional Excel 2000 para el cálculo de los indicadores económicos, Se utilizó un factor de descuento de 20 % anual, tomando una tasa de interés promedio ponderada de las operaciones activas del sistema bancario de 7.06% al 19 de septiembre del 2003, así mismo; una tasa de inflación de 6.20 % y un 6% como prima por riesgo y se obtuvo lo siguiente:

1. Flujo Neto de Efectivo (FNE) para año 1=7071.04 y para el año 2=7907.24
2. Flujo Neto de Efectivo descontado (FNE d) para 1 = 5892.53 y para el año 2 = 5491.14
3. La Suma de FNE d es 11383.67
4. Valor Presente Neto = 6982.66
5. Tasa Interna de Retorno = 137 %
- 6. Relación Beneficio / Costo = 1.75**

Por lo tanto, si conviene realizar el proyecto, ya que desde el punto de vista financiero, se cumple con las premisas siguientes:

El valor actual neto (VAN) es positivo o sea mayor que cero.

La relación beneficio/costo es superior a 1 (uno)

8. CONCLUSIONES

- 8.1 De los tratamientos utilizados en esta investigación, se identificó la mezcla Paja de Trigo más Broza de Encino (PTBE) en proporción 1:1 como el sustrato que dio el mayor rendimiento de hongo *Pleurotus ostreatus* en peso fresco,.
- 8.2 La mayor eficiencia biológica proporcionada por los tratamientos utilizados fue: 91.07%, correspondiente al tratamiento Paja de Trigo (*Triticum sativum*) mas Broza de Encino (*Quercus sp.*), (PTBE) en relación 1:1,
- 8.3 El consumo de Lignina que presentó el hongo ostra, *Pleurotus ostreatus* sobre el mejor sustrato estudiado (Paja de Trigo (*Triticum sativum*) mas Broza de Encino (*Quercus sp.*), (PTBE) en relación 1:1) fue de 49.22 %,
- 8.4 El mejor tratamiento evaluado en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* presentó una relación beneficio/costo de 1.75, indicando que por cada unidad de dinero invertida es recupera tal unidad mas el 75% de ella.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Para responder en parte a las necesidades económicas y/o alimenticias del productor y al mismo tiempo recobrar la confianza de los asociados en su organización (Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito “Rafaeleña” R.L.), es necesario desarrollar el proyecto de producción y comercialización del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* utilizando el sustrato consistente en Paja de Trigo (*Triticum sativum*) más Broza de Encino (*Quercus sp.*) (PTBE), en relación 1:1.
- 9.2 Para la formulación de un proyecto de producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* que pueda responder a las necesidades de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Rafaeleña” R.L. en el largo plazo, es aconsejable redefinir los objetivos, tomando en cuenta la realización del análisis de mercado, análisis técnico operativo, análisis económico financiero, análisis socioeconómico y además el análisis de impacto ambiental.
- 9.3 El análisis económico financiero realizado en esta investigación se efectuó para la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Rafaeleña” R.L. ubicada en el municipio de San Rafael La Independencia, Huehuetenango, Guatemala; con los recursos asignados por tal organización a éste estudio, por lo tanto; para extrapolar los indicadores financieros hallados, es necesario considerar el área geográfica a donde se desea hacerlo y además redefinir los valores asignados a cada rubro analizado, ya que con el lugar (altura, temperatura, humedad relativa) y disponibilidad de recursos, los resultados pueden variar.
- 9.4 Es importante, que con los conocimientos adquiridos por las personas (técnicos, extensionistas y productores) que se involucraron en el desarrollo de la presente investigación, pueda crearse una guía ilustrada de producción del *Pleurotus ostreatus* para ser proporcionada a aquellos socios de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Rafaeleña” R.L. que estén interesados en el tema; ya que de esta manera el conocimiento adquirido puede tener efecto multiplicador en los campesinos del área de San Rafael La Independencia, Huehuetenango.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldana Martínez, A. 2000. Comparación de la eficiencia de producción de inóculo primario del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en cinco granos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 55 p.
2. Cooperativa RAFAELEÑA RL, GT. 1998. Diagnostico general: San Rafael La Independencia, Huehuetenango. 26 p.
3. Fajardo Montes, FA. 2001. Producción de *Pleurotus ostreatus* ACS 0110 utilizando como sustratos los mantillos de *Quercus acatenangensis* (encino); *Enterolobium cyclocarpum* (conacaste) y *Liquidambar styraciflua* (liquidambar). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. Facultad de Agronomía. 46 p.
4. García R, 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, Facultad de Agronomía. 37 p.
5. García R, M. 1982. Cultivo industrial de *Pleurotus ostreatus* (En línea). Hojas Divulgadoras número 11/82 HD. Madrid, España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 16p. Consultado: 7 Sep. 2002. Disponible en: <http://www.ue.espana/hongos/produccion.html>
6. Girón De León, DF. 2000. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 53 p.
7. Hernández P, CH. 1998. Apuntes de matemática financiera II. Guatemala, USAC, Escuela de Auditoría. 130 p.
8. Laforé Michael, A. 2001. Diagnóstico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario del valle Del Mantaro, Perú. (en línea). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. Consultado: 28 Sep. 2002. Disponible en: <http://www.visionveterinaria.com/rivep/art/09jun42.htm>
9. Lazo Lemus, G. 2001. Determinación de la eficiencia del rastrojo de tomate (*Lycopersicum sculentum* Millar) y la corona del fruto de piña (*Ananas comosus* (L) Cerril) y sus mezclas en el cultivo de la cepa 0110 de *Pleurotus ostreatus*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40 p.
10. Manterola B, H. 1999. Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes. (En línea). Santiago, Chile. Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura. 222p. Consultado: 28 Oct. 2002. Disponible en: <http://www.maderas.com/roble-car.htm>

