

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

**COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN DE INÓCULO PRIMARIO DEL
HONGO COMESTIBLE Pleurotus ostreatus cepa ECS 0110, EN CINCO GRANOS.**

TESIS

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

POR

ALFREDO ALDANA MARTÍNEZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, octubre del 2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO:	Prof. JACOBO BOLVITO RAMOS
VOCAL QUINTO:	Br. JOSE BALDOMERO SANDOVAL ARRIAZA
SECRETARIO:	Ing. Agr. EDIL RENE RODRIGUEZ QUEZADA

Guatemala, octubre del 2000

Señores:

Honorable Junta Directiva
Honorable tribunal examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

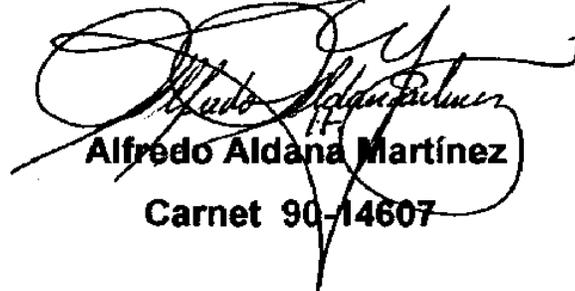
Honorables miembros:

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

COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN DE INÓCULO PRIMARIO DEL HONGO COMESTIBLE Pleurotus ostreatus cepa ECS 0110, EN CINCO GRANOS.

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

Atentamente



Alfredo Aldana Martínez
Carnet 90-14607

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: POR SER LA LUZ QUE GUIA MI VIDA

**MIS PADRES: MARIA ESTER MARTINEZ DE ALDANA
ALFREDO ALDANA MARTINEZ**

Como una mínima recompensa, por sus sacrificios realizados al ayudarme a cumplir las metas que me he propuesto en mi vida.....

Gracias por darme la existencia, el amor, la comprensión y el apoyo para enfrentar la vida... los quiero mucho

MI ABUELO: ANTONIO EFRAIN MARTINEZ SANDOVAL (Q.E.P.D.)

Por ser al igual de mi padre los dos seres más influyentes en mi vida, de enseñarme el amor a la naturaleza y la iniciativa de ser un profesional al servicio de ella y de mi patria.

Gracias abuelito por ser un hombre honorable e inculcarme esos valores y principios todos los momentos compartidos a tu lado...

MIS HERMANOS ANA PATRICIA, MAURICIO, EDITH Y LUIS ALFREDO

Por el cariño que siempre me han dado.

ANDRES ALONSO S.J.

Por sus consejos como sacerdote, amigo, su ayuda y colaboración incondicionales en todas las etapas de mi vida...lo admiro y le agradezco de corazón lo bueno que hemos compartido...gracias padre...

LOS SACERDOTES JESUITAS DEL COLEGIO LICEO JAVIER

Por darme la enseñanza espiritual, moral y académica que ha sido hasta hoy día el pilar mas fuerte de mi vida.

FAMILIA REINA QUIÑONEZ

Por brindarme siempre todo su apoyo y cariño, sus consejos y por haberme aceptado como un miembro más de la familia... gracias y los quiero mucho...

LUIS EMILIO CHAVEZ

Por su incondicional apoyo y solidaridad en momentos difíciles, especiales y felices que hemos compartido.

MIS AMIGOS

ROMEO PEREZ, LUIS REYES, ERNESTO CARRILLO (Q.E.P.D.), ELKA MANOLA, RITA CLAUDIA, NESTOR HERNANDEZ, JULIO MENDEZ, JUAN CARLOS RIOS...

LAS FAMILIAS

OVALLE, CARDONA, PAZOS, MARTINEZ, ALDANA, GONZALEZ, GUERRA Y HERRERA.

En agradecimiento de su apoyo incondicional en mi vida.

MIS COMPAÑEROS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA POR LOS MOMENTOS Y VIVENCIAS COMPARTIDAS A LO LARGO DE NUESTRA VIDA ESTUDIANTIL.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

MI PATRIA GUATEMALA

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS: Por ser el único camino firme y verdadero que como hombre hay que seguir.

