

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

EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y EL MÉTODO DE
DESINFECCIÓN DE RAQUIS DE MAÍZ EN LA PRODUCCIÓN DE
Pleurotus ostreatus EN CATARINA, SAN MARCOS
TESIS DE GRADO

JULIO ENRIQUE DE LEÓN PÉREZ
CARNET 21585-09

COATEPEQUE, MAYO DE 2015
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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

EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y EL MÉTODO DE
DESINFECCIÓN DE RAQUIS DE MAÍZ EN LA PRODUCCIÓN DE
Pleurotus ostreatus EN CATARINA, SAN MARCOS
TESIS DE GRADO

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

POR
JULIO ENRIQUE DE LEÓN PÉREZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, MAYO DE 2015
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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	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

LIC. ROBERTO AGUSTÍN CÁCERES STAACKMANN

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. MARTIN SALVADOR SANCHEZ CRUZ

ING. EDGAR RENE ANTONIO BECERRA

ING. JACINTA IMELDA MÉNDEZ GARCÍA

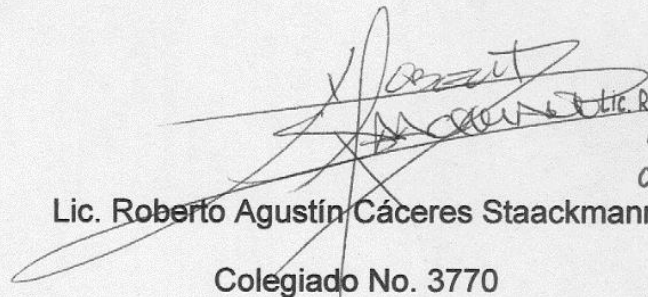
Guatemala, 18 de abril de 2015

Honorable consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Julio Enrique de León Pérez, que se identifica con carne 2158509 titulado: **“Efecto del tamaño de partícula y método de desinfección de raquis de maíz, en la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq) en Catarina San Marcos”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,


Lic. Roberto Agustín Cáceres Staackmann
Químico Biólogo
Colegiado No. 3770

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JULIO ENRIQUE DE LEÓN PÉREZ, Carnet 21585-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0651-2015 de fecha 2 de mayo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y EL MÉTODO DE
DESINFECCIÓN DE RAQUIS DE MAÍZ EN LA PRODUCCIÓN DE
Pleurotus ostreatus EN CATARINA, SAN MARCOS**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de mayo del año 2015.


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



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por la vida y la oportunidad de poder servirle, por sus misericordias derramadas sobre mí, y darme esta gran dicha de obtener un título más.

Mis padres, por darme la vida, por sus ejemplos, y enseñarme el camino al éxito.

Familia de León Rivas, por su ayuda y constante aprecio.

Licenciado Roberto Cáceres, por su colaboración en la elaboración de este trabajo.

La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar, por la formación recibida.

Personal Académico de la Universidad por sus consejos, ayuda y constantes enseñanzas.

DEDICATORIA

A MI MADRE: Francisca Pérez, por su amor incondicional, por su apoyo, porque ella es quien se ha esforzado y ha hecho todo lo posible para ayudarme a obtener este triunfo.

A MIS HERMANOS: por estar con migo en esos momentos de felicidad y de tristeza, por su amor y apoyo.

A MI FAMILIA: Porque me han enseñado a vivir y a entender este grande don que Dios nos ha dado.

COMPAÑEROS DE ESTUDIO: Por compartir esos momentos, y por formar parte de mi aprendizaje

INDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1 Cultivo de hongos comestibles	2
2.2 Cultivo de <i>P. ostreatus</i> en Guatemala	2
2.3 Descripción de <i>P. ostreatus</i>	3
2.4 Reproducción de los hongos	4
2.5 Valor nutricional	5
2.6. Requerimientos físicos del genero <i>Pleurotus</i> .	5
2.7 Cultivo de <i>P. ostreatus</i>	6
2.7.1 Obtención de la cepa	6
2.7.2 Elaboración del inóculo	6
2.7.3 Sustrato	6
2.7.4 Tratamiento de los sustratos	7
2.7.4 Siembra	9
2.7.5 Incubación	9
2.7.6 Producción	9
2.8 Plagas y enfermedades	11
2.9 Formas de medir la productividad de <i>P. ostreatus</i>	11
2.9.1 Eficiencia biológica (EB)	11
2.9.2. Tasa de producción (TP)	12
2.9.3 Incidencia de contaminación del medio de cultivo	12
2.9.4 Relación beneficio/ costo	12

III. JUSTIFICACIÓN	13
3.1 Definición del problema y justificación del trabajo	13
IV. OBJETIVOS	14
4.1 General	14
4.2 Específicos	14
V. HIPÓTESIS	15
VI. MATERIALES Y METODOS	16
6.1 Localización	16
6.1.1 Características biológicas	16
6.2 Material experimental	16
6.3 Factores a estudiar	16
6.4 Descripción de los tratamientos	17
6.5 Diseño experimental	17
6.6 Modelo estadístico	17
6.7 Unidad experimental	18
6.8 Croquis de campo	18
6.9 Manejo del experimento	19
6.9.1 Adquisición de la semilla	19
6.9.2 Recolección y trituración del sustrato	19
6.9.3. Desinfección del sustrato	19
6.9.4 Inoculación de sustratos	20
6.9.5 Obtención de cuerpos fructíferos	20
6.9.6 Cosecha	21
6.10 Variables de respuesta	21
6.10.1. Eficiencia biológica (EB)	21
6.10.2 Incidencia de contaminación del sustrato	21

6.10.3 Beneficio/ costo	22
6.11 Análisis de la información	22
6.11.1 Análisis estadístico	22
6.11.2 Análisis económico	22
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1 ANALISIS ECONOMICO	28
VIII. CONCLUSIONES	30
IX. RECOMENDACIONES	31
X. BIBLIOGRAFIA	32
ANEXOS	34
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	34

INDICE DE CUADROS

Contenido	Página
1 Clasificación taxonómica del genero <i>Pleurotus</i>	4
2 Requerimientos físicos del genero <i>Pleurotus</i>	5
3 Interacción de tratamientos	17
4 Eficiencia Biológica	23
5 Análisis de varianza	24
6 prueba múltiple de medias Tukey	25
7 Rentabilidad de los tratamientos	28

INDICE DE FIGURAS

1 Valor nutricional de <i>Pleurotus</i>	5
2 Gráfico de Eficiencia biológica	25
3 Gráfico índice de contaminación	26
4 Gráfico días a cosecha	27
Croquis de campo	18

EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA Y EL METODO DE DESINFECCION DE RAQUIS DE MAIZ EN LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN CATARINA, SAN MARCOS

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación se centró en evaluar el efecto que genera el tamaño de partícula y el método de desinfección en la producción de *Pleurotus ostreatus*, las variables evaluadas fueron eficiencia biológica y el porcentaje de unidades experimentales infectadas. El estudio se efectuó en el municipio de Catarina del departamento de San Marcos. El diseño utilizado fue un bifactorial combinatorio, con una distribución completamente al azar, como sustrato se utilizó raquis de maíz, utilizando partículas de 2, 5 y 8 centímetros, y dos métodos de desinfección del sustrato los cuales fueron choque térmico e inmersión alcalina. Según el análisis hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, siendo el tratamiento uno (choque térmico con partículas de dos centímetros) el que mostro mejores resultados, en días a cosecha y mayor rentabilidad. Se recomienda utilizar partículas de raquis de maíz de dos centímetros y utilizar como método de desinfección el choque térmico, ya que bajo las condiciones del municipio es económicamente rentable.

EFFECT OF THE PARTICLE SIZE AND DEINFECTION METHOD OF CORN RACHIS IN THE PRODUCTION OF *Pleurotus ostreatus* IN CATARINA, SAN MARCOS

SUMMARY

The objective of this research study was focused on evaluating the effect that the particle size and disinfection method in the production of *Pleurotus ostreatus* generates. The evaluated variables were biological efficiency and percentage of infected experimental units. The study was carried out in the municipality of Catarina, San Marcos. A combined bifactor design, with a complete randomized distribution, was used; corn rachis was used as substrata, using particles of 2, 5, and 8 centimeters and two substrata disinfection methods, which were thermal shock and alkaline immersion. According to the analysis, there is no significant statistical difference among treatments; treatment one (thermal shock with two-inch particles) showed the best results regarding days to harvest and profitability. It is recommended to use two-inch corn rachis particles and thermal shock as a disinfection method since it is economically viable under the conditions in this municipality.

I. INTRODUCCIÓN

Según Sánchez y Royse (2001) el valor nutritivo de *Pleurotus* spp, ha sido reconocido desde hace mucho tiempo. Sus proteínas, las cuales contienen todos los ácidos aminados, son de valor nutritivo más alto que las proteínas de plantas, con una calidad muy cercana a la proteína animal.

En el área rural ha habido obstáculos que evitan que el cultivo de los hongos comestibles avance, y esto se debe principalmente al mal manejo de los sustratos que se utilizan como medio de cultivo, los contaminantes que más atacan al cultivo son hongos (mohos), bacterias y levaduras siendo los de mayor importancia los hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* *Neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus*.

