

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*); MOYUTA, JUTIAPA
TESIS DE GRADO

TANIA VICTORIA DONADO PARADA
CARNET 23774-09

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*); MOYUTA, JUTIAPA
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
TANIA VICTORIA DONADO PARADA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADA

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. EDWIN LEONEL ARGUETA VENTURA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

ING. CLAUDIA JOHANA MARTÍNEZ ORTIZ

ING. JUAN CARLOS BARRUNDIA REYES

Guatemala, Octubre de 2014.

Miembros
Consejo de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Guatemala

Honorables Miembros:

Por este medio informo a ustedes que he asesorado a la estudiante Tania Victoria Donado Parada, carné: 23774-09, en la elaboración de su trabajo final de graduación titulado: "Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*); Moyuta, Jutiapa".

Considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar, por lo que sugiero su aprobación.

Sin otro particular,

Atentamente:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'E. Argueta', with a large, stylized flourish on the right side.

Ing. Agr. Edwin Leonel Argueta Ventura
Asesor Código URL 21390



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06182-2014

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante TANIA VICTORIA DONADO PARADA, Carnet 23774-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0684-2014 de fecha 12 de septiembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*); MOYUTA, JUTIAPA

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 23 días del mes de septiembre del año 2014.

ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

A mi asesor Ing. Agr. Edwin Leonel Argueta Ventura por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Al Ing. Agr. Adán Rodas Cifuentes, por su apoyo en toda la fase de investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quien siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis Padres: Melvin Donado y Victoria de Donado, gracias por su inmenso amor, tiempo, por sus consejos sabios y por su ejemplo a seguir.

Mis Hermanos: Por su amor y cariño.

Mis Sobrinos: Eduardo y Joshua, que el esfuerzo y la lucha tienen recompensa y grandes logros.

Mis Compañeros: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS	3
2.1.1. Las condiciones físico-químicas de los sustratos	3
2.1.2 Composición físico-química del sustrato bagazo de caña (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	3
2.1.3 Composición físico-química del sustrato alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	4
2.1.4 Composición físico-química del sustrato fibra de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.)	6
2.2. GENERALIDADES DE LOS HONGOS	7
2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL HONGO <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
2.4. PARTES DEL HONGO Y DE UNA SETA	8
2.5. REPRODUCCIÓN DE LOS HONGOS	9
2.6. VALOR NUTRITIVO DE LOS HONGOS	10
2.7. CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO <i>Pleurotus ostreatus</i>	10
2.8. CULTIVO Y SUSTRATOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE OSTRA	11
2.8.1. Preparación del sustrato	11
2.8.2. Pasteurización del sustrato	12
2.8.3. Siembra e incubación	12
2.8.4 Formación de primordios o cuerpos fructíferos	13
2.8.5 Fructificación y plena cosecha del hongo	13
2.9. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO DEL HONGO OSTRA	14
2.9.1. Contaminación	14
2.9.2. Plagas	15
2.9.3. Enfermedades	16
2.9.4. Falta de luminosidad	17

	Página
2.9.5. Exceso de luminosidad	18
2.9.6. Exceso de CO ₂	18
2.9.7. Efectos de gases y plaguicidas	18
2.9.8. El estrés térmico	19
2.9.9. El pH	19
2.9.10. El contenido de agua	19
2.10. RESULTADOS DE ALGUNAS INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE HONGOS	19
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	21
IV. OBJETIVOS	22
4.1. GENERAL	22
4.2. ESPECÍFICOS	22
V. HIPÓTESIS	23
VI. METODOLOGÍA	24
6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO	24
6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL	24
6.3. FACTOR ESTUDIADO	24
6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	25
6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	25
6.6. MODELO ESTADÍSTICO	25
6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL	26
6.8. CROQUIS DE CAMPO	27
6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO	28
6.10. VARIABLES DE RESPUESTA	30
6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	31
6.11.1. Análisis estadístico	31
6.11.2. Análisis económico	31
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	32
7.1 RENDIMIENTO DEL HONGO OSTRA (kg)	32

	Página
7.2 EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)	34
7.3 TIEMPO DE BROTAÇÃO DE LOS PRIMORDIOS INICIALES DEL HONGO OSTRA (días)	35
7.4 DIÁMETRO DEL HONGO OSTRA (cm)	37
7.5 COSTOS E INGRESOS DEL CULTIVO DEL HONGO OSTRA (Q.)	38
VIII. CONCLUSIONES	40
IX. RECOMENDACIONES	41
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
XI. ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición de la fibra del bagazo de caña	4
Cuadro 2. Características del bagazo de caña	4
Cuadro 3. Valor nutricional de la alfalfa	5
Cuadro 4. Perfil aminoácido de la alfalfa	6
Cuadro 5. Principales características químicas de la fibra de coco	6
Cuadro 6. Descripción de los tratamientos evaluados para la producción del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	25
Cuadro 7. Fichas por tratamiento	28
Cuadro 8. Rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> (kg)	32
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento (kg) del hongo comestible ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) con tres tipos de sustratos	33
Cuadro 10. Prueba de Tukey al 05% de significancia, para la variable rendimiento (kg) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos	33
Cuadro 11. Eficiencia biológica (porcentaje) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos	34
Cuadro 12. Tiempo de brotación de los primordios iniciales de <i>Pleurotus ostreatus</i> (días) por tratamiento	35

	Página
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable tiempo de brotación de los primordios iniciales (días) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos	36
Cuadro 14. Prueba de Tukey al 05% para la variable tiempo de brotación de los primordios iniciales (días) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos	36
Cuadro 15. Diámetro del hongo ostra (cm) por tratamiento	37
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable diámetro (cm) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos	37
Cuadro 17. Prueba de Tukey al 05% de significancia para la variable diámetro (cm) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos	38
Cuadro 18. Resumen de la relación beneficio / costo por tratamiento evaluado	39
Cuadro 19. Costos de producción con el tratamiento fibra de coco	45
Cuadro 20. Costos de producción con el tratamiento alfalfa	46
Cuadro 21. Costos de producción con el tratamiento bagazo de caña	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Partes del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) (Mendivil, 2013)	9
Figura 2. Reproducción de los hongos (Mendivil, 2013)	9
Figura 3. Ubicación de unidades experimentales dentro del módulo	27
Figura 4. Comparación de la eficiencia biológica (%) del hongo comestible ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>), con tres tipos de sustratos	34

EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*); MOYUTA, JUTIAPA

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar tres sustratos: fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.) para la producción artesanal, bajo condiciones controladas del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en el municipio de Moyuta, Jutiapa. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 3 tratamientos y 5 repeticiones, para hacer un total de 15 unidades experimentales. Las variables de respuesta fueron: rendimiento del hongo ostra (kg), eficiencia biológica (%), tiempo de brotación de primordios (días), diámetro del hongo ostra (cm) y costos e ingresos del cultivo del hongo ostra (Q). Se concluye que con la utilización del sustrato fibra de coco se obtienen los mejores resultados con base en el rendimiento (1.259 kg), eficiencia biológica (111%), tiempo de brotación de primordios (26.4 días) y diámetro del hongo ostra (6.08 cm); así mismo, con este sustrato se obtuvo la mayor relación beneficio-costo (1.58). Aunque se puede considerar también como alternativa el sustrato alfalfa, ya que con él también se obtiene una relación beneficio-costo positiva (1.29). Con los resultados de la presente investigación se establecen las bases para iniciar un proceso de producción para los pequeños productores de la localidad de Moyuta, Jutiapa y adecuado para las condiciones socioeconómicas en que viven los mismos.

EVALUATION OF THREE SUBSTRATA FOR THE PRODUCTION OF OYSTER MUSHROOM (*Pleurotus ostreatus*); MOYUTA, JUTIAPA

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate three substrata: coconut fiber (*Cocos nucifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), and sugarcane pulp (*Saccharum officinarum* L.) for the artisanal production, under controlled conditions, of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), in the municipality of Moyuta, Jutiapa. A complete randomized block design with 3 treatments and 5 replicates was used, for a total of 15 experimental units. The response variables were: oyster mushroom yield (kg), biological efficiency (%), primordia shooting period (days), oyster mushroom diameter (cm), and cost and income of the oyster mushroom production (Q). It is concluded that by using the coconut fiber substrata, the best results are obtained based on the yield (1.259 kg), biological efficiency (111%), primordia shooting period (26.4 days), and oyster mushroom diameter (6.08 cm). Additionally, with this substratum, the best cost-benefit relation is obtained (1.58). It can be considered an alternative for the alfalfa substratum, since a positive cost-benefit relation is obtained (1.29). With the results of this research, the base to begin a production process for small producers in Moyuta, Jutiapa is established and it is suitable for the socioeconomic conditions in which they live.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala por sus características agroecológicas posee potencial para el cultivo de hongos, entre ellos *Pleurotus ostreatus*. La importancia nutricional de los hongos radica en la calidad y cantidad de las proteínas y otros nutrientes que poseen, pues estas características los convierte en una excelente fuente alterna de proteínas, vitaminas y minerales para el consumo humano. Además, cultivar este hongo proporciona un aporte ecológico al degradar los subproductos agrícolas que ocasionan problemas de contaminación y que muchas veces las familias no aprovechan.

La composición nutricional de *Pleurotus* varía dependiendo del tipo de sustrato en el que se cultive, los minerales (potasio, sodio, fósforo, cadmio, etc), se concentran en los cuerpos fructíferos, el contenido de proteínas del mismo está relacionado con la cantidad de nitrógeno que el sustrato posea. Su contenido de grasas y carbohidratos es bajo, posee vitaminas B1, B2, tocoferol, cobalamina, carotenos, entre otros. Todas las características anteriores lo hacen valioso para la alimentación de los guatemaltecos.

Los hongos del género *Pleurotus* y especie *ostreatus*, se pueden reproducir en diferentes desechos agrícolas. Poseen un gran valor nutritivo y son muy aceptados para su consumo. El hongo *P. ostreatus* conocido en Guatemala como hongo ostra es considerado como una alternativa alimenticia, de uso masivo y de gran potencial económico, no solo en nuestro país. Su cultivo de manera artesanal ha tenido una gran aceptación debido a que se puede cultivar en una gran diversidad de sustratos, los cuales posteriormente pueden ser reutilizados como abonos orgánicos, su ciclo de producción es relativamente corto en comparación a otros cultivos; la inversión para iniciar un proyecto de esta naturaleza es baja, y lo más importante es que es un alimento delicioso, nutritivo y natural.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el desarrollo de los organismos, desempeñando por tanto un papel de soporte. Se ha

visto que los desechos agrícolas y forestales no están siendo aprovechados en su totalidad como sustratos. El hongo ostra al ser cultivado sobre estos desechos, no sólo puede transformar toda esta biomasa lignocelulósica en alimento, sino que además puede generar productos bio-medicinales con excelentes beneficios a la salud.

En la presente propuesta se planteó la evaluación de tres sustratos (fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.) para la producción del hongo ostra.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS

2.1.1 Las condiciones físico - químicas de los sustratos

Los sustratos son la única fuente de alimento para los organismos descomponedores y por lo tanto, las cualidades y cantidades de los nutrimentos deben ser suficientes para permitir a éstos cumplir sus funciones (crecimiento, regulación y reproducción) (Rynk, 1992).

2.1.2 Composición físico-química del sustrato bagazo de caña

(Saccharum officinarum L.)

El bagazo de caña de azúcar como subproducto del cultivo de caña consiste principalmente en: agua, fibra, sólidos solubles. Los constituyentes principales de la fibra son celulosa, pentosana, y lignina. Contiene celulosa que es degradada fácilmente por el hongo ostra, que es celulolítico. También contiene azúcares celulósicos, sobre todo sacarosa que provee energía al hongo durante su colonización en el sustrato mismo. El contenido de nitrógeno total indica que ese bagazo no es pobre en él nitrógeno. El nitrógeno está principalmente en forma orgánica, sobre todo proteína, que se requiere para el crecimiento del hongo (MushWorld, 2005). En los cuadros 1 y 2 se detalla la composición de la fibra de bagazo de caña y las características de la misma.

Cuadro 1. Composición de la fibra del bagazo de caña.

Compuesto	Contenido
Celulosa	48%*
Pentosana	28.7%
Lignina	14.3%
Ceniza	2.4%
pH	6.1
Nitrógeno total	1.23%
Carbono	29.36%
Fósforo disponible	2,399 ppm
Potasio disponible	21,63 ppm

*de los cuales 26.6% es alfa celulosa (MushWorld, 2005).

Cuadro 2. Características del bagazo de caña

	Agua	Fibra	Sólidos solubles (principalmente azúcar)
Composición (%)	49	48	2.3

(MushWorld, 2005).

2.1.3 Composición físico-química del sustrato alfalfa (*Medicago sativa* L.)

La alfalfa contiene alrededor de un 50% de pared celular y una composición equilibrada de la fibra (8% pectinas, 10% hemicelulosas, 25% celulosa y 7% lignina). Por ello, asegura un rápido tránsito digestivo, un aporte significativo de fibra soluble y una alta capacidad tampón. Esto unido a su elevada apetencia, hace de la alfalfa un ingrediente de elección en piensos de vacas de alta producción y de conejos (Poballe, 2013).

El contenido en proteína bruta PB condiciona en gran medida su valor de mercado. Cuanto más tierna se recoge, menor es la producción de MS por hectárea, pero mayor es la calidad nutritiva, al aumentar la proporción de hojas sobre tallo. Se estima que la PB es un buen indicador de su valor energético, de modo que un aumento de una unidad porcentual de PB sobre materia seca supone un incremento de 0.03 Ufl. En el

mercado español se comercializan alfalfas en un rango entre 12 y 18 % de PB (Poballe, 2013).

La alfalfa es una buena fuente de macro-minerales (calcio, fósforo, magnesio, potasio, cloro), micro-minerales (cinc, cobre, hierro), vitaminas (liposolubles, grupo B) y pigmentos (Poballe, 2013).

En el cuadro 3 se especifica el valor nutricional de la alfalfa.

Cuadro 3. Valor nutricional de la alfalfa

	% tal cual	% S.S.
Humedad	8.80	
Proteína bruta	15.23	16.70
Fibra bruta	22.52	24.70
FND	37.39	41.00
FAD	27.54	30.20
Extracto Etéreo	2.46	2.70
Cenizas	9.85	10.80
U.F.I.	0.62	0.68
Proteína degradable	6.25	6.85
Proteína soluble	3.05	3.34
C.N.F.	26.26	28.80
Ca	1.60	1.75
P	0.27	0.30

(Poballe, 2013).

En el cuadro 4 se detalla el perfil aminoácido de la alfalfa.

Cuadro 4. Perfil aminoácido de la alfalfa

	% PB	% alimento
Lisina	4.40	0.73
Metionina	1.49	0.25
Metionina + Cistina	2.71	0.45
Treonina	4.19	0.70
Triptófano	1.84	0.31
Isoleucina	4.55	0.76
Valina	5.50	0.92

(Poballe, 2013).

2.1.4 Composición físico-química del sustrato fibra de coco (*Cocos nucifera* L.)

La fibra de coco es una materia prima para elaborar sustratos alternativos a los tradicionales; destaca por su elevada estabilidad y su capacidad de retención de agua, así como una buena aireación (Burés, 2013).

En el cuadro 5 se indican las principales características químicas de la fibra de coco.

Cuadro 5. Principales características químicas de la fibra de coco.

Parámetro	Unidad	Valor
pH	-	5
Conductividad eléctrica	ms/cm	2.15
Nitrógeno total	%	0.51
Fósforo total, P ₂ O ₅	%	0.20
Potasio total, K ₂ O	%	0.60
Calcio total, CaO	%	1.40
Magnesio total, MgO	%	0.20
Sodio total, NaO	%	0.187
Hierro total, Fe	%	0.206

(Burés, 2013).

El pH de la fibra de coco es de 5. La capacidad de intercambio catiónico es elevada, hecho que le confiere un alto poder tampón en fertirrigación. La fibra de coco utilizada

como componente de sustratos a base de turba proporciona una alta capacidad de retención de agua, una elevada aireación del sistema radicular, así como una gran estabilidad de los valores de pH y conductividad eléctrica del medio. La capacidad de retención de agua permite establecer frecuencias y dosis de fertirrigación. La fibra de coco retiene las soluciones nutritivas por capilaridad y en consecuencia son fácilmente asimilables por las plantas. Al mismo tiempo, por su estructura tiene una elevada aireación, característica que favorece el desarrollo radicular. La fibra de coco es un material muy rico en carbono C/N =100, lo que le otorga una gran resistencia a la degradación, así como una gran estabilidad (Burés, 2013).

2.2 GENERALIDADES DE LOS HONGOS

La ciencia que estudia los hongos es la Micología. El término hongo viene del latín *fungus*, que significa seta y del griego *sphongos* que significa esponja. Estudios han demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numeroso en la Tierra después de los insectos. En efecto, se calcula que hay más de 1,500,000 especies de hongos. La diversidad de estos organismos favorece que se desarrollen en un sin fin de hábitats (Guzmán, 1997).

Dependiendo de sus dimensiones y su forma de reproducción se diferencian en hongos macroscópicos y microscópicos. Dentro de los macroscópicos se encuentran los hongos comestibles, los alucinógenos, los venenosos, etc. Entre los microscópicos se encuentran comprendidos los mohos, las levaduras, los hongos de interés médico y los hongos fitopatógenos (Acosta y Bustos, 1998).

Los hongos se dividen en tres grandes grupos. Los saprófitos que se alimentan de materia orgánica muerta; los parásitos que se alimentan de materia orgánica viva y los simbioses (micorrízicos), que subsisten sólo en relación simbiótica con algunos miembros que pertenecen al reino vegetal (Rojas, 2004).

Su reproducción es sexual o asexual. En la reproducción sexual existen dos clases, Ascomycetes y Basidiomycetes, siendo esta última la más desarrollada, producen sus esporas en estructuras conocidas como basidios, los cuales se encuentran en organismos fructíferos altamente organizados llamados basidiocarpos (Rojas, 2004).