11. Maroto, JV. 1995. Horticultura herbáceo especial (en línea). Madrid, España. Mundi-Prensa. Consultado: 7 Sep. 2002. Disponible en: <http://www.ue.espana/hongos/produccion.html>
12. Orensanz, JV; Navarro, C. 1979. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre madera (en línea). Hojas Divulgadoras número 3/79 HD. Madrid, España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Consulta: 7 Sep. 2002. Disponible en: <http://www.ue.espana/hongos/produccion.html>
13. Ramírez, LA. 1995. Cultivo de setas, guía ilustrada (alternativa alimenticia de la economía familiar. (En línea). México, Universidad Veracruzana, Centro de Genética Forestal. Consultado: 25 Sep. 2002. Disponible en: <http://www.uv.mx/institutos/hongos/forest/hongos/produccion.html>
14. Rios Vidales, MA. 1997. Evaluación de la calidad nutricional del rastrojo de trigo (*Triticum sativum*) (en línea). México, Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Consultado: 20 Ago. 2002. Disponible en: <http://www.aqualtiplano.net/cultivos/trigo.htm>
15. Rojas, HG. 1998. Criterio en la evaluación de proyectos, método de la relación beneficio / costo. (en línea). Consultado: 10 oct. 2002. Disponible en: <http://www.geocities.com/gilberto-rojas>.
16. USAC, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de zootecnia. Manual del laboratorio de bromatología. 32 p.

11. ANEXOS

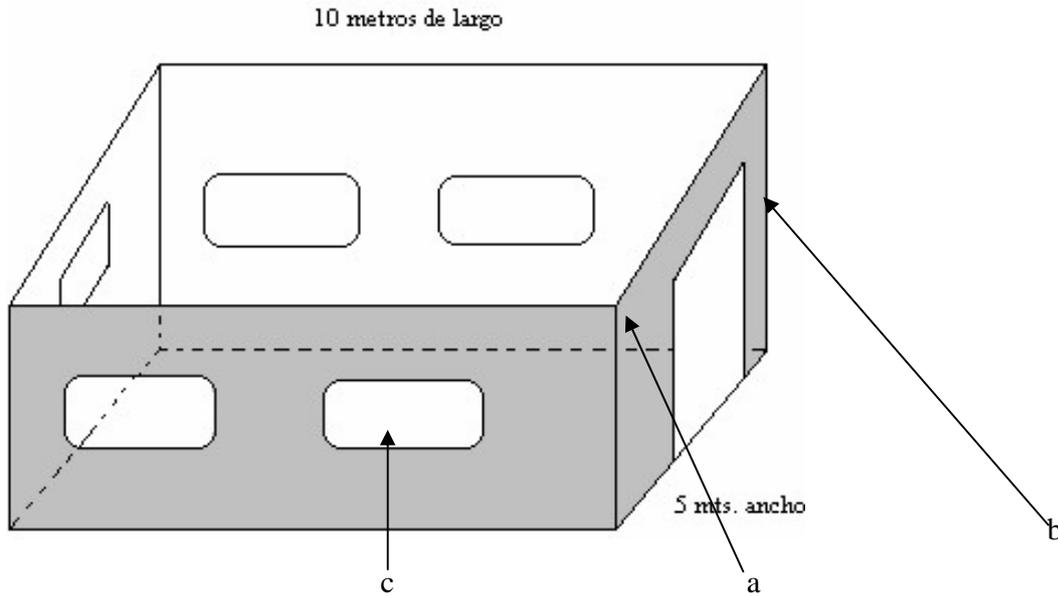
Cuadro 30A. Datos de temperatura y humedad relativa para producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en cantón cementerio, San Rafael la Independencia.

FECHA	TEM. MIN / MAX	TEMPERATURA Y HUMEDAD		
		8:00 a.m.	2:00 p.m.	6:00 p.m.
21/04/03	08° C / 30° C	16° C , 80 %	28° C, 88 %	20° C, 85 %
22/04/03	10° C / 32° C	18° C, 82 %	30° C, 85 %	25° C, 85 %
23/04/03	08° C / 32° C	16° C, 79 %	32° C, 84 %	18° C, 86 %
24/04/03	08° C / 30° C	18° C, 82 %	29° C, 81 %	26° C, 88 %
25/04/03	10° C / 34° C	22° C, 85 %	34° C, 87 %	26° C, 85 %
26/04/03	09° C / 33° C	18° C, 80 %	30° C, 85 %	26° C, 85 %
27/04/03	09° C / 32° C	17° C, 82 %	32° C, 84 %	24° C, 82 %
28/04/03	10° C / 34° C	16° C, 89 %	34° C, 92 %	28° C, 90 %
29/04/03	09° C / 32° C	18° C, 90 %	31° C, 94 %	26° C, 92 %
30/04/03	08° C / 32° C	16° C, 86 %	30° C, 89 %	28° C, 89 %
01/05/03	09° C / 35° C	18° C, 84 %	32° C, 89 %	28° C, 86 %
02/05/03	10° C / 32° C	20° C, 85 %	30° C, 90 %	28° C, 85 %
03/05/03	12° C / 38° C	21° C, 90 %	36° C, 92 %	29° C, 90 %
04/05/03	09° C / 33° C	17° C, 82 %	32° C, 88 %	27° C, 90 %
05/05/03	09° C / 30° C	18° C, 92 %	28° C, 89 %	21° C, 86 %
06/05/03	08° C / 28° C	14° C, 79 %	27° C, 81 %	25° C, 82 %
07/05/03	11° C / 33° C	20° C, 92 %	26° C, 84 %	19° C, 81 %
08/05/03	10° C / 27° C	19° C, 82 %	23° C, 90 %	21° C, 85 %
09/05/03	11° C / 26° C	22° C, 91 %	23° C, 60 %	26° C, 89 %
10/05/03	24° C / 11° C	20° C, 91 %	22° C, 66 %	22° C, 84 %
11/05/03	10° C / 30° C	19° C, 85 %	30° C, 91 %	28° C, 90 %
12/05/03	14° C / 40° C	19° C, 73 %	38° C, 70 %	36° C, 89 %
13/05/03	10° C / 34° C	12° C, 84 %	32° C, 76 %	30° C, 71 %
14/05/03	11° C / 30° C	18° C, 80 %	23° C, 92 %	24° C, 70 %
15/05/03	12° C / 28° C	12° C, 75 %	27° C, 87 %	18° C, 85 %
16/05/03	12° C / 33° C	20° C, 90 %	32° C, 80 %	27° C, 85 %
17/05/03	10° C / 32° C	20° C, 95 %	31° C, 80 %	30° C, 85 %
18/05/03	09° C / 28° C	14° C, 82 %	20° C, 90 %	18° C, 86 %
19/05/03	10° C / 26° C	16° C, 80 %	22° C, 84 %	20° C, 82 %
20/05/03	09° C / 24° C	14° C, 80 %	19° C, 80 %	18° C, 81 %
21/05/03	10° C / 27° C	19° C, 82 %	23° C, 90 %	21° C, 86 %
22/05/03	12° C / 29° C	18° C, 86 %	24° C, 90 %	22° C, 86 %
23/05/03	12° C / 29° C	18° C, 87 %	24° C, 90 %	22° C, 86 %
24/05/03	12° C / 33° C	20° C, 89 %	32° C, 82 %	27° C, 85 %
25/05/03	10° C / 29° C	21° C, 80 %	26° C, 85 %	25° C, 82 %
26/05/03	09° C / 24° C	18° C, 82 %	20° C, 80 %	19° C, 81 %
27/05/03	13° C / 36° C	16° C, 80 %	28° C, 92 %	25° C, 86 %
28/05/03	16° C / 38° C	19° C, 88 %	32° C, 85 %	31° C, 90 %
29/05/03	11° C / 36° C	15° C, 84 %	30° C, 85 %	31° C, 86 %
30/05/03	09° C / 29° C	20° C, 80 %	29° C, 85 %	27° C, 85 %

31/05/03	10° C / 30° C	19° C, 83 %	30° C, 89 %	29° C, 85 %
01/06/03	9° C / 26° C	20° C, 80 %	25° C, 86 %	23° C, 86 %
02/06/03	12° C / 32° C	20° C, 82 %	28° C, 89 %	26° C, 86 %
03/06/03	10° C / 28° C	20° C, 82 %	24° C, 85 %	25° C, 85 %
04/06/03	15° C / 32° C	19° C, 72 %	25° C, 80 %	30° C, 82 %
05/06/03	12° C / 30° C	20° C, 75 %	26° C, 80 %	26° C, 85 %
06/06/03	09° C / 28° C	18° C, 78 %	28° C, 82 %	26° C, 84 %
07/06/03	10° C / 28° C	20° C, 82 %	29° C, 88 %	28° C, 84 %
08/06/03	12° C / 30° C	18° C, 82 %	28° C, 86 %	30° C, 90 %
09/06/03	11° C / 32° C	19° C, 85 %	31° C, 88 %	30° C, 86 %
10/06/03	09° C / 30° C	21° C, 81 %	29° C, 90 %	28° C, 88 %
11/06/03	10° C / 29° C	12° C, 90 %	28° C, 95 %	27° C, 94 %
12/06/03	08° C / 25° C	18° C, 90 %	24° C, 96 %	21° C, 94 %
13/06/03	10° C / 29° C	19° C, 78 %	28° C, 80 %	28° C, 81 %
14/06/03	12° C / 30° C	19° C, 80 %	30° C, 90 %	29° C, 85 %
15/06/03	10° C / 27° C	20° C, 85 %	26° C, 88 %	25° C, 91 %
16/06/03	12° C / 31° C	18° C, 88 %	29° C, 92 %	28° C, 93 %
17/06/03	10° C / 29° C	21° C, 82 %	29° C, 88 %	25° C, 84 %
18/06/03	11° C / 30° C	12° C, 90 %	30° C, 95 %	25° C, 94 %
19/06/03	09° C / 32° C	20° C, 88 %	29° C, 90 %	28° C, 86 %
20/06/03	12° C / 32° C	19° C, 89 %	30° C, 92 %	31° C, 85 %
21/06/03	10° C / 34° C	21° C, 92 %	31° C, 95 %	30° C, 88 %
22/06/03	12° C / 33° C	21° C, 85 %	30° C, 90 %	26° C, 89 %
23/06/03	09° C / 30° C	18° C, 82 %	29° C, 96 %	28° C, 87 %
24/06/03	13° C / 33° C	22° C, 85 %	31° C, 88 %	25° C, 87 %
25/06/03	12° C / 31° C	15° C, 87 %	30° C, 82 %	29° C, 92 %
26/06/03	10° C / 34° C	21° C, 87 %	33° C, 91 %	30° C, 96 %
27/06/03	11° C / 29° C	23° C, 81 %	25° C, 89 %	24° C, 95 %
28/06/03	09° C / 32° C	21° C, 90 %	29° C, 92 %	28° C, 86 %
29/06/03	11° C / 30° C	23° C, 82 %	29° C, 93 %	29° C, 96 %
30/06/03	13° C / 32° C	21° C, 91 %	30° C, 95 %	29° C, 98 %

Fuente: El autor.

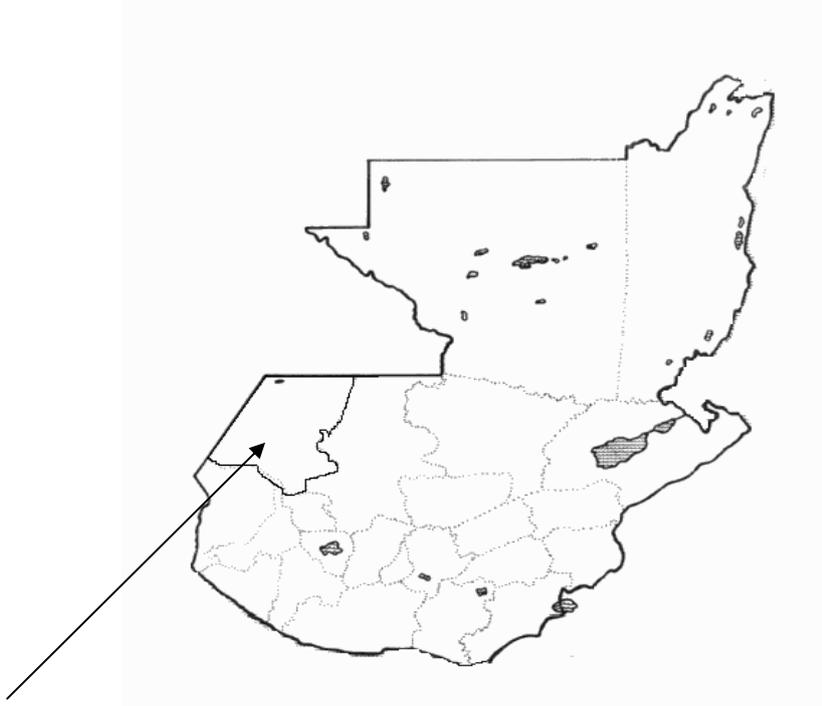
Figura 3A. Invernadero par producción de *Pleurotus ostreatus*, en San Rafael la Independencia, Huehuetenango.



REFERENCIAS:

Ancho	=	5 metros
Largo	=	10 metros
Altura "a"	=	1.90 metros
Altura "b"	=	2.10 metros
"c"	=	Ventana

Figura 4A. Mapa de Guatemala



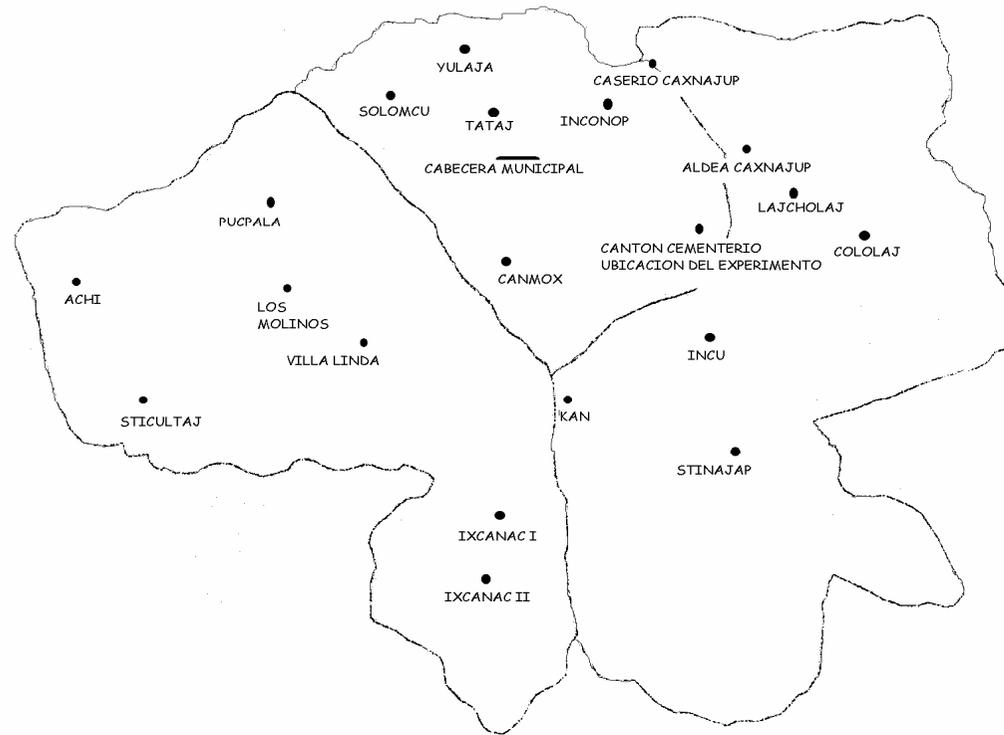
Huehuetenango

Figura 5A. Mapa de Huehuetenango



San Rafael La Independencia

Figura 6A. Mapa de San Rafael La Independencia



Cuadro 31.1A. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en onzas de Abril a Junio del 2,003.

REPETICION	A	MAYO															TOTAL
	29	2	4	5	6	7	8	9	11	14	17	19	21	25	26	28	
1 PTBE		3	2	5	8	10.5	8	7	7.5				3				60
2 PTCM	6	7		1.5						11	4			11		8	48.5
3 BE	3	1.5	1.5	6								5	5				22
4 BECM	2	10.5	3	14	1.5	10						1	26				68
5 CM		8.5							8	9	8.5						34
6 PT	6				7	4	15.5			2.5	6.5					7	48.5
7 BE	1									4.5							5.5
8 PT	6	17	4	11.5									15.5	3.5			57.5
9 CM	4	5.5									6						15.5
10 PTCM			6.5	15.5	5				1			16	6	2.5			52.5
11 PTBE	3		3.5	13	4		2			1	8				16	0.5	51
12 BECM	4	7.5	10			12				7.5	3	16		5.5			65.5
13 PTCM	6	4.5	9	10	5	3							5				42.5
14 CM		4					4	10					6	5.5	2		31.5
15 PT	7	12	10.5								8.5	10					48
16 BE				5			3.5		1			1				4	14.5
17 BECM	2				7	7	7		1						9	3.5	36.5
18 PTBE	2	1			7	5	4			8.5				1			28.5
19 PTCM	2					4.5	14	6	1								27.5
20 PT	4	12.5	7								4.5	10.5					38.5
21 CM	6			10	3.5				5					5			29.5
22 PTBE	5	5	9.5	7	2.5								28	3			60
23 BE				4.5	7.5	4.5			1						1	4.5	23
24 BECM	2	8	7.5		1.5		7			1.5	8	10					45.5
25 CM		8	8	6								15					52
26 PTCM		4	13.5										6.5	3			27
27 BE							2.5			2			7				11.5
28 BECM				19	5.5	1.5									3		29
29 PTBE	6		1.5	8.5	1.5	2.5		5	3						4		32
30 PT	5	10.5	3								6	8.5		3.5			36.5
31 PTCM		3			12		4						12	3			34
32 BE			4.5		6	4									2		16.5
33 CM	6	5.5									10.5		9		9		40
34 BECM			21.5	4				8			6		20.5				60
35 PTBE	4	0.5	9.5	8		6	8.5							5	3		44.5
36 PT		9.5	7	10								6	8				40.5
37 PTCM		7	7	3.5									8				36.5
38 CM		4	7.5				2							5	20.5		39
39 BE										13							13
40 BECM	5	1	6	5	6		2	7		3		4	8	4	18		69
41 PT			2		7.5		7.5	4	2					8	4		35
42 PTBE		1			6	7.5	7.5			8				9	5.5	15.5	60
TOTAL	97	161.5	165	167	104	82	99	47	30.5	71.5	79.5	103	185.5	80.5	114	43	1631

Fuente: El Autor.

A=Abril

Cuadro 31.2A. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en onzas de Abril a Junio del 2,003

REPETICION	JUNIO															TOTAL	RAN TOT
	2	6	8	10	12	13	14	15	18	21	22	24	26	28	30		
1 PTBE	2.0								10.0			5.5	13.0		3.5	34.0	95.0
2 PTCM	3.5								10.0			2.0	3.0			18.5	67.0
3 BE		5.0		2.5									5.5			13.0	35.0
4 BECM		2.0	7.0	2.5							7.0					18.5	86.5
5 CM	5.5								1.5							7.0	41.0
6 PT				7.5	5.0			2.0						1.5	2.0	18.0	66.5
7 BE	3.5	0.5							3.5			2.5	2.0		5.0	17.0	22.5
8 PT		3.0									4.0		3.5			10.5	68.0
9 CM	7.5								5.5				7.5			20.5	36.0
10 PTCM		1.0	1.0	1.0							6.0					9.0	61.5
11 PTBE	4.0			3.0	16.0				4.0			4.0		0.5		31.5	82.5
12 BECM		5.0	1.0	2.5							2.0	4.0	2.5		3.0	16.0	81.5
13 PTCM		2.0	2.0	2.0							7.0					13.0	55.5
14 CM				0.5												0.5	32.0
15 PT	5.5						7.0		6.0							18.5	66.5
16 BE					16.0							1.5		3.0	1.5	22.0	36.5
17 BECM							10.0					11.5		1.0	4.0	26.5	63.0
18 PTBE	2.5	10.0	1.0						15.5			5.0	10.0	6.0		50.0	78.5
19 PTCM				1.0						7.5			10.5	2.0		21.0	48.5
20 PT	5.0	7.0		2.0					9.5							23.5	62.0
21 CM																0.0	29.5
22 PTBE			2.0	1.0		16.0					10.0				9.0	38.0	98.0
23 BE							4.0							5.0	0.5	9.5	32.5
24 BECM		6.5						1.5		8.5			11.0			27.5	73.0
25 CM			1.0					1.0	2.0							4.0	56.0
26 PTCM		1.5		1.5			10.0				9.0		1.0	1.0		24.0	51.0
27 BE		5.5								3.0						8.5	20.0
28 BECM				5.0	12.0		5.0			5.0			5.0	2.5		34.5	63.5
29 PTBE			6.0		5.0		5.0	10.0	3.5	3.0	5.0			5.0		42.5	74.5
30 PT		0.5		4.0					7.0				3.5			15.0	51.5
31 PTCM		7.0								3.0	4.0					14.0	48.0
32 BE					1.0	4.0								4.5		9.5	26.0
33 CM				1.5								2.5			3.0	7.0	47.0
34 BECM				4.0			1.0		1.5	3.0	3.0		8.5		4.5	25.5	85.5
35 PTBE								6.0	9.0	3.0	2.0	5.0	11.5			36.5	81.0
36 PT		6.0								7.5			5.0			18.5	59.0
37 PTCM									12.0							12.0	48.5
38 CM						4.0			5.0						5.0	14.0	53.0
39 BE						2.5	8.0		6.0							16.5	29.5
40 BECM							2.5	1.0	4.0			2.5				10.0	79.0
41 PT				9.0	8.0											17.0	52.0
42 PTBE	6.0				5.0			4.0	16.0		2.0		2.0	3.0	5.0	43.0	103.0
TOTAL	45.0	62.5	21.0	50.5	68.0	26.5	52.5	25.5	131.5	43.5	61.0	42.0	105.0	35.0	46.0	815.5	2446.5

Fuente: E Autor

Cuadro 32A. Formulario Bromatológico, Informe de Resultados de Análisis.

Elaborado por: Marina de Marroquin
 Autorizado por: Lic. Miguel Angel Rodenas

Página 1 de 2



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
 Escuela de Zootecnia
 Unidad de Alimentación Animal

Solicitado por: COOPERATIVA RAFAELEÑA.R.L

Fecha de recibo de lamuestra: 22-07-2003

FORMULARIO BROMATO 7
INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2º Nivel, Ciudad Universitaria, zona 12.
 Ciudad de Guatemala
 Telefex 476 4552 Teléfono 4439500 ext. 1676
 E mail bromato2000@yahoo.es

Dirección: **SAN RAFAEL LA INDEPENDENCIA, HUEHUETENANGO, No. 167**

Fecha de realización: **DEL 18 AL 20-08-03.**

Reg	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H. %	TND %	E.M. Mcal/kg
423	TRATAMIENTO I	SECA	79.92	20.08	2.14	46.76	8.94	15.67	26.50	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	0.43	9.39	1.79	3.15	5.32	---	---	---	---	13.68	---	---	---	---
424	TRATAMIENTO II	SECA	82.07	17.93	2.10	49.80	8.03	14.63	25.44	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	0.38	8.93	1.44	2.62	4.56	---	---	---	---	22.97	---	---	---	---
425	TRATAMIENTO III	SECA	37.13	62.87	2.37	51.13	8.58	9.93	27.98	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	1.49	32.15	5.39	6.26	17.59	---	---	---	---	26.94	---	---	---	---
426	TRATAMIENTO IV	SECA	45.86	54.14	2.29	54.11	7.89	9.38	26.62	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	1.39	29.8	4.74	5.41	15.73	---	---	---	---	30.23	---	---	---	---

NOTACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total y base húmeda. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 476-45-5233.

modificado en enero de 2003

Jose A. Morales
 Lic. Jose A. Morales
 Laboratorista

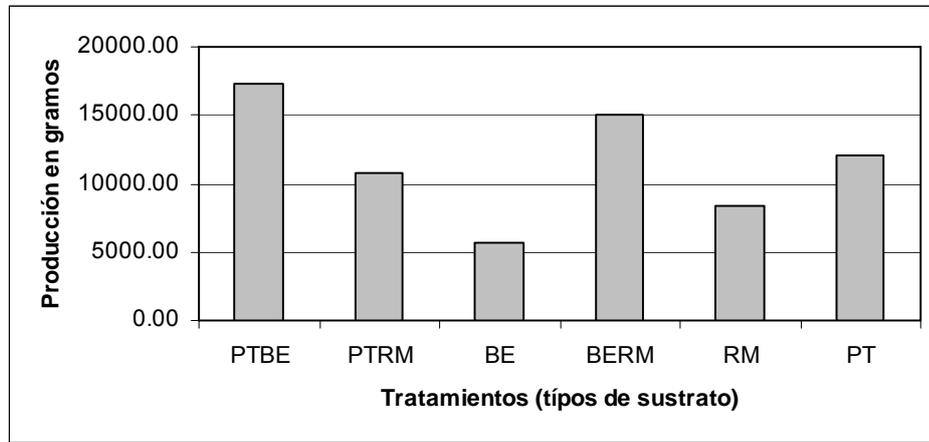


Resultados 2003/167doc.
 20/08/03

Miguel Angel Rodenas
 Lic. Miguel Angel Rodenas
 Jefe laboratorio de Bromatología

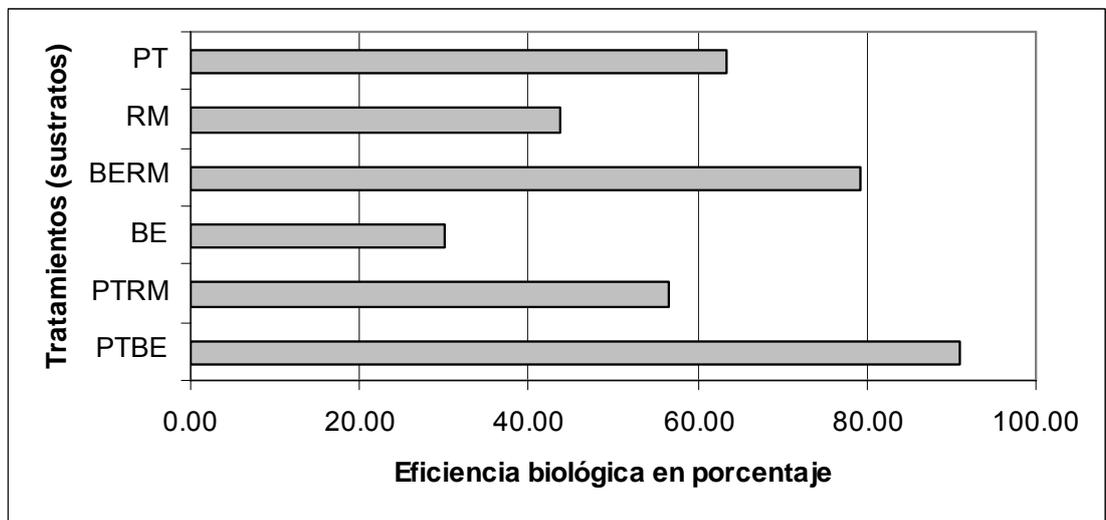
- Tratamiento I = PTBE final
- Tratamiento II = BERM final
- Tratamiento III = PTBE inicial
- Tratamiento IV = BERM inicial

Figura 7 A. Resultados de producción en gramos de *Pleurotus ostreatus* por tratamiento de 42 libras de sustrato.



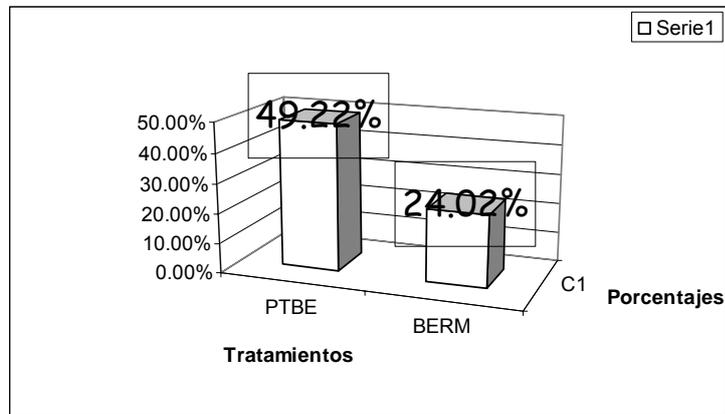
PTRM Paja de trigo + Rastrojo de Maíz (1:1), BE Broza de encino, BERM Broza de encino + Rastrojo de Maíz (1:1), RM Rastrojo de Maíz, PTBE Paja de trigo + Broza de Encino (1:1)

Figura 8 A. Resultados promedio de eficiencia biológica en porcentaje de *Pleurotus ostreatus* por tratamiento



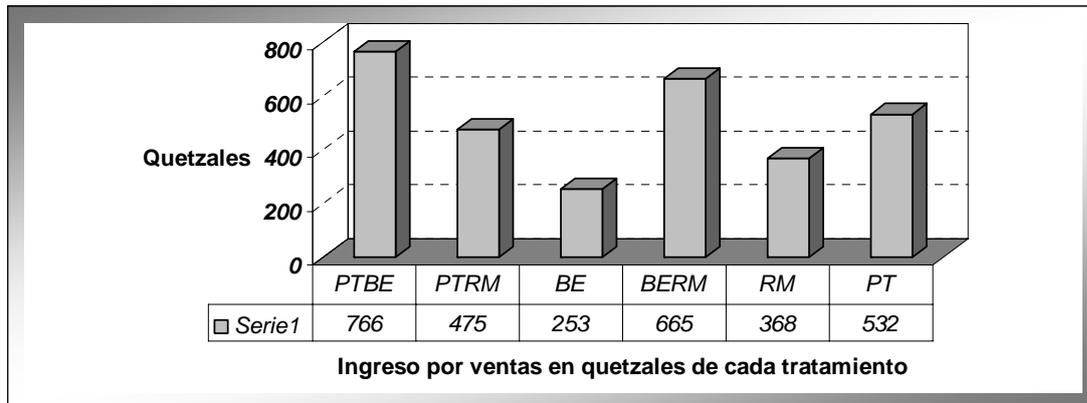
PTRM Paja de trigo + Rastrojo de Maíz (1:1), BE Broza de encino, BERM Broza de encino + Rastrojo de Maíz (1:1), RM Rastrojo de Maíz, PTBE Paja de trigo + Broza de Encino (1:1)

Figura 9 A. Consumo de lignina de *Pleurotus ostreatus* sobre tratamientos estudiados en el análisis químico proximal



PTBE = Paja de trigo + Rastrojo de Maíz (1:1), BERM = Broza de encino + Rastrojo de Maíz (1:1).

Figura 10A. Ingreso reportado por ventas de cada tratamiento en quetzales



PTRM Paja de trigo + Rastrojo de Maíz (1:1), BE Broza de encino, BERM Broza de encino + Rastrojo de Maíz (1:1), RM Rastrojo de Maíz, PTBE Paja de trigo, PTBE Paja de trigo + Broza de Encino (1:1)