Otro factor que causa problemas en la producción es el tamaño de la partícula del sustrato, según experiencias de productores no hay un tamaño recomendado del raquis de maíz para la producción de este hongo, por lo cual se han dado problemas dentro de las unidades de cultivo, otro factor que está relacionado con el tamaño de la partícula es la disponibilidad de nutrientes, según el tamaño de la partícula, así será la facilidad o la dificultad para que el hongo aproveche sus nutrientes.

Según Bran *et al* (2001) varias organizaciones no gubernamentales, así como la Universidad de San Carlos de Guatemala, el MAGA y el ICTA, han ayudado en la asistencia técnica de los grupos que se dedican a la producción rural de *Pleurotus* spp, sin embargo el personal es insuficiente para cubrir la demanda. Debido a todas estas cualidades, y a la necesidad que hay en el área de tecnificar este cultivo para mejorar el aspecto económico y nutricional de la población, por lo tanto el siguiente trabajo fue encaminado hacia la mejora del sustrato para la producción de *P. ostreatus*, evaluando diferentes tamaños de la partícula de raquis de maíz y evaluación de dos métodos de desinfección, tomando en cuenta que la calidad del sustrato influye directamente en la eficiencia biológica, y la relación beneficio/costo.

II. MARCO TEORICO

2.1 Cultivo de hongos comestibles

Existen varias regiones que cuentan con un conocimiento tradicional ancestral sobre hongos silvestres comestibles, como en España, México, Guatemala, Perú, Chile y Argentina y los hongos más cultivados comercialmente son el champiñón *Agaricus bisporus*, las setas *Pleurotus* spp, y el shiitake *Lentinula edodes*, este último sólo en algunos países (Sanchez & Mata, 2012).

En base a su volumen de producción, el segundo hongo comestible cultivado de importancia en Iberoamérica son las setas (nombre popular con el que se designa a las especies del género *Pleurotus* en México y algunos países de América Latina, a diferencia de España en donde se llama “seta” a cualquier hongo comestible). Su producción alcanza 7.5% de la producción regional de champiñón; sin embargo, hay países que comparativamente producen más, como Guatemala (37.5% de su producción de champiñones), Bolivia (20%) y México (11.5%). El país con la producción más alta de *Pleurotus* spp, en la región es España, que en el año 2002 produjo 10 mil toneladas. En Latinoamérica, los más grandes productores son México y Brasil (Sanchez & Mata, 2012).

2.2 Cultivo de *P. ostreatus* en Guatemala

En la búsqueda de soluciones alimenticias y económicas que ayuden al desarrollo de Guatemala, se vio en los hongos una oportunidad para realizar bioprospección utilizando las especies que tuvieran potencial de ser cultivadas, y que además fueran conocidas por las comunidades rurales del país. Fue así como en el año 2001, se inició un extenso proyecto de investigación cuyo objetivo era establecer el inventario de las especies de hongos comestibles silvestres que se consumen tradicionalmente en el interior, principalmente en comunidades indígenas, el cual duró hasta el año 2004. Durante estos años se visitaron numerosos bosques y mercados del centro, occidente y norte del país, logrando documentar no solamente especies comestibles, sino que también se obtuvieron aislamientos y se formó un banco de germoplasma fúngico, con

el cual se investigó el cultivo de varias especies a nivel de planta piloto (Bran, Cáceres, Morales, & Flores, 2001).

En Guatemala se han hecho diversos estudios sobre tipos de sustratos para este cultivo. Batz Patal (2010) en su trabajo de graduación demuestra que la mejor combinación entre concentración del cal y tiempo de inmersión para desinfectar el sustrato es de 1.5% de cal y 36 horas de inmersión. Sanchez (2001) recomienda la pasteurización con agua a 85° C durante 40 minutos, evaluación de diferentes tipos de sustratos (Santos Pérez, 2008), evaluaciones sobre adaptabilidad (Sánchez Pérez, 2009), se han evaluado diferentes tipos de sustratos complementarios para enriquecer el medio nutritivo (Jiménez López, 2009), como también la Universidad de San Carlos de Guatemala ha hecho diversos estudios sobre el buen manejo de este cultivo (Cáceres, 2013). Debido a la importancia económica de este cultivo, México se ha caracterizado por contar con áreas específicas para su estudio, dando como resultado avances en el proceso de producción, mejores capacidades de producción, y como también han transferido información científica hacia nuestro país, la cual ha sido de suma importancia para las mejoras que se han dado.

2.3 Descripción de *P. ostreatus*

Singer dividió al género *Pleurotus* en cinco secciones, sin embargo la sección de *P. ostreatus* es muy controversial y aún ahora, muchas especies no han sido completamente definidas o identificadas. En general, *Pleurotus* spp presenta un sombrero o píleo liso convexo, raramente redondo, casi siempre en forma de ostra o concha. Puede presentar escamas hacia el centro o en la base y los cuerpos fructíferos son por lo general concrecentes. El píleo puede medir entre 5 y 12 cm de diámetro, su color es muy variable, negro violáceo, pardo ceniciento, gris, amarillo, blanco, rosa según la especie. Sus laminillas son muy decurrentes, anastomosadas en la base, anchas, blancas y algunas veces amarillas. El estípite es corto, excéntrico o lateral, engrosado gradualmente hacia el lado del sombrero o píleo, algunas veces no se presenta. Generalmente mide alrededor de 2 cm de largo, 1-2 cm de grosor, y es blanquecino y de contexto blanco. Las esporas son de color lila o crema en masa,

elipsoide con una talla promedio de 9.5×3.5 micras (Guzmán, 1990) citado por (Sánchez & Royse, 2001).

Cuadro 1: Clasificación taxonómica

Reino	Fungi
División	Basidiomicotina
Clase	Homobasidiomicete
Subclase	Hymenomicete
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Genero	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>P. ostreatus</i>

Fuente: (Sánchez & Royse, 2001)

2.4 Reproducción de los hongos

La reproducción es la formación de nuevos individuos con características típicas de la especie. En el caso de los hongos podemos observar que hay dos formas para dar origen a nuevos individuos: la sexual y la asexual. A esta última también se le conoce como somática o vegetativa, debido a que no involucra fusión de núcleos. Se puede dar por fragmentación del micelio, el cual al colocarse bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y sustrato, da origen a un nuevo individuo. Esta forma de reproducción es muy utilizada para multiplicar los hongos comestibles en el laboratorio, pues permite mantener las características de la cepa que se está cultivando (Herrera y Ulloa, 1990) citado por (Sánchez & Royse, 2001). En otros casos el micelio da origen a esporas asexuales por división mitótica; las cuales se denominan según el nombre de la estructura que las produce. A las que se forman por simple fragmentación del micelio se les conoce como artrosporas u oidios; a aquellas que se producen sobre hifas especializadas denominadas conidióforos, se les llama conidiosporas; a las que se producen dentro de estructuras en forma de saco (esporangio), esporangiosporas, (Hawksworth *et al.*, 1983) citado por (Sánchez & Royse, 2001).

2.5 Valor nutricional

Actualmente el hongo seta se ha considerado un complemento alimenticio de un aceptable valor nutricional, ya que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que debe ser incluido en la dieta diaria. Este hongo es rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales, además de que posee un bajo contenido de grasas. Presenta entre el 57 y 61 por ciento de carbohidratos en base a su peso seco, 26 por ciento de proteína y un contenido de fibra del 11.9 por ciento. Contiene vitaminas como la niacina, tiamina (vitamina B1), vitamina B12 y la vitamina C o ácido ascórbico. Su contenido de grasas es de 0.9 a 1.8 por ciento con base en su peso seco y su valor nutricional en relación con otros alimentos.

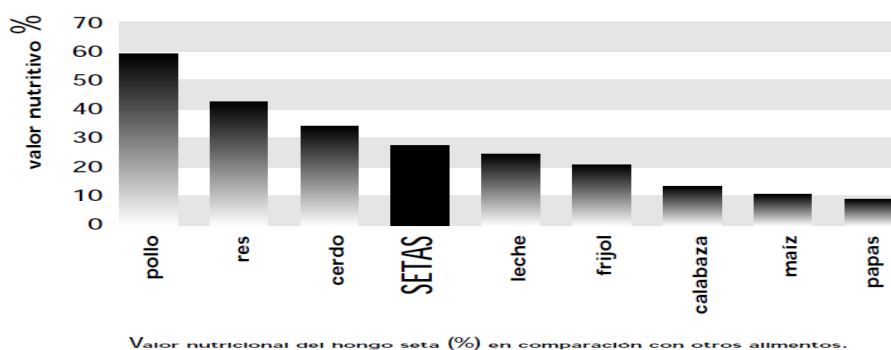


Figura 1: Valor nutricional de *Pleurotus*
(Gaitan Hernandez, Salmones, & Pérez Merlo, 2006)

2.6. Requerimientos físicos del genero *Pleurotus*.

Cuadro 2: Requerimientos físicos del genero *Pleurotus*

Morfología	Día	Temperatura °C	Humedad relativa %	Aireación	Luz Lux
Germinación	1 – 4	22 – 24	65	N/A	0
Colonización de superficie	4 – 16	22 – 24	65	10 min/12h	0
Invasión	16 – 35	22 – 24	65	1h/8h	0
Formación de primordios	35 – 45	14 – 16	70	Permanente	300
Fructificación	Mas 45	16 - 18	85 - 90	Permanente	1200 a 1300

(Arias García, Gutiérrez Clavijo, & Ospina Quintero, 2008).