MIS PADRES: LOS SERES MAS ESPECIALES QUE DIOS ME HA BRINDADO CON AMOR... MIS PADRES, PUES POR ELLOS DOY LO QUE TENGO... MI VIDA...
GRACIAS PAPA POR TUS CONSEJOS, CORRECCIONES, PUES SIN ELLAS NADA SERIA...
GRACIAS MAMA POR TU AMOR QUE LE DA A MI VIDA EL VALOR ESPIRITUAL Y HUMANO...

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

TODOS AQUELLOS BUENOS AMIGOS QUE SIEMPRE HAN ESTADO EN LOS MOMENTOS TRASCENDENTALES DE MI VIDA CON SU INCONDICIONAL APOYO.

AGRADECIMIENTOS

A:

Lic. ROMEO ALFONSO PEREZ MORALES

Ing. Agr. LUIS MANFREDO REYES

Por la asesoría y su incondicional apoyo en la ejecución de la investigación.

Lic. ARNOLDO REINA MERIDA

Por su asesoría profesional brindada en la realización y aprobación de este trabajo.

RENE VAQUÉZ Y VASQUEZ

Por el excelente trabajo en la impresión de este documento.

FACULTAD DE AGRONOMIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE NO HAYA NOMBRADO, PERO QUE CON SU CONSEJO, TRABAJO, EJEMPLO Y CARÍÑO; ME HAN MOTIVADO A LOGRAR UNA META DE MI VIDA.

INDICE:

RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
4. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1 MARCO CONCEPTUAL.....	5
4.1.1 Los hongos.....	5
4.1.2 Hongos macromicetos.....	6
A) El color.....	6
B) El pileo o sombrero.....	7
C) El estipite o tallo.....	7
D) La presencia y forma de la volva.....	7
E) Las estructuras que forman el himeneo.....	7
F) El color y sabor del hongo.....	7
4.1.3 Reproducción.....	9
4.1.4 Hongos comestibles.....	10
4.1.5 Valor nutritivo de los hongos comestibles.....	10
4.2 MARCO REFERENCIAL.....	14
4.2.1 Estudios realizados de <i>Pleurotus ostreatus</i> en Guatemala.....	14
4.2.2 Estudios realizados en otros países en cultivo e hongo ostra.....	15
4.2.3 Características de <i>Pleurotus ostreatus</i>	16
4.2.4 Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
A) Obtención del micelio o preparación de inóculo.....	18
B) Preparación del primario.....	19
C) Preparación del sustrato.....	20
D) Siembra e incubación.....	21
E) Fructificación:.....	22
a) fructificación bajo condiciones controladas.....	22
F) Sustratos utilizados para la producción de <i>Pleurotus</i> sp.....	24
a) Para la producción de inóculo.....	24
b) Para la fructificación.....	24
G) Contaminación, plagas y enfermedades.....	26
a) Contaminación.....	26
• causas.....	26
• efectos.....	26
• soluciones.....	26
b) Plagas.....	27
• soluciones.....	27

c) Enfermedades.....	27
• Bióticas.....	27
• Abióticas.....	27
5. OBJETIVOS.....	28
5.1 Objetivo general.....	28
5.2 Objetivos específicos.....	28
6. HIPOTESIS.....	28
7. METODOLOGIA.....	29
7.1 Lugar de trabajo.....	29
7.2 Recursos.....	29
7.2.1 Humanos.....	29
7.2.2 Físicos.....	29
A) Equipo de laboratorio.....	29
B) Cristalería.....	30
C) Materiales de oficina.....	30
D) Equipos varios.....	30
E) Materiales Organicos.....	30
I. Sorgo.....	31
II. Trigo.....	31
III. Arroz.....	31
IV. Maiz.....	31
V. Cebada.....	31
7.3 Diseño de la investigación.....	31
7.3.1 Análisis estadístico.....	31
7.3.2 Modelo estadístico.....	32
7.3.3 Tratamientos.....	32
7.3.4 Unidad experimental.....	32
7.3.5 Repeticiones.....	32
7.3.6 Area de experimentación.....	32
7.3.7 Base de datos para el análisis estadístico.....	33
7.4 Procedimiento.....	34