2.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* (Santos, 2008)

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Subdivisión: Basidiomycotina

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Holobasidiomycetidae

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *ostreatus*

2.4 PARTES DEL HONGO Y DE UNA SETA

En el hongo hay que diferenciar dos partes fundamentales: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor (figura 1). El cuerpo vegetativo, que se encuentra bajo tierra, está formado por unos filamentos llamados hifas, que pueden ser unicelulares (con una sucesión de núcleos), y pluricelulares. El conjunto de todas las hifas es el micelio. Él es el que se encarga de absorber las sustancias minerales del suelo para alimento del hongo. El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta (a la que vulgarmente se llama hongo), es su aparato reproductor (Mendivil, 2013).

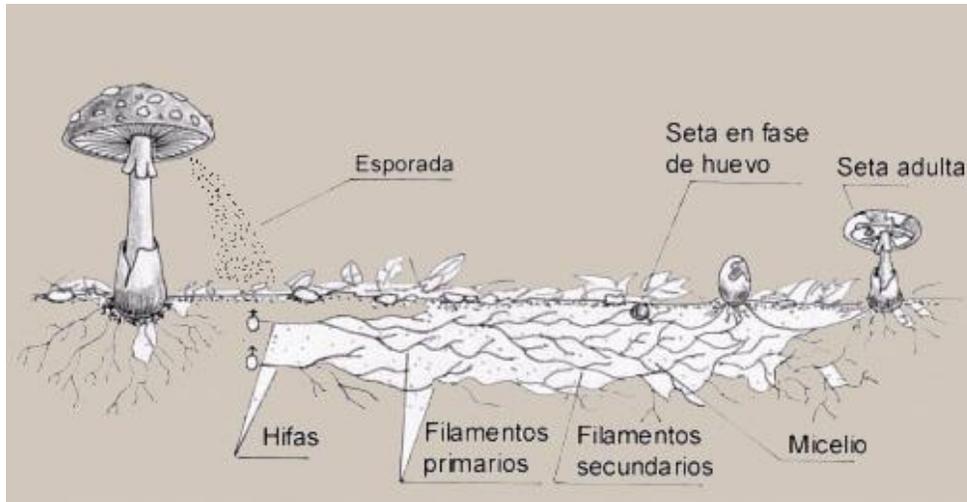


Figura 1. Partes del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) (Mendivil, 2013).

2.5 REPRODUCCION DE LOS HONGOS

La forma de reproducción de los hongos es por esporas (figura 2). Los hongos superiores tienen unas células madre ubicadas en el himenio que son las encargadas de producir las esporas. En el caso de los Basidiomicetes, a estas células madre se les denomina basidios, mientras que las células madre en los Ascomicetos son los ascos. Las esporas de los basidios y de los ascos, son lanzadas al exterior para la propagación de la especie. Si la espora se deposita en un lugar cuyas condiciones sean favorables darán origen al micelio. Éste se reproduce en sustratos donde las condiciones son favorables, se ramificará y se entremezclará con los micelios de otras esporas. En el medio donde la humedad y las condiciones sean óptimas crecerá una seta que producirá en su himenio los ascos o basidios que expulsarán al exterior las esporas, dando lugar de nuevo al ciclo biológico del hongo (Mendivil, 2013).



Figura 2. Reproducción de los hongos (Mendivil, 2013).

2.6 VALOR NUTRITIVO DE LOS HONGOS

Este es uno de los géneros que contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y minerales, también en su estructura está formado por vitaminas como la tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, pirodoxina, cobalamina y provitaminas como la ergosterina y carotenos; así también otra serie de aminoácidos esenciales. Ancestralmente se ha estimado a los hongos como alimento de calidad debido a su sabor, textura apreciable y sobre todo el alto valor alimenticio. En la actualidad los hongos juegan un papel importante en la nutrición del hombre, al igual que la carne de pescado, frutas y vegetales (Chang, Shu Ting y Miles, 2004).

Uno de los mayores intereses en el cultivo del hongo es el alto valor nutritivo y proteínico que estos poseen. Los hongos tienen un contenido de proteína promedio de 3.5 a 4 por ciento en peso fresco y de 30 a 50 por ciento en peso seco. Haciendo una relación con el contenido de proteínas de otros alimentos, el de los hongos en fresco es el doble que el de los vegetales (excepto soya, frijoles y lentejas) y cuatro a doce veces mayor que el de las frutas, sin embargo, es inferior al de la carne, pescado, huevos y lácteos (Acosta y Bustos, 1998).

2.7 CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO *Pleurotus ostreatus*

El hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) cambia color desde su desarrollo inicial hasta su madurez, entre tonalidades blancas hasta el gris pardo-azulado, llegando a una presentación final de color amarillo oscuro. El carpóforo o sombrerillo mide de 5 a 15 centímetros de diámetro, dependiendo de la edad, aunque eventualmente pueden producirse ejemplares de mayor diámetro. Se trata de un hongo que crece en un ambiente natural, sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera, destruyéndola. El píleo, o parte superior de la seta tiene la superficie lisa y curvada cuando es joven, aplanándose luego poco a poco. En su parte inferior se presenta el himenio, constituido de unas laminillas, que van

desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde del carpóforo (Acosta y Bustos, 1998).

Actualmente, gracias a las propiedades y metabolismo de éstos, muchos hongos son utilizados productivamente para la producción de antibióticos, productos químicos nutritivos, entre otros (Rojas, 2004).

Es esencial tener presente que se trabaja con un organismo vivo, susceptible a cambios en la temperatura, humedad, ventilación, luz, etc., que son las condiciones ambientales importantes y necesarias a considerar para controlar a lo largo del proceso el cultivo de los hongos. Las condiciones varían según la etapa del proceso y según el tipo de hongo, por lo que es primordial conocer las necesidades específicas de la especie que se pretende cultivar. Generalmente el mantenimiento de estas condiciones para su producción semi o industrial requiere de la construcción de un invernadero (Acosta y Bustos, 1998).

2.8 CULTIVO Y SUSTRATOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE OSTRA

La producción de hongos comestibles consta de tres etapas fundamentales que son: preparación del sustrato, siembra e incubación y fructificación (Acosta y Bustos, 1998).

2.8.1 Preparación del sustrato

El sustrato a usarse deberá estar cortado en trozos con tamaños, preferentemente, que vayan de 2 a 3 centímetros de diámetro. En el caso de los rastrojos vegetales pueden ser procesados con picadora, y si se tratara de raquis o fibras de coco pueden ser seccionados con trituradora. Una vez que se logra el tamaño indicado, se aconseja introducir el material en sacos de manta y ponerlos en remojo durante 1 a 12 horas. Después de escurrir el exceso de agua se procede a la pasteurización del sustrato dentro de los mismos sacos de manta (Rojas, 2004).

2.8.2 Pasteurización del sustrato

Esta es una actividad de importancia en el cultivo del hongo (*Pleurotus ostreatus*). Su función es minimizar la cantidad de organismos presentes en el material a pasteurizar que compitan con el hongo dentro del sustrato. Para lograrlo se calienta agua suficiente a temperatura de 90 °C en la que se sumerge la totalidad del lote (sacos de sustrato) y se mantiene a esa temperatura durante un mínimo de 45 minutos. Luego de la pasterización se elimina el exceso de agua exprimiendo el sustrato con las manos y luego se deja escurrir por dos horas (Acosta y Bustos, 1998).

Es necesario insistir en la importancia que reviste el hecho de meter 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 e insectos parásitos, que puedan aparecer posteriormente en el cultivo (Girón, 2000).

2.8.3 Siembra e incubación

La siembra del micelio se realiza en bolsas de plástico transparente, las dimensiones de la misma dependen de la experiencia y de los requisitos del cultivador o productor. No se recomienda la utilización de bolsas de color opaco o negras porque tienen el inconveniente de no permitir ver el crecimiento del micelio sobre el sustrato y tampoco se puede observar si aparece algún moho contaminante u otro problema. Las bolsas deben de ser nuevas, para evitar contaminaciones, siendo recomendable examinarlas para que no presenten perforaciones, algún desperfecto o que estén sucias. La siembra se debe llevar a cabo en un área destinada para ello (aséptica), debiendo tomar las siguientes precauciones (Acosta y Bustos, 1998):

a. El personal debe estar provisto de ropa limpia, con mascarillas, cofia y de preferencia guantes estériles.

b. La puerta del local debe permanecer cerrada durante el proceso para evitar corrientes de aire.

El sustrato primario se coloca dentro de las bolsas que contienen el sustrato definitivo, alternando las capas de sustrato. Terminando la siembra, la bolsa se cierra por medio de un nudo, teniendo el debido cuidado de eliminar el aire del interior. La incubación es una de las etapas más importantes, porque es cuando el hongo se propaga en el sustrato, previo a la fructificación y su posterior cosecha. Por lo que se debe realizar en un local donde la luz sea mínima o en completa oscuridad, colocando los sustratos en anaqueles debe mantenerse una temperatura de 28 °C durante 15-21 días. Durante la incubación, 2 días después de haber realizado la siembra, se hacen perforaciones bien distribuidas sobre toda la superficie de la bolsa que se ha sembrado, eso es para permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo (Ardón, 2004).

2.8.4 Formación de primordios o cuerpos fructíferos

Es uno de los últimos pasos que se da en el cultivo del hongo comestible, se lleva a cabo después de la incubación, cuando ya ha crecido bien el micelio y ha formado una superficie blanco-algodonosa que cubra totalmente el sustrato y esté lo suficientemente compactado (Tuchan, 2004).

Los primeros primordios dan inicio al proceso de fructificación después de la incubación al cuarto o quinto día, generalmente inicia el proceso en los lugares cercanos a las aberturas de las bolsas (Girón, 2000).

2.8.5 Fructificación y plena cosecha del hongo

De acuerdo con Arrua (2007), en esta etapa del cultivo, para que el hongo pueda crecer en excelentes condiciones, es necesario mantener dentro del cuarto oscuro una alta humedad relativa, de lo contrario la fructificación crecerá y por falta de humedad se secarán y serán de un tamaño muy pequeño o inclusive no llegarán a fructificar.

Es importante realizar la mayor cantidad posible de orificios en los lados de la bolsa para permitirle otra salida a los cuerpos fructíferos, o se abra la boca, de esta manera simulando un pico de botella. El crecimiento de los hongos es un proceso rápido y que puede finalizar al término de tres o cuatro días, por esto es importante llevar un control bastante actualizado de su estado de crecimiento. Para la cosecha se corta el fruto al ras del sustrato y se deposita en pequeñas canastas o recipientes de plástico, para su refrigeración o para su comercialización como producto fresco (Tuchan, 2004).

El módulo de fructificación debe presentar algunas particularidades que son esenciales para el buen desarrollo de los carpóforos, siendo éstas: área amplia, dedicada solamente a la fructificación del hongo; buena ventilación, control de temperatura y de iluminación.

2.9 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO DEL HONGO OSTRA

Los principales problemas a que se puede enfrentar el productor del hongo comestible ostra (*Pleurotus ostreatus*) son básicamente las contaminaciones y la presencia de plagas y las enfermedades (Ardón, 2004).

2.9.1 Contaminación

Introducción de un agente contaminante dentro de un medio natural, causando inestabilidad, desorden y también daños. Los contaminantes además pueden ser de varios tipos, clasificados en no degradables, de degradación lenta, degradable o biodegradable (ecologiahoy, 2014).

Causas

Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra, orificios que pudieren existir en el módulo

permiten la entrada de aire y polvo e ingreso de microorganismos, insectos y vectores (Cuevas, 2008).

Efectos de la contaminación

Los efectos de una mala pasteurización o descuidos en el manejo del sustrato determinan un crecimiento pobre y hongos mal formados o defectuosos. Los hongos *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus*, aparecen en forma de manchas verdes, amarillentas, negras y anaranjadas sobre el sustrato, invadiéndolo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas (Cuevas, 2008).

Soluciones

Para evitar problemas de contaminación en el cultivo del hongo ostra es necesario trabajar en condiciones asépticas, realizando una buena esterilización y pasteurización de los sustratos, desinfección y desinfestación de los cuartos de incubación y fructificación, ésto ayuda a evitar la proliferación de plagas y enfermedades que pueden dañar la producción. Alrededor del módulo debe mantenerse muy limpio, siempre con el objetivo de no permitir el acercamiento e ingreso de ningún patógeno (Ardón, 2004).

2.9.2 Plagas

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* (Infoagro, 2010).

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* (Infoagro, 2010)

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. (Infoagro, 2010).

Se han visto algunas especies de lepidópteros en su fase larval aún no identificados. Algunos de estos insectos pueden causar efectos secundarios en el rendimiento o la calidad de los hongos, ya que suelen alimentarse de las esporas, de las láminas o inclusive del contexto mismo del hongo, al cual perforan y le hacen túneles y galerías (Acosta y Bustos, 1998).

2.9.3 Enfermedades

Se presentan dos tipos de enfermedades que pueden causar daños a los hongos las: bióticas y abióticas. Las bióticas son causadas por bacterias, micoplasmas o virus; este tipo de enfermedades son comunes en los hongos, aunque no han sido reportadas como importantes desde el punto de vista económico. Las abióticas son aquellas causadas por factores no vivientes, como la falta de espacio para el crecimiento de la raíz, la presencia de niveles crónicos o agudos de contaminantes del aire o el agua, o la presencia de condiciones extremas de humedad, calor, luz, pH del suelo, y nutrientes. (Girón, 2000).

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. En las partes viejas las formas perfectas forman puntos rojizos. Los ejemplares atacados se vuelven blandos, amarillento, y se acelera su descomposición (Infoagro, 2010).

Esta enfermedad aparece con humedad excesiva, el calor y la escasa ventilación. Para su control se deben cubrir las zonas afectadas con cal viva en polvo (Infoagro, 2010).

Penicillium

Es otro hongo invasor que limita el crecimiento del ostra por la competencia de nutrientes, su color es verde. Su manifestación se ve ayudada por la aplicación de métodos térmicos insuficientes y por la falta de medidas higiénicas en las áreas de siembra e incubación. Se ha detectado en sustrato recién elaborado y a lo largo de las fases de incubación y fructificación. Suele aparecer en las aberturas de las bolsas en las que se produce condensación de la humedad, impidiendo así la fructificación normal de los carpóforos (Infoagro, 2010).

2.9.4 Falta de luminosidad

De acuerdo a Cuevas (2008), las especies de *Pleurotus* tienen fototropismo positivo, ya que la luz (intensidad luminosa, fotoperiodo y tipo de radiación) es uno de los factores necesarios para el desarrollo de los primordios. En condiciones de total oscuridad se diferencian escasos basidiocarpos que suelen ser deformes, racimos, de forma coraloide, color blanco y sabor amargo, en los que no se distingue el pie y el sombrero. En condiciones de escasez de luz se asiste a la producción de cuerpos fructíferos con forma de corneta, sombrero muy reducido y pie alargado y débil. Este efecto es más marcado cuanto menor es la intensidad luminosa, de forma que los carpóforos pálidos no pigmentados aparecen cuando la intensidad luminosa se sitúa por debajo de 300 lux.

2.9.5 Exceso de luminosidad

También es perjudicial, ya que puede retardar la formación de primordios. Según la variedad de *Pleurotus*, cuando la intensidad de luz es superior a 2000 lux se puede inhibir la iniciación del fruto. Las radiaciones rojas son desfavorables para el desarrollo de los cuerpos fructíferos (Lainez y Navarro, 2008).

2.9.6 Exceso de CO₂

Según Cuevas (2008), el aumento del contenido de CO₂ del aire hasta valores de 0.08% provoca una ralentización en el crecimiento de los cuerpos fructíferos, mientras que si el contenido de CO₂ asciende a 0.15-0.3% se puede producir una rápida mortandad de toda la producción. La falta de luz junto con una aireación insuficiente provoca la aparición de masas de tejido sin diferenciar, con forma de coliflor, de las que raramente se desarrollan cuerpos fructíferos normales. Este síntoma también puede estar ligado a la presencia de virus.

2.9.7 Efectos de gases y plaguicidas

Algunas anomalías observadas como son los márgenes ondulados y la torsión del sombrero pueden estar causadas por el efecto fungitóxico de plaguicidas, ya que el tejido del basidiocarpo actúa como una esponja, absorbiendo muchos productos volátiles. Además de afectar la morfología de los cuerpos fructíferos, inciden en modo más o menos grave sobre la productividad. También puede haber daños por gas de combustión, en los que se observa una hipertrofia del tejido del sombrero todavía no diferenciado, dando lugar a láminas y crestas más o menos irregulares (Lainez y Navarro, 2008).

2.9.8 El estrés térmico

Un incremento demasiado elevado de temperatura puede conducir a un proceso en el que muera el micelio de *Pleurotus*, sobre todo entre 33-40 °C, según la variedad cultivada. Temperaturas de 22 a 28 °C, dependiendo de la variedad, pueden causar serios retrasos de fructificación e incluso la inhibición completa de la misma (Lainez y Navarro, 2008).

2.9.9 El pH

El micelio de *Pleurotus* mostrará un bajo crecimiento y una incubación defectuosa si el pH es superior a 7.0 o inferior a 5.0 (Cuevas, 2008).

2.9.10 El contenido de agua

El sustrato puede ser difícilmente digerido si el contenido en agua es inferior al 55%. Por encima del 70% la flora bacteriana es más activa, colonizando la película de agua de alrededor de cada paja y dejando mínimas esperanzas al micelio de *Pleurotus* (Cuevas, 2008).

2.10 RESULTADOS DE ALGUNAS INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE HONGOS

Evaluación del efecto de cinco sustratos orgánicos sobre el nivel de producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*; Agaricales Pleurotaceae, en la finca Concepción, departamento de Escuintla. Los sustratos que presentaron los mejores rendimientos fueron, el pasto jaragua, con valor de 591.82 gramos de hongo fresco y la cachaza, con valor de 547.22 gramos (el testigo obtuvo 746 gramos). La eficiencia biológica determinada en los tratamientos bajo estudio fue: pulpa de café (testigo: 155.42%), jaragua (123.30%), cachaza (114.00%), jcap (102.00%), jcnp (98.78%). caminadora

(89.39%), jcna (87.50%), jnap (86.50%), jcnap (84.50%), cnap (83.75%) y la ninfa (68.25%) (Santos, 2008).

Desarrollo del hongo ostra como producto nuevo en la cabecera departamental de Huehuetenango, a través de su cultivo en las comunidades de Cuilco, San Idelfonso Ixtahuacán, Tectitán. El hongo ostra contiene todos los aminoácidos esenciales incluyendo licina y metionina, además de minerales, vitamina C y D, en especial las de complejo B. En cuanto a minerales contiene zinc, cobre, magnesio y fósforo. Una proporción media de hierro, manganeso, potasio, calcio, aluminio y sodio (Villatoro, 2005).

En el año 2004 la evaluación del efecto de la pulpa de café (*Coffea arabica*) en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa INIREB-8 de *Pleurotus ostreatus*, utilizando cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y bambú (*Bambusa vulgaris var. Striata*) como sustrato, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, dio como mejor resultado en una relación 1:0 una eficiencia biológica de 112.20%, utilizando como sustrato la pulpa de café (Tuchan, 2004).

En el año 2012 se evaluó el efecto de cuatro tipos de sustratos de origen orgánico sobre la eficiencia biológica del hongo ostra, en Patzún, Chimaltenango; se demostró estadísticamente que cultivar el hongo ostra utilizando la mezcla de los sustratos de valvas de frijol + raquis de maíz (VF+OM) se obtiene la mayor producción en peso fresco de carpóforos, con una media de producción de 1549.33 g, en un área de 0.28 m² (Xocop, 2012).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En Guatemala la población crece a un ritmo del 2.4% anual. Esto determina que cada vez más es necesario disponer de alimentos para esta nueva población. Los índices de desnutrición crónica son de los más altos en la región. De acuerdo con el Índice de Desarrollo Humano (2013), Guatemala ocupa la posición 133 entre 187 países clasificados, y en la región centroamericana se ubica en el último lugar. El estudio "Evaluación de la pobreza en Guatemala", del Banco Mundial, señala que el país fue capaz de reducir la pobreza de un 56% al 51% entre 2000 y 2006. No obstante, cifras oficiales del 2011 indican que la pobreza subió a un 53.7%.

Ante ello, es necesario buscar fuentes alternativas de alimentos. Una de ellas es la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus ostreatus*, especie que según la literatura se caracteriza por su fácil y masiva propagación en sustratos orgánicos.

En el caso de Moyuta, Jutiapa, al momento no se han tenido experiencias con la producción del hongo mencionado, por otra parte, como subproductos de las actividades agrícolas que se practican en el área, son comunes los rastrojos de alfalfa, desperdicios de bagazo de caña, y fibra de coco, que pudieran tener algún potencial de uso como sustratos para la producción del hongo y que no están siendo aprovechados por las familias.

Por lo anteriormente mencionado, la presente propuesta planteó evaluar técnica y económicamente la factibilidad del uso de los sustratos rastrojos de alfalfa, bagazo de caña y fibra de coco en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Evaluar el potencial de tres sustratos (fibra de coco, alfalfa, bagazo de caña) para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el rendimiento del cultivo del hongo ostra, sobre tres tipos de sustratos, fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.).
- Determinar la eficiencia de tres sustratos en la producción del cultivo del hongo ostra.
- Determinar la relación beneficio-costos en la producción del hongo ostra, con los tres sustratos evaluados.

V. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los sustratos permitirá obtener un mayor rendimiento en la producción del hongo ostra.
- Al menos uno de los sustratos tendrá mayor eficiencia en la producción del hongo ostra.
- Por lo menos con uno de los sustratos a evaluar, la relación beneficio-costos en la producción del hongo ostra, será mayor.

VI. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

El estudio se realizó en el municipio de Moyuta, Jutiapa. Dista a 114 kilómetros de la ciudad capital, y a 54 de la cabecera departamental de Jutiapa. Colinda al norte con los municipios de Oratorio y Tecuaco, del departamento de Santa Rosa; al este con Jalpatagua, Conguaco y la República de El Salvador, al sur con el Océano Pacífico y República de El Salvador y al oeste con el municipio de Pasaco, Jutiapa. La cabecera municipal se ubica a la altura de 1,283 metros sobre el nivel del mar, su latitud es de 14° 02' 18" y su longitud es de 90° 04' 54". La temperatura máxima es de 33.5 °C y la mínima de 9.9 °C (Holdrige, 2000).

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Micelios activos del hongo tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Fibra de coco (*Cocos nucifera* L.): El sustrato utilizado fue un subproducto de cosecha de una finca, se obtiene como residuo de las fibras del mesocarpio de los frutos del coco.

Alfalfa deshidratada (*Medicago sativa* L.): El sustrato utilizado fue un producto de una finca vecina; la alfalfa fue deshidratada previamente, pero sin perder sus características nutritivas.

Bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.): El sustrato utilizado fue un subproducto de cosecha de una finca, es el residuo de materia después de extraído el jugo.

6.3 FACTOR ESTUDIADO

Se evaluó un solo factor: Sustratos

6.4 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro 6 se presentan los tratamientos evaluados.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos evaluados para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Tratamiento	Sustrato	No. de bolsas/tratamiento
T1	Bagazo de caña	5 bolsas de 3.18 kg c/u
T2	Fibra de coco	5 bolsas de 3.18 kg c/u
T3	Alfalfa deshidratada	5 bolsas de 3.18 kg c/u

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar, con 3 tratamientos y 5 repeticiones.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico para este diseño experimental fue:

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

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta de la i -ésima variable.

μ = Media general

τ_i = Efecto asociado al i -ésimo sustrato

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

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Se evaluarón 3 tratamientos y 5 repeticiones para un total de 15 unidades experimentales, distribuidas completamente al azar. Cada unidad experimental consistió en 1 bolsa conteniendo 3.18 kg de sustrato húmedo. Estas unidades se colocaron en una mesa de 3.10 m de largo por 2.10 m de ancho. El módulo total medía 3.10 m de ancho por 4.00 m de largo, con calles de 0.50 m de ancho alrededor de la mesa.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

La ubicación de los tratamientos en el módulo, se presenta en la figura 3.

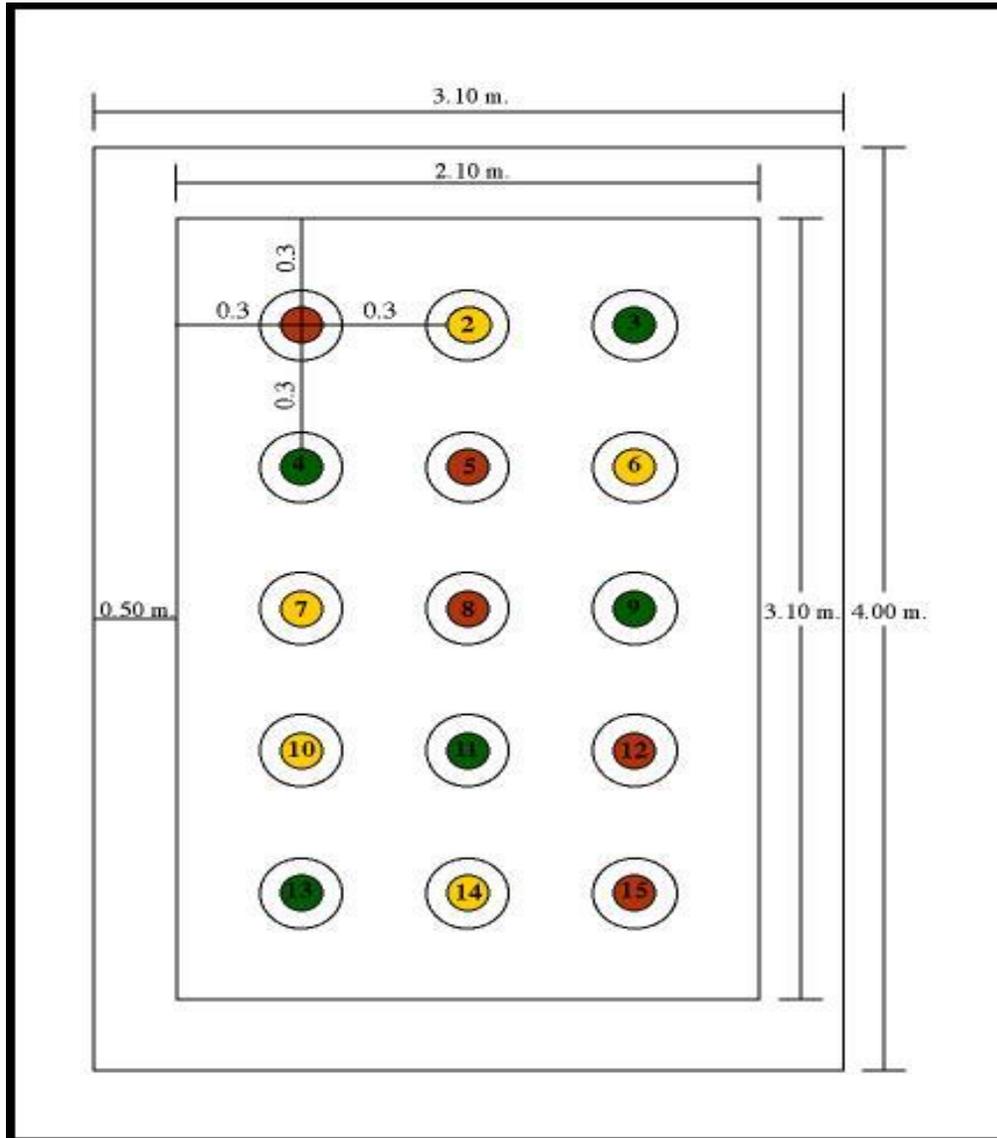


Figura 3. Ubicación de unidades experimentales dentro del módulo.

A continuación se presenta el cuadro 7, con información de cada ficha de sustrato y tratamiento.

Cuadro 7. Fichas por tratamiento.

Tratamientos	Color que identifica cada ficha	Sustratos	Fichas por tratamiento
T1	Rojo	Bagazo de caña	5
T2	Amarillo	Alfalfa	5
T3	Verde	Fibra de coco	5

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Semilla:

Cepa de *Pleurotus ostreatus*, se adquirió en Agroecológicas, zona 11 Guatemala.

Sustratos:

Los tres materiales que se utilizaron para el estudio fueron recolectados durante diciembre del año 2013. La alfalfa, la fibra de coco y el bagazo de caña de una finca.

En la fase de pre tratamiento el bagazo de caña de azúcar, la alfalfa y la fibra de coco, después de recolectarse en estado fresco, se colocaron en un área donde no fueron contaminados por animales u otros factores. Se eliminaron piedras, tierra y partes que contaminaran los sustratos, para luego ya clasificados pasarlos a costales de manta y sumergirlos en un tonel con agua durante un día para limpiar los materiales indeseables.

Un día después se inició el proceso de la desinfección de los sustratos, a través de la pasteurización, que consistió en llenar un tonel metálico con agua y se puso a hervir, al momento que el agua llegó a su ebullición se sumergieron los sustratos durante 10 minutos, con el objetivo de desinfectarlos. Después se colocaron en la mesa que se construyó adentro del módulo, para que escurrieran y enfriaran a temperatura ambiente.

La contaminación de sustratos se evita a través de buenas prácticas agrícolas, tales como: Trabajar en condiciones asépticas, realizar buena esterilización y pasteurización,

buena limpieza y lavado en el cuarto de incubación y fructificación; y limpieza permanente en el cuarto donde estén los pasteles.

Como evitar la contaminación:

Se le hicieron aberturas a las puntas de las bolsas para favorecer la ventilación al interior y evitar la acumulación de excesiva humedad. Se colocó nylon negro en las ventanas, con el fin de evitar la entrada de luz y el ingreso de los insectos, polvo u otro contaminante físico.

Inoculación:

La inoculación del sustrato con el micelio se realizó colocando $\frac{1}{4}$ de sustrato en la primera aplicación del micelio, se procedió a cubrir con otro $\frac{1}{4}$ de sustrato y se realizó la segunda aplicación del micelio, se procedió a cubrir con otro $\frac{1}{4}$ de sustrato y se procedió a la tercera aplicación del micelio, luego se llenó la capacidad deseada en la bolsa. Semilla por bolsa 200 g y cantidad de sustrato húmedo por bolsa 3.18 kg.

Incubación:

Los tratamientos se incubaron hasta que el micelio invadió todo el sustrato de las unidades experimentales. Para ese momento el módulo se cubrió con nylon de color negro para lograr condiciones de oscuridad total.

La fase de incubación se llevó de 15 a 21 días.

Fructificación:

En esta etapa se realizaron pequeñas perforaciones a las bolsas para que favorecieran la ventilación y penetrara la humedad al interior y de esta manera favorecer el crecimiento de primordios. Se abrió la ventana del cuarto y se colocó agribón para permitir solo el ingreso de luz, ventilación y no así ninguna plaga o contaminación por agentes externos. Para la fructificación se inició el riego para mantener la humedad relativa de 80%, y se realizaron monitoreos constantes de la temperatura, tratando de

mantenerla entre 22 a 25 °C. El riego se realizó 1 vez al día, con mochila aspersora, se usaron 3 litros de agua para las 15 bolsas, a razón de 200 ml por bolsa.

Cosecha:

A los 40 días después de la siembra se inició con la cosecha del hongo ostra. El producto obtenido se pesó con una balanza para determinar cuál el rendimiento en cada tratamiento. El manejo del cultivo se hizo durante toda su etapa fenológica, que incluyó riego, apertura de agujeros, control de entrada de luz al módulo, humedad y asepsia.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

6.10.1 Rendimiento (kg): La variable rendimiento por sustrato empleado, se midió con una balanza, a los 40 días después de la siembra.

6.10.2 Eficiencia Biológica (%): Para expresar el grado de bioconversión de energía a partir de la biodegradación del sustrato, el concepto generalmente aceptado es la eficiencia biológica; que es la relación en porcentaje, entre el peso fresco de hongos producidos y el peso seco de sustrato empleado. Una eficiencia biológica del 100 por ciento es equivalente a decir que de un sustrato con un contenido de agua de 75 por ciento, el 25 por ciento de su peso húmedo será recogido en carpóforos frescos, cuyo contenido de agua es en promedio 90 por ciento (Ardón, 2004). “La eficiencia biológica depende esencialmente de las características físico-químicas del sustrato a utilizar. La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100 por ciento” (Salmones, Gaytán, Pérez y Guzmán, 1997).

$$EB = \frac{\text{Peso fresco de los hongos}}{\text{Peso seco del sustrato}} \times 100$$

6.10.3 Tiempo de brotación de primordios (días): Los días de brotación de primordios se midieron a través de un control diario que permitió determinar el tiempo en días que cada uno de los tratamientos necesitó.

6.10.4 Diámetro del hongo ostra (cm): Se midieron todos los hongos existentes en la unidad experimental y se obtuvo el promedio por hongo obtenido en cada sustrato. Para la cuantificación se utilizó una regla graduada en centímetros. La variable fue medida al momento de realizar la cosecha.

6.10.5 Costos e ingresos (Q.): Durante todo el proceso de investigación se condujeron registros económicos que permitieron determinar el costo de cada tratamiento. Los ingresos se dedujeron con base en el rendimiento por cada sustrato evaluado y el precio de mercado del producto.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables de respuesta rendimiento, tiempo de brotación de primordios, eficiencia biológica y diámetro del hongo ostra, y se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey al 5%, para las variables donde existieron diferencias significativas.

6.11.2 Análisis económico

Con la información de los costos para cada tratamiento y los ingresos proyectados por venta, con base en su rendimiento y precios del mercado local, se determinó la relación beneficio-costos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los tres sustratos, de los cuales, el bagazo de caña no presentó condiciones favorables para el desarrollo del micelio y por ende para la formación y desarrollo de los hongos, ya que según la literatura consultada (Redalyc, 2000), la caña de azúcar contiene azúcares solubles, que favorecen el desarrollo de mohos, levaduras y bacterias que provocan contaminación y compiten en el sustrato con el desarrollo del micelio del hongo.

Según MushWorld (2005), el bagazo de caña de azúcar está conformado principalmente por agua, fibra y sólidos solubles. Los constituyentes principales de la fibra son celulosa, pentosana, y lignina. También contiene celulosa que es degradada fácilmente por el hongo ostra y nitrógeno orgánico que puede ser aprovechado para la producción de hongos comestibles, por lo que no se puede descartar su uso.

7.1 RENDIMIENTO DEL HONGO OSTRA (kg)

En el cuadro 8 se presentan los resultados de producción de *Pleurotus ostreatus* por tratamiento evaluado.

Cuadro 8. Rendimiento de *Pleurotus ostreatus* (kg)

Tratamiento	Repeticiones					Total (kg)	Media (kg)
	1	2	3	4	5		
Fibra de coco	1.36	1.3	1.13	1.28	1.22	6.29	1.25
Alfalfa	1.08	1.02	1	1	1.05	5.15	1.02
Bagazo de caña	0	0	0	0	0	0	0
Total						11.44	

El análisis de varianza en el cuadro 9 muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento (kg) del hongo comestible ostra (*Pleutorus ostreatus*), con tres tipos de sustratos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob > F
Tratamiento	2	4.45707	2.22853	640.56	0.0001 **
Error experimental	12	0.04175	0.00348		
Total	14	4.49882			

C.V. = 7.8 %

** = Diferencia estadística altamente significativa al 5% de probabilidad de error.

Utilizando la prueba de medias de Tukey al 5% se determinó que el mejor rendimiento de hongos en fresco se obtuvo utilizando el sustrato fibra de coco. En el cuadro 10 se observa la clasificación para los diferentes tratamientos, el sustrato fibra de coco en primer lugar con un rendimiento de 1.259 kg, en comparación con el sustrato de alfalfa con un rendimiento de 1.025 kg, lo que se tradujo como una mejor respuesta por parte del hongo con relación a su rendimiento.

Cuadro 10. Prueba de Tukey al 05% de significancia, para la variable rendimiento (kg) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos.

Tratamiento	Rendimiento (kg)	Grupo Tukey
Fibra de coco	1.259	A
Alfalfa	1.025	B
Bagazo de caña	0.000	C

7.2 EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)

Con el rendimiento en peso fresco de carpóforos por unidad experimental y los 1.134 kg de peso seco del sustrato, se empezó a calcular la eficiencia biológica para cada tratamiento. El cuadro 11 muestra la eficiencia biológica (%) del hongo ostra obtenida en las 5 repeticiones.

Cuadro 11. Eficiencia biológica (porcentaje) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos.

Tratamiento	Repeticiones					Total (%)	Media (%)
	1	2	3	4	5		
Fibra de coco	120	115	100	112.5	107.5	555	111
Alfalfa	95	90	87.5	82.5	92.5	447.5	89.5
Bagazo de caña	0	0	0	0	0	0	0

En la figura 4 se muestra una comparación de la eficiencia biológica (en porcentaje) de la producción de hongo ostra, obtenida en los sustratos evaluados.

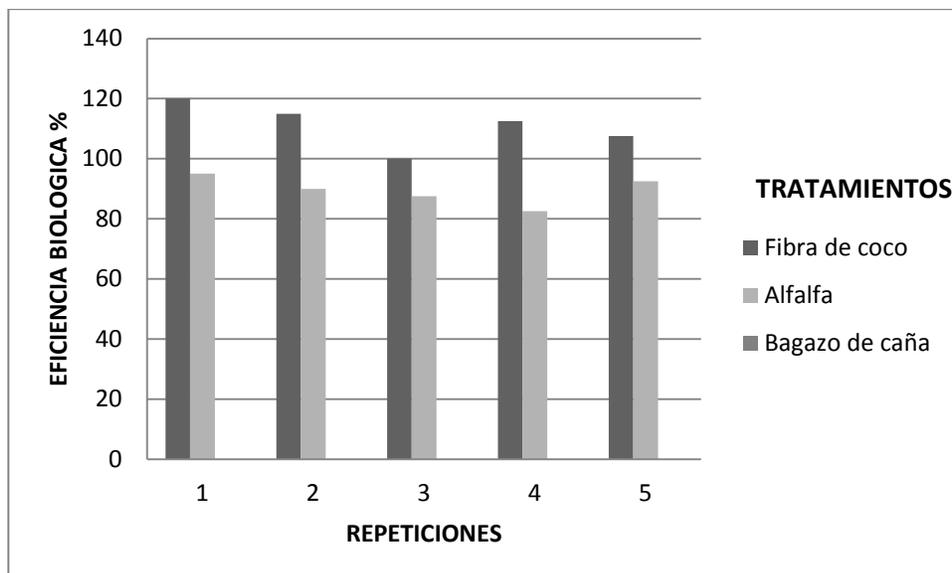


Figura 4. Comparación de la eficiencia biológica (%) del hongo comestible ostra (*Pleurotus ostreatus*), con tres tipos de sustratos.

Como se muestra en la figura 4, el tratamiento con mayor eficiencia biológica fue la fibra de coco (111%), seguida del tratamiento alfalfa (89.5%). Con relación a esto, Salmenes *et al* (1997) opinan que la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencia biológica del 100%). El tratamiento que no presentó eficiencia biológica fue bagazo de caña, ya que no hubo producción de hongos.

7.3 TIEMPO DE BROTAÇÃO DE LOS PRIMORDIOS INICIALES DEL HONGO

OSTRA (Días)

Se presenta en el cuadro 12 el tiempo de brotación de los primordios iniciales del hongo ostra (días) por tratamiento.

Cuadro 12. Tiempo de brotación de los primordios iniciales de *Pleurotus ostreatus*, (días) por tratamiento.

Tratamiento	Repeticiones					Total (días)	Media (días)
	1	2	3	4	5		
Fibra de coco	26	26	27	27	26	132	26.4
Alfalfa	27	28	27	29	27	138	27.6
Bagazo de caña	0	0	0	0	0	0	0
Total						270	

El análisis de varianza del cuadro 13 muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable tiempo de brotación de los primordios iniciales (días) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob > F
Tratamiento	2	2433.60000	1216.8000	3318.55	0.0001 **
Error experimental	12	4.40000	0.3666		
Total	14	2438.0000			

C.V. = 3.4 %

** = Diferencia estadística altamente significativa al 5% de probabilidad de error.

Utilizando la prueba de medias de Tukey al 5% se determinó que el sustrato que presentó las mejores condiciones para la aparición de los primordios iniciales fue la fibra de coco, con un promedio de 26.4 días y la alfalfa en segundo lugar con 27.6 días, en el bagazo de caña no hubo desarrollo de los primordios, por lo mencionado anteriormente. En el cuadro 14 se observa al sustrato de fibra de coco, como el más precoz, esta característica de precocidad es clave en la determinación de reducción de costos, principalmente en mano de obra.

Cuadro 14. Prueba de Tukey al 05% para la variable tiempo de brotación de los primordios iniciales (días) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos.

Tratamiento	Días	Grupo Tukey
Alfalfa	27.6	A
Fibra de coco	26.4	B
Bagazo de caña	0.00	C

7.4 DIÁMETRO DEL HONGO OSTRA (cm)

Se muestra en el cuadro 15 el diámetro de *Pleurotus ostreatus* por tratamiento.

Cuadro 15. Diámetro del hongo ostra (cm) por tratamiento.

Tratamiento	Repeticiones					Total (cm)	Media (cm)
	1	2	3	4	5		
Fibra de coco	6.1	6.1	6.4	5.6	6.2	30.4	6.08
Alfalfa	5.6	5.5	5.7	6.1	5.4	28.3	5.66
Bagazo de caña	0	0	0	0	0	0	0
Total						58.7	

El análisis de varianza (cuadro 16), muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable diámetro (cm) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob > F
Tratamiento	2	115.29733	57.64867	1080.91	0.0001 **
Error	12	0.64000	0.05333		
Total	14	115.93733			

C.V. = 5.9 %

** = Diferencia estadística altamente significativa al 5% de probabilidad de error.

En el cuadro 17 se observa que el sustrato fibra de coco provocó el mayor diámetro de sombrilla, cuantificando un valor promedio de 6.08 cm por hongo, que representa más que el sustrato de alfalfa con el que se obtuvieron hongos con un diámetro promedio de 5.66 cm, indicando que el sustrato influyó en el desarrollo del diámetro de los carpóforos.

Cuadro 17. Prueba de Tukey al 05% de significancia para la variable diámetro (cm) del hongo comestible ostra, con tres tipos de sustratos.

Tratamiento	Diámetro (cm)	Grupo Tukey
Fibra de coco	6.08	A
Alfalfa	5.66	B
Bagazo de caña	0.00	C

Dentro de las características físico-químicas de los sustratos, la fibra de coco posee mayor porcentaje de lignina, en relación con los sustratos alfalfa y bagazo de caña, lo que favoreció un mejor crecimiento y desarrollo del carpóforo, desde su brotación.

El diámetro de los carpóforos de los hongos producidos por bolsa, no es relevante como su peso en fresco, ya que lo importante de un sustrato es el rendimiento y la productividad en cuanto al peso fresco que éste pueda generar.

7.5 COSTOS E INGRESOS DEL CULTIVO DEL HONGO OSTRA (Q.)

El análisis de rentabilidad simple se enmarca en un estudio de cuantificación de la mano de obra, materia prima e insumos, que se utilizaron en la ejecución de esta investigación.

Se determinaron los costos de cada uno de los tratamientos (anexos) evaluados en este experimento, bajo las siguientes condiciones.

- a. Se supone tener dentro del cuarto oscuro 15 unidades experimentales, por tratamiento, en un área útil de 6.51 m².
- b. Se calculó el costo de inversión de los 3 tratamientos por separado.
- c. La producción promedio por tratamiento se calculó utilizando los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos evaluados.

d. El precio de venta del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) fue de Q.50.00 el kg. Por las condiciones anteriores, se presenta el cuadro 18, donde se observa cada tratamiento con respecto a su producción, precio de venta, ingresos, costos y beneficio / costo.

Cuadro 18. Resumen de la relación beneficio / costo por tratamiento evaluado.

Tratamiento	Producción (kg)	Precio Q/kg	Ingresos (Q)	Costos (Q)	B/C
Fibra de coco	6.29	50	314.50	189.00	1.66
Alfalfa	5.15	50	257.50	194.00	1.33
Bagazo de caña	0	50	0.00	199.00	0.00

Referencias:

Producción: Se refiere a la cantidad de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* cosechado en 15 unidades experimentales por tratamiento.

Precio: Precio de venta del hongo ostra (Q./kg)

Ingresos: Se calculó multiplicando la producción por el precio (Q./kg * kg producidos)

Costos: Se cuantificaron gastos ocasionados en cada tratamiento.

Para el análisis beneficio costo se observa en el cuadro 18 que el sustrato fibra de coco, en el municipio de Moyuta, Jutiapa, cuantificó el mayor beneficio económico, debido a que obtuvo un valor de 1.66, lo que indica que por cada quetzal invertido se recibirá Q.1.66

VIII. CONCLUSIONES

- El rendimiento del hongo ostra está determinado por el sustrato utilizado en su producción. De los sustratos evaluados, se observó una mayor producción con la fibra de coco (1.25 kg de hongo por bolsa de sustrato húmedo de 3.18 kg). Con el bagazo de caña y con el manejo que se le dio al experimento, no se obtuvo ninguna producción.
- Para las condiciones en que se condujo la investigación, de los sustratos evaluados, solo la fibra de coco se considera con calidad productiva, ya que con ella se obtuvo una eficiencia del 111% (con la alfalfa esta variable alcanzó un valor de 89.5%).
- Con relación al tiempo de brotación de los primordios iniciales del hongo ostra, en términos prácticos puede considerarse que la diferencia no es impactante en el costo del tratamiento (fibra de coco 26.4 días; alfalfa 27.6 días).
- El diámetro de los hongos fue afectado significativamente por el sustrato donde se cultivaron los mismos. Se obtuvieron hongos de mayor diámetro con el sustrato fibra de coco (6.08 cm), en comparación con la alfalfa (5.66 cm).
- Los sustratos utilizados en la producción del hongo ostra afectaron la relación beneficio/costo que se obtuvo en el proceso. En la presente investigación la mayor relación correspondió al tratamiento fibra de coco (1.66 vrs 1.33 que se obtuvo con la alfalfa).

IX. RECOMENDACIONES

- Para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), se recomienda utilizar fibra de coco, por ser un sustrato que permite un mayor rendimiento (kg), mayor eficiencia biológica (111%) y mayor beneficio económico (beneficio/costo de 1.66).
- Evaluar otras mezclas de sustratos, en las cuales la alfalfa puede ser uno de los componentes de las mismas.
- Considerando los altos volúmenes de bagazo de caña y su alto contenido de celulosa, pentosana, lignina y nitrógeno en la fibra aprovechables en la producción de hongos, se recomienda realizar otras investigaciones, haciendo algún pretratamiento antes de su uso, para bajar la concentración de azúcares.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, U.L.: Bustos, Z. (1998). Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en la planta Probiote. Tesis. Q.F.B. Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas. 57p.
- Ardón C.E. (2004). Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plestostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur 112). EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 101 p. 33 ref.
- Arrua J. (2007). Producción del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) a partir de las malezas *paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis*. Tesis de grado. Universidad EAR de Costa Rica. Págs. 42.
- Burés. (2013). Fibra de coco. Consultado el 19 de septiembre de 2013. Disponible en línea: <http://www.grn.es/sicosa/tecnic/fibradecoco.htm>
- Chang, Shu Ting y Miles. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. 2ª ed. Florida (US): CRC Press, .451 p. ISBN 0-8493-1043-1.
- Cuevas, F. (2008). Cultivo de *Pleurotus Ostreatus/ Carne Vegetal: Alternativa Doméstica* Xalapa, Veracruz, México 2006 pp 1 a la 56.
- Ecologiahoy. (2014). Contaminación. Consultado el 2 de junio de 2014. Disponible en línea: www.ecologiahoy.com/definicion-de-contaminacion
- Girón, D. (2000). Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana (*Elaeis guineensis Jacq.*). Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 57 p.
- Guzmán G. (1997). Hongos 3ª ed. México (Mx): Limusa, 194p. ISBN 968-18-0032
- Infoagro. (2010). El cultivo industrial de las setas (2ª parte). Consultado el 18 de septiembre de 2013. Disponible en línea: <http://www.infoagro.com/forestales/setas2.htm>
- Lainez, A. y Navarro, L. (2008). El cultivo de *Pleurotus* está expuesto a alteraciones que pueden ocasionar descensos en el rendimiento. Disponible en línea: <http://www.terralia.com/index.php?revista=44&articulo=313>

- Mendivil, J. (2013). Hongos en Aragón. Consultado el 18 de septiembre de 2013. Disponible en línea: <http://www.pasapues.es/naturalezadearagon/hongos/index.php>
- MushWorld. (2005). Parte II hongos ostra, Capitulo 5, sustrato bagazo de caña de azúcar. Consultado el 19 de septiembre de 2013. Disponible en línea: <http://www.hongoscomestibleslatinoamerica.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%205%20pag.121-124.pdf>
- Poballe (2013). Alfalfa Deshidratada. Consultado el 19 de septiembre de 2013. Disponible en línea: http://www.poballe.com/producte.asp?ids=711669871538249es&p_prod=alfalfa-deshidratada
- Rynk, R. (1992). On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York. 186 p.
- Redalyc. (2000). Estudio de la carga microbiana en el bagazo de caña de azúcar fresco. Consultado el 2 de junio de 2014. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018080010>
- Rojas, E. A. (2004). Evaluación de paja de trigo, *triticum sativum*; broza de encino, *Quercus sp.* y rastrojo de maíz, (*Zea mays*) para el cultivo del hongo comestible *Pleurotas ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael la Independencia, Huehuetenango. Tesis de grado. Universidad San Carlos de Guatemala. pp. 19.
- Salmones, D; Gaytan, R; Pérez, R; Guzmán, G. 1997. Interración entre crecimiento micelial y productividad. Consultado el 20 de junio de 2014. Disponible en línea: <http://www.reviberoammicol.com/1997-14-/173176.pdf>.
- Sánchez, V. (2002). Producción de hongos comestibles. México, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 109 p.
- Santos, A.R. (2008). Evaluación de cinco sustratos orgánicos sobre el nivel de producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*; agaricales pleurotaceae), en la Finca Concepción, departamento de Escuintla. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar de Guatemala. págs. 36.
- Tuchan, R. O. (2004). Evaluación del efecto de la pulpa de café *Coffea arabica L.* en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa INIREB-8 de *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y bambú (*Bambusa vulgaris var. Striata*) como sustrato, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55p.
- Villatoro, K. (2005). Desarrollo del hongo ostra como producto nuevo en la cabecera departamental de Huehuetenango, a través de su cultivo en las comunidades de

Cuilco, San Idelfonso Ixtahuacán, Tectitán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 42p.

Xocop, E. (2012). Efecto de cuatro tipos de sustratos de origen orgánico sobre la eficiencia biológica del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en Patzún, Chimaltenango Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 38p.

XI. ANEXOS

ANEXO 1.

Cuadro 19. Costos de producción con el tratamiento fibra de coco.

DESCRIPCION	PRECIO (Q)	MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL (Q)
Semilla del hongo	20.00	0.454 kg	3	60.00
Nylon negro	0.00	m ²	20	0.00
Bolsas de arroba	0.50	unidad	20	10.00
Leña	0.00	tarea	1	0.00
Tonel	0.00	unidad	1	0.00
Sustrato de fibra de coco	10.00	costal 50 lbs	5	50.00
Guantes	1.00	par	3	3.00
hules	0.25	unidad	20	5.00
Extensión de luz	0.00	m	25	0.00
Cloro	2.00	ml	4	8.00
Mascarillas	1.00	unidad	5	5.00
Alcohol	4.00	ml	2	8.00
Jabón detergente	16.00	kg	1	16.00
Gel antibacterial manos	10.00	unidad	2	20.00
Navaja	2.00	unidad	2	4.00
Mochila aspersora	0.00	unidad	1	0.00
Subtotal				Q.189.00

ANEXO 2.

Cuadro 20. Costos de producción con el tratamiento alfalfa.

DESCRIPCION	PRECIO (Q)	MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL (Q)
Semilla del hongo	20.00	0.454 kg	3	60.00
Nylon negro	0.00	m ²	20	0.00
Bolsas de arroba	0.50	unidad	20	10.00
Leña	0.00	tarea	1	0.00
Tonel	0.00	unidad	1	0.00
Sustrato de alfalfa	11.00	costal 50 lbs	5	55.00
Guantes	1.00	par	3	3.00
hules	0.25	unidad	20	5.00
Extensión de luz	0.00	m	25	0.00
Cloro	2.00	ml	4	8.00
Mascarillas	1.00	unidad	5	5.00
Alcohol	4.00	ml	2	8.00
Jabón detergente	16.00	kg	1	16.00
Gel antibacterial manos	10.00	unidad	2	20.00
Navaja	2.00	unidad	2	4.00
Mochila aspersora	0.00	unidad	1	0.00
Subtotal				Q.194.00

ANEXO 3.

Cuadro 21. Costos de producción con el tratamiento bagazo de caña.

DESCRIPCION	PRECIO (Q)	MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL (Q)
Semilla del hongo	20.00	0.454 kg	3	60.00
Nylon negro	0.00	m ²	20	0.00
Bolsas de arroba	0.50	unidad	20	10.00
Leña	0.00	tarea	1	0.00
Tonel	0.00	unidad	1	0.00
Sustrato de bagazo de caña	12.00	costal 50 lbs	5	60.00
Guantes	1.00	par	3	3.00
hules	0.25	unidad	20	5.00
Extensión de luz	0.00	m	25	0.00
Cloro	2.00	ml	4	8.00
Mascarillas	1.00	unidad	5	5.00
Alcohol	4.00	ml	2	8.00
Jabón detergente	16.00	kg	1	16.00
Gel antibacterial manos	10.00	unidad	2	20.00
Navaja	2.00	unidad	2	4.00
Mochila aspersora	0.00	unidad	1	0.00
Subtotal				Q.199.00