2.7 Cultivo de *P. ostreatus*

2.7.1 Obtención de la cepa

Al micelio de un hongo que se desarrolla sobre un medio de cultivo nutritivo se le llama cepa. Su aislamiento se puede realizar por medio de tejido (fragmento del hongo) siendo una reproducción asexual, o por medio de esporas donde ya es una reproducción sexual.

2.7.2 Elaboración del inóculo

La preparación de inóculo o semilla constituye la base para el cultivo comercial de las setas, y se refiere a la propagación o desarrollo masivo del hongo en granos de gramíneas, principalmente sorgo o trigo. La elaboración de inóculo se realiza en dos etapas:

- **Inóculo primario.** Es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa crecida en medio de cultivo.
- **Inóculo secundario.** Es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el sustrato elegido para la producción de hongos.

La elección de los granos o semillas para la producción de inóculo dependerá de su disponibilidad, bajo costo y calidad. Se pueden emplear semillas de sorgo, trigo, centeno, cebada, avena, mijo y arroz, entre otros (Gaitan Hernandez, Salmones, & Pérez Merlo, 2006).

2.7.3 Sustrato

Los hongos del género *Pleurotus*, toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen. Tienen la capacidad de degradar celulosa y lignina presentes en diversos esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, pulpa de café), y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas). Para seleccionar el sustrato, es indispensable conocer la disponibilidad y abundancia del mismo en la región en donde se piensa cultivar el hongo seta. Es importante tomar en cuenta, buen

precio de adquisición y que sea fácil de transportar. Algunas veces, es recomendable hacer una combinación de sustratos en diferente proporción, para incrementar la producción de hongos (Gaitan Hernandez, Salmones, & Pérez Merlo, 2006). Según DMP (2009) citado por Sosa (2012), el olote de maíz deshidratado contiene 6.64 % de proteína cruda, 13.42 % de fibra cruda, 1.9 % de cenizas y 75.54 % de extracto libre de nitrógeno.

El tamaño de partícula afecta el crecimiento y la fructificación porque se relaciona con la accesibilidad a los nutrientes, al agua y al aire por parte de las hifas del hongo. Los tamaños de partícula muy pequeños dificultan la aireación necesaria para la respiración y los tamaños muy grandes son inadecuados porque dificultan la compactación del sustrato y el acceso del hongo a los nutrientes (Sánchez & Royse, 2001).

El contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo de los hongos porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50% no será propicio y una humedad superior al 80% tendrá un efecto negativo en el crecimiento de *Pleurotus* spp. El contenido óptimo de humedad depende no solo de la especie de hongo que se cultiva, sino también del tipo de sustrato utilizado. En efecto, cada sustrato tiene una capacidad de retención de agua diferente y esto hace que la humedad óptima para el crecimiento sea diferente. El contenido de humedad no solo afecta la disponibilidad de nutrientes en el sustrato, sino también la disponibilidad de oxígeno. En efecto, el agua ocupa espacios que pueden ser ocupados por el aire. A niveles excesivos esto se vuelve una limitante para la respiración del hongo (Sánchez & Royse, 2001).

2.7.4 Tratamiento de los sustratos

Para utilizar los sustratos en el cultivo del hongo seta, es necesario someterlos a un tratamiento previo, que consiste básicamente en aplicarles calor para disminuir la flora microbiana nociva que está presente en ellos y de esta manera evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio de *Pleurotus* (Sánchez V., 2013)

a) Tratamiento con choque térmico

El sustrato, se somete a un remojo en agua caliente y limpia, a 70-80°C, durante 15 minutos. Se debe realizar un par de lavados o aclarados más con agua caliente, hasta que los líquidos terminen saliendo claros. Este sistema es rápido. Humedece y pasteuriza al mismo tiempo y no necesita ni vapor ni ninguna otra manipulación por separado. Durante el remojo, el sustrato suele tomar 3 a 4 veces su peso en agua. Si se utiliza paja de arroz, el agua adquiere una tonalidad café. Los lavados arrastran grandes cantidades de materiales solubles que favorecen el desarrollo de microorganismos contaminantes. Este tipo de tratamiento, no solo pasteuriza la paja sino que elimina nutrientes que podrían perjudicar a *Pleurotus* spp. Una vez escurrida y enfriada a 25°C, la paja se siembra y se envasa (Kurtzman 1979) citado por (Sánchez & Royse, 2001).

b) Inmersión en agua alcalina

Esta es una de las técnicas más recientes que se practican en el cultivo de hongos. La desinfección con cal es un proceso propuesto como una alternativa, en la que se utiliza agua alcalinizada con cal comercial [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], destruyendo de esta manera semillas, insectos, parásitos, hongos y bacterias, que pueden contaminar el sustrato y que pueden competir con el hongo de interés. Se trata de sumergir el sustrato en agua alcalinizada con cal comercial durante cierto tiempo dependiendo del sustrato y de las condiciones ambientales del lugar de cultivo. Según estudios realizados en México, la concentración y el tiempo adecuado para la preparación es de 0.5 % y 24 horas respectivamente en donde se alcanza una alta eficiencia biológica. Esta técnica tiene una gran ventaja sobre las otras por ser un método en frío, alternativa para evitar el uso de altas temperaturas y por lo consiguiente un gasto energético (Batz 2010).

Según investigaciones hechas, un pH de 8 a 9 es óptimo para la producción de hongos comestibles, ya que no afectan el desarrollo del cultivo, y evita la propagación de bacterias u otros hongos que afectan en el desarrollo del cultivo.

2.7.4 Siembra

Para la siembra del hongo se requiere un área cerrada, limpia, provista de una mesa o superficie con cubierta de fácil lavado, desinfectada con una solución de alcohol comercial al 96° diluido en agua (70 por ciento de alcohol, 30 por ciento de agua). En esta mesa se deposita la paja previamente pasteurizada y escurrida. La siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura no mayor de 30°C en bolsas de plástico transparentes y nuevas se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla. Aproximadamente de 150 a 250 g de inóculo se requieren para sembrar 5 Kg (peso húmedo) de paja (Gaitan Hernandez, Salmones, & Pérez Merlo, 2006).

2.7.5 Incubación

Las bolsas cerradas se colocan en incubación, sobre estantes metálicos en un cuarto limpio, de preferencia oscuro y con temperatura ambiental entre 25 a 28°C. Al día siguiente de la siembra, a las muestras se les hacen pequeñas perforaciones con un objeto punzocortante limpio, para favorecer la oxigenación del hongo. Dentro de los siguientes tres días, las bolsas se revisan diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio, lo cual se observará como una masa blanquecina creciendo alrededor del grano. Las bolsas deberán mantenerse en el área de incubación hasta que el micelio cubra todo el sustrato, lo que sucederá en aproximadamente 2 ó 3 semanas. Durante este tiempo se deben de hacer revisiones periódicas de las muestras, para detectar cualquier posible contaminación por bacterias, otros hongos, mosquitas, e insectos (Gaitan Hernandez, Salmones, & Pérez Merlo, 2006).

2.7.6 Producción

Durante esta etapa se pretende que los cuerpos fructíferos alcancen el tamaño comercial deseado sin que el borde del píleo se rompa. Para ello, hay que seguir controlando los mismos parámetros ambientales que en la etapa anterior. La temperatura del ambiente suele oscilar entre 12-16 °C, y la humedad relativa se intenta

mantener por encima del 85-90%, bien mediante la aplicación de riegos al suelo o bien mediante la instalación de micro difusores. A lo largo de esta etapa hay que evitar mojar los cuerpos fructíferos, con el fin de no favorecer la aparición de mancha bacteriana. En cuanto al nivel de dióxido de carbono, hay que mantenerlo por debajo de 800-1,000 ppm, para ello hay que renovar el aire del interior del local de cultivo, introduciendo aire fresco del exterior. Por último, la luz es otro parámetro a tener en cuenta, ya que las setas tienen fototropismo positivo; es decir, ante la ausencia de luz no se desarrollan bien, no se colorean adecuadamente, alargan el estípite en exceso, y en ocasiones llegan a tener sabor amargo. Para evitar que esto suceda, es necesario suministrar al menos 150-200 lux durante un mínimo de 8 horas al día. La luz más apropiada es de onda corta, situada hacia el azul del espectro (Sanchez & Mata, 2012).

El área de producción será de fácil limpieza, y con paredes de preferencia lavables, de igual manera la estantería que se emplee. Se pueden utilizar varios sistemas para colocar las muestras en producción, como bolsas en estantes, bolsas colgantes o el uso de estacas, entre otros. Si hay alta humedad ambiental en la zona donde está ubicada la planta de hongos, a las muestras que pasan a producción se les puede retirar la bolsa de plástico para que todo el sustrato con micelio quede expuesto, pero si no es así, y para evitar la desecación de las muestras, se recomienda sólo realizar perforaciones de mayor tamaño en donde se presenten los primordios. Inicialmente éstas son masas algodonosas que aparecerán pocos días después de la transferencia de las bolsas al área de producción y que con el tiempo se diferenciarán en pequeñas protuberancias que salen del sustrato. El color de los primordios puede cambiar dependiendo de la variedad de seta que se trabaja, desde color blanquecino o crema hasta rosa, café-grisáceo, grisazulado o gris oscuro. Los primordios requieren en promedio una semana para llegar a ser hongos adultos, que estarán listos para cosecharse cuando el sombrero se observe compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba. La cosecha no necesariamente se concluye en un día, por lo que deberá hacerse una selección de hongos y cortar sólo los de máximo desarrollo. Para la cosecha se recomienda usar una navaja limpia y cortar el pie del hongo lo más cerca posible de la superficie del sustrato y evitar dañar tanto al sustrato como al hongo. La primera cosecha puede durar entre 1 a 3 días, posteriormente habrá

un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca el siguiente corte, durante el cual es importante mantener las condiciones ambientales adecuadas de temperatura, iluminación y humedad, para evitar daños o contaminación de las muestras. En promedio y dependiendo de la variedad de hongo y sustrato, las bolsas de setas producen entre 2 a 4 cosechas, pero las más importantes son las dos primeras, ya que es donde se producen la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 90 por ciento).

2.8 Plagas y enfermedades

El sustrato utilizado para el cultivo de *Pleurotus* spp, no presenta, de forma natural, una microflora tan equilibrada como la que aparece en el caso del sustrato para el champiñón. Esta situación se puede intentar corregir proporcionando al sustrato una buena selectividad biológica; es decir, una microflora capaz de proteger al micelio de *Pleurotus* spp de otros organismos competidores. Las alteraciones pueden ser debidas tanto a factores bióticos como abióticos, o a una combinación de ambos. Entre las causas bióticas se encuentran los insectos, los ácaros, los hongos, las bacterias y los virus. Entre los factores abióticos se hallan la temperatura, la luz, la concentración de anhídrido carbónico en el aire, la humedad relativa, y la presencia de productos químicos tóxicos en el sustrato o en la atmósfera del local de cultivo. Todas estas anomalías pueden presentarse en cualquier fase del ciclo de cultivo, afectando de manera adversa la cosecha final. Por esto es aconsejable reconocerlas en un estadio temprano con el fin de limitar la extensión de los daños (Sánchez & Royse, 2001).

2.9 Formas de medir la productividad de *P. ostreatus*

2.9.1 Eficiencia biológica (EB)

Según Gaitan et al. (2006) para expresar los rendimientos o productividad de un sustrato, el concepto más 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. La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas de 50%.

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

2.9.2. Tasa de producción (TP)

Consiste en evaluar los días que tarda el cultivo desde la siembra hasta la cosecha, se obtiene dividiendo la eficiencia biológica con el número de días transcurridos desde la siembra hasta que se cosechan los cuerpos fructíferos.

$$TP = \frac{\text{Eficiencia biológica}}{\text{Días requeridos para la cosecha}}$$

2.9.3 Incidencia de contaminación del medio de cultivo

Se hace la medición del área afectada para calcular la contaminación en el cultivo, tomando en cuenta que la presencia o ausencia de plagas o enfermedades reducirá o incrementará la producción.

2.9.4 Relación beneficio/ costo

Se evalúa cuál de los tratamientos ofrece la mejor relación beneficio/costo, llevando un registro sobre los costos de producción desde el inicio, también se evalúa el rendimiento y su potencial de venta.

III. JUSTIFICACIÓN

3.1 Definición del problema y justificación del trabajo

Para que se efectúen avances en el campo agrícola, se necesita información científica para reducir el fracaso en los procesos de producción, en Aldea Sisiltepeque la mayoría de la población depende de la temporada de lluvia para establecer sus cultivos, siendo el principal la siembra de maíz, pero debido a los altos costos de producción, y las devastaciones por parte de las plagas, han adoptado un sistema de subsistencia, donde solo dependen de lo poco que les pudiera quedar de la cosecha.

En el puesto de Salud de la comunidad se tienen datos sobre deficiencias en el crecimiento y desarrollo, y altos niveles de enfermedad, especialmente en niños, todo esto debido a que no se cuenta con los suficientes recursos económicos para la adquisición de alimentos que proporcionen proteínas y carbohidratos los cuales son necesarios para el buen desarrollo. El cultivo de hongos comestibles no requiere mayores inversiones o instalaciones sofisticadas para producirlos, pero la falta de información científica no ha permitido que las producciones se mejoren en sectores del país, como es el caso de esta comunidad, donde hay cultura de consumir hongos, pero no de producirlos.

En las producciones de *P. ostreatus* se dan problemas principalmente relacionados con el manejo de los sustratos que son utilizados para el cultivo, hay pérdidas de producciones debido a contaminaciones en el sustrato mal desinfectados, causadas por hongos, bacterias, virus e insectos, que en su mayoría atacan en los primeros días del cultivo disminuyendo así la producción. Según Sánchez (2013) las producciones se ven afectadas por el tamaño inadecuado de las partículas del sustrato, ya que según el tamaño de la partícula, así serán las condiciones que tendrá el hongo para alimentarse. Es por ello que fue importante evaluar el crecimiento de *P. ostreatus* sobre diferentes tamaños de partícula de raquis de maíz, determinando la eficiencia biológica y así posteriormente transmitir este conocimiento a la comunidad, como también se evaluó el costo de producción utilizando dos métodos de desinfección, para determinar cuál es más eficiente en la producción.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

- Evaluar el efecto de tres diferentes tamaños de partícula de raquis de maíz y dos métodos de desinfección en la producción de cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* en Catarina, San Marcos.

4.2 Específicos

- Determinar la producción de *P. ostreatus* sobre diferentes tamaños de partícula a través de la cuantificación de la eficiencia biológica.
- Identificar cuál de los tratamientos presenta menor incidencia de contaminación en el sustrato.
- Determinar la relación beneficio/costo por cada tratamiento.

V. HIPÓTESIS

Ha: Al menos uno de los tratamientos mostrará mayor eficiencia biológica

Ha: Al menos uno de los tratamientos mostrará menor incidencia de contaminación.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Localización

La investigación se realizó en aldea Sisiltepeque ubicada en el municipio de Catarina, del departamento de San Marcos a 400 msnm. Las coordenadas de ubicación son 14° 52' 54" latitud norte y 92° 02' 15" longitud oeste. La temperatura media es de 27°C.

6.1.1 Características biológicas

Según de la Cruz (1976) el municipio de Catarina se encuentra ubicado en la zona de vida Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S (c)) de acuerdo a la clasificación de Holdridge. El Bhs(c) del pacífico se encuentra en la parte sur de la llanura costera del Pacífico, es una región regularmente plana, comprendida entre la línea costera y el macizo montañoso hasta 850 m sobre el nivel del mar, formada especialmente por una serie de valles de aluvión, estrechamente interconectados. Hace aproximadamente unos 40 años, ésta era una región de bosques densos y abundantes. Actualmente constituyen una región de intenso uso agropecuario y agroindustrial, destinado fundamentalmente al cultivo. Se caracteriza esta zona por la presencia de grandes sabanas y zonas con niveles friáticos altos, bosques litorales de manglar donde la fauna en general ha sido diezmada drásticamente, al extremo de que han desaparecido algunas especies.

6.2 Material experimental

Como material experimental se utilizó tres diferentes tamaños de partícula de raquis de maíz (2, 5 y 8 cm.) con dos métodos de desinfección (choque térmico e inmersión alcalina).

6.3 Factores a estudiar

FACTOR A: Tamaño de partícula (2, 5 y 8 cm).

FACTOR B: Método de desinfección (inmersión alcalina y choque térmico).

6.4 Descripción de los tratamientos

Cuadro 3: Tratamientos a evaluar, interacción tamaño de partícula con método de desinfección

TAMAÑO DE PARTÍCULA	TIPO DE DESINFECCIÓN	
	CHOQUE TÉRMICO	INMERSIÓN ALCALINA
2 cm	CT2cm	IA2cm
5 cm	CT5cm	IA5cm
8 cm	CT8cm	IA8cm

Primer tratamiento: Choque térmico con partículas de 2 cm.

Segundo tratamiento: Choque térmico con partículas de 5 cm.

Tercer tratamiento: Choque térmico con partículas de 8 cm.

Cuarto tratamiento: Inmersión alcalina con partículas de 2 cm.

Quinto tratamiento: Inmersión alcalina con partículas de 5 cm.

Sexto tratamiento: Inmersión alcalina con partículas de 8 cm.

6.5 Diseño experimental

Para la investigación se utilizó un arreglo bifactorial combinatorio (3 x 2), con una distribución completamente al azar, con seis tratamientos y siete repeticiones.

6.6 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + A_iB_j + E_{ijk}$$

Y_{ijk}: Es la variable de respuesta asociada a la i–j–k–ésima unidad experimental

μ: Efecto de la media general

A_i: Efecto del i-ésimo nivel del factor tamaño de la partícula

β_j: Efecto del j-ésimo nivel del factor método de desinfección

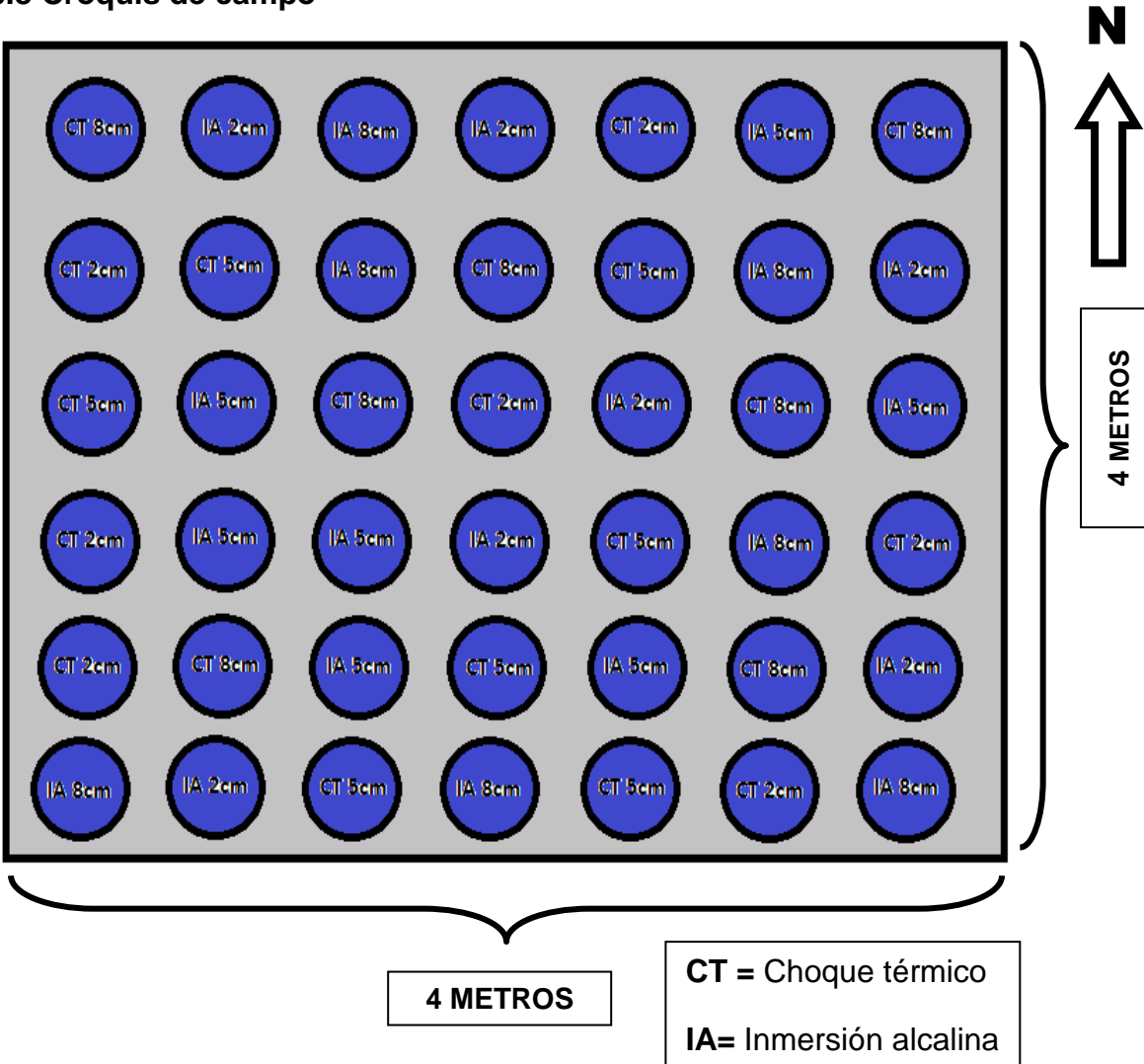
A_i β_j: Efecto de la i-ésimo tamaño de partícula con la j-ésimo método de desinfección

ε_{ijk}: Error experimental asociado a la i-j-k-ésima unidad experimental

6.7 Unidad experimental

Se utilizaron 42 unidades experimentales, cada unidad consistió en una bolsa con diez libras de peso, las diez libras de peso estaban dadas por el peso del sustrato esterilizado, distribuidas en el área de experimentación.

6.8 Croquis de campo



6.9 Manejo del experimento

6.9.1 Adquisición de la semilla

La semilla que se utilizó en el presente estudio se adquirió en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de San Marcos, la cual es una cepa comercial ECS-0152, una libra de semilla alcanzó para cuatro unidades experimentales, en total se compraron 11 libras, con un precio de 25 quetzales por libra.

6.9.2 Recolección y trituración del sustrato

Tomando en cuenta que el raquis de maíz ha dado competitivos resultados comparados con otros tipos de sustrato, y por la facilidad que hay en el lugar de obtenerlo, se sometió a la evaluación, primero recolectándolo, luego se procedió a triturarlo, el proceso de trituración se llevó a cabo cortándolo con machete, tratándose de las partículas de 5 y 8 centímetros. Las partículas de 2 centímetros, por ser pequeñas y por la dificultad que presenta para estandarizar el tamaño de forma manual, su trituración se hizo con una picadora, la cual se graduó con esa medida. Hecho el proceso de trituración se procedió a aplicar los dos diferentes tipos de desinfección, según correspondía a cada unidad experimental.

6.9.3. Desinfección del sustrato

El objetivo de la desinfección es eliminar organismos no deseados, los cuales compiten por nutrientes con el cultivo, afectando así su desarrollo.

- a. Inmersión en agua alcalina:** Consistió en sumergir el sustrato en agua con cal al 1.5% con relación al contenido de agua, durante 36 horas, esto se hizo en toneles para aprovechar el espacio y reducir tiempo, luego se colocó en un recipiente para eliminar el exceso de agua, este tipo de desinfección se inició un día antes de hacer la desinfección con agua caliente.

- b. Agua caliente:** Se procedió a hervir el agua hasta que llegara a una temperatura de 85°C, tomando en cuenta que el sustrato se introdujo en el agua

hasta que alcanzara esta temperatura para que se llevara a cabo un choque térmico, donde muchos de los organismos son incapaces de vivir. Luego de 40 minutos se sacó el sustrato, se le quito el exceso de humedad y también se dejó enfriar. El calentamiento del agua se hizo en un fogón alimentado por leña, y el recipiente donde se desinfecto fue un tonel de metal.

Cuatro horas después de haber sacado las muestras de los toneles donde se desinfecto el sustrato, se tomó muestras por cada tratamiento, para determinar su porcentaje de humedad, y esto se hizo determinando el peso inicial de cada muestra y luego se secó para eliminarle completamente la humedad, y por último se calculó el porcentaje de humedad en relación al peso inicial con el peso final de cada muestra, era necesario establecer el porcentaje de humedad por cada tratamiento ya que varía por el tamaño de partícula y por el tiempo que tardan los tratamientos sumergidos dentro de los toneles. Este dato se utilizó para calcular la eficiencia biológica por cada tratamiento.

6.9.4 Inoculación de sustratos

Ya desinfectado el sustrato y habiéndolo llevado a una humedad del 65% la cual se alcanzó aproximadamente a las cuatro horas después de haberlo sacado del agua, se procedió a la siembra, la cual consistió en aplicar una capa de sustrato, luego una de semilla, y ese procedimiento se repitió hasta tener diez libras de sustrato en cada bolsa, cada bolsa tuvo 114 gramos de semilla, tomando en cuenta que fue necesario ser precisos en el peso de cada bolsa, para poder medir la eficiencia biológica. En esta etapa se usó un cuarto cerrado, fue necesario que hubiera oscuridad en el medio por lo tanto el cuarto tenía cuatro ventanas distribuidas en los cuatro lados, pero durante este período se cubrieron con nylon negro para evitar la entrada de luz.

6.9.5 Obtención de cuerpos fructíferos

En esta etapa se quitó el nylon de las ventanas para que entrara luz al cuarto, se le quitó la bolsa a las unidades experimentales para que las setas pudieran formarse sin interrupciones, se le proporcionaron condiciones óptimas de luz y humedad, el riego en

la etapa de fructificación se hizo una vez al día, el cual se realizó con una bomba de mochila, aplicando agua sobre cada unidad experimental como también en el medio para que se mantuviera húmedo.

6.9.6 Cosecha

Ya formadas las setas y con un tamaño adecuado se procedió a cosecharlas, recolectando los datos para su análisis estadístico, la cosecha se realizó cuando el píleo se observaba compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollarán hacia arriba. Se hicieron cuatro cosechas por unidad experimental ya que fueron las más significativas para la toma de datos.

6.10 Variables de respuesta

Las variables de respuestas fueron las siguientes:

6.10.1. Eficiencia biológica (EB)

Se pesaron los cuerpos fructíferos por cada tratamiento y este resultado se dividió entre el peso seco del sustrato, el resultado fue representado en porcentaje, la fórmula utilizada fue la siguiente:

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

Esta fórmula indicó la producción obtenida en relación al contenido de sustrato seco utilizado.

6.10.2 Incidencia de contaminación del sustrato

Se hizo la observación desde el segundo día después de iniciada la inoculación, para detectar las unidades que presenten daño por contaminantes, las unidades que presentaron síntomas de enfermedad se descartaron automáticamente, sacándolas del área de experimentación ya que es el criterio utilizado por expertos en el cultivo, se llevó el control de las unidades descartadas para representarlas en porcentaje al final de la experimentación con relación al total de unidades por cada tratamiento. Es importante mencionar que las contaminaciones del medio de cultivo fueron visibles ya

que se presentaron manchas de diversos colores o áreas donde no apareció micelio de *P. ostreatus*.

6.10.3 Beneficio/ costo

Se evaluó cuál de los seis tratamientos ofrece la mejor relación beneficio/costo, llevando un registro sobre los costos de producción desde el inicio, tomando en cuenta los materiales necesarios para la desinfección, el trabajo y los materiales utilizados para la trituration del raquis de maíz y algo muy importante es el tiempo empleado por cada tratamiento para la producción final.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza, con este método se aisló todas las causas de la variación y así obtener el efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta, en la eficiencia biológica se hizo la prueba múltiple de medias para determinar cuál de los tratamientos era mejor.

6.11.2 Análisis económico

Para su análisis económico se hizo la cuantificación de los costos de producción y así se determinó la rentabilidad por cada tratamiento, a través, de la formula siguiente

$$R = \frac{I - C}{C} \times 100$$

Referencia:

- I** = son los ingresos
- C** = son los costos de producción
- 100**= es una constante

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación sobre el tamaño de partícula y el método de desinfección adecuado para la producción de *P. ostreatus*, se presentan a continuación, con sus respectivos análisis e interpretación, los parámetros que se tomaron en cuenta fueron: Eficiencia biológica, índice de contaminación y el factor económico.

Cuadro 4. Eficiencia biológica en porcentaje en la producción de hongos del género *Pleurotus*, Catarina, San Marcos.

Tratamiento	R-I	R-II	R-III	R-IV	R-V	R-VI	R-VII	PROMEDIO
T-1	111.42	151.42	120.0	105.71	125.71	125.71	140.0	125.71
T-2	83.33	113.88	111.11	88.88	88.88	97.22	94.44	96.82
T-3	0	125.72	102.85	108.57	120.0	0	101.43	79.79
T-4	94.29	108.57	85.71	91.43	122.85	108.57	102.86	102.04
T-5	97.14	105.71	102.85	105.71	105.71	114.29	94.29	103.67
T-6	105.71	105.71	94.29	94.29	105.71	91.43	100.0	99.59

Referencia

- T-1= Raquis de maíz de 2 Centímetros + Choque térmico.
- T-2= Raquis de maíz de 5 centímetros + Choque térmico.
- T-3= Raquis de maíz de 8 centímetros + Choque térmico.
- T-4= Raquis de maíz de 2 centímetros + Solución alcalina.
- T-5= Raquis de maíz de 5 centímetros + Solución alcalina.
- T-6= Raquis de maíz de 8 centímetros + Solución alcalina.

En el cuadro 4 se muestra los valores de eficiencia biológica del hongo *Pleurotus*, expresados en porcentaje, determinado mediante una fórmula diseñada para el efecto en el cual se puede ver que cuando se utiliza raquis de maíz de 2 centímetros y choque térmico, se obtiene una mayor eficiencia biológica del hongo, en campo dicho

tratamiento mostró mejor desarrollo que los otros tratamientos, haciendo notar que las producciones de hongo interesa principalmente la eficiencia biológica. La eficiencia biológica nos indica la cantidad de peso fresco de hongo cosechado por peso seco de sustrato, por libra de peso seco de raquis de maíz, se obtuvo 1.2571 libras de peso fresco de hongos en el tratamiento uno, el tratamiento cinco se obtuvo 1.03 libras de peso fresco de hongos, demostrando así que el tratamiento donde se utilizó raquis de maíz seccionado en 5 centímetros y con método de desinfección inmersión alcalina, fue el segundo en presentar mejor eficiencia biológica.

Con los datos se realizó un análisis de varianza al 5% de significancia, los datos fueron transformados a través de la fórmula de rangos, ya que se le realizo pruebas de normalidad, donde el resultado fue que los datos no eran normales, por lo tanto era necesario la transformación, como se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 5. Análisis de varianza, para la Eficiencia Biológica (porcentaje), en la producción de hongos del género *Pleurotus*, Catarina, San Marcos. Datos transformados a través de la fórmula de rangos.

F.V.	S.C	G.L	C.M	F	p-valor
Modelo.	1971.00	5	394.20	3.41	0.0126
Tamaño Partícula (A)	839.61	2	419.80	3.63	0.0365
Método desinfección (B)	228.67	1	228.67	1.98	0.1681
A por B	902.73	2	451.36	3.91	0.0292
Error	4160.00	36	115.56		
Total	6131.00	41			

C.V: 50%

El análisis refleja que si existió diferencia estadística significativa en la interacción del factor A (tamaño de partícula de raquis de maíz) con el factor B (método de desinfección), en la producción de *Pleurotus*, bajo condiciones del municipio de Catarina, departamento de San Marcos, al haber diferencia estadística significativa entre los tratamientos nos indica que hay tratamientos superiores a otros, por tal razón se demuestra que el tamaño de partícula del raquis de maíz y el método de

desinfección utilizado influye directamente en las producciones, medido principalmente a través de la eficiencia biológica. Por tal razón es necesario realizar una prueba múltiple de medias Tukey.

Cuadro 6. Prueba múltiple de medias Tukey

Tamaño Partícula	Método Desinfección	Medias	n	E.E
2cm	Térmico	36.07	7	4.06 A
5cm	Inmersión	21.29	7	4.06 A B
8cm	Térmico	20.29	7	4.06 A B
2cm	Inmersión	19.57	7	4.06 A B
8cm	Inmersión	16.64	7	4.06 B
5cm	Térmico	15.14	7	4.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El tratamiento uno (choque térmico con partículas de 2 centímetros) es estadísticamente superior al resto de tratamientos en cuanto al rendimiento del peso fresco de hongo, medido a través de la eficiencia biológica. Mostrando un mayor porcentaje de producción en relación al peso seco del sustrato.

El análisis gráfico para ésta variable se presenta en la figura 2.

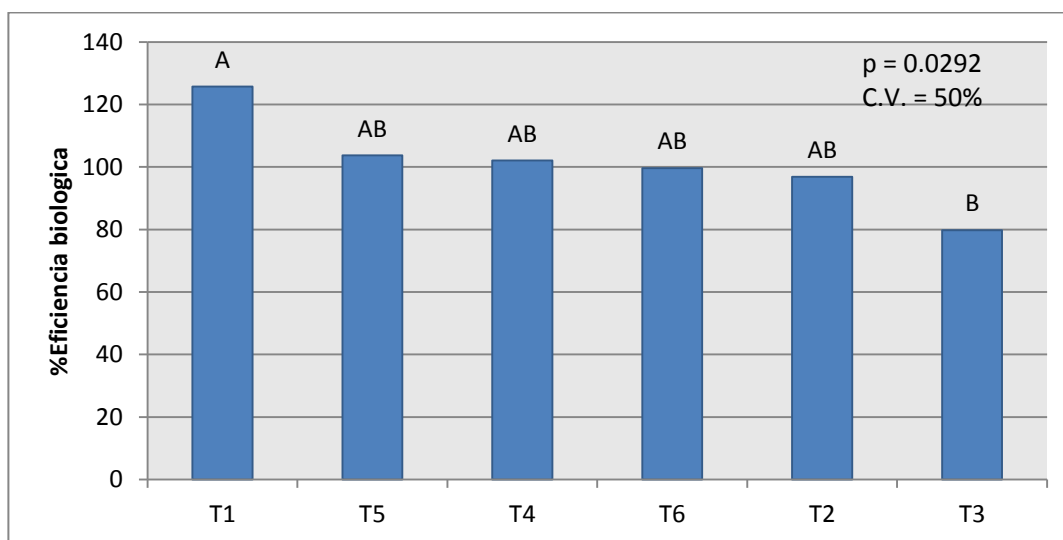


FIGURA 2. Eficiencia biológica para el hongo *Pleurotus*, bajo el efecto de diferentes tamaños de raquis de maíz y diferentes métodos de desinfección, Catarina, San Marcos.

En la figura se puede notar que la mayor eficiencia de éste hongo, ocurrió para la interacción 1; es decir al utilizar como sustrato raquis de 2 centímetros y desinfección por medio del choque térmico, esto se debe principalmente a que en tamaños pequeños de raquis de maíz (2cm) el hongo tiene fácil acceso a la lignocelulosa del raquis de la cual se alimenta, mejorando así su desarrollo durante su ciclo de vida, por lo tanto se obtienen mejores producciones. Se puede ver también que los datos superan el 100%; esto obedece a que los porcentajes de Eficiencia biológica se determinaron a partir de una fórmula específica diseñada para el efecto, como es el caso de los tratamientos uno, cuatro y cinco, donde la eficiencia biológica fue mayor al 100%, la cual aparece en hojas anteriores.

Otra de las variables estudiadas fue la Incidencia de contaminación en el sustrato; la cual fue medida también en porcentaje. A ésta; no se le realizó análisis de varianza, ya que solo en un tratamiento hubo presencia de contaminación y fue del 4%. En el resto de tratamientos, el índice de contaminación fue cero; es decir que no existió.

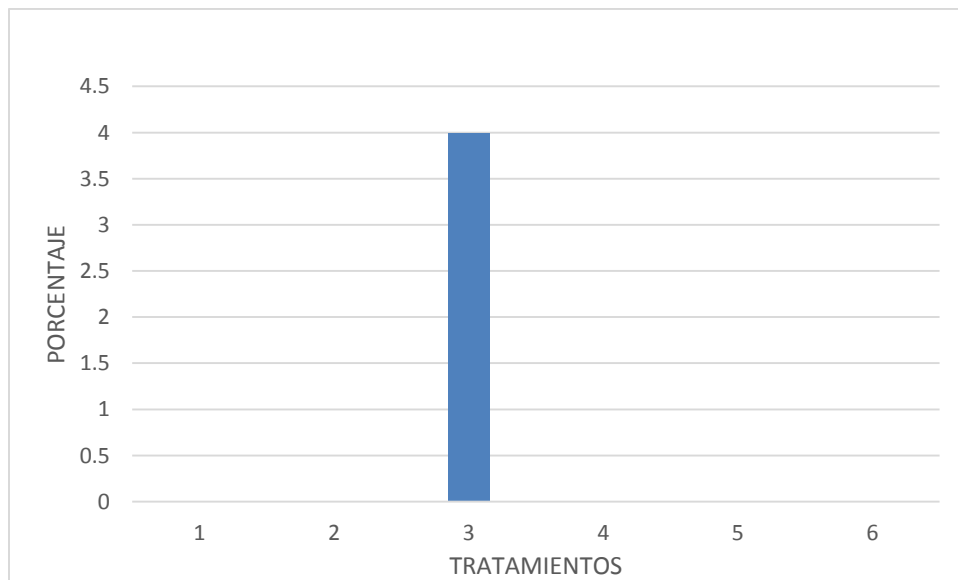


FIGURA 3. Índice de Incidencia de contaminación del sustrato en la producción del hongo *Pleurotus*, bajo el efecto de diferentes tamaños de raquis de maíz y diferentes métodos de desinfección.

Se puede ver fácilmente que solo se presentó contaminación cuando se utilizó como sustrato raquis de ocho centímetros y desinfectando por medio del Choque térmico (tratamiento 3). Los tamaños muy grandes dificultan la penetración de las altas temperaturas hasta el interior del raquis, es por ello que el tiempo utilizado en este estudio pudo haber sido insuficiente para realizar la desinfección de la mejor forma, no así el tratamiento donde se utilizó como medio de desinfección la inmersión alcalina y partículas de ocho centímetros donde no hubieron unidades infectadas, esto obedece principalmente a que en este método de desinfección duró 36 horas el sustrato sumergido en dicha solución.

Como información complementaria se tiene los días a cosecha, en la producción de *Pleurotus*; datos presentados en la figura 4.

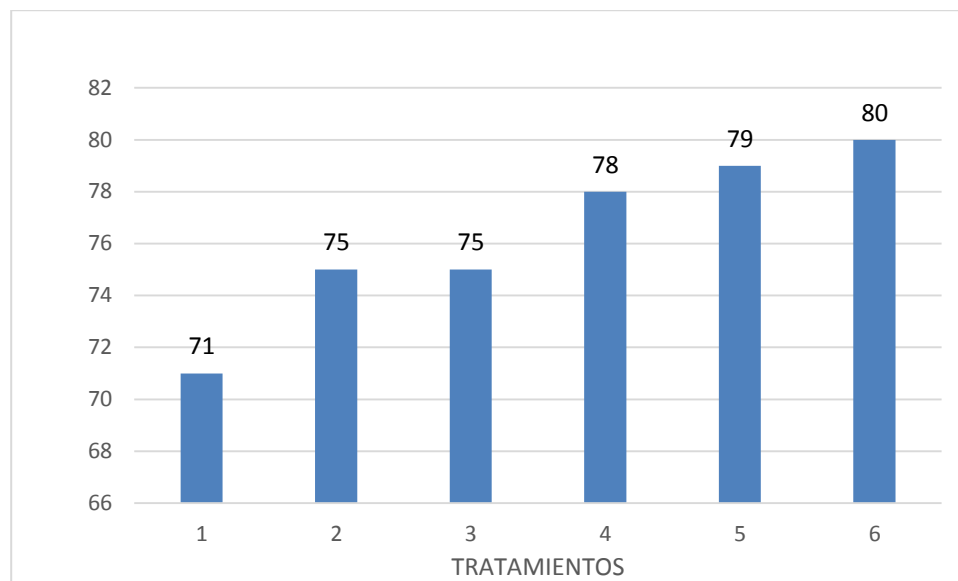


FIGURA 4. Número de días a cosecha de *Pleurotus*, bajo condiciones del municipio de Catarina, San Marcos.

En la figura 4, se puede ver que el tratamiento uno, fue el más precoz, a la hora de la cosecha; con una diferencia de 9 días en relación al tratamiento más tardío. En general se puede notar que los tratamientos 1 al 3; se les aplicó como método de desinfección, el choque térmico y fueron los que produjeron en menor tiempo. Esto pudo haberse dado ya que la cal produce una tipo pared sobre los objetos, dificultando así la acción del micelio para introducirse en la materia orgánica e iniciar su desarrollo. La cal ha sido utilizada para varios fines y uno de ellos ha sido para proteger troncos de árboles de la luz solar directa como también en los hogares para evitar corrosión en objetos, debido al efecto protector que proporciona sobre los objetos, por tal razón pudo haber causado el mismo efecto sobre el raquis de maíz, dificultando la acción propagativa del hongo comestible.

7.1 ANALISIS ECONOMICO

Se realizó un análisis de Rentabilidad; para lo cual se presenta un resumen de Ingresos, Costos y Rentabilidad para cada tratamiento estudiado en la presente investigación; como se muestra a continuación:

CUADRO 7. Ingresos, Costos y Rentabilidad por cada tratamiento (interacción); en la producción del hongo *Pleurotus*, bajo condiciones del municipio de Catarina San Marcos.

TRATAMIENTO	INGRESOS "Q"	COSTOS "Q"	INDICE "R"
Raquis de 2 centímetros+Choque térmico.	785	330.25	1.37698713
Raquis de 5 centímetros+Choque térmico	610	328.25	0.85833968
Raquis de 8 centímetros+Choque térmico	497.5	326.25	0.52490421
Raquis de 2 centímetros+Sol. Alcalina	625	321.075	0.94658569
Raquis de 5 centímetros+Sol. Alcalina	635	319.075	0.99012771
Raquis de 8 centímetros+Sol. Alcalina	617.5	317.075	0.94748876

En el cuadro anterior, se puede ver que el tratamiento que mostró un mayor índice de rentabilidad fue cuando se utilizó como sustrato el raquis de maíz seccionado en trozos de 2 centímetros y desinfectado por medio del Choque térmico, el tratamiento dos y tres, donde se utilizó el mismo método de desinfección presentaron los índices de rentabilidad más bajos, siendo el tratamiento tres el que se posiciona como último.

Los tres tratamientos donde se utilizó solución alcalina, como desinfectante, mostraron índices de rentabilidad ligeramente mayores a los tratamientos dos y tres, donde se utilizó como método desinfección el choque térmico, esto obedece a que la eficiencia biológica fue superior, donde, estadísticamente y gráficamente es notorio la diferencia en las producciones obtenidas.

VIII. CONCLUSIONES

- ✓ El tratamiento que mostró una mayor eficiencia biológica y por ende diferencia estadística significativa fue en el que se utilizó como sustrato el raquis de maíz seccionado en trozos de 2 centímetros y desinfectado por medio del Choque térmico, identificado en el presente estudio como el tratamiento 1, el tratamiento 5 donde se utilizó raquis seccionado en 5 centímetros y desinfectado por medio de inmersión alcalina fue el segundo mejor productivo, los que mostraron menor eficiencia biológica fueron los tratamientos 2 y 3 (choque térmico 5 cm, choque térmico 8 cm).

- ✓ Solo en un tratamiento se presentó contaminación, y fue en el que se utilizó secciones de raquis de maíz de 8 centímetros, desinfectado con choque térmico y fue de 4%, los otros tratamientos estuvieron libres de contaminación.

- ✓ El tratamiento uno presento mayor rentabilidad en comparación con los otros tratamientos, siendo económicamente más rentable, debido a su alta producción.

- ✓ El tratamiento número uno, fue el que mostró mayor precocidad, dando punto de cosecha a los 71 días. El más tardío fue el tratamiento 6, con 80 días a cosecha.

IX. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que para la producción de hongos del género *Pleurotus*, se utilice como sustrato el raquis de maíz seccionado en trozos de 2 centímetros y desinfectado por medio del Choque térmico; ya que bajo condiciones climáticas del municipio de Catarina, departamento de San Marcos; mostró ser el que tiene una mayor Eficiencia biológica; tener un mayor índice de Rentabilidad y ser el más precoz, cosechándose a los 71 días después de siembra.

- ✓ Es recomendable que cuando no sea posible obtener el raquis de maíz seccionado en 2 centímetros, entonces utilizar como método de desinfección la inmersión alcalina, ya que este método de desinfección se caracterizó por ser más eficiente en la desinfección de partículas mas grandes.

- ✓ Se recomienda realizar estudios sobre métodos de control de plagas en el cultivo de hongos comestibles, ya que en la presente investigación se hicieron presentes, en condiciones de poco control del área de siembra podría afectar significativamente las producciones, elevando costos de producción o causando perdida directa del producto.

- ✓ Se recomienda realizar investigaciones sobre los diferentes sustratos que estén disponibles, en la presente investigación se evaluó el raquis de maiz por abundar en el área, por lo tanto es necesario visualizar el área y determinar que material es más accesible, ya que es necesario generar información científica confiable.

X. BIBLIOGRAFIA

- Arias García, G., Gutiérrez Clavijo, C., & Ospina Quintero, C. A. (2008). PROPUESTA DEL CULTIVO DE HONGO *PLEUROTUS* Y *LENTINULA EDODES* A PARTIR DE LA BIOMASA DEL CAFÉ EN LAS FINCAS CAFETERAS DE MANIZALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO ALTERNATIVO. Colombia: Cuadernos Latinoamericanos de Administración.
- BATZ PATAL, E. L. (2010). Producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas de *Pleurotus* en sustratos desinfectados por inmersión en agua alcalina. GUATEMALA.
- Bran, M., Cáceres, R., Morales, O., & Flores, R. (2001). Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Dirección general de investigación.
- Cáceres, R. (5 de Junio de 2013). II curso internacional del cultivo de hongos comestibles. (J. de León, Entrevistador)
- Calderón Mérida, J. A. (2009). Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (*Zea Mays* L.) para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152). Guatemala.
- De La Cruz, J. R. (1976). Zonas de vida en la República de Guatemala. Guatemala.
- DMP. (2009). Diagnóstico municipal La Unión. Zacapa.
- Gaitan Hernandez, R., Salmones, D., & Pérez Merlo, R. (2006). Manual práctico del cultivo de setas. Mexico: Printed Mexico.
- Jiménez López, J. A. (2009). Evaluación de cinco sustratos complementarios a la pulpa de café para el cultivo de hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) en el municipio de San Ildefonso, Ixtahuacán, Huehuetenango. Quetzaltenango.
- María del Carmen Bran, Roberto Cáceres, Osberth Morales. (2012). CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES EN GUATEMALA. En J. E. Sánchez V., & G. Mata, Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica (Primera edición ed., pág. 278). México: Comité Editorial de El Instituto de Ecología.
- Olivares, S. (s.f.). Paquete de diseños experimentales FAUANL, versión 1.4 Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Roblero, P. (4 de Junio de 2013). Problemas comunes en el manejo del sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. (d. L. Julio, Entrevistador)

- Sánchez Pérez, F. (2009). Evaluación de Adaptabilidad del Hongo Ostra *Pleurotus ostreatus* en el Caserío Parraxquim, del Municipio de Nahualá, Sololá. Quetzaltenango.
- Sánchez V., J. E. (3 de julio de 2013). II curso Internacional cultivo y manejo del hongo comestible *Pleurotus* sp. (J. E. de León Pérez, Entrevistador)
- Sanchez, J. E., & Mata, G. (2012). Hongos comestibles y medicinales en Iberoamerica. México: Publicación arbitrada por el Comité Editorial de El Colegio de la Frontera Sur.
- Sánchez, J. E., & Royse, D. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Mexico: Noriega Editores.
- Sanchez, M. S. (10 de Junio de 2013). Cultivo de hongos comestibles. (J. de Leon Perez, Entrevistador)
- Santos Pérez, A. R. (2008). EVALUACION DEL EFECTO DE CINCO SUSTRATOS ORGANICOS SOBRE EL NIVEL DE PRODUCCION DEL HONGO COMESTIBLE (*Pleurotus ostreatus*; *Agaricales Pleurotaceae*), EN LA FINCA CONCEPCIÓN, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA. Guatemala.
- Sitún Alvizures, M. (2005). Investigación Agrícola. Guatemala: Editorial ENCA.
- Sosa Leiva, O. O. (2012). Evaluación de cuatro sustratos para la producción artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), bajo condiciones controladas, en el municipio de la Union, Zacapa. Guatemala.

ANEXOS

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	ENERO				FEBRERO				MARZO			
	2014				2014				2014			
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Preparación del sustrato		X										
Siembra		X										
Incubación		X	X	X	X	X						
Riego			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fructificación				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cosecha									X	X	X	X
Toma de datos									X	X	X	X

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO UNO

Descripción	Unidades	Costo por unidad	Costo total
Semilla (libras)	3.5	25	87.5
Raquis de maíz	1	5	5
Bolsas de Nylon de 25 libras	7	0.25	1.75
Costales	1	5	5
Bases para unidades experimentales	7	1	7
Leña para combustible	1	10	10
Trituración del raquis	1	12	12
Desinfección del raquis	1	10	10
Utensilios varios	1	25	25
Local para el cultivo	1	67	67
Mantenimiento del cultivo	1	50	50
Varios	1	50	50
TOTAL EGRESOS			330.25
INGRESOS			785
			2.38

TRATAMIENTO DOS

Descripción	Unidades	Costo por unidad	Costo total
Semilla (libras)	3.5	25	87.5
Raquis de maíz	1	5	5
Bolsas de Nylon de 25 libras	7	0.25	1.75
Costales	1	5	5
Bases para unidades experimentales	7	1	7
Leña para combustible	1	10	10
Trituración del raquis	1	10	10
Desinfección del raquis	1	10	10
Utensilios varios	1	25	25
Local para el cultivo	1	67	67
Mantenimiento del cultivo	1	50	50
Varios	1	50	50
TOTAL EGRESOS			328.25
INGRESOS			610
			1.86

TRATAMIENTO TRES

Descripción	Unidades	Costo por unidad	Costo total
Semilla (libras)	3.5	25	87.5
Raquis de maíz	1	5	5
Bolsas de Nylon de 25 libras	7	0.25	1.75
Costales	1	5	5
Bases para unidades experimentales	7	1	7
Leña para combustible	1	10	10
Trituración del raquis	1	8	8
Desinfección del raquis	1	10	10
Utensilios varios	1	25	25
Local para el cultivo	1	67	67
Mantenimiento del cultivo	1	50	50
Varios	1	50	50
TOTAL EGRESOS			326.25
INGRESOS			497.5
			1.52

TRATAMIENTO CUATRO

Descripción	Unidades	Costo por unidad	Costo total
Semilla (libras)	3.5	25	87.5
Raquis de maíz	1	5	5
Bolsas de Nylon de 25 libras	7	0.25	1.75
Costales	1	5	5
Bases para unidades experimentales	7	1	7
Cal (libras)	0.33	2.5	0.825
Trituración del raquis	1	12	12
Desinfección del raquis	1	10	10
Utensilios varios	1	25	25
Local para el cultivo	1	67	67
Mantenimiento del cultivo	1	50	50
Varios	1	50	50
TOTAL EGRESOS			321.075
INGRESOS			625
			1.95

TRATAMIENTO CINCO

Descripción	Unidades	Costo por unidad	Costo total
Semilla (libras)	3.5	25	87.5
Raquis de maíz	1	5	5
Bolsas de Nylon de 25 libras	7	0.25	1.75
Costales	1	5	5
Bases para unidades experimentales	7	1	7
Cal (libras)	0.33	2.5	0.825
Trituración del raquis	1	10	10
Desinfección del raquis	1	10	10
Utensilios varios	1	25	25
Local para el cultivo	1	67	67
Mantenimiento del cultivo	1	50	50
Varios	1	50	50
TOTAL EGRESOS			319.075
INGRESOS			635
			1.99

TRATAMIENTO SEIS

Descripción	Unidades	Costo por unidad	Costo total
Semilla (libras)	3.5	25	87.5
Raquis de maíz	1	5	5
Bolsas de Nylon de 25 libras	7	0.25	1.75
Costales	1	5	5
Bases para unidades experimentales	7	1	7
Cal (libras)	0.33	2.5	0.825
Trituración del raquis	1	8	8
Desinfección del raquis	1	10	10
Utensilios varios	1	25	25
Local para el cultivo	1	67	67
Mantenimiento del cultivo	1	50	50
Varios	1	50	50
TOTAL EGRESOS			317.075
INGRESOS			617.5
			1.95

Fotografía 1. Desinfección del sustrato por inmersión alcalina



Fotografía 2. Desinfección del sustrato con choque térmico



Fotografía 3. Siembra



Fotografía 4. Aparición de setas



Fotografía 5. Cosecha