7.4.1 pasos.....	34
8. RESULTADOS.....	37
9. DISCUSION. ,.....	40
9.1 Crecimiento de inóculo primario de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el grano de sorgo (testigo).....	40
9.2 Crecimiento de inóculo primario de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el grano de maiz.....	40
9.3 Crecimiento de inóculo primario de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el grano de trigo.....	40
9.4 Crecimiento de inóculo primario de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el grano de arroz.....	41
9.5 Crecimiento de inóculo primario de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el grano de cebada.....	41
9.6 Diferencias significativas del grano de cebada.....	42
10. CONCLUSIONES.....	45
11. RECOMENDACIONES.....	46
12. BIBLIOGRAFIA.....	47
13. APENDICE.....	48

INDICE DE CUADROS:

CUADRO 1.	Principales hongos comestibles.....	11
CUADRO 2.	Comparación de algunas especies de hongos comestibles.....	12
CUADRO 3.	Condiciones para la producción comercial de <i>Pleurotus ostratus</i>	18
CUADRO 4.	Tratamientos identificados con su código.....	32
CUADRO 5.	Rangos de crecimiento micelial de <i>Pleurotus ostreatus</i> en la preparación de inóculo primario.....	33
CUADRO 6.	Resumen de las lecturas realizadas para cada grano con respecto a su media de rangos.....	37
CUADRO 7.	Resultado de análisis de varianza no paramétrico.....	39
CUADRO 8.	Costes de producción de inóculo primario de <i>Pleurotus ostreatus</i>	43
CUADRO 9.	Comparación de beneficios económicos en la utilización de ambos granos....	44
CUADRO 10A	Ordenamiento de la primera lectura, de acuerdo a cada grano y en función del rango.....	49
CUADRO 10B	Ordenamiento de la segunda lectura, de acuerdo a cada grano y en función del rango.....	50
CUADRO 10C	Ordenamiento de la tercera lectura, de acuerdo a cada grano y en función del rango.....	51
CUADRO 10D	Ordenamiento de la cuarta lectura, de acuerdo a cada grano y en función del rango.....	52
CUADRO 10E	Ordenamiento de la quinta lectura, de acuerdo a cada grano y en función del rango.....	53
CUADRO 10F	Tabulación de datos para el análisis estadístico y resultados del análisis no paramétrico.....	54

INDICE DE FIGURAS:

FIGURA 1. Crecimiento promedio de inóculo primario del hongo
Pleurotus ostreatus en cada grano comparado..... 38

COMPARACION DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCION DE INOCULO PRIMARIO DEL HONGO COMESTIBLE Pleurotus ostreatus cepa ECS 110, EN CINCO DIFERENTES GRANOS.

COMPARISON OF EDIBLE MUSHROOM Pleurotus ostreatus cepa ECS 110 PRODUCTION EFFICIENCY IN FIVE DIFFERENT GRAINS.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo radica en comparar la eficiencia de crecimiento en el inóculo primario del micelio de Pleurotus ostreatus (cepa ECS 0110) en cinco diferentes granos, para determinar si por lo menos uno de los estudiados proporciona rangos de rendimiento similares o superiores a los observados en el grano de sorgo. La investigación se realizó en los laboratorios de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía.

Los granos (sorgo, trigo, arroz, maíz y cebada), fueron comparados con un diseño completamente al azar. Cada tratamiento, de un total de cinco, fue sujeto a ocho pruebas. Se utilizó como testigo el grano de sorgo (maicillo).

Cada unidad experimental fue constituida por una bolsa de polipapel con 300 g de granos esterilizados e inoculados con el micelio del hongo. Fueron incubados durante 21 días a 28°C en completa oscuridad. Se realizaron cinco lecturas para observar el crecimiento del hongo y su estado sanitario.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis estadístico no paramétrico de Kruskal-Whallis, estableciéndose que el grano de cebada presentó mejores rangos de crecimiento y en menor tiempo que los demás, incluyendo al grano testigo.

A pesar que el grano de cebada tiene mayor precio, por la disminución del tiempo de crecimiento, es posible incrementar el número de ciclos de producción del hongo, que a la vez aumenta la rentabilidad del proceso en 34 por ciento.

Se recomienda el uso del grano de cebada como una alternativa al de sorgo (maicillo).

1. INTRODUCCION

En 1991 se reportó una producción aproximada de hongos comestibles de 4.3 toneladas, acumulada por más de 120 países (1), de la cual, el 38 por ciento corresponde al cultivo del champiñón. Debido a la popularización de su consumo, es de esperarse que la producción mundial se incremente.

Durante mucho tiempo fue ignorado el valor nutritivo de los hongos, sin embargo se reconoce, actualmente que, además de ser alimentos apreciados por paladares refinados, tienen alta calidad nutritiva y atributos medicinales, pues recientes investigaciones le han atribuido propiedades antitumoricas.

En los últimos años se han realizado numerosas investigaciones para desarrollar técnicas adecuadas para lograr un reciclaje rápido y rentable de la pulpa de café y minimizar de esta manera, el deterioro del medio ambiente en la zona cafetalera. Entre éstas, se tiene el cultivo de hongos del género *Pleurotus sp.*, debido a su habilidad para colonizar una amplia gama de residuos lignocelulósicos y de prosperar sobre un amplio rango de condiciones ambientales.

Los hongos de género *Pleurotus sp.*, son potentes agentes biológicos que convierten los residuos orgánicos no comestibles en alimentos de calidad y buen gusto para el ser humano, su producción es independiente del proceso de fotosíntesis y su eficiencia de conversión en proteína, por unidad de área y tiempo, es muy superior a las fuentes de proteína animal.

El sustrato pulpa de café ya degradado por el hongo, una vez terminada la cosecha, representa un material muy abundante y con una amplia gama de posibilidades de utilización, tales como: alimentación de ganado bovino, acondicionador de los suelos y sustrato para la producción de champiñón francés (*Agaricus bisporus*).

La producción de hongos del género *Pleurotus* sp. en el mundo, ha tenido un crecimiento vertiginoso en los últimos años y es el segundo género de hongos comestibles más cultivado en el mundo.

Otra posible aplicación del micelio de *Pleurotus* sp. es su utilización para controlar algunas especies de nemátodos y bacterias de los géneros *Agrobacterium* y *Pseudomonas*.

La presente investigación comparó cinco diferentes granos utilizados como sustratos para la producción de inóculo primario de *Pleurotus ostreatus* cepa ECS 110 con el propósito de obtener un grano que mejorara los resultados obtenidos en el grano de sorgo (maicillo).

Efectivamente el análisis estadístico estableció diferencias entre los granos comparados siendo el mejor de todos el grano de cebada. Este grano a pesar de que incrementa los costes de producción, tiene una rentabilidad comercial del 34 por ciento anual mayor que la que se obtiene en el grano de sorgo (maicillo).

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en Guatemala se desconoce el comportamiento de *Pleurotus ostreatus* en otros granos distintos al sorgo (maicillo), en el desarrollo del inóculo primario de este hongo, ignorándose si este proceso puede realizarse con mayor eficiencia, menor tiempo y coste de producción que el grano utilizado.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La búsqueda de soluciones a las dificultades alimenticias que enfrentan algunas poblaciones en el mundo, entre ellas Guatemala, hace que se mantenga vigente la investigación sobre la producción de alimentos de buena calidad nutricional, en corto plazo y bajo coste, con mayor razón si estos provienen del aprovechamiento de desechos agroindustriales (pulpa de café, la cáscara del aguacate, raquis, fibra y cuesco de palma africana, aserrín, pajas de granos, etc.).

No en todas las regiones de Guatemala es factible disponer del grano de sorgo (maicillo) durante todo el año, por lo que se hace necesario investigar el comportamiento de otros granos en la producción de inóculos primarios y secundarios de *Pleurotus ostreatus*.

Es por ello que la presente investigación pretende comparar la rapidez, rango de crecimiento y coste de producción de este hongo en cinco diferentes granos (sorgo, maíz, trigo, arroz y cebada), para establecer cual o cuales de éstos, igualan o mejoran el crecimiento micelial del hongo obtenido en el grano de sorgo (maicillo).

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

4.1.1 LOS HONGOS:

El reino de los hongos o reino Fungi conforma un enorme grupo independiente al de las plantas y el de los animales como lo hiciera ver Whittaker (1969) y recientemente Herrera y Ulloa (1990) citados por Lozano y Darwin (2, 4), en el cual pueden encontrarse variedades macroscópicas y microscópicas que comparten características semejantes.

Los mácromicetos pertenecen a una división conocida como hongos verdaderos. Se reproducen sexual y/o asexualmente, produciendo cuerpos fructíferos de diferentes colores formas y tamaños, los cuales pueden ser comestibles o no comestibles por su textura y consistencia, tóxicos y destructores de madera.

De acuerdo a su reproducción sexual, los hongos se agrupan en dos clases: Ascomycetes y Basidiomycetes, siendo esta última la más evolucionada y desarrollada, ya que los hongos que ésta comprende, producen sus esporas en estructuras conocidas como basidios, los cuales se encuentran en cuerpos fructíferos altamente organizados llamados basidiocarpos.

Los hongos se nutren a través de su pared celular. Tienen la capacidad de producir enzimas para degradar las moléculas de gran tamaño, como la celulosa o la quitina, que no pueden ser absorbidas hacia el interior de la célula.

En la actualidad, gracias a las características de su metabolismo, muchos hongos son utilizados industrialmente para la producción de diferentes productos como antibióticos, productos químicos, etc.(2, 4, 6).

4.1.2 HONGOS MACROMICETOS

Los hongos macroscópicos o macromicetos tienen la misma forma de crecimiento vegetativo en forma de hifas y micelio que los hongos microscópicos, sin embargo tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible, aéreo (carpóforo), que es propiamente lo que mucha gente identifica como "hongo". El cuerpo fructífero se compone de las siguientes partes: micelio primario, micelio secundario, pileo o sombrero, contexto o carne, estípite o tallo, el himeneo y las esporas, que pueden ser sexuales o asexuales(2, 3, 4).

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

De acuerdo a los criterios taxonómicos tradicionales, citados por Sánchez (6), las características muy variables para la identificación de un hongo, son:

- A) **El color.** Existen hongos de coloración roja, rosácea, café, blanca, etc. El color es una característica de suma importancia para la identificación de los hongos, ya que permite diferenciar especies.
- B) **El pileo o sombrero.** Puede encontrarse gran variedad de formas como: embudo, campanulado, plano, convexo, cilíndrico, giboso, etc., tener variaciones sobre sus márgenes: Pueden ser dentados, enrollados, levantados, etc. La textura del pileo puede presentar sensación de humedad, ser mucilaginoso, aceitoso, sedoso, tener

escamas, vellosidades, estrias, brillantez u ornamentaciones (cavidades, grietas, arrugas, espinas, etc.).

- C) El estípite o tallo.** Algunos hongos pueden no tener estípite. Cuando lo tienen puede estar ubicado justo abajo del centro del píleo, de manera lateral o excéntrica. Puede presentar rizoides. La forma y la textura del estípite varía, puede ser bulboso, torcido, rígido, liso, quebradizo, leñoso, flexible, correoso, etc.
- D) La presencia y forma de la volva en la base del tallo o de un anillo en la parte superior del mismo.**
- E) Las estructuras que forman el himeneo.** Las láminas (su forma, su tamaño, su densidad, la unión con el estípite), la presencia de dientes o poros.
- F) El color y el sabor del hongo.** Estas características son de importancia secundaria. Sin embargo ayudan a la configuración de algunas especies en particular. El olor puede ser agradable, imperceptible, nauseabundo, etc.

Desde el punto bioquímico y ecológico, la importancia de los hongos radica en el complejo sistema enzimático que poseen, el cual les permite, según la especie, degradar moléculas de alto peso molecular como la celulosa, la lignina, la quitina, los taninos, etc. Estas moléculas son normalmente difíciles de degradar in vitro, por vía química, enzimática o microbiana conocidas hasta ahora, sin embargo el sistema metabólico de estos hongos les permite degradar esos compuestos, de los que obtienen energía para sus procesos vitales y metabólicos para su nutrición (Kurtzman 1976, Galiatou et al 1990, Leal 1985, citados por Sánchez y Arriola)(1, 6).

Este tipo de macromicetos se encuentra normalmente en las formas vegetales y sus desechos. Su estructura química compleja les permite permanecer a la intemperie por largos períodos sin ser degradados o sufrir mayores transformaciones.

De allí la importancia de los macromicetos, ya que pueden revalorizar un desecho orgánico. A fin de cuentas, el fenómeno bioquímico de degradación se traduce en las células de los macromicetos al crecer y desarrollarse sobre sustratos que contienen esas macromoléculas produciendo proteínas, enzimas, etc., para satisfacer su propia necesidad de crecimiento y supervivencia. Estos compuestos de manufactura biológica de alto valor pueden ser aprovechados posteriormente. El estudio de estos organismos conduce, por lo tanto, al aprovechamiento eficaz del complejo sistema enzimático que poseen para fines alimenticios, médicos, industriales o ecológicos (2, 3, 4).

Algunos hongos pueden llegar a formar parte de asociaciones de tipo simbiótico con las células de la raíz de las plantas. A estas asociaciones se les conoce como micorrizas. También pueden dar origen a nuevos organismos al asociarse con algas: líquenes (1, 6).

Los hongos difieren de las plantas en que ellos requieren alimento elaborado, ya que son incapaces de elaborarlo ellos mismos. Utilizan como fuente de carbono la glucosa, sacarosa o maltosa, de la cual obtiene la energía necesaria para sintetizar sus proteínas. Requieren también de nitrógeno orgánico o inorgánico y varios elementos esenciales para el crecimiento. En el ámbito de laboratorio se ha determinado que necesitan C, O, H, N, P, Mg, S, B, Mn, Cu, Mo, Fe y Zn, para un buen desarrollo. Algunos hongos son capaces de sintetizar sus propias vitaminas para su crecimiento y reproducción, mientras que otros son incapaces de producir biotina y tiamina o ambos, en cuyo caso lo obtienen del sustrato donde crecen (2, 4, 6).

Los hongos pueden crecer entre los 0 y 36°C pero su óptimo crecimiento se presenta entre 20 y 30°C. En contraste con las bacterias, los hongos prefieren los medios ácidos para su crecimiento, con pH entre 5 y 6, aunque el óptimo para muchas especies no ha sido determinado.

La luz es requerida para su crecimiento, y en algunos casos es esencial para su fructificación, esporulación y/o dispersión de esporas.

4.1.3 REPRODUCCIÓN

La reproducción es la formación de nuevos individuos con características típicas de la especie. En el caso de los hongos hay dos tipos: la sexual y la asexual.

En esta última, también conocida como somática o vegetativa, no se involucra la fusión de núcleos ni formación de células u órganos sexuales; mientras que la sexual implica la fusión de núcleos.

En general la reproducción asexual juega un papel muy importante en la propagación de la especie debido a que produce un gran número de individuos y además porque se repite varias veces durante una misma estación, mientras que la sexual solo se produce una vez por año (1, 4).

De acuerdo con el concepto de asexualidad, los hongos pueden presentar cuatro tipos:

- A) Fragmentación del talo o cuerpo; en este caso cada fragmento da lugar a un nuevo individuo. Esta forma de reproducción es la más comúnmente empleada en el laboratorio para propagación de hongos;
- B) División de células somáticas en células hijas, esta forma es típica en el caso de levaduras;
- C) formación de esporas a partir de una célula somática (clamidospora) y
- D) Formación de esporas que se producen sobre hifas modificadas llamadas conidióforos.

4.1.4 HONGOS COMESTIBLES

El consumo de hongos comestibles desde épocas remotas se encuentra en tres regiones principales en el mundo, y son: el sudeste de Asia, Europa y América (Martínez Carrera, citados por Sánchez 1994). En Guatemala existen pocos estudios acerca del cultivo de los hongos comestibles, a pesar de la gran aceptación que tienen estos organismos entre la población rural y urbana, y la gran diversidad de especies en el medio silvestre (Hirata Ywasaky, citado por Sánchez, 1994). No existe una regla general para separar los hongos comestibles de aquellos que no lo son. Existen algunos mitos referentes al tratamiento adecuado para saber si un hongo se puede comer, lo que en realidad son falsos. Tan solo se sabe que existen alrededor de 200 especies de hongos comestibles a los que las comunidades campesinas tradicionales (indígenas) asignan nombres comunes específicos para diferenciarlos (Martínez Carrera, citado por Sánchez, 1994). El Cuadro 1 resume los principales hongos comestibles en México y Centroamérica (3).

4.1.5 VALOR NUTRITIVO DE LOS HONGOS COMESTIBLES

Tradicionalmente se ha considerado a los hongos como alimento de alta calidad, con sabor y textura apreciable y sobre todo de alto valor nutritivo. Actualmente, los hongos juegan un papel importante en la alimentación del hombre al igual que la carne, pescado, frutas y vegetales (Chang, 1989), citados por Lozano y Sánchez (4, 6).

El mayor interés en el valor nutritivo de los hongos es la cantidad y calidad de la proteína. El contenido de proteína en promedio es de 3.5 a 4 por ciento en peso fresco y de 30 a 50 por ciento en peso seco. En comparación con el contenido de proteínas de otros alimentos, el de los hongos es el doble que el de los vegetales (excepto chicharos y lentejas) y cuatro a doce veces mayor que las frutas, sin embargo, es inferior al de la

carne, pescado, huevo y lácteos (Manning & Chang, citados por Sánchez y Godoy 1994 y 1997).

CUADRO 1. Principales hongos comestibles

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	HABITAT
<u>Agaricus bisporus</u> <u>Campestri</u> <u>silvicola</u>	Champifón Llanero, blanco, San Juan Champifón	casas especiales Templado, Trópico y Bosque de abeto y pino
<u>Amatita tuza</u> <u>fulva</u> <u>caesarea</u>	Aiukua, tuza, xical blanco pollita Ahuevado, jicarita, chullo	Bosque de pino Bosque de encino y pino Bosque de encino y pino
<u>Auricularia delicata</u> <u>politricha</u>	Chole, oreja de puerco, judas Oreja de judío	Selva tropical templado, trópico y
<u>Boletus edulis</u> <u>Pinicola</u> <u>Regius</u>	Cepa, cemita, corralito mazayel, zeta Guarin, hongorado	Bosque de encino y pino mantillo bosque de pino bosque de encino
<u>Cokeria sulcipes</u>	copa hongo de cacao	Selva tropical
<u>Lactarius delicios</u> <u>Indico</u>	Chiplan enchilado zuine, zuin, azul	Bosque de pino Bosque de encino
<u>Lentinus lepideus</u>	Jolote, hongo de ocote	Troncos de pino y ocote
<u>Lycoperdon perlatum</u> <u>umbrinum</u>	Bola (conejo, hilo, reventadora) Blanquillo, ternerita	Mantillo bosque de abeto Bosque pino y abeto
<u>Morchella esculenta</u> <u>cónica</u> <u>costata</u>	Morilla, colmena, oíote mazorca, oíote Elote, mazorca	Bosque de coníferas Bosque de encino Bosque de coníferas
<u>Pleurotus comucopiae</u> <u>pulmonarius</u> <u>diamour</u>	Hongo de maguey Oreja de palo, ostra Oreja de (N: palo) Oreja de cacahuate	Templado y bosque <u>ostreatus</u> Bosque subtropical Bosque de encino y pino Trópico y subtropico
<u>Russulia glutacea</u> <u>brevipes</u> <u>densifolia</u>	Trompeta, santiaguero ardilla Borrego blanco, taza	Bosque de pino y abeto Bosque de pino y abeto Bosque de pino y abeto
<u>Tricholoma flavovirens</u> <u>Seiuretum</u> <u>Vaccinum</u>	Calandria, nejo Escorpion Cuero de venado	Bosque de pino y abeto Bosque de encino Mantillo de pino y abeto
<u>Ustilago maydis</u>	Ustilago ó Huittacoche	Parásito del maíz
<u>Volvariella bakeri</u> <u>Bombicina</u>	volvariella	Suelo, madera Descomposición trópico y subtropico

Fuente: Centro de investigaciones ecológica del sudeste, Tapachula, Chiapas, oct. 1993.

La digestibilidad de la proteína de los hongos es un factor muy importante para determinar su valor dietético. Numerosos estudios en ratas y humanos muestran que entre el 71 y el 90 por ciento de la proteína de los hongos puede ser digerida, mientras que la de la carne puede serlo en un 85 por ciento (1, 4). Como se observa en el Cuadro 2 se exponen algunas variedades de hongos comestibles con su composición proximal de proteínas, grasas y fibra.

No únicamente el contenido de proteína es importante para juzgar el valor nutritivo de los hongos y de cualquier otro alimento, sino también la proporción relativa de los aminoácidos, principalmente los esenciales. Los hