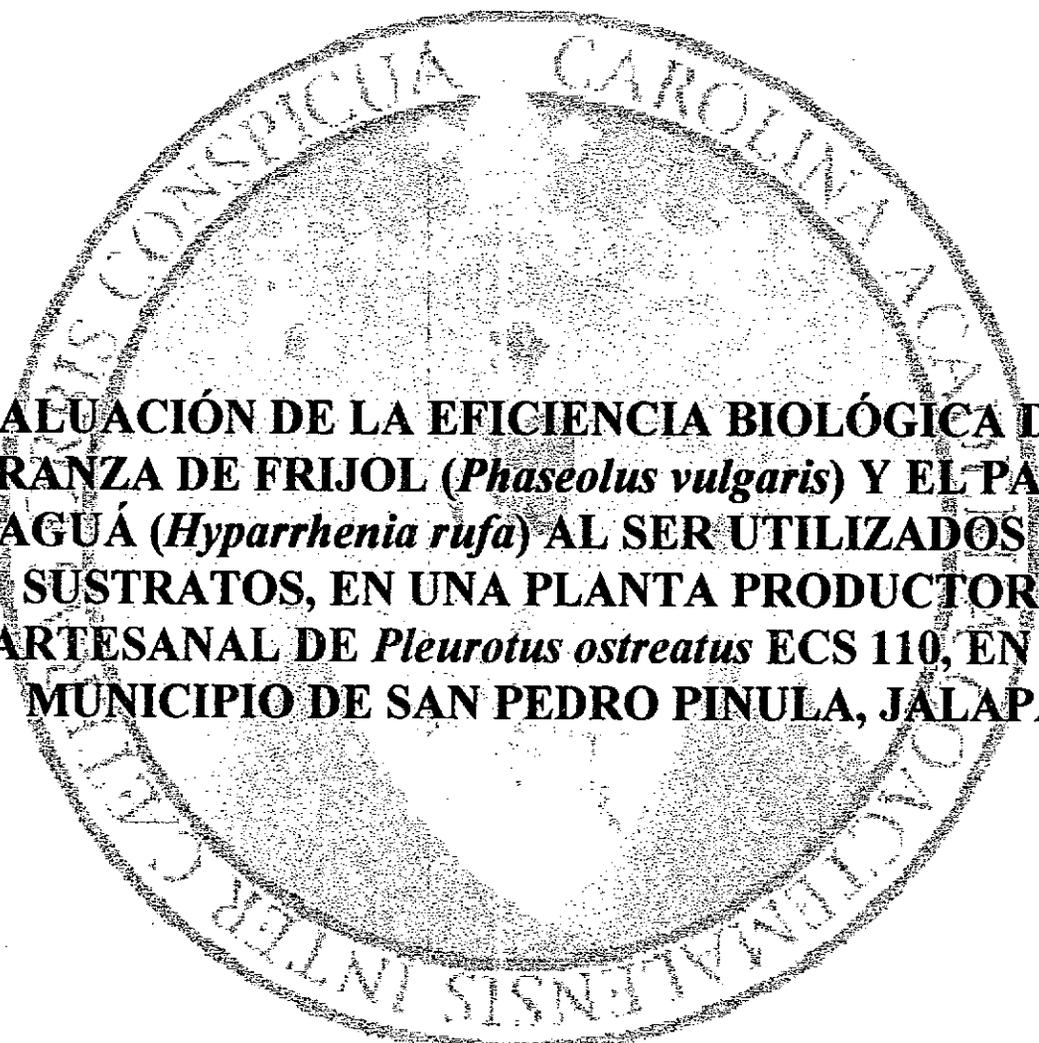


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS Y AMBIENTALES**

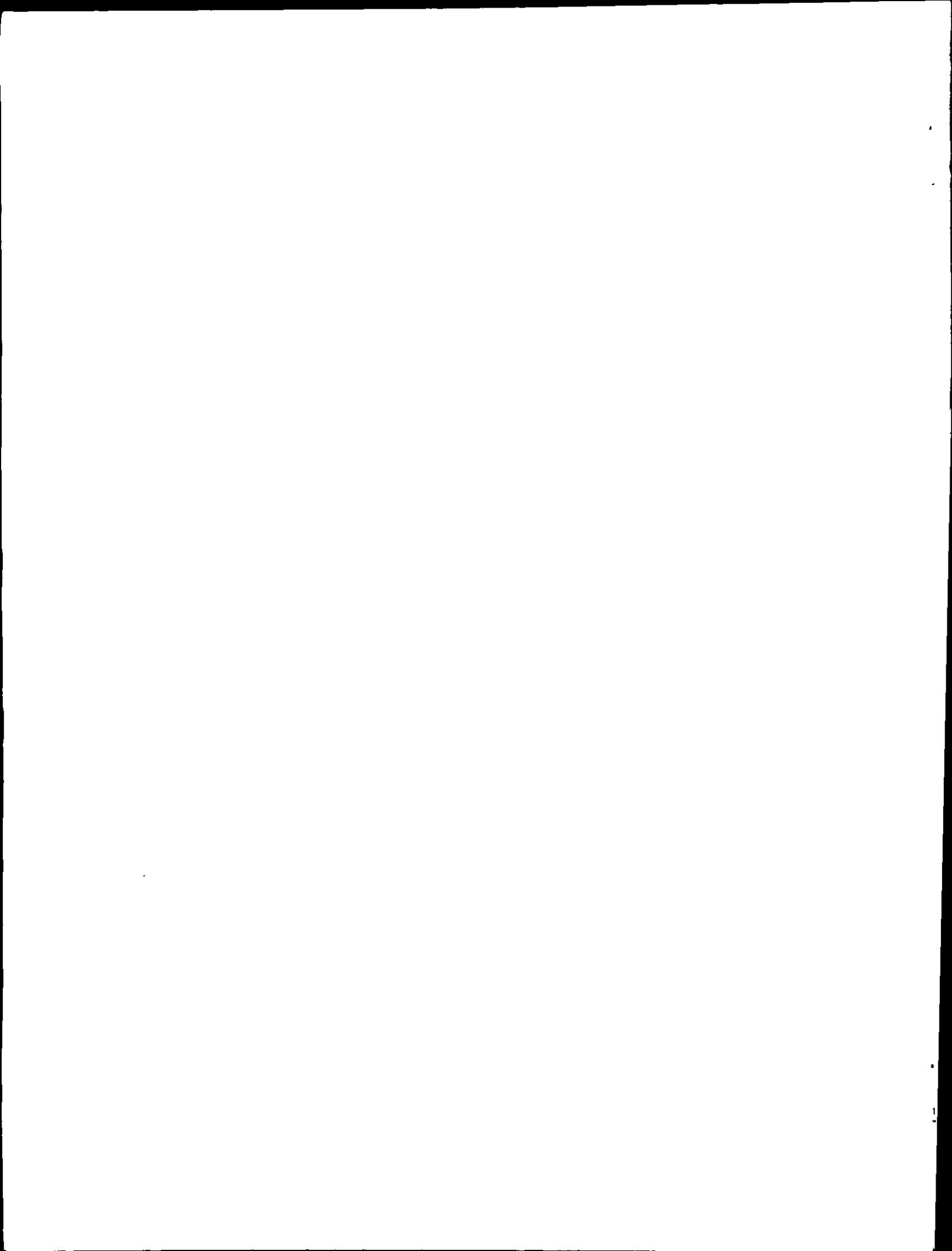


**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA  
GRANZA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) Y EL PASTO  
JARAGUÁ (*Hyparrhenia rufa*) AL SER UTILIZADOS COMO  
SÚSTRATOS, EN UNA PLANTA PRODUCTORA  
ARTESANAL DE *Pleurotus ostreatus* ECS 110, EN EL  
MUNICIPIO DE SAN PEDRO PINULA, JALAPA**

**HEBERTO ANTONIO RODAS GAITÁN**

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JULIO DE 2009

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



DL  
01  
T(2506)

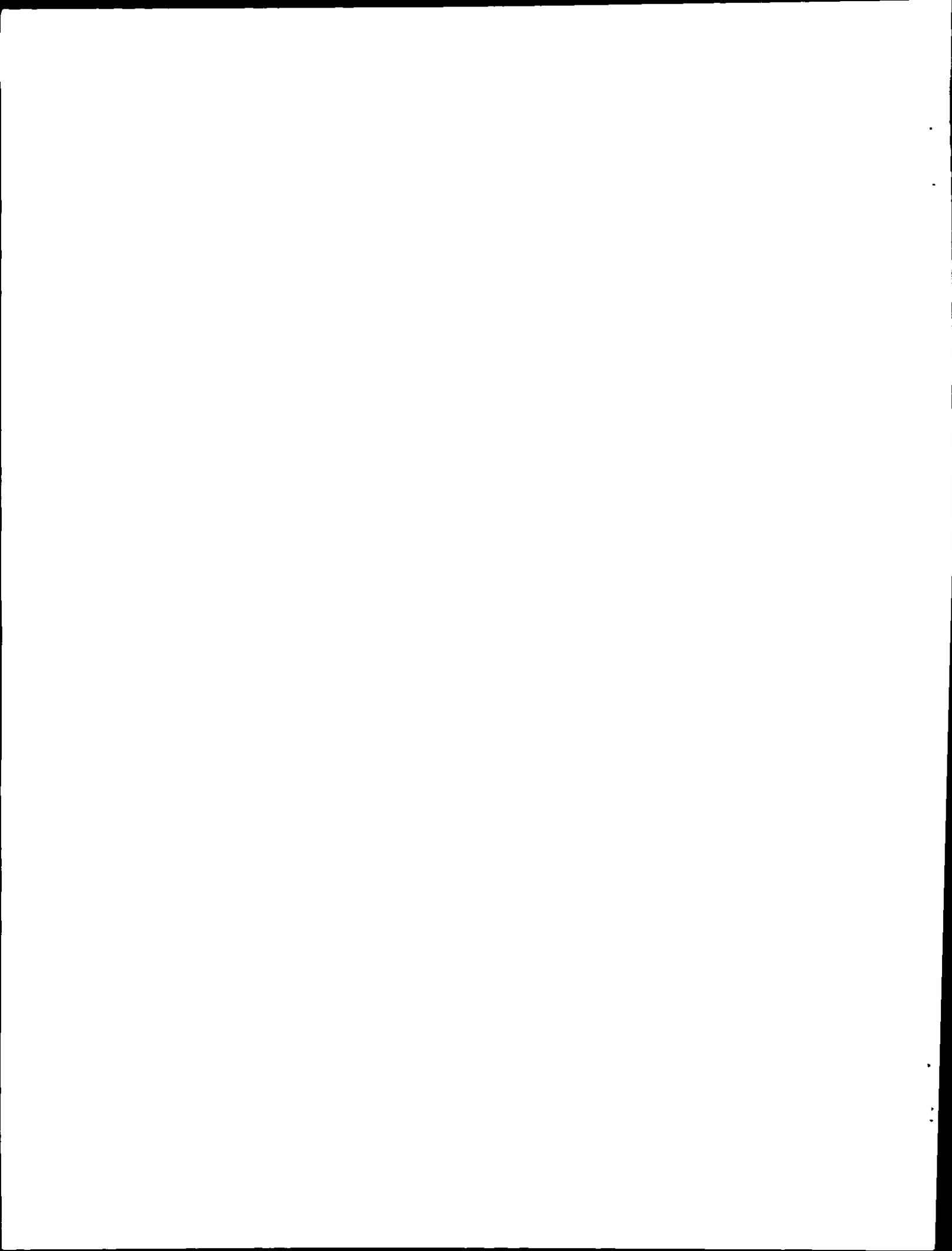
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR MAGNÍFICO

LICENCIADO CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	M.Sc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
SECRETARIO	M.Sc. Edwin Enrique Cano Morales
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	M.Sc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	P. Agr. Rigoberto Morales Ventura
VOCAL QUINTO	P. Agr. Miguel Armando Salazar Donis



Guatemala de la Asunción, Julio de 2009

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

Distinguidos miembros:

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

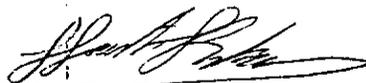
**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA GRANZA DE FRIJOL  
(*Phaseolus vulgaris*) Y EL PASTO JARAGUÁ (*Hyparrhenia rufa*) AL SER UTILIZADOS  
COMO SUSTRATOS, EN UNA PLANTA PRODUCTORA ARTESANAL DE *Pleurotus  
ostreatus* ECS 110, EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO PINULA, JALAPA**

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

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

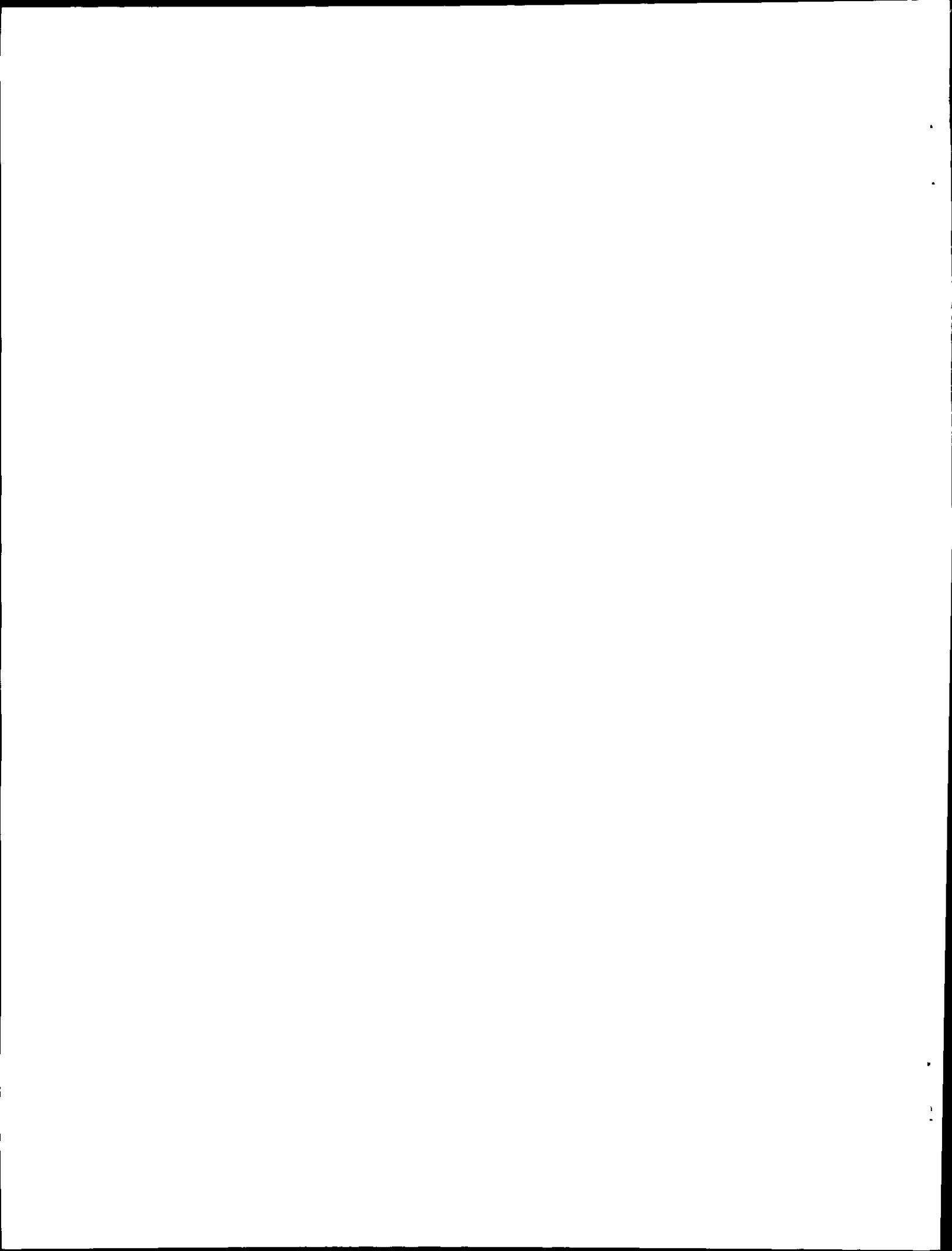
Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



---

HEBERTO ANTONIO RODAS GAITÁN



## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:** Iluminador y guiador de cada momento de mi vida, dándome a cada una de las personas que estuvieron al lado mío en buenos y malos momentos.

**MI MADRE:** Rosa Lidia Gaitán, por estar en cada momento de mi vida, por ser el ángel que dios me dio, para guiarme y llevarme por el camino correcto de la vida, por ser quien nunca me abandonó e inspira cada día de mi vida.

**MI PADRE:** Heberto Rodas, por estar en cada momento difícil que lo necesite.

**MI TÍA:** Elba Aurora Gaitán, mi segunda madre y apoyo de mi vida.

**MI HERMANO:** Julio Rodas, por apoyarme y ser compañero inseparable.

**MI ABUELO:** Lauro Gaitán Ortiz, por ser mi padre y velar de nuestro bienestar en nuestro caminar diario.

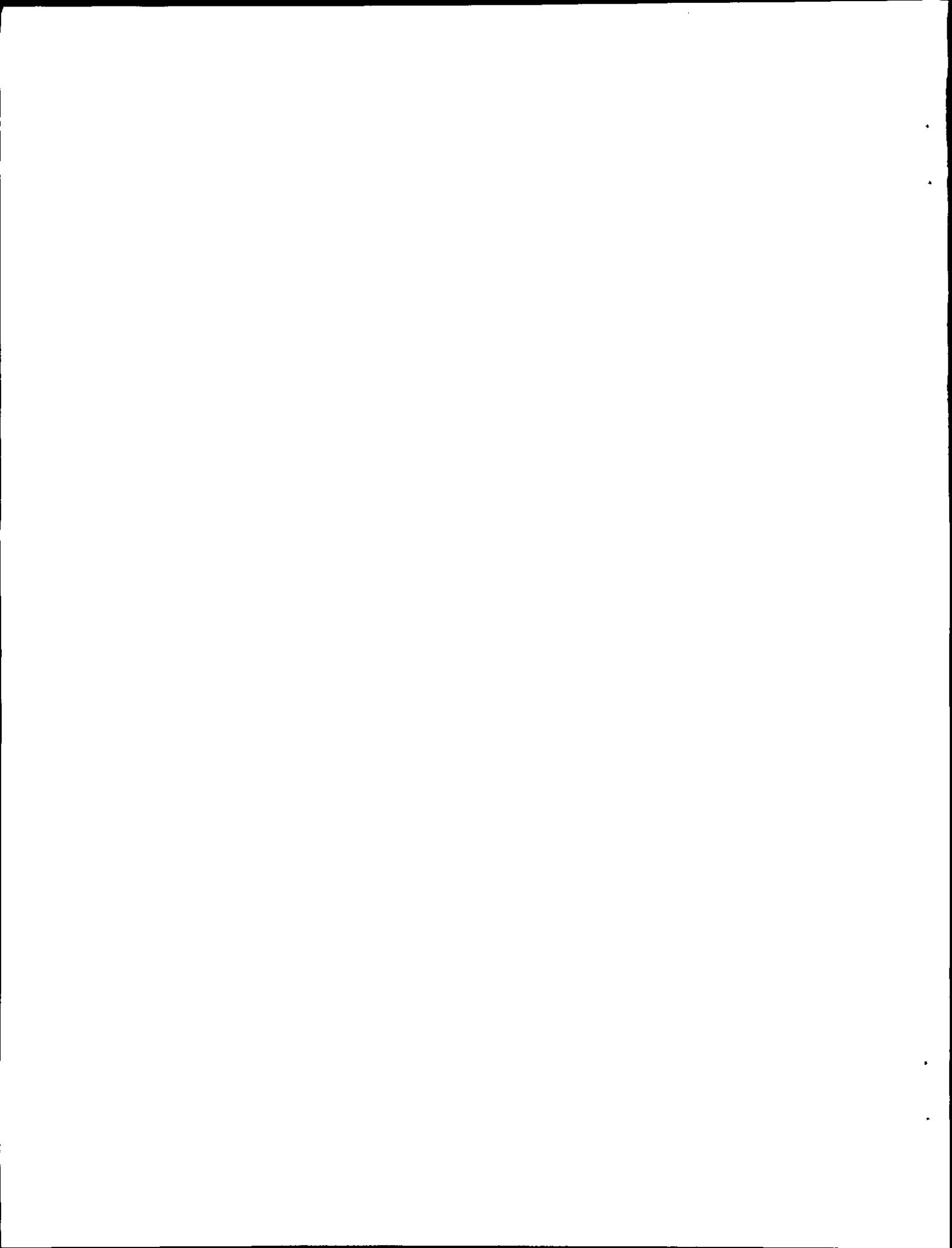
**MI ESPOSA:** Malgorzata Liszt, por hacerme conocer el verdadero amor, y ser fuente de inspiración y ejemplo a hacer las cosas cada día mejor. Y abrir mi mente hacia la superación.

### **FAMILIA RODAS**

**Y GAITÁN** Por apoyar a la familia en los momentos duros, sabiendo que la unión hace la fortaleza y el amor. Siendo éste triunfo no mío, sino de la familia.

### **TODOS MIS AMIGOS**

**Y COMPAÑEROS:** Agradezco haber conocido a cada una de las personas que acompañaron mi caminar diario, que con la enseñanza y consejo de cada uno, pude superar cada obstáculo de mi vida.



**TESIS QUE DEDICO**

A:

DIOS TODOPODEROSO

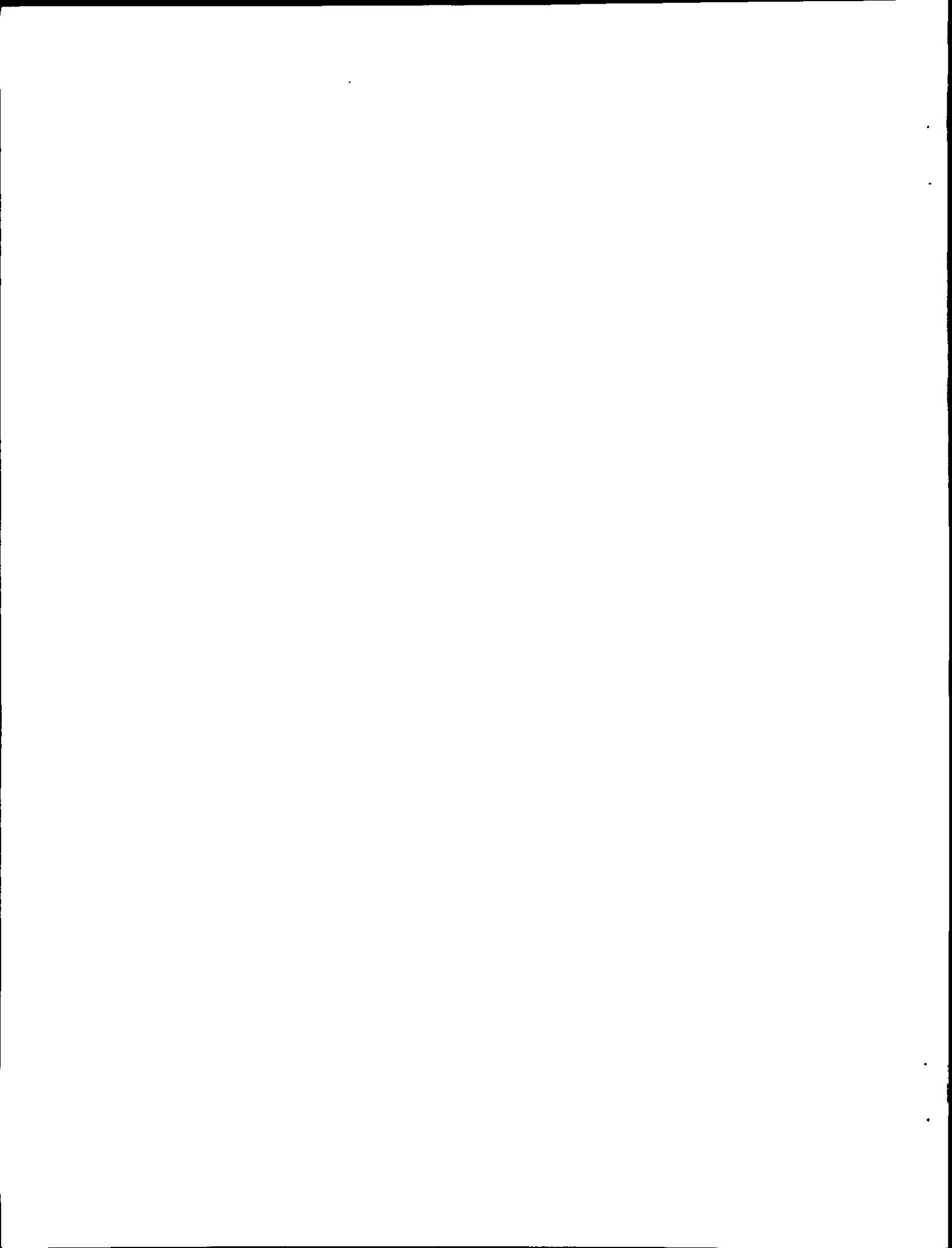
GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

COOPERATIVA "EL BOSQUE"

AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TRABAJO EN GENERAL



## AGRADECIMIENTOS

A:

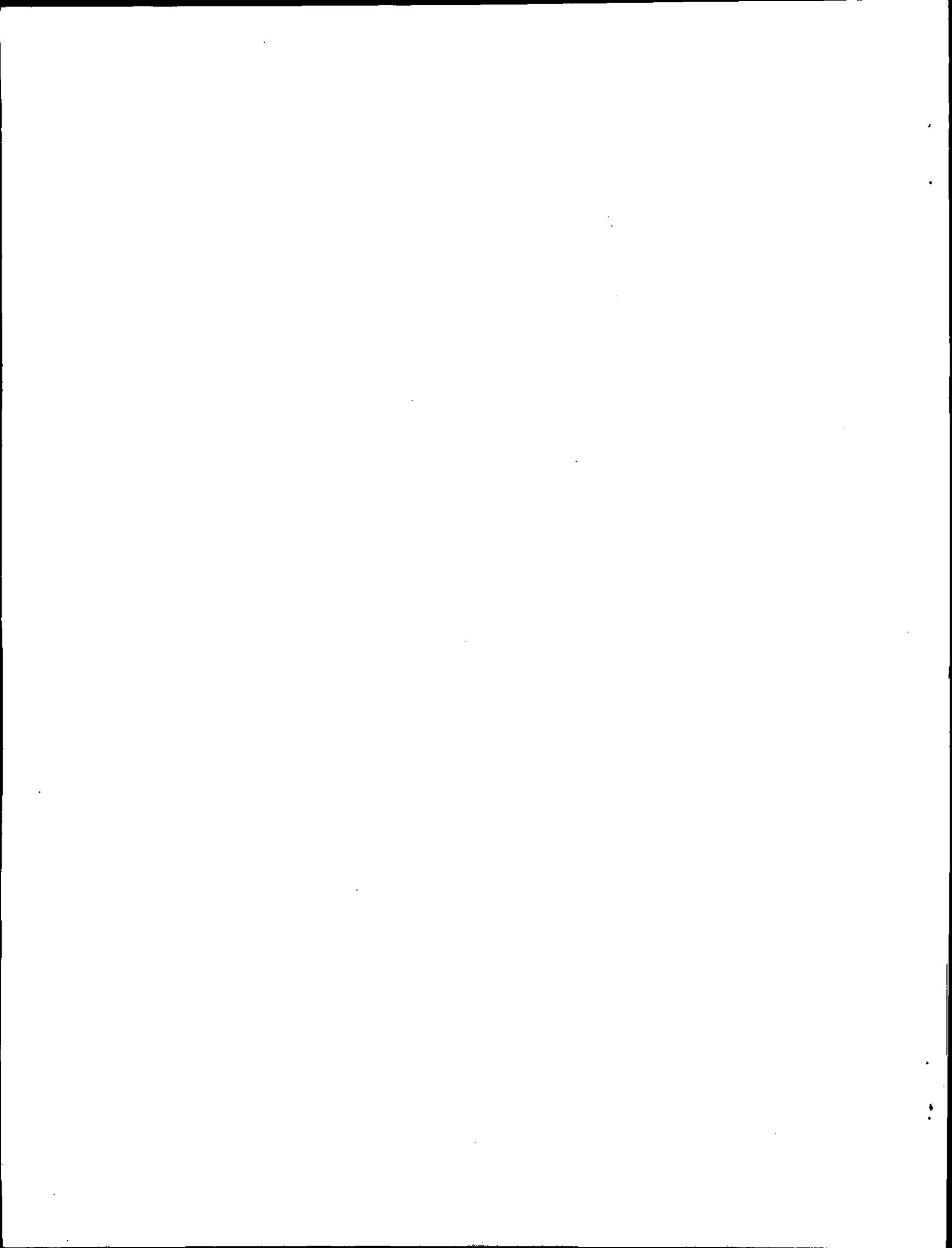
Licenciado Romeo Alfonso Pérez Morales, por su valiosa asesoría en la realización del presente trabajo de tesis, apoyo incondicional y amistad.

Subárea de Ciencias Químicas, donde conocí el valor de compartir no solo la sabiduría sino la amistad, donde supe que no vale qué tienes, sino quién eres y el valor para salir adelante ante cualquier adversidad. Agradezco su amistad a Gustavo Jacinto, Mauricio Guzmán, Francisco Fajardo. Lic. Enrique Flores, Enrique Velásquez, Oscar Monterroso, Pablo Polo, Amilcar Ceballos, Lic. Solís, Ing. Armira, Bessy García, Julia Camel, Elizabeth y Diego.

Subárea de Manejo de Suelo y Agua, Ingeniero Aníbal Sacbajá, por su asesoría y transmisión de conocimientos valiosos para mi vida profesional, Ingeniera Celena Carías, Ingeniero Norvin, Romael, y Don Ramferí, que hacían cada día de trabajo, un lugar donde podía sentirme entre familia y agradecer cada mañana por trabajar en un lugar tan ameno.

Cooperativa "El Bosque", como entidad precursora de la presente investigación.

Carlyone Izaguirre y familia, Rodrigo Menéndez y familia, José, Luis Morán y familia, Xavier, Gordo, Paulito y Juancho Zamora, Fredy Ralios, Angel Ibarra, Meme, Hiram Ordóñez, Devorah, Luis Emilio, Tracy, Pedro Pablo, Canchito, Justo Rufino, Eduardo Pinto, Don Maquito, Jorge Manga, Gustavo y Servelio Santos, familia Campos, Marroquin, Palma y Carranza y estudiantes y catedráticos de la FAUSAC.



## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	
3.1 MARCO CONCEPTUAL	
3.1.1 GLOSARIO	3
3.1.2 ANTECEDENTES	3
3.1.3 CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE LOS HONGOS	6
3.1.4 HÁBITATS Y FUNCIÓN EN LA NATURALEZA	6
3.1.5 REPRODUCCIÓN DE LOS HONGOS	7
3.1.6 COMPOSICIÓN DE LOS HONGOS	7
3.1.7 CARACTERÍSTICAS DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
3.1.8 INDICADORES DE PRODUCCIÓN	
3.1.8.1 EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB)	10
3.1.8.2 PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN	11
3.1.9 PREPARACIÓN DE LA SEMILLA	
3.1.9.1 PREPARACIÓN DEL INÓCULO PRIMARIO	11
3.1.9.2 PREPARACIÓN DEL GRANO	12
3.1.9.3 ESTERILIZACIÓN	12
3.1.9.4 INOCULACIÓN CON CULTIVO MICELIAL	12
3.1.10 PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	
3.1.10.1 OPERACIONES PRELIMINARES DE TIPO GENERAL	13
3.1.10.2 PELLETS DE PAJA	14
3.1.10.3 ESTERILIZACIÓN Y SEMIESTERILIZACIÓN TÉRMICA	14
3.1.10.4 TRATAMIENTO CON AGUA CALIENTE COCIDO Y LAVADO DE LA PAJA	14
3.1.10.5 PASTEURIZACIÓN	15
3.1.10.6 FERMENTACIÓN AEROBIA	15
3.1.11 SIEMBRA E INCUBACIÓN	16
3.1.12 FRUCTIFICACIÓN O COSECHA	16
3.1.13 LA PULPA DE CAFÉ COMO SUSTRATO DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	17
3.1.14 LA GRANZA DE FRIJOL ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) COMO SUSTRATO DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
3.1.15 EL PASTO JARAGUÁ ( <i>Hyparrhenia rufa</i> ) COMO SUSTRATO DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
3.1.16 PLAGAS Y ENFERMEDADES	
3.1.16.1 PLAGAS	19
3.1.16.2 ENFERMEDADES	20
3.2 MARCO REFERENCIAL	
3.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO	20
4. OBJETIVOS	
4.1 GENERAL	21
4.2 ESPECÍFICOS	21

5. HIPÓTESIS	21
6. METODOLOGÍA	22
6.1. MATERIAL EXPERIMENTAL	22
6.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	22
6.3. TRATAMIENTOS	23
6.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO	23
6.5. PROCEDIMIENTO Y MATERIALES UTILIZADOS	
6.5.1 ELABORACIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO	24
6.5.2. OBTENCIÓN DEL MICELIO	24
6.5.3. PREPARACIÓN DEL INÓCULO PRIMARIO	25
6.5.4. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	25
6.5.5 OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD	25
6.5.6. INOCULACIÓN	26
6.5.7. INCUBACIÓN	26
6.5.8. FRUCTIFICACIÓN	26
6.6 VARIABLES EN ESTUDIO	
6.6.1 EFICIENCIA BIOLÓGICA	27
6.6.2 PERÍODO PRODUCTIVO	27
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES	28
7.1 CUANTIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CARPÓFOROS Y EFICIENCIA BIOLÓGICA	28
7.2 PERÍODO PRODUCTIVO	31
8. CONCLUSIONES	32
9. RECOMENDACIONES	33
10. BIBLIOGRAFÍA	34
11. APÉNDICES	36

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición porcentual de los elementos nutritivos de los hongos	8
Cuadro 2. Contenido de aminoácidos en <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa INIREB-8	8
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
Cuadro 4. Indicaciones para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	10
Cuadro 5. Condiciones adecuadas para la incubación y fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	16
Cuadro 6. Composición química de la pulpa de café ( <i>Coffea arábica</i> )	18
Cuadro 7. Composición de los tratamientos	23
Cuadro 8. Distribución aleatoria de las unidades experimentales	23
Cuadro 9. Duración en días de cada fase para la producción de carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	28
Cuadro 10. Porcentajes de humedad y contenido de materia seca de los sustratos evaluados	28
Cuadro 11. Porcentajes de eficiencias biológicas de cada uno de los tratamientos	30
Cuadro 12. Períodos productivos para las unidades experimentales	31
Cuadro 13A. Producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> , en dos cosechas obtenidas, en cada una de las unidades experimentales	36
Cuadro 14A. Análisis de varianza, estudio estadístico de los datos de eficiencias biológicas	36
Cuadro 15A. Comparación de medias según el Criterio de Tukey, para la eficiencia biológica	37
Cuadro 16A. Análisis de varianza, estudio estadístico de los datos de período productivo	37
Cuadro 17A. Comparación de medias según el criterio de Tukey, para el Período Productivo	36

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del bosque municipal "El Pinalón", San Pedro Pinula, Jalapa	5
Figura 2. Cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
Figura 3. Residuos de cosecha del frijol. Granza ó vainas de frijol (9)	18
Figura 4. Distribución de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> (en gramos) en dos cosechas obtenidas, en cada uno de los sustratos evaluados <sup>29</sup>	29
Figura 5A. Autoclave con cajas de petri	38
Figura 6A. Erlenmeyer con agua destilada y agar	38
Figura 7A. Preparación del área de trabajo	38
Figura 8A. Medios de cultivo en cajas de petri	38
Figura 9A. Carpóforo de <i>Pleurotus ostreatus</i> utilizado para obtención del micelio	38
Figura 10A. Caja de petri cubierta con el micelio	38
Figura 11A. Bolsas de maicillo colonizado con <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
Figura 12A. Esterilización de los sustratos	39
Figura 13A. Sustrato, pasto jaraguá, colonizado por el micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
Figura 14A. Sustrato, granza de frijol, colonizado por el micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
Figura 15A. Sustrato, mezcla granza de frijol : pasto jaraguá, colonizado por el micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
Figura 16A. Unidades experimentales con cuerpos fructíferos, en cajones de madera	40
Figura 17A. Observación de cuerpos fructíferos, listos para ser cosechados	40
Figura 18A. Cosecha de carpóforos, del sustrato granza de frijol	40
Figura 19A. Cosecha de carpóforos, con bisturí	40

Evaluación la eficiencia biológica de la granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y el pasto jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) al ser utilizados como sustratos, en una planta productora artesanal de *Pleurotus ostreatus* ECS 110, en el municipio de San Pedro Pinula, Jalapa

Evaluation of biological efficiency of bean sheaths (*Phaseollus vulgaris*) and jaragua's pasture (*Hyparrhenia rufa*) used as substratums, in a *Pleurotus ostreatus* ECS 110 handmade producer plant, in municipality of San Pedro Pinula, Jalapa.

## RESUMEN

En las comunidades de "El Pinalón", Caserío "La Montañita de la Virgen" y la Aldea "Nueva Pinalón", del municipio de San Pedro Pinula, Jalapa, los agricultores pretenden implementar, una planta productora artesanal del hongo *Pleurotus ostreatus*, disponiendo de cantidades suficientes de restos de cosecha del cultivo de frijol y de pasto jaraguá.

Previo a utilizar los sustratos anteriormente mencionados, para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, se hace necesario evaluar la eficiencia de éstos, ya que el tipo y cantidad de sus constituyentes depende de factores agronómicos, ambientales, etc. Debido a que el éxito de la producción de *Pleurotus ostreatus* depende en gran medida de los sustratos, se evalúan, usándose como parámetro, el porcentaje de eficiencia biológica, el cual es un porcentaje que toma en cuenta la masa de hongos frescos y la masa seca del sustrato.

La obtención del micelio se hizo a partir de un carpóforo sano, fresco y representativo. Trabajando de una forma aséptica en la campana de flujo laminar, se colocó el micelio en una caja de petri con PDA, dejándolo incubar a 27°C, hasta que el micelio cubrió la totalidad de la caja de petri. El inóculo primario se preparó en semilla de sorgo (*Sorghum vulgare*), colocando un cm<sup>2</sup> de micelio-agar en cada bolsa de plástico conteniendo 100 gramos de semilla, incubándolo hasta que el micelio colonizara todo el material. Los sustratos fueron hidratados y esterilizados en bolsas, conteniendo cada una 200 gramos del material vegetal. Las unidades experimentales de 200 gramos en peso húmedo, fueron inoculadas con una tasa aproximada del 2 por ciento. Cada una de las fases anteriormente descritas se trabajaron dentro de la campana de flujo laminar, desinfectándola con alcohol al 95 por ciento e irradiándola durante 10-15 minutos, previo a iniciar el trabajo. La fase de incubación se realizó en un ambiente obscuro, bajo las condiciones adecuadas, de temperatura, ventilación, etc., hasta que el micelio colonizara la totalidad del sustrato, observándose una estructura blanco-algodonosa. Para la fase de fructificación se utilizaron cajones de madera, colocados en un invernadero, y al momento de la cosecha se pesaron los carpóforos frescos para la obtención de la eficiencia biológica.

Los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos por la granza de frijol, pasto jaraguá, y su mezcla en relación 1:1, superaron el 100 por ciento, por lo cual se aceptan como sustratos para ser

implementados en la planta productora artesanal de *Pleurotus ostreatus*. Siendo la granza de frijol, el sustrato con el mayor porcentaje de eficiencia biológica.

A pesar de haberse obtenido porcentajes de eficiencia biológica superior al 100 por ciento, en cada uno de los tres tratamientos, se recomienda utilizar la granza de frijol y la mezcla de granza de frijol y pasto jaraguá, en relación 1:1, de acuerdo a sus mayores porcentajes de eficiencia biológica. Además, se determinó que el pasto jaraguá obtiene una mayor producción, al ser mezclado con granza de frijol, que al ser utilizado como sustrato único.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala y en otros muchos países se ha comprobado que el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* ha permitido, a las comunidades rurales cultivarlo artesanalmente, obteniendo de esta manera una opción alimenticia extra y algunos recursos económicos adicionales provenientes de la venta de los cuerpos fructíferos; además, el sustrato residual ha servido, para utilizarlo en lombricompost o como abono, agregándolo directamente al suelo, pues su nivel de degradación le permite una rápida incorporación al mismo.

Las comunidades "El Pinalón", Caserío "La Montañita de la Virgen" y la Aldea "Nueva Pinalón" reciben de la cooperativa "El Bosque", asesoría técnica relacionada con el manejo del bosque, cultivos de granos básicos, conservación de suelos, etc. Las autoridades de la mencionada cooperativa, con el fin de aprovechar los rastrojos provenientes de los cultivos y otros materiales provenientes del bosque y diversificar la actividad productiva, establecieron contacto con el Instituto de Investigaciones Agrícolas y Ambientales (IIA) de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para solicitar asistencia técnica con el fin de poner en funcionamiento una planta productora de *Pleurotus ostreatus*. El IIA los refirió a la Coordinación del Proyecto "Colecta, domesticación y producción de hongos comestibles nativos de Guatemala", que se desarrolla en la Subárea de Ciencias Químicas. Entre la Coordinación del proyecto y las autoridades de la referida Cooperativa, acordaron las etapas de trabajo previas al establecimiento de dicha planta productiva. En este sentido se acordó que previo a proceder a la implementación de la misma, se debe realizar, la evaluación de los sustratos a utilizar, debido que éstos, constituyen uno de los factores determinantes para la producción. De entre los posibles sustratos disponibles en las comunidades de referencia se seleccionó la granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y pasto jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) con el fin de evaluar la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*, cepa ECS 110, al desarrollarse y fructificar sobre éstos sustratos.

La fase experimental se llevó a cabo durante 84 días, llegando a la conclusión de que cualquier sustrato, pasto jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y la mezcla, relación 1:1, pueden ser adecuados para su implementación en la plana productora de *Pleurotus ostreatus*, debido a que alcanzaron eficiencias biológicas superiores al 100 por ciento.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los agricultores de las comunidades de "El Pinalón", Caserío "La Montañita de la Virgen" y la Aldea "Nueva Pinalón" pretenden implementar una planta para producir artesanalmente el hongo *Pleurotus ostreatus*, pero existe la dificultad que en los alrededores no hay plantaciones de café, lo que no les permite disponer de la pulpa del fruto de este cultivo, el cual se considera como el sustrato más recomendado para producir este hongo comestible; sin embargo, disponen de rastrojos de cultivo de frijol y pasto jaraguá, entre otros, en cantidad suficiente para abastecer de sustratos, la planta productora que desean implementar.

Debido que la granza de frijol y el pasto jaraguá contienen cantidades grandes de celulosa, hemicelulosa y lignina, se consideran como sustratos potencialmente buenos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, además, se debe tomar en cuenta que el tipo y cantidad de los constituyentes de los sustratos depende del manejo agronómico, lugar de origen, calidad del suelo, etc., y considerándose que el éxito de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* depende en gran medida, de la calidad del sustrato donde se desarrolle, se hizo necesario determinar la calidad de los sustratos existentes en las comunidades ya mencionadas, usándose como parámetro de evaluación, el porcentaje de eficiencia biológica.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1. GLOSARIO (18, 26)

Cariogamia: Fusión de núcleos

Carpóforos: Cuerpos fructíferos del hongo.

Eficiencia biológica: Porcentaje de producción de carpóforos por unidad experimental, obtenida al relacionar la masa en peso fresco de los carpóforos recién cosechados, con la masa en peso seco del sustrato utilizado.

Granza de frijol: Resto de cosecha, que consta de las vainas de frijol.

Heterótrofos: Organismos vivos que no son capaces de producir su comida por sí mismos, alimentándose de otros seres vivos.

Pastel: Sustrato colonizado por el micelio del hongo, con una apariencia blanco-algodonosa.

Período productivo: Período en días, que toma en cuenta desde el día en que se inoculan los pasteles, hasta que se obtiene la cosecha de los carpóforos.

Polisacáridos: También llamados glúcidos o glucanos, constituidos por cadenas muy largas de unidades sacáridas. Pueden tener función de estructura o forma principal de combustible de reserva.

Somatogamia: Unión de hifas o gametas

##### 3.1.2 ANTECEDENTES

El cultivo de hongos comestibles es una actividad que inició desde hace más de 200 años en Europa, con el cultivo de *Agaricus bisporus* (champiñón) y en Asia, con el cultivo de *Lentinula edodes* y *Auricularia spp.* El creciente interés por cultivar dicho tipo de hongos se manifestó, a nivel mundial, en la segunda mitad del siglo pasado. La producción mundial de hongos comestibles incrementó más de 14 veces desde 1965 hasta 1994. El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* es una actividad relativamente reciente pero ha tenido una muy buena aceptación, disputando el segundo lugar con *Lentinula edodes*, en cuanto a producción mundial (20). En los países de América, Guatemala aporta el 0.57 por ciento de la producción total (26).

En el desarrollo de información y metodologías de producción se incorporan las Facultades de Ciencias Químicas y de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala; ésta última inició en 1998 el proyecto "Colecta, domesticación, cultivo y producción de hongos nativos de Guatemala", que tiene como uno de sus objetivos, encontrar una buena cantidad de sustratos en los cuales se pueda desarrollar *Pleurotus ostreatus*. Dentro de los sustratos previamente evaluados se pueden mencionar: la mezcla de cushin (*Inga michelliana*) con frutos de hule (*Hevea brasiliensis*) en una relación 1:1 que

produjo una eficiencia biológica de 110 por ciento; pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) con una eficiencia biológica de 107.4 por ciento (1); mezcla de rastrojos de maíz (*Zea mays L.*) con cascarilla de arroz (*Oriza sativa L.*) en una relación 2:1 produciendo una eficiencia biológica de 117.3 por ciento; como mejor subproducto de la palma africana (*Elaeis guineensis Jacq.*), se utilizó la fibra produciendo una eficiencia biológica de 135.62 por ciento (12); así mismo se evaluaron otros sustratos como pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*), mantillos de encino (*Quercus acatenangensis*) (10), conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) y otros que tuvieron eficiencias biológicas abajo del cien por ciento.

### Cooperativa el Bosque<sup>1</sup>

En el departamento de Jalapa, en el oriente de Guatemala, se ha perdido más de la mitad de la cobertura forestal en menos de cincuenta años. Dentro de la tendencia mundial de desaparición y degradación de los bosques, América Latina tiene una de las tasas de pérdida de cobertura forestal más altas. En Guatemala la proporción entre la deforestación y la reforestación es de aproximadamente noventa a uno.

El bosque municipal El Pinalón, principal recurso forestal del municipio San Pedro Pinula, en el departamento Jalapa, es un ejemplo de la realidad actual de Guatemala. La degradación y desaparición de los bosques, debido a las extracciones de madera a gran escala, desmonte de áreas de bosque para uso agrícola, uso inapropiado de los árboles y factores biofísicos, han conducido a la desaparición de las masas boscosas y a consecuencias previsibles como la desertificación, la miseria humana, la alteración de los ciclos del agua y del suelo, y el colapso general de los ciclos naturales de vida (6).

Dentro de este marco actúa la Cooperativa El Bosque, la cual ha promovido desde 1999 el manejo forestal comunitario. Actualmente cuenta con trabajos de reforestación, prevención y control de incendios, manejo de bosque natural y pequeña industria en madera y hoja de pino, trabajos que han sido reconocidos con los premios anuales forestales en 2003 y 2004. Desde el año 2000 al 2005 se ha contado con el valioso aporte financiero de la agencia episcopal Misereor de Alemania, principalmente para financiar las actividades de reforestación y protección forestal, así como el inicio de las actividades silvícolas y de transformación de productos forestales. A partir de 2005 se mantiene un convenio con el servicio estatal de prevención y control de incendios forestales SIPECIF, en virtud del cual son responsables del plan anual de contingencia de incendios forestales para una parte de Jalapa (6).

---

<sup>1</sup> Elaborado por la gerencia de Cooperativa El Bosque (6)

### Situación de las comunidades campesinas

La población de las comunidades del Pinalón es de origen Poqomam oriental. Actualmente la etnia poqomam de Guatemala no ocupa una zona geográfica continua, sino que está fraccionada y sus grupos sufren procesos de diferenciación y aculturación.

Dentro del bosque hay 8 núcleos poblacionales entre aldeas, caseríos y barrios; alrededor hay 14 poblaciones, 9 de ellas pertenecientes a San Pedro Pinula, y las 5 restantes a San Luis Jilotepeque.

La gran mayoría de familias se dedican a la agricultura de subsistencia, y otras fuentes de ingreso familiar son contadas y ocasionales. Existe migración agrícola por temporadas al departamento del Petén, y migración de algunas personas a la capital, e incluso a los Estados Unidos, en busca de trabajo (6).

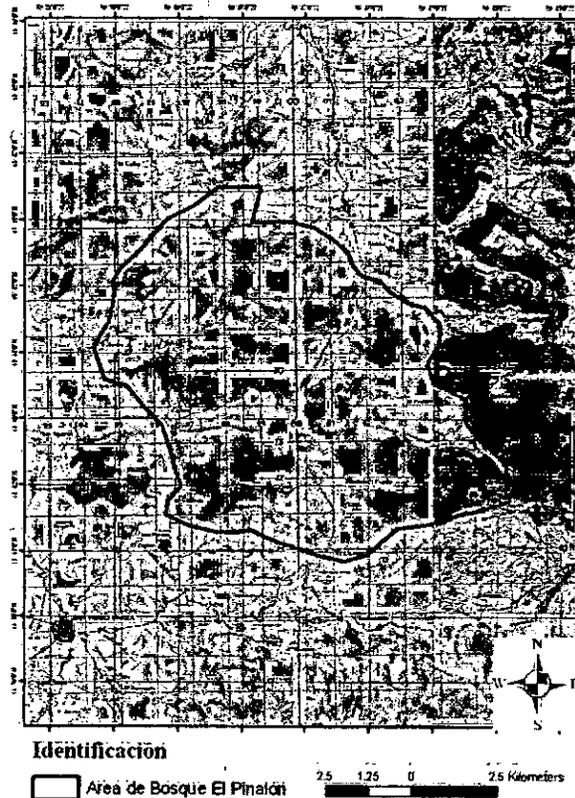


Figura 1 Ubicación del Bosque Municipal "El Pinalón".

El bosque municipal "El Pinalón" es uno de los pocos bosques naturales de pino que aún existen en la región sur oriental de Guatemala (Figura 1). Está ubicado en el municipio San Pedro Pinula, y las faldas de las montañas Zuril y Pinalón.

De acuerdo al Diagnóstico Rural Participativo que la Cooperativa "El Recuerdo" realizó en las comunidades de San Pedro Pinula en los años 1997 y 1998, las principales causas de la situación social de pobreza extrema en el municipio son las siguientes: falta de tierras de cultivo, pobreza de los suelos, poco acceso a crédito y asesoría técnica agrícola, falta de acceso a servicios de salud, agua potable, energía eléctrica y educación, y débil acción gubernamental e institucional (7).

### 3.1.3 CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE LOS HONGOS.

Los hongos son organismos que nacen de esporas, carecen de clorofila, se pueden reproducir sexual o asexualmente, tienen un cuerpo generalmente formado por filamentos muy ramificados llamados hifas, los cuales en conjunto se denominan micelio. Los hongos se diferencian principalmente de las plantas debido a que no poseen clorofila y son organismos heterótrofos, además que su energía no es almacenada en forma de almidón (polisacárido insoluble que sirve de reserva alimentaria en las plantas), en cambio, la almacenan otros polisacáridos como la trealosa y glucógeno (26).

La estructura de su cuerpo es distinta al de las plantas, ésta puede ser unicelular como las levaduras, o como en la mayoría de ellos, está formada por conjuntos de hifas que integran el micelio. Las hifas de los hongos inferiores no son tabicadas, por lo que el citoplasma es generalmente cenocítico (continuo). Los hongos superiores, tienen septos con perforaciones centrales que permiten el paso del citoplasma, por lo que su micelio se denomina "septado" (26).

Los hongos tienen la capacidad de secretar una serie de enzimas que degradan los desechos de las plantas y utilizan algunos de sus productos para su desarrollo. Se puede afirmar, entonces, que los hongos son agentes biológicos capaces de convertir materia orgánica no comestible y de bajo valor económico en alimento humano, con un importante valor agregado. Por eso los hongos son una alternativa de producción con grandes ventajas, dentro de las que se pueden mencionar: ser un alimento directamente comestible y preciado por su sabor, textura y olor; la cosecha de basidiocarpos es de sencilla realización y se convierte en la forma más fácil de separación de biomasa comestible a partir de un sustrato sólido fermentado; la eficiencia de conversión en proteínas por unidad de superficie y de tiempo es superior, comparada con la producción animal; el sustrato por ellos degradado puede, a su vez, ser utilizado luego como compost en diferentes cultivos, lo que significa un mejor aprovechamiento integral de la materia prima regional; juegan un rol ecológico importante, debido al papel preponderante en el ciclo del carbono, reduciendo la cantidad de materia orgánica muerta que se acumula cada año en la tierra, logrando así la conversión de desechos vegetales en alimento humano (26).

### 3.1.4 HÁBITATS Y FUNCIÓN EN LA NATURALEZA

Los hongos son los organismos más abundantes, después de los insectos. Pueden vivir en el suelo, aguas dulces, marinas y sus esporas son las encargadas de su distribución, las cuales son abundantes en el aire. Todos los hongos son heterótrofos, pues secretan enzimas sobre el sustrato en el que se encuentra, con el objetivo de degradarlo en sustancias más simples y poder absorberla como nutrientes, para su desarrollo. Los hongos pueden ser saprófitos, parásitos, y simbiotes (como las micorrizas) (26).

### 3.1.5 REPRODUCCIÓN DE LOS HONGOS

La reproducción se refiere a la formación de nuevos individuos, con características similares a la de la especie. Se presentan las formas de reproducción sexual y asexual.

La reproducción asexual es muy utilizada dentro del laboratorio para poder mantener las características de la cepa de un hongo comestible que se está cultivando; se puede realizar por fragmentación del micelio, el cual bajo condiciones adecuadas de humedad, sustrato, nutrientes, temperatura, etc., da origen a un nuevo individuo con características similares. El micelio también puede dar origen a esporas asexuales por división mitótica, las que se forman por simple fragmentación del micelio se les llama artosporas u oidios, las que se producen sobre hifas especializadas llamadas conidióforos, se les llama conidias y las que se producen dentro de estructuras en forma de saco (esporangio), se les llama esporangiosporas. Tal reproducción es poco frecuente en hongos comestibles (14).

La reproducción sexual es lenta e implica somatogamia (unión de hifas o gametas), cariogamia (fusión de núcleos) y producción de gametos por meiosis. Los cuales pueden ser observados sobre estructuras especializadas, llamadas gametangios y tener formas diferenciadas (anisogametas) o tener la misma forma (isogametas) (14).

En los hongos comestibles, las hifas actúan como gametos y su sexualidad es determinada por genes nucleares, los cuales dan un carácter genético conocido como compatibilidad sexual, lo cual hace que sólo las hifas de micelios compatibles se fusionen y den origen por somatogamia a un compartimento hifal con dos tipos de núcleos diferentes. De este compartimento es producida la dicarionización del micelio para dar origen al micelio heterocariótico (diferentes tipos de núcleos). Luego se presenta la cariogamia. La fusión de núcleos sólo se dará en la basidia, la cual origina por meiosis las esporas de origen sexual (basidiosporas) (25).

La reproducción sexual en hongos permite variación genética y capacita a las especies para ocupar nuevos nichos o sobrevivir bajo condiciones adversas y permite tener una vida más larga que los que se reproducen asexualmente (14).

### 3.1.6 COMPOSICIÓN DE LOS HONGOS.

Debido a su gran valor alimentario a los hongos se les ha clasificado como la carne vegetal. Su valor nutricional es comparable a la mayoría de las legumbres, sobre todo después de la cocción, ya que la evaporación del agua supone una concentración mayor de elementos nutritivos (15). La tabla siguiente muestra la composición porcentual de los hongos:

Cuadro 1 Composición porcentual de los elementos nutritivos de los hongos.

Sales minerales	0.6-1.5 %
Carbohidratos y azúcares	1-3 %
Grasas	0.4-0.8 %
Proteínas	2-4 %
Vitaminas	Variables según especie
Agua	80-90 %

Fuente: Hennebet, GL. (1990) (15)

*Pleurotus ostreatus* contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y minerales, contiene vitaminas como la tiamina (B<sub>1</sub>), riboflavina (B<sub>2</sub>), ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, pirodoxina, cobalamina y provitaminas como la ergosterina y carotenos. Además, se concluye que las setas contienen todos los aminoácidos esenciales, los cuales comprenden del 25 al 40 por ciento del total (15). El siguiente cuadro muestra el contenido de aminoácidos en una cepa de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 2 Contenido de aminoácidos en *Pleurotus ostreatus* cepa INIREB-8

AMINOÁCIDO ESENCIAL	mg/g	AMINOÁCIDO NO ESENCIAL	mg/g
Isoleucina	43232	Alanita	64.15
Leucina	71.57	Arginina	70.70
Lisina	72.09	Ácido aspártico	120.50
Metionina	21.16	Ácido glutámico	211.33
Tirosina	35.96	Glicina	47.45
Treonina	51.25	Cistina	16.40
Valina	51.28	Prolina	30.55
Triptófano	19.61	Serina	48.36
Histidina	28.60	Fenilalanina	51.10

Fuente: Mayela *et al.* (1996) citados por Cardona (4).

La dieta de aproximadamente un tercio de la población mundial es deficiente en proteínas, se debe tener en cuenta que los hongos comestibles poseen el doble del contenido de porcentaje de proteínas que los vegetales, y no les faltan los nueve aminoácidos esenciales. Además, son ricos en leucina y lisina, ausentes en la mayoría de los cereales. El bajo contenido de grasa y sodio, unido al relativamente alto contenido de potasio, hacen que este hongo además de su buen sabor y valor nutritivo,

tenga también importancia para padecimientos cardiovasculares y estados de hipertensión, así como para combatir la obesidad. En él están presentes virtualmente todos los aminoácidos, como ya se mencionó anteriormente, constituyendo una rica fuente de vitaminas, se ha reportado la presencia de ácido ascórbico (Vitamina C), en diferentes etapas de su desarrollo, es rico en ergosterol y vitamina D, así como en los minerales fósforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre (15).

### 3.1.7 CARACTERÍSTICAS DE *Pleurotus ostreatus*

Cuadro 3 Clasificación Taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycete
Sub-Clase	Agaricomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	Pleurotus
Especie	<i>Pleurotus ostreatus</i>

Fuente: Sánchez, JE *et al.* (2001) (26)

“El nombre *Pleurotus* proviene del griego Pleurá o Pleurón que significa lado, costado o costilla y el sufijo latino -otus del griego otós, oreja con la designación latina -us que hace alusión a la forma de fructificación de este tipo de hongos los cuales se adhieren lateralmente a los troncos” (26).

En cuanto al cuerpo fructífero, consta de: micelio primario, micelio secundario, píleo o sombrero, estípite o tallo, himenio o lamela, volva y las esporas, que pueden ser sexuales o asexuales. Como se muestra en la figura a continuación:

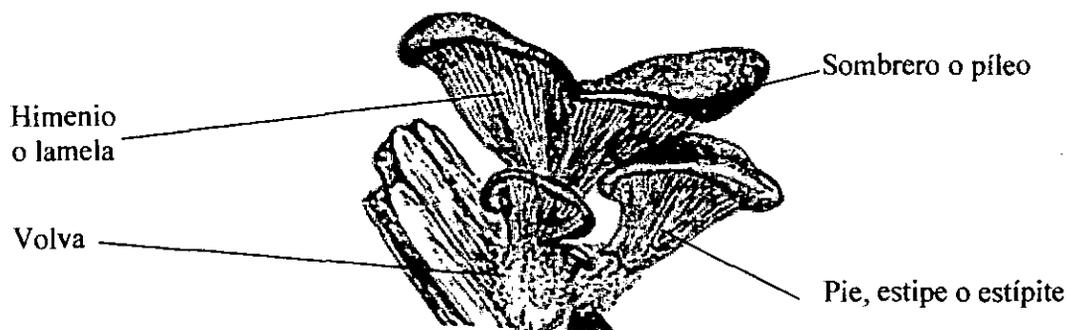


Figura 2 Cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*  
Fuente: Wood, M. (1996) (28)

Su sombrero es convexo o casi plano en forma generalmente de ostra o abanico, con un diámetro aproximado de 6 a 15 cm ; cuando es inmaduro tiene la superficie lisa y abombada, aplanándose luego poco a poco, dependiendo de la edad del hongo. El borde está algo enrollado al principio. La cutícula, que es separable, es lisa y brillante, de color muy variable, beige, gris claro, gris negruzco o gris azulado. Láminas juntas, decurrentes hasta la base del pie, de color crema. Esporada de color gris liláceo. El pie suele ser corto de 1.4 x 1.2 cm, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Pueden crecer de forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles. La carne de la seta es blanca, de olor algo fuerte, tierno al principio y después correosa (26).

En la parte inferior del sombrero hay unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o esporadas, de color blanco con cierto tono lila-grisáceo (26).

El crecimiento de este hongo está sujeto a ciertos factores como la temperatura, humedad relativa, humedad del sustrato, pH, concentración de CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> y luz. Las condiciones ideales para la reproducción del hongo *Pleurotus ostreatus* se muestran en el cuadro número 4:

Cuadro 4 Indicaciones para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*

HONGO	SUSTRATO UTILIZABLE	CONDICIONES DE CRECIMIENTO	FRUCTIFICACIÓN
<i>Pleurotus ostreatus</i> Fr.	Paja enriquecida y molida de diversos vegetales y desechos	24 - 33° C , sin luz, dentro de bolsas plásticas	Temperatura mayor de 24° C. Luz. Aireación. Gran humedad.

Fuente: Karma, DN (1986) (17)

### 3.1.8 INDICADORES DE PRODUCCIÓN

#### 3.1.8.1 Eficiencia Biológica (EB):

La eficiencia biológica toma en cuenta la producción de cuerpos fructíferos, o sea, la bioconversión de energía y biodegradación del sustrato. Esta es expresada en porcentaje y toma en cuenta la masa de hongos frescos y la masa seca del sustrato (26). La eficiencia biológica se obtiene de la siguiente manera

$$EB = \frac{\text{g de hongo frescos}}{\text{g de sustrato seco}} * 100$$

Se considera como adecuada una eficiencia mínima del 100 por ciento o mayor.

### 3.1.8.2 Porcentaje de Producción:

Este es definido por la eficiencia biológica (EB) en una unidad de tiempo (t). Para obtener este indicador es necesario tomar en cuenta las condiciones bajo las que se encuentra el hongo, debido a que la variación de tales condiciones puede aumentar o reducir el tiempo de producción, variando el porcentaje de producción (26). El porcentaje de producción puede representarse por la siguiente expresión matemática:

$$PR = \% EB / t$$

## 3.1.9 PREPARACIÓN DE LA SEMILLA

La semilla madre o primario proviene del micelio del estípite (carpóforo) y es utilizada para inocular los secundarios o semillas secundarias, las cuales son empleadas como inóculo del sustrato que produce la cosecha de *Pleurotus ostreatus* (21).

### 3.1.9.1 Preparación del inóculo primario.

Cuando se habla de la preparación del inóculo se refiere a la propagación del micelio a partir de un carpóforo fresco. Se corta el himenio de forma paralela al estípite o pie, del cual se toma micelio con una asa estéril, y es colocado en un medio de cultivo (PDA o agar papa dextrosa). Las cajas de petri inoculadas se incuban a una temperatura media de 28° C por un lapso de tres semanas aproximadamente, o hasta que el micelio recubra toda la superficie del medio de cultivo (21).

### 3.1.9.2 Preparación del grano

Se lavan abundantemente los granos a utilizarse (centeno, maicillo, sorgo o arroz), para preparar la semilla madre y luego se dejan en remojo una noche. Las semillas que están muertas y las que flotan son removidas con cuidado. El día siguiente, se lavan de nuevo las semillas y se hierven en agua por lo menos 10-15 minutos hasta que se expandan sin romperse. Si se suprime el remojo, el tiempo de cocción aumenta. Al hincharse los granos, se remueven del calor y se distribuyen sobre hojas de papel periódico para eliminar el exceso de humedad (21).

Es importante el procedimiento anterior, debido a que si quedan las semillas demasiado secas o muy húmedas, el crecimiento micelial se ve afectado. Si los granos quedan muy secos, el crecimiento micelial será muy lento, en caso contrario, el crecimiento también es muy lento o no se efectuará, debido a la muerte del micelio inoculado. La humedad óptima para los granos de aproximadamente el 50 por

ciento, misma que se detecta de manera práctica colocando la mano seca sobre los granos, los que deberán adherirse en muy poca cantidad a la superficie de la mano (21).

Al haber la humedad adecuada en los granos, éstos son colocados en botellas a tres cuartos de su capacidad y se tapan con algodón o también pueden utilizarse bolsas de polipapel, las que se llenan también, a menos de tres cuartos de su volumen (21).

### **3.1.9.3 Esterilización**

Los frascos se deben de esterilizar en una autoclave u olla de presión a 121°C con 1.05 kg/cm<sup>2</sup> de presión (15 libras/pulg<sup>2</sup>). El tiempo de esterilización depende del tamaño del recipiente dentro de la olla, por ejemplo recipientes de 0.5-1 litro consumen un tiempo de dos horas de esterilización a 15 psi., los recipientes mayores, 5-10 litros, pueden requerir hasta 4 horas de esterilización (21). (Antes de inocular con un trozo de agar micelio, cada botella, debe enfriarse a temperatura ambiente)

### **3.1.9.4 Inoculación con cultivo micelial**

Esta fase se realiza bajo completa asepsia, tal y como se prepara el cultivo. De mejor forma se puede trabajar en una cámara artesanal, la cual asegura la transferencia o el aislamiento de cultivos puros, construida de madera y vidrio, con dos orificios para permitir el libre acceso de las manos del operario, o bien, utilizar una cámara de flujo laminar (21).

El laboratorista, de preferencia recién bañado debe de utilizar ropa limpia o bata, lavar sus manos con alcohol al 70 por ciento y colocarse una mascarilla o tapaboca; en todo caso, debe evitarse hablar, silbar o hacer algún movimiento con la boca que provoque el transporte de bacterias o esporas que puedan contaminar el sustrato (21).

El micelio con el que se inocula debe provenir de una caja de petri o de un bote plano de cultivo micelial. Si el micelio proviene de una caja de petri, este se debe extraer con una navaja o bisturí para cortar pequeños trozos de agar y ser trasladados a los granos estériles. Si la inoculación es sobre frascos, primero se deben de aflojar las tapas para ser fácilmente levantadas con una mano al momento de estar listo el trozo de micelio, y así distribuirse en cada uno de ellos (21).

Los trozos de micelio se dejan caer sobre la superficie del recipiente. Algunos productores han desarrollado otras técnicas, consiste en colocar el trozo en medio de la masa de granos mediante la inclinación ligera del recipiente que contiene los granos, durante la inoculación. Puede resultar un crecimiento más rápido. Para los principiantes, se recomienda únicamente poner el trozo sobre la superficie para evitar el ligero secado de la capa superior de los granos. También pueden ser colocados los trozos con micelio en las paredes del recipiente, lo que permite alcanzar al micelio más rápidamente que los colocados en la superficie, porque ahí el micelio crece de manera aérea antes de asentarse sobre los granos. Esta técnica permite una más rápida colonización.

### 3.1.10 PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

#### 3.1.10.1 Operaciones preliminares de tipo general

No importando el método elegido para lograr una correcta preparación del sustrato, hay una serie de operaciones de pretratamiento que suelen ser comunes en la mayoría de métodos empleados.

Al inicio de la preparación de sustrato para cultivar *Pleurotus ostreatus*, se necesita triturar, moler o picar las materias primas de base (henos, hojas, pajas, tallos). Otros materiales de origen agroindustrial (pulpa de café, bagazo de maguey) necesitan una previa fermentación para homogenizarlos, estabilizarlos y hacerlos más manejables. Y otros materiales como cascarillas de semillas y harinas pueden ser usados directamente tras el suministro, sin modificarlos físicamente (23).

El troceado o picado es más eficaz con materiales en seco, es importante ser exigente en cuanto a la calidad y selección de materias primas, así serán menos problemas patológicos posteriores. Un tamaño de partículas de 2 a 5 centímetros y un contenido de humedad del 70 al 75 por ciento son los valores más citados y los que proporcionan una mejor estabilidad y proporciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa, en todo el sustrato. Tamaños de partículas mayores (arriba de 15 cm), dificultan una buena integración del agua añadida, caso contrario, si las partículas son muy finas, el agua compacta de manera excesiva el sustrato (23).

Para poder tratar de forma correcta el tamaño o tipo de explotación, existen varios sistemas:

- Si la explotación es de tamaño pequeño, resulta eficaz una inmersión total del material en agua durante unas 48 horas. El exceso de agua es drenado, con lo que se arrastran algunos materiales solubles que normalmente favorecen el desarrollo de los organismos competidores más habituales.
- Para explotaciones de tamaño mediano o grande se pueden tomar en cuenta las siguientes soluciones:
  - El material se mezcla con agua en un estanque de poca profundidad. Aplastar la paja repetidamente, dos o tres veces por día, para facilitar la absorción del agua. En 1 o 2 días es suficiente.
  - Puede utilizarse una máquina de hidratación estática conectada a un molino picador para humectar el material. Una vez picado el material, pasa del molino a un sistema de tornillos sin fin de la máquina hidratadora y durante el recorrido por dichos tornillos, hay humectación.
  - Con maquinaria moderna, la humectación del material picado se consigue con gran rapidez y eficacia utilizando maquinaria de hidratación al vacío, la cual vence la resistencia natural de las pajas al hidratado (23).

Se puede obtener material preparado, para posteriormente hidratarlo, ahorrando el procedimiento anterior, tal es el caso de los pellets de paja.

### 3.1.10.2 Pellets de paja

La materia prima está compuesta por cilindros pequeños (2 centímetros de longitud y 0.5 centímetros de diámetro) hechos a base de paja picada y molida, con máquina granuladora. La confección del gránulo genera altas temperaturas sobre la paja al ser fuertemente comprimida, por lo que se produce una pasteurización. Un punto de partida importante es el uso de paja seca y sana. La paja en forma granulada ocupa muy poco volumen, lo que facilita el transporte.

Al tener estos pellets, se hidrata adecuadamente, usando recipientes amplios para el amasado de la paja. Un volumen manejable es de 50 kilogramos de pellets y 100 litros de agua a la que se le añade previamente 3 gramos de Benlate (50 por ciento de benomyl), para protección fúngica. Al estar hinchada la paja se envasa en sacos microperforados de 10-12 kilogramos de peso, con dosis de siembra de un 3 por ciento de micelio. Dentro de los inconvenientes esta el precio de los pellets, la posible adulteración y contaminación (23).

### 3.1.10.3 Esterilización y semiesterilización térmica

Uno de los procedimientos que más temprano comenzaron a usarse en la preparación de sustratos para *Pleurotus ostreatus*.

El procedimiento inicia con la preparación del material. El sustrato, picado, hidratado y homogenizado se coloca en contenedores de polipropileno para el tratamiento térmico, generalmente la esterilización se lleva a cabo en una autoclave con vapor de 121° C durante una o dos horas según tamaño. Al enfriarse el material se siembra el micelio en condiciones muy asépticas (23).

Cuando se habla de semiesterilización, es cuando las temperaturas drásticas de esterilización son bajadas sensiblemente, a niveles abajo de los 100° C. La semiesterilización elimina los patógenos que puedan tener las materias primas del sustrato, aunque no protege de contaminaciones eventuales posteriores (23).

### 3.1.10.4 Tratamiento con agua caliente. Cocido y lavado de la paja

El material picado y preparado, se remoja en agua caliente y limpia a 70-80°C por 15 minutos. Realizar un par de lavados más hasta que el agua salga limpia y clara. Los lavados arrastran grandes cantidades de materiales solubles que favorecen el desarrollo de microorganismos contaminantes. Este tratamiento pasteuriza y elimina nutrientes perjudiciales a *Pleurotus ostreatus*. Al ser escurrido y enfriado el material, se siembra y se envasa, esto se debe de hacer con rapidez y en un ambiente de gran exigencia higiénica para evitar posibles contaminaciones (23).

### 3.1.10.5 Pasteurización

Tras las operaciones preliminares, el sustrato es alojado, en cajas o puestos en masa, dentro de una sala o cámara de pasteurización. En esta cámara el sustrato se somete a un tratamiento térmico aerobio con ayuda de vapor. El ventilador de la cámara debe ser de potencia elevada (presión de 90-180 mm de columna de agua y un caudal de servicio de, al menos 10 m<sup>3</sup>/t/h durante el tratamiento térmico y de 200 m<sup>3</sup>/t/h durante el enfriado).

Las temperaturas prescritas son de 80 a 100°C durante unas horas. En este procedimiento se ha ido imponiendo como complemento el uso de fungicidas para conseguir una cierta protección artificial, debido a que no proporciona la protección natural del sustrato contra las contaminaciones fúngicas, especialmente de *Trichoderma spp* (23).

### 3.1.10.6 Fermentación aerobia

Este tratamiento refuerza la escasa protección que posee frente a las contaminaciones sin necesidad de fungicidas. Se realiza en dos etapas: pasteurización convencional y una fermentación termófila de acondicionamiento.

Esta técnica se aplica con diferentes variaciones: se propone varios ciclos: a) subida de la temperatura de la masa, en 6-12 horas, hasta 60-65°C y mantenerla 24 horas, para continuar después con un rango de 50-55°C por 48-72 horas, para terminar con un enfriamiento de 6 horas. b) Subida la temperatura del sustrato cerca de 70°C (2h) y luego un mantenimiento de 55°C (72 horas), para terminar con un enfriamiento de una duración de 12 horas. c) Subida a 68-70°C y mantenido durante 12 horas, seguido de una reducción a 50-55°C (24 horas) y finalizar con un enfriamiento hasta 25°C (23).

La base de la protección biológica del sustrato está en la conducción adecuada de una fermentación bacteriana tras la pasteurización. Se han analizado y valorado microbiológicamente sustratos de *Pleurotus ostreatus* y se ha señalado que la acción preservadora contra los mohos se desarrolla en el sustrato como consecuencia de la actividad de las bacterias termófilas, las cuales consumen carbohidratos fácilmente disponibles y producen, además, antibióticos contra tales mohos. Concluyó que la multiplicación de bacterias termófilas y por lo tanto su efecto protector, depende del grado de aireación del sustrato (23).

De una forma más sencilla, únicamente se apilan los sustratos en un montículo y son cubiertos con un material plástico negro con el objetivo de mantener el calor y humedad, alcanzando una temperatura entre 50-55°C. Los cambios de pH presentados durante la fermentación permiten la adaptación de distintos microorganismos descomponedores de azúcares, originando carbohidratos mas sencillos y a su vez generan proteínas, además, disminuye la probabilidad de contaminación de hongos como *Penicillium* y la formación de un sustrato más blando.

Dependiendo del sustrato que se esté utilizando, el tiempo de la fermentación puede variar de 3 a 5 días, y se debe remover cada dos días para evitar la fermentación anaeróbica (23).

### 3.1.11 SIEMBRA E INCUBACIÓN

Existen distintas técnicas para poder sembrar *Pleurotus ostreatus*, dependiendo de la que sea elegida por el productor, basándose en condiciones de asepsia, facilidad, etc.

Para sembrar en bolsas o sacos, se utilizan bolsas de polipapel transparentes, con el objetivo de poder visualizar si la colonización es completa y sin contaminaciones. Las bolsas deben ser nuevas, sin contaminaciones, sin perforaciones o algún defecto.

El personal destinado a esta actividad debe trabajar con ropa limpia, mascarillas y de preferencia guantes. Las puertas y ventanas deben estar cerradas para evitar corrientes de aire que lleven contaminantes (23).

La semilla es colocada en las bolsas de polipapel con el sustrato, alternando las capas del sustrato. Las bolsas se cierran con un nudo sencillo, eliminando el aire del interior de la bolsa. Los sustratos inoculados deben colocarse en anaqueles y a los dos o tres días perforarlos en toda la superficie de la bolsa, para permitir un adecuado intercambio gaseoso y un mejor crecimiento micelial. Las condiciones adecuadas tanto del crecimiento micelial como de la fructificación se detallan en el cuadro número 5:

Cuadro 5 Condiciones adecuadas para la incubación y fructificación de *Pleurotus ostreatus*

FACTOR	INCUBACIÓN	FRUCTIFICACIÓN
Humedad del sustrato	70%	50%
Ph del sustrato	6-7	6.5-7
Humedad relativa	Baja	85%
Temperatura	25-33°C	28°C
Luz	Obscuridad	150-200 lux (suficiente luz para leer)
Ventilación		4-6 veces el volumen de la sala/hora
Concentración de CO <sub>2</sub>	20-25% (aire normal)	0.6% (buena ventilación)

Fuente: Kamra, DN (1986) (17)

### 3.1.12 FRUCTIFICACIÓN O COSECHA

Cuando se observa una cobertura total del micelio formando una superficie blanco-algodonosa, después de la incubación, está listo para inicio de la fructificación.

Para poder dar lugar a la formación de cuerpos fructíferos se debe eliminar la bolsa de polipapel y proporcionar luz. Para la determinación de la eficiencia biológica, se recomienda tomar solamente las dos primeras cosechas, debido a que las demás proporcionan cuerpos fructíferos de menor tamaño.

La ventilación elimina el CO<sub>2</sub> generado por la respiración del hongo y renueva el aire oxigenado. Si la ventilación es deficiente se tienen problemas en el crecimiento del hongo. Por ejemplo, si la ventilación es insuficiente se acumula CO<sub>2</sub>, y si es demasiada ventilación se seca el sustrato (17).

En cuanto a la humedad relativa, se recomienda hacer riegos por medio de pulverización o nebulización al ambiente. Abajo de la humedad relativa indicada, será problema para la formación de carpóforos (17).

Para cosechar, se debe de esperar que los carpóforos lleguen al mayor tamaño posible sin que el borde del sombrero o pileo empiece a enraizarse, se deben de cortar en la base del pie con un cuchillo o bisturí estéril (17).

### 3.1.13 LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) COMO SUSTRATO DE *Pleurotus ostreatus*

#### Ventajas del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre rastrojos

Para considerar la importancia que pueden tener en la naturaleza y la posibilidad de un mejor aprovechamiento energético de los residuos de cultivos agrícolas que generalmente se desperdician, se pueden analizar diversos factores y observar, por ejemplo, que sólo una porción de la materia orgánica proveniente de los cultivos es utilizada como alimento en forma de cereales, fruta, semillas, verduras, etc., mientras que se desperdician las hojas, tallos, y demás estructuras, que pueden ser utilizados en la producción de hongos comestibles, tipo *Pleurotus ostreatus*.

En todo el mundo, millones de toneladas de pulpa de café se producen cada año (representando aproximadamente el 29 por ciento del peso seco del grano); un mal manejo de estos desechos puede significar contaminación en ríos e insalubridad en las áreas donde se cultiva.

La pulpa de café presenta la posibilidad de poder conservarla seca, es un sustrato que se puede utilizar durante todo el año para la producción de hongos, pudiéndose mezclar con pajas. La pulpa de café puede ser utilizada en fresco, pero se recomienda fermentarla durante 5 días, apilándola en cantidades de 1 metro de diámetro y 50 a 60 centímetros de altura, y tapándola con un plástico, se debe de voltear diariamente. Con la pulpa fermentada se pueden alcanzar rendimientos biológicos bastante altos. La pulpa también puede ser deshidratada al sol inmediatamente después de sacarla del pulpero (hasta un 8 por ciento de humedad). Pudiéndola conservar de esta forma hasta 2 años (2).

Para usar la pulpa que se ha secado, se sumerge durante 1 hora para hidratarla y se pasteuriza después durante 40 minutos a una temperatura de 85 a 100 centígrados. La pulpa fermentada se coloca directamente a pasteurizar sin remojar (2).

La composición química de la pulpa de café es la fuente de los altos rendimientos en la producción del hongo. En el cuadro número 6, se muestran los porcentajes de los componentes de la pulpa de café:

Cuadro 6 Composición química de la pulpa de café (*Coffea arábica*)

Componente	Fresca (porcentaje)	Deshidratada (porcentaje)	Fermentada Naturalmente y Deshidratada (porcentaje)
Humedad	76.7	12.6	7.9
Materia Seca	23.3	87.4	92.1
Fibra Cruda	3.4	21.0	20.8
Proteína Cruda	2.1	11.2	10.7
Cenizas	1.5	8.3	8.8

Fuente: Bermúdez, RC *et al.* (1994) (3)

### 3.1.14 LA GRANZA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) COMO SUSTRATO DE *Pleurotus ostreatus*

En las regiones con fines de producción agrícola o crianza animal, es posible mejorar tanto la calidad de los suelos, como la alimentación de los animales rumiantes (bovinos, caprinos, etc.) mediante el uso adecuado de residuos de cosechas como arroz, yuca, frijol y maíz, que generalmente se desperdician en las fincas. De igual manera, se pueden mejorar esas dietas utilizando especies forrajeras como la caña, el matarratón, el gandul y otras leguminosas que son alimentos ricos en nutrientes y que a veces se intenta destruir en vez de conservar y aprovechar.

#### Residuos de cosecha

Son los materiales que quedan después de recoger el producto principal del cultivo. Y dentro de los más abundantes se encuentra la vaina de frijol, junto con otros cultivos de granos básicos. Los residuos de cosecha de frijol y guandul son hojas, vainas y tallos tiernos.

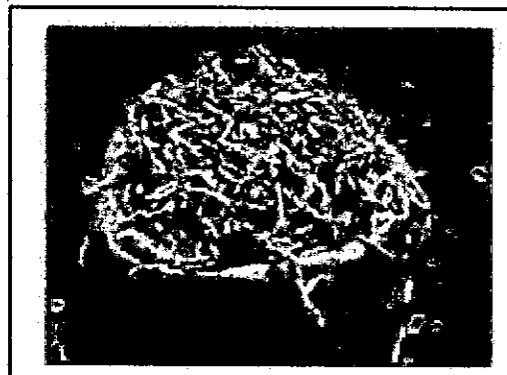


Figura 3 Residuos de cosecha del frijol. Granza ó vainas de frijol.

### 3.1.15 EL PASTO JARAGUÁ (*Hyparrhenia rufa*) COMO SUSTRATO DE *Pleurotus*

#### *ostreatus*

Es una planta forrajera perenne de crecimiento erecto-amacollado, introducida a Guatemala desde África Tropical; posee tallos glabros, erectos, de color amarillo, que crecen hasta 2.5 metros; las hojas son lineales de 35 a 60 centímetros de largo y 2 a 8 milímetros de ancho, con bordes escabrosos y un color púrpura en la punta; la inflorescencia es una panícula racimosa con las ramificaciones en los bordes de las hojas, produciendo abundante cantidad de semilla con buen porcentaje de germinación (22).

Su hábitat son las laderas pedregosas de clima cálido y lugares abiertos hasta los 1400 metros de altitud, temperaturas entre 20 y 30° C, resiste las sequías, el fuego y el pastoreo intensivo; se adapta a todo tipo de suelo y no es muy exigente en cuanto a la preparación del terreno para la siembra, siendo suficiente únicamente una pequeña quema para dejar el área lista para la siembra. Se necesitan de 15 a 20 kilogramos de semilla por hectárea, la cual debe mezclarse con arena u otro ingrediente inactivo y se distribuye al voleo cuando inician las lluvias, no debiendo pastorearse antes que la plantación complete su ciclo con la producción de semilla (22).

Se usa básicamente para pastoreo, aunque también produce heno de buena calidad cuando se corta al haber alcanzado una altura entre 0.8 y 1 metro; las quemas bianuales al inicio de las lluvias permiten controlar las garrapatas y malas hierbas, además de producir rebrotes vigorosos y succulentos. Para su mejor aprovechamiento debe dársele períodos de recuperación entre 25 y 30 días, evitando que lignifique mucho y sea rechazado por los animales (22).

Responde bien a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, obteniéndose producciones hasta de 41 toneladas de materia verde por hectárea por año, con valores entre 6 y 8.5 por ciento de proteína cruda y 56 por ciento de digestibilidad de la materia seca (22).

### 3.1.16 PLAGAS Y ENFERMEDADES PRESENTES EN EL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*.

#### 3.1.16.1 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* (27).

##### 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*.

Para el control de colémbolos y de dípteros se recomiendan medidas preventivas como colocación de filtros junto a los ventiladores, eliminación de residuos, tratamiento técnico de los sustratos para eliminar huevos y larvas, etc., también pueden emplearse distintos insecticidas: diazinón o malatión en polvo mezclados con el sustrato, nebulizaciones con endosulfán o diclorvos, etc. (27)

### 3.1.16.2 ENFERMEDADES.

**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 parduscos, y se acelera su descomposición. Puede atacar a las setas recolectadas.

Esta enfermedad aparece con humedad excesiva, el calor y la escasa ventilación. Para su control se deben de cubrir las zonas afectadas con cal viva en polvo, sal, formalina con una concentración de 2 por ciento o soluciones de benomyl. También se puede emplear zineb, mancozeb o thiabendazol (23).

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

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

Para su control se aconseja procurar evitar el exceso de humedad, la adición de sustancias nitrogenadas y el calor. Se puede añadir hipoclorito sódico al agua de riego, solución de formalina al 0.2-0.3 por ciento, formol u otros productos (23).

## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO

Desde la obtención del micelio a partir de un carpóforo hasta la fase de inoculación se realizó en los laboratorios de química de la Subárea de Ciencias Químicas, de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y la fase de fructificación y cosecha se realizó bajo invernadero, ubicado dentro de la misma universidad, situada en la zona 12 del municipio de Guatemala. Localizada geográficamente en las coordenadas: 14°35'11" de latitud norte y 90°35'58" de longitud oeste y a una elevación aproximada de 1502 msnm. Pudiendo llegar a la misma por medio de la ruta departamental 14 en el desvío hacia la Avenida Petapa a unos cuantos kilómetros al sur del Trébol (16). Se registró una humedad relativa del 80-85 por ciento y una temperatura máxima de 26°C y una mínima de 15°C, una evaporación tanque de 3.3 milímetros (16).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General

- Evaluar la eficiencia biológica de la granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y el pasto jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) al ser utilizados como sustratos obtenidos de la región, en una planta productora artesanal de *Pleurotus ostreatus* ECS 110, en el municipio de San Pedro Pinula, Jalapa.

### 4.2 Específicos

- Cuantificar la eficiencia biológica del pasto jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), para ser utilizado como sustrato de *Pleurotus ostreatus*.
- Cuantificar la eficiencia biológica de la granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*), para ser utilizado como sustrato de *Pleurotus ostreatus*.
- Sugerir, con base en las eficiencias biológicas obtenidas por el hongo *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos, la utilización o no de alguno o ambos para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

## 5. HIPÓTESIS

La granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y el pasto jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) presentarán eficiencias biológicas aceptables (igual o mayor al 100 por ciento) al ser utilizadas como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

Como sustratos fueron utilizados:

- Granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*); y
- Pasto Jaraguá (*Hyparrhenia rufa*)
- Pulpa de café (*Coffea arábica*), utilizada como testigo.
- Cepa de *Pleurotus ostreatus* ECS 110, para la siembra.

### 6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la evaluación de los diferentes sustratos citados anteriormente, para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, se utilizó el diseño completamente al azar, con 4 tratamientos y 5 repeticiones, para así tener un total de 20 unidades experimentales. Se optó por tal diseño, debido a que se hizo dentro de un invernadero, en el cual no hubo necesidad del control local, debido a que el ambiente experimental fue homogéneo, y los tratamientos se asignaron a las unidades experimentales mediante una aleatorización completa, sin ninguna restricción. El modelo se describe a continuación.

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

Donde:

$i = 1, 2, \dots, k$  tratamientos

$j = 1, 2, \dots, n$  repeticiones

$Y_{ij}$  = Eficiencia biológica

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Error aleatorio asociado a la  $j$ -ésima repetición en el tratamiento  $i$ -ésimo

### 6.3 TRATAMIENTOS

En el cuadro siguiente se detallan los tratamientos y distribución de las unidades experimentales.

Cuadro 7 Composición de los tratamiento

No.	Descripción	Código
1	Granza de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	A
2	Jaraguá ( <i>Hyparrhenia rufa</i> )	B
3	Mezcla de vaina de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ); y Jaraguá ( <i>Hyparrhenia rufa</i> ), en relación 1:1	C
4	Pulpa de café ( <i>Coffea arábica</i> )	D

Cuadro 8 Distribución aleatoria de las unidades experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	1	2	3	4	5
A	D	B	C	A	B
B	C	D	D	B	D
C	B	A	A	D	C
D	A	C	B	C	A

### 6.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Materiales utilizados:

- Agujas de disección
- Bisturí
- Asas de platino
- Cajas de petri
- Carpóforos frescos de *Pleurotus ostreatus*
- Bolsas de polietileno
- Equipo de asepsia (guantes, mascarilla, bata, alcohol)
- Cámara de flujo laminar
- Bolsas de polietileno
- Sustratos a utilizar: granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*); paso jaraguá (*Hyparrhenia rufa*); y pulpa de café (*Coffea arábica*).
- Semilla de sorgo

## 6.5 PROCEDIMIENTO Y MATERIALES UTILIZADOS

### 6.5.1 Elaboración de los medios de cultivo

- Se lavaron las cajas de petri y se esterilizaron en el autoclave, durante 20 minutos a 15 psi, colocando las cajas de petri envueltas en papel o bolsas. Posteriormente al esterilizado, se dejaron secar dentro de un horno a 80 °C durante 1 hora, luego dejó que alcanzaran la temperatura ambiente (ver figura 5A en anexos).
- Se hizo la mezcla de agua destilada y la cantidad adecuada del agar (48 gramos por litro) que se utilizó, dentro de un erlenmeyer y se esterilizó durante 20 minutos a 15 psi (ver figura 6A en anexos).
- Se colocaron todos los instrumentos a utilizar dentro de la campana de flujo laminar, se irradiaron con luz ultravioleta durante 10 minutos, y cuando estaba a punto de coagular el medio, se agregó dentro de las cajas de petri, las que finalmente se sellaron con papel parafilm (ver figura 7A en anexos).
- Las cajas de petri conteniendo la placa de agar se incubaron por 24 horas, con el fin de eliminar aquellas que presentaron contaminación bacteriana o fúngica (ver figura 8A en anexos).

### 6.5.2 Obtención del micelio

- Se trabajó en la campana de flujo laminar, ordenando todos los materiales a utilizar, irradiándolos dentro de la campana con la luz ultravioleta durante 10 minutos, previo a iniciar el trabajo.
- Se lavó y desinfectó el carpóforo en una solución de agua destilada conteniendo una baja concentración de cloro (ver figura 9A en anexos).
- El micelio se obtuvo de un carpóforo sano y fresco, extrayéndolo directamente del píleo, de forma aséptica. Con el bisturí se cortó el himenio paralelo al estípite y se tomó un trozo del tejido interno con ayuda de las pinzas.
- Se sembró el tejido obtenido del carpóforo en las cajas de petri que contenían el agar PDA.
- Se colocaron dentro de la incubadora a 27°C, hasta que el micelio cubrió todo el medio de cultivo (ver figura 10A en anexos).

### 6.5.3 Preparación del Inóculo Primario

- El grano de sorgo elegido se limpió e hidrató en agua limpia durante 15 horas, luego se destiló en un colador, colocándolo posteriormente sobre papel periódico, para eliminar el exceso de agua. Cuando el grano de sorgo alcanzó la humedad adecuada se pesaron porciones de 100 gramos, introduciéndolas en bolsas de polipapel.
- Las bolsas de polipapel que contenían el sorgo se esterilizaron a 121°C durante 15 minutos en el autoclave, y se dejó enfriar a temperatura ambiente; posteriormente se inoculó cada bolsa de sorgo, con aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> de micelio proveniente de las cajas de petri cultivadas anteriormente.
- Se colocaron todas las bolsas inoculadas dentro de la incubadora, y se utilizaron hasta que se colonizó completamente los granos de sorgo, proceso que duró aproximadamente cuatro semanas (ver figura 11A en anexos).

### 6.5.4 Preparación del Sustrato

- Los sustratos pasto jaraguá y granza de frijol se hidrataron durante 3 días, teniendo el cuidado de mantenerlos sumergidos dentro del agua; la pulpa de café se hidrató durante la noche anterior a la inoculación.
- Todos los sustratos se destilaron con un colador para eliminar el exceso de agua, luego se colocaron, separadamente en hojas de papel periódico para eliminar el exceso de humedad.
- Se introdujo dentro de cada una de las cinco bolsas de polipapel 200 gramos de pasto jaraguá hidratado. El procedimiento se repitió para la granza de frijol, la pulpa de café y la mezcla granza-pasto.
- Luego se esterilizaron las bolsas de los sustratos dentro del autoclave a 15 psi, durante 20 minutos, y se dejaron enfriar a temperatura ambiente (ver figura 12A en anexos).

### 6.5.5 Obtención del Porcentaje de Humedad

- Al mismo tiempo que se prepararon las bolsas de sustratos, se prepararon 10 muestras de cada sustrato y se colocaron en un horno a 70° C hasta que alcanzaron un peso constante. Esta etapa permitió determinar la cantidad promedio en gramos de cada sustrato seco.
- Se efectuaron los cálculos necesarios para poder obtener el porcentaje de humedad de cada uno de los sustratos, y finalmente utilizarlos para obtener la cantidad de materia seca de cada unidad experimental correspondiente a los 200 gramos en peso húmedo. Este dato permitió calcular posteriormente el porcentaje de eficiencia biológica.

### 6.5.6 Inoculación

- Las unidades experimentales de 200 g en peso húmedo se colocaron dentro de la campana de flujo laminar. Se desinfectó la superficie de la bolsa de cada unidad experimental con etanol al 95 por ciento y se dejó evaporar el etanol.
- Dentro de la campana de flujo laminar, se agregó el inóculo, en una tasa de inoculación aproximada del 2 por ciento (2 por ciento de peso del inóculo primario con respecto al peso total del sustrato hidratado) en porciones alternas de semilla sustrato (21).
- Las bolsas se cerraron con un nudo sencillo eliminando previamente el aire del interior de la bolsa.

### 6.5.7 Incubación

- Las bolsas preparadas anteriormente se apilaron y se colocan en un ambiente oscuro, asegurando que no pudiesen ingresar insectos al lugar de incubación.
- Las bolsas se almacenaron a una temperatura de 24 a 28 centígrados durante 17 días y bajo las condiciones que indican el cuadro número 4.
- Al tercer día después de la siembra, cada una de las bolsas fue perforada en su superficie a razón de un número aproximado de 80 agujeros.
- La incubación terminó cuando el crecimiento micelial cubrió todo el sustrato, observándose una superficie blanco-algodonosa (ver figuras 13A, 14A, 15A en anexos).

### 6.5.8 Fructificación

- En cada uno de los tratamientos se eliminó la bolsa que recubrió el sustrato con el micelio durante las etapas anteriores.
- Las distintas unidades de cada uno de los tratamientos se colocaron dentro de cajones de madera, divididos en cuadrados de aproximadamente 40 x 80 cm. Los cajones estuvieron ubicados dentro de un invernadero, donde se contó con una ventilación adecuada, baja concentración de CO<sub>2</sub>, luminosidad (adecuada: 150-200 lux, que en la práctica se establece como la cantidad de luz que permite la lectura de material impreso, sin esfuerzo). (ver figura 16A en anexos).
- La cosecha se inició al quinto día, al alcanzar el grado de madurez necesario, posterior al apareamiento de los primordios (ver figura 17A en anexos).
- Se cuantificó la masa de cada una de las unidades experimentales de los cuatro tratamientos.
- Se obtuvo la eficiencia biológica de cada una de las unidades experimentales de los cuatro tratamientos (ver figuras 18A, 19A en anexos).

## **6.6 VARIABLES EN ESTUDIO**

### **6.6.1 Eficiencia biológica**

Con el objetivo de poder obtener la eficiencia biológica en cada uno de los tratamientos se midieron al final de cada cosecha, las siguientes variables cuantitativas:

➤ **Masa en gramos de hongos frescos**

En el momento que los carpóforos alcanzaron su madurez, suceso que en la práctica se observó en el momento en que los bordes de los carpóforos comenzaron a rizarse, se cosecharon, cortando cada carpóforo desde la base del estípite sin dañar la superficie el sustrato-pastel y se determinó inmediatamente la masa, en cada uno de los especímenes de los distintos tratamientos.

### **6.6.2 Período Productivo**

Se cuantificaron los días transcurridos desde la inoculación del sustrato hasta la segunda cosecha de los carpóforos, para cada una de las unidades de todos los tratamientos.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento utilizado para la producción de carpóforos de *Pleurotus ostreatus* se efectuó en 84 días, lapso que incluyó las etapas de inoculación, incubación y hasta la obtención de la segunda cosecha. A continuación se detallan la cantidad de días que se ocuparon para cada una de las fases:

Cuadro 9 Duración en días de cada fase para la producción de carpóforos de *Pleurotus ostreatus*

Fase	Duración (en días)
Obtención del micelio	14
Preparación del inóculo primario	28
Incubación	17
Fructificación	25
Total	84

A continuación se detallan todos los resultados obtenidos de la investigación y el análisis de las dos variables de respuesta.

Previo a obtener los porcentajes de eficiencias biológicas, se obtuvieron las cantidades de materia seca que contenían las unidades experimentales en los distintos sustratos y sus combinaciones respectivas. El cuadro número 10 muestra los porcentajes de humedad y la materia seca que contenían las mismas:

Cuadro 10 Porcentajes de humedad y contenido de materia seca de los sustratos evaluados

	Cantidad utilizada por unidad experimental, en gramos (g)	Porcentaje de humedad (%)	Cantidad de materia seca, en gramos (g)
Granza de frijol	200	71.50	56.98
Pasto jaraguá	200	75.74	48.52
Mezcla granza:pasto relación 1:1	200	73.62	52.75
Pulpa	200	65.84	68.32

### 7.1 Cuantificación de Producción de Carpóforos y Eficiencia biológica

Para poder obtener la eficiencia biológica, se cortaron todos los carpóforos que alcanzaron su madurez (antes de iniciar la esporulación), cuantificando la cantidad en gramos de los carpóforos frescos obtenidos. Se obtuvo la mayor cantidad de biomasa de la producción total, en la primera cosecha, distribuida de la siguiente manera: 299.9 gramos de 371.5 gramos totales en la granza de frijol, 257.38 gramos de 278.97 gramos totales en el pasto jaraguá, 318.33 gramos de 334.68 gramos totales en la

mezcla de granza de frijol y pasto jaraguá relación 1:1, contrastando con 292.13 gramos de 476.59 gramos totales en la pulpa de café. La figura 10 muestra el resumen de los pesos obtenidos, en gramos, de los datos anteriores:

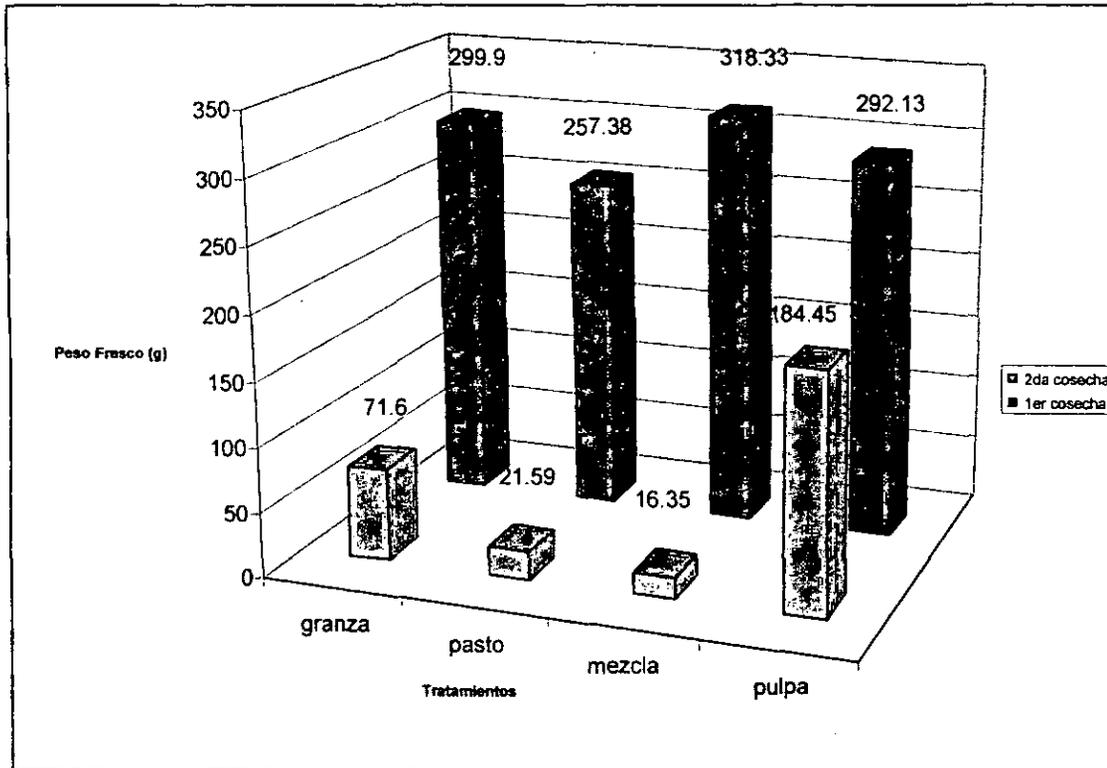


Figura 4 Distribución de la producción de *Pleurotus ostreatus* (en gramos) en dos cosechas obtenidas, en cada uno de los sustratos evaluados

Los sustratos pasto jaraguá, granza de frijol y su respectiva mezcla, muestran un marcado decremento en cuanto a la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, de la primera a la segunda cosecha, por lo cual no se esperó una tercera cosecha. El comportamiento en la pulpa de café es marcadamente diferente pues el porcentaje de producción en la segunda cosecha baja aproximadamente en un 22.8 por ciento de la producción total, comparado con más del 50 por ciento que decrece en los otros sustratos.

La cantidad de gramos obtenidos en cada uno de los tratamientos es de suma importancia para poder realizar los cálculos matemáticos necesarios que proporcionaron el porcentaje de eficiencia biológica y del período productivo.

Con el peso fresco de los carpóforos (Apéndice 1) por unidad experimental y el peso seco de cada uno de los sustratos se determinaron las eficiencias biológicas de los sustratos, las cuales se presentan en el cuadro número 11:

Cuadro 11 Porcentajes de eficiencias biológicas de cada uno de los tratamientos

		Tratamiento			
		Granza	Pasto	Mezcla	Pulpa
Repetición	1	136.0302	110.10	128.76	144.394
	2	130.695	117.11	134.65	136.7974
	3	126.5532	120.28	126.52	133.5919
	4	124.9035	116.92	124.23	152.6054
	5	133.8013	110.55	120.30	130.1961
Media		130.3966	114.99	126.89	139.517

La pulpa de café es utilizada como comparador debido a las más altas eficiencias biológicas obtenidas, por ejemplo de 175.8 por ciento utilizando pulpa fermentada durante cinco días, de 170 por ciento (3) y otra reportada, de 159.9 por ciento, según José Sánchez y Daniel Royse (3).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, el comparador proporcionó 139.5 por ciento de eficiencia biológica y no fue superado por ninguno de los tratamientos, siendo el más cercano la granza de frijol, seguido de la mezcla y el pasto jaraguá finalmente, con un 130.4, 126.9 y 114.99 por ciento de eficiencia biológica, respectivamente. De acuerdo a lo establecido por Salmones *et al.* (25), todos los tratamientos son recomendados, debido a que la calidad productiva de un sustrato se acepta a partir de eficiencias biológicas iguales o superiores al 100 por ciento y porque, se acercan a la eficiencia biológica contenida en el testigo, la pulpa de café.

Después de haber realizado el análisis de varianza (Apéndice 2), se observó que había diferencia significativa dentro de los tratamientos (3.238867 es mayor que 0.000116), por lo que se realizó el análisis post ANDEVA, y la comparación de medias según el criterio de Tukey (Apéndice 3), el cual identificó 3 grupos, a saber, el grupo A, la pulpa de café, el grupo B, la granza de frijol y la mezcla (relación 1:1), y finalmente como grupo C, el pasto jaraguá.

La información anterior indica que los tratamientos con sustratos de granza de frijol (130.4 por ciento de eficiencia biológica), mezcla (126.89 por ciento de eficiencia biológica) y el pasto jaraguá (114.99 por ciento de eficiencia biológica) obtuvieron una eficiencia más baja a la pulpa de café (139.52 por ciento de eficiencia biológica), sustrato que se tuvo como comparador; pero recomendando así los 2 primeros tratamientos como convenientes para su utilización en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, pues la granza de frijol y la mezcla no mostraron diferencia significativa entre ellas, ubicándose ambas en un mismo grupo de acuerdo a la diferencia de medias de Tukey, inmediatamente después de la pulpa de café.

Finalmente, el coeficiente de variación de 4.81 señala que el experimento muestra una elevada precisión, lo que sugiere un error experimental bajo y que está constituido por la variación que no fue posible controlar en el experimento.

## 7.2 Período productivo

El período productivo comprendió desde la inoculación hasta la obtención de la segunda cosecha. El período de incubación fue de 17 días para todas las unidades experimentales, el de fructificación varió en pocos días, en cada una de las unidades experimentales, siendo el menor de 20 días y el mayor de 25 días. Habiendo obtenido el período productivo (media) más alto para la mezcla que fue de aproximadamente 41 días, y el más bajo, para el pasto jaraguá de aproximadamente 38 días. El cuadro número 12 muestra el período productivo para cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

Cuadro 12 Períodos productivos para las unidades experimentales.

		Tratamiento			
		Pasto	granza	mezcla	Pulpa
Repetición	1	38	40	40	39
	2	37	42	41	39
	3	38	40	42	39
	4	38	39	42	40
	5	38	40	39	40
	media	37.8	40.2	40.8	39.4

Luego de obtener los resultados, se hizo un análisis de varianza (Apéndice 4), habiendo encontrado una diferencia significativa (3.238867 es mayor que 0.000612), con un coeficiente de variación de 2.33 por ciento, el cual es relativamente bajo e indica que la metodología presentó un error experimental permisible. Posteriormente en el análisis post ANDEVA, la comparación de medias según el criterio de Tukey (Apéndice 5), se observaron grupos con diferencia significativa, donde el mejor fue el pasto jaraguá (37.8 días) de acuerdo a su corto período productivo comparado con los demás. El segundo grupo lo conforma la pulpa de café (39.4 días), el tercer grupo lo conforma la granza de frijol, la cual puede ser tan buena como pulpa de café, y el último grupo lo conforma la mezcla, relación 1:1 (40.8 días). La diferencia entre el primer y último tratamiento, en cuanto al período productivo, fue de 3 días.

Debe hacerse una relación entre el periodo productivo y la eficiencia biológica, debido que lo ideal es que un sustrato presente elevada eficiencia biológica y un corto período productivo. En el presente caso, todos los sustratos presentaron un mismo período de incubación y relativamente pequeñas diferencias de tiempo en la fructificación y debe aclararse que, aunque estadísticamente en estos lapsos existen diferencias significativas, en la realidad, se considera que un período de 3 días no es determinante en la producción de este hongo.

Para fines de producción en una planta artesanal como la que se desea implementar, puede utilizarse la mezcla pasto jaraguá-granza de frijol sin mayores problemas, pues aunque en este tratamiento se observa un mayor período productivo, éste es compensado por una alta eficiencia biológica, no viéndose afectada la producción.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 Las eficiencias biológicas obtenidas en la granza de frijol, mezcla granza-pasto y pasto jaraguá fueron superiores al 100 por ciento mínimo, pero no superaron al comparador, pulpa de café que fue de 139.52 por ciento.
- 8.2 El menor período productivo fue obtenido en el pasto jaraguá (37.8 días), seguido de la pulpa de café (39.4 días) y la granza de frijol (40.2 días). Siendo la mezcla la que tuvo el mayor período productivo, con 40.8 días.
- 8.3 Los tratamientos pasto jaraguá, granza de frijol y su mezcla en relación 1:1, pueden utilizarse en la planta productora artesanal, pues todos superan el mínimo de eficiencia biológica requerida y en un tiempo de producción aceptable.
- 8.4 La adición de granza al pasto jaraguá provocó un incremento del 11.9 por ciento de la eficiencia biológica.

## 9. RECOMENDACIONES

En las regiones donde se cultiva el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales, similares a las del presente estudio y en circunstancias de disponibilidad de los sustratos estudiados, se recomienda utilizar como sustratos la granza de frijol y la mezcla con pasto jaraguá en relación 1:1, para la producción de carpóforos de la cepa ECS 110.

Debido a que se conoce que la granza de frijol produce la mayor eficiencia biológica, y el pasto jaraguá el menor período productivo, evaluar la combinación de ambos en distintas proporciones, para explorar si se puede lograr un mayor porcentaje de producción.

Estudiar el efecto que pueda producir la granza sobre otros sustratos abundantes en las regiones productoras de *Pleurotus ostreatus*, con el objetivo de determinar un probable incremento de la eficiencia biológica, comparándola con las obtenidas con los sustratos sin mezclar.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Ardón López, CE. 2004. Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda momosaefolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 91 p.
2. Bahukhandi, D; Murijal, RH; *et al.* 1989. Cultivation of *Pleurotus* species on different agricultural residues. Indian Phytopath. 42:492-495.
3. Bermúdez, RC; Traba, J; Verdecia, M; Gross, P. 1994. Producción de *Pleurotus sp.* Cfr. florida sobre residuales de la agroindustria cafetalera en Cuba. Micología Neotropical Aplicada. 7:47-50.
4. Cardona Urrea, LF. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (en línea). Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Crónica Forestal y del Medio Ambiente 16(6):99-119. Consultado 21 jul 2004. Disponible en <http://www.colforest.com.co/revista/vol116/Articulo6FernandoCardona.pdf>
5. CIES (Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, MX). 1993. Producción de hongos comestibles. Comp. por José Sánchez. Tapachula, México. p. 8-74.
6. Cooperativa Agrícola El Bosque, Jalapa, GT. 2000. Producción de hongos comestibles del género *Pleurotus*, para comercialización y consumo familiar. San Pedro Pinula, Jalapa, Guatemala. 12 p.
7. Cooperativa Agrícola El Recuerdo, Jalapa, GT. 1997-1998. Diagnóstico rural participativo. San Pedro Pinula, Jalapa, Guatemala. s. p.
8. CORPOICA (Centro de Investigación Turipaná, CO). 2006. Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Colombia. 24 p.
9. Duque, J. 1999. ¿Cómo se cultiva el champiñón ostra? (en línea). Chile. Consultado 13 abr 2000. Disponible en <http://geocities.com/RainForest/Andes/1930/cultivo.html>
10. García Ramos, DA. 2000. Producción de *Pleurotus ostreatus* ECS 110 utilizando como sustratos los mantillos de *Quercus acatenangensis* (encino); *Enterolobium cyclocarpum* (conacaste) y *Liquidambar sayraciflua* (liquidambar). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 46 p.
11. García Rollán, M. 1982. Cultivo industrial de *Pleurotus ostreatus*. Madrid, España, Pesca y Alimentación. Hojas Divulgadoras no. 11/82, 16 p.
12. Girón de León, DF. 2000. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana (*Elaeis guineensis Jacq.*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 53 p.
13. Gutiérrez, I. 1989. Introducción, importancia, características generales y clasificación de los hongos. Habana, Cuba, ICIDCA. 43 p.
14. Hagimoto, H; Konishi, M. 1960. Studies on the growth of fruitbodies of fungi, existence of a hormone active to the growth of fruitbody in *Agaricus bisporus* (Lange). Sing. Bot. Mag. 73:283-287.

15. Hennebet, GL; Tslanyangu, K; Van Nievwenhuysen, G; Baert, W. 1990. Potencial for the cultivation of *Pleurotus* species in Central Africa: substrates, yield and nutritional quality. Belgique, Mycothèque de l'Université Catholique de Louvain-la-Neuve. p. 719-728
16. INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2007. Tarjetas de registros climáticos de la estación central del INSIVUMEH, de los años de 1937 a 1990. Guatemala. s.p.
17. Kamra, DN; Zadrazil, F. 1986. Influence of gaseous phase, light and substrate pretreatment on fruitbody formation, ligning degradation and *in vitro* digestibility of wheat straw fermented with *Pleurotus* spp. Agric. Wastes. 18:1-17.
18. Lehninger, AL *et al.* 2001. Bioquímica: las bases moleculares de la estructura y función celular. 3 ed. Barcelona, España, Omega. 838 p.
19. López R, A. 1995. Cultivo de setas: alternativa alimenticia de la economía familiar (en línea). Veracruz, México, Universidad Veracruzana, Centro de Genética Forestal. Consultado 17 feb 2000. Disponible en <http://www.uv.mx/institutos/forest/hongos/setas.html>
20. Mamatha, BG. 1998. Análisis económico de la producción de hongos, marketing y exportaciones. Tesis Doctoral. Bangalora, India, UAS. s.p
21. Oei, P. 1991. Manual on mushroom cultivation. Netherlands, s.p. Tool Foundation.
22. Pineda Melgar, O. 1994. Plantas forrajeras más importantes, distribuidas en la república de Guatemala. Cobán, Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte. 113 p.
23. Quimio, TH *et al.* 1990. Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. Italy, FAO. p. 1-155. (Plant Production and Protection).
24. Rajarathman, S; Bano, Z. 1987. *Pleurotus ostreatus*: morphology, life cycle, taxonomy, breeding, and cultivation. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 26:157-223.
25. Salmenes, D; Gaytan, R; Pérez, R; Guzmán, G. 1997. Interacción entre crecimiento micelial y productividad (en línea). Bilbao, España. Revista Iberoamericana de Micología 14:173-176. Consultado 10 mar 2006. Disponible en <http://www.reviberoammicol.com/1997-14/17316.pdf>
26. Sánchez, JE *et al.* 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México. Limusa. p. 19-21, 170-179.
27. Sandhu, GS *et al.* 1994. Insect pests of cultivated mushrooms in India their management and control, advances in mushroom biotechnology. Jodhpur, India, M.C. Nair Edition. s.p.
28. Wood, M. 1996. Fungi of the San Francisco bay area: *Pleurotus ostreatus* (en línea). San Francisco, California, US. Consultado 16 mayo 2006. Disponible en <http://www.mykoweb.com>.



Yo Bo Rolando Barrios.

## 11. APÉNDICES

## APÉNDICE 1

Cuadro 13A Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, en dos cosecha obtenidas, en cada una de las unidades experimentales

		Cantidad de carpóforos en gramos	
		cosecha	
Tratamiento	Repetición	1	2
Pasto Jaraguá	1	46.65	6.77
	2	54.11	2.71
	3	54.88	3.48
	4	51.34	5.39
	5	50.4	3.24
Granza de frijol	1	64.91	12.6
	2	74.47	0
	3	52.01	20.1
	4	46.57	24.6
	5	61.94	14.3
Mezcla	1	63.71	4.21
	2	67.4	3.63
	3	66.74	0
	4	60.8	4.73
	5	59.68	3.78
Pulpa de café	1	58.07	40.58
	2	61.08	32.38
	3	52.60	38.67
	4	67.78	36.48
	5	52.60	36.35

## APÉNDICE 2

Cuadro 14A Análisis de varianza, estudio estadístico de los datos de eficiencias biológicas

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1544.073	3	514.6909	13.56621	0.000116	3.238867
Within Groups	607.0269	16	37.93918			
Total	2151.1	19				

C.V. = 4.81

alpha = 0.05

APÉNDICE 3

APÉNDICE 3

APÉNDICE 3

Cuadro 15A Comparación de medias según el criterio de Tukey, para la eficiencia biológica

Tratamiento	Media	Grupo
Pulpa de café	139.517	A
Granza de frijol	130.3966	B
Mezcla 1:1	126.89	B
Pasto Jaraguá	114.99	C

APÉNDICE 4

Cuadro 16A Análisis de varianza, estudio estadístico de los datos de periodo productivo

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	25.35	3	8.45	9.941176	0.000612	3.238867
Within Groups	13.6	16	0.85			
Total	38.95	19				

C. V. = 2.33      alpha = 0.05

APÉNDICE 5

Cuadro 17A Comparación de medias según el criterio de Tukey, para el Periodo Productivo

Tratamiento	Media	GRUPO
Pasto Jaraguá	37.8	A
Pulpa de café	39.4	B
Granza de frijol	40.2	BC
Mezcla 1:1	40.8	C

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

## APÉNDICE 6



Figura 5A Autoclave con cajas de petri

## APÉNDICE 7

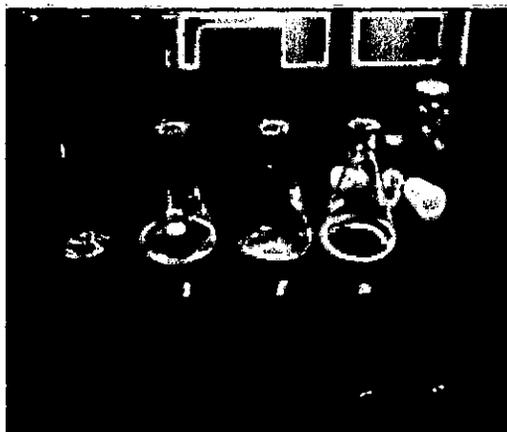


Figura 6A Erlenmeyer con agua destilada y agar

## APÉNDICE 8

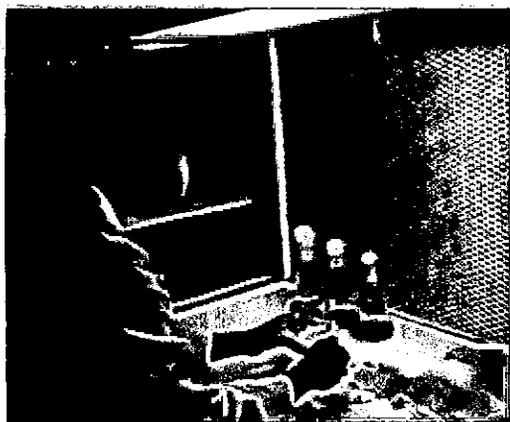


Figura 7A Preparación del área de trabajo

## APÉNDICE 9



Figura 8A Medios de cultivo en cajas de petri

## APÉNDICE 10

Figura 9A Carpóforo de *Pleurotus ostreatus* utilizado para la obtención del micelio

## APÉNDICE 11



Figura 10A Caja de petri cubierta por el micelio

## APÉNDICE 12

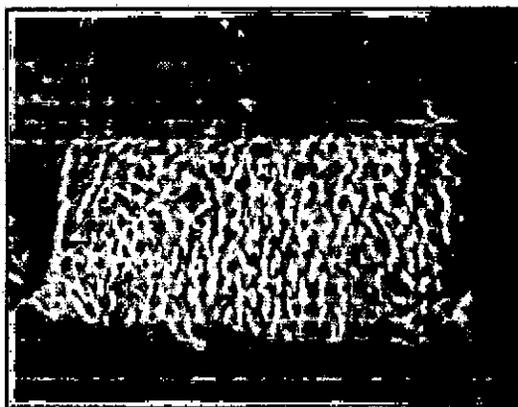


Figura 11A Bolsas de maicillo colonizado  
con *Pleurotus ostreatus*

## APÉNDICE 13



Figura 12A Esterilización de los sustratos

## APÉNDICE 14



Figura 13A Sustrato, pasto jaraguá,  
colonizado por el micelio  
del hongo *Pleurotus ostreatus*

## APÉNDICE 15



Figura 14A Sustrato, granza de frijol,  
colonizado por el micelio  
del hongo *Pleurotus ostreatus*

## APÉNDICE 16



Figura 15A Sustrato, mezcla granza de frijol : pasto  
jaraguá, colonizado por el micelio del  
hongo *Pleurotus ostreatus*

APÉNDICE 12



Figura 12.7. Aspecto de la colonia de *Pleurotus ostreatus* en el medio de cultivo.

APÉNDICE 14



Figura 14.7. Aspecto de la colonia de *Pleurotus ostreatus* en el medio de cultivo.

APÉNDICE 16

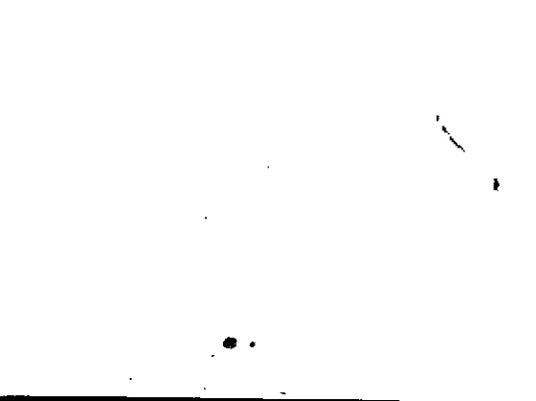


Figura 16.7. Aspecto de la colonia de *Pleurotus ostreatus* en el medio de cultivo.

APÉNDICE 13

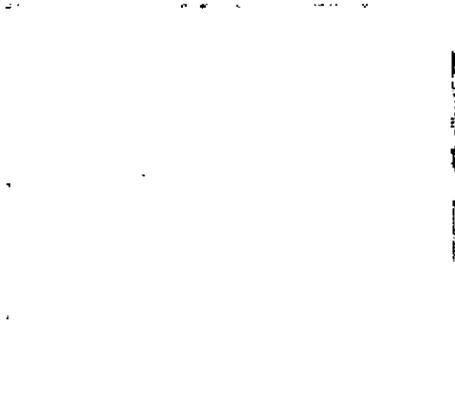


Figura 13.7. Aspecto de la colonia de *Pleurotus ostreatus* en el medio de cultivo.

APÉNDICE 15



Figura 15.7. Aspecto de la colonia de *Pleurotus ostreatus* en el medio de cultivo.

del hongo *Pleurotus ostreatus* colonizado por el micelio.

Figura 17.7. Aspecto de la colonia de *Pleurotus ostreatus* en el medio de cultivo.

del hongo *Pleurotus ostreatus* colonizado por el micelio.

## APÉNDICE 17

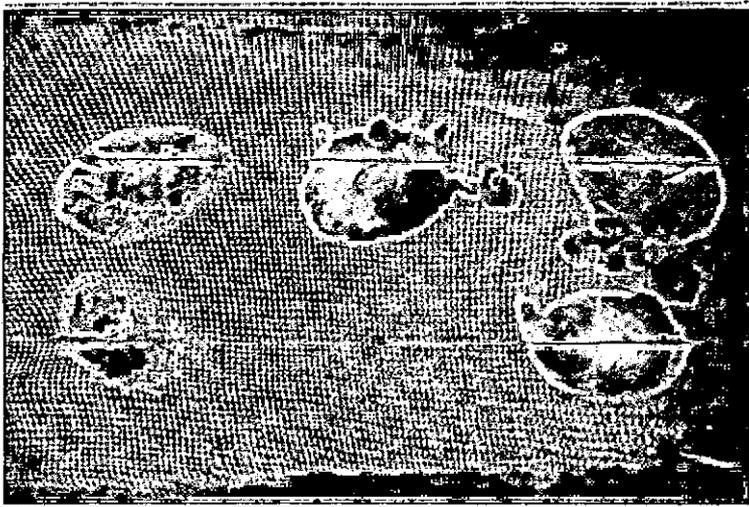


Figura 16A Unidades experimentales con cuerpos fructíferos, en cajones de madera

## APÉNDICE 18

Figura 17A Observación de cuerpos fructíferos,  
listos para ser cosechados

## APÉNDICE 19

Figura 18A Cosecha de carpóforos,  
del sustrato granza de frijol

## APÉNDICE 20

Figura 19A  
Cosecha de carpóforos,  
con bisturí

APÉNDICE IV

Figura 17A. (Observación de cuerpos fructíferos en cajas de madera)

APÉNDICE 18

APÉNDICE 19

Figura 18A. (Observación de cuerpos fructíferos del sustrato granos de trigo)

APÉNDICE 20

Figura 19A  
Cosecha de carpóforos  
con...



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS  
 Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 4/2009

LA TESIS TITULADA:

"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA GRANZA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) Y EL PASTO JARAGUÁ (*Hyparrhenia rufa*) AL SER UTILIZADOS COMO SUSTRATOS, EN UNA PLANTA PRODUCTORA ARTESANAL DE *pleurotus ostreatus* ECS 110, EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO PINULA, JALAPA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

HEBERTO ANTONIO RODAS GAITAN

CARNE:

200110919

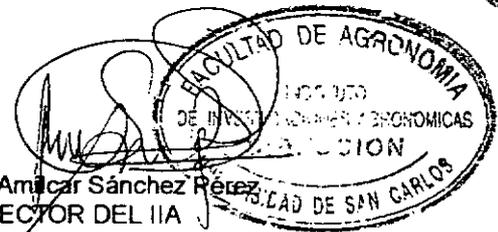
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Dr. David Monterroso Salvatierra  
 Ing. Agr. Ramiro López

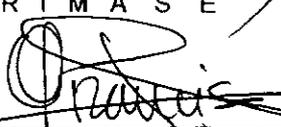
El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
 Lic. Romeo Alfonso Pérez Morales  
 ASESOR

  
 MSc. Gregorio Amílcar Sánchez Pérez  
 DIRECTOR DEL IIA



IMPRIMASE

  
 Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez  
 DECANO

GASP/nm  
 c.c. Archivo  
 IIA  
 Control Académico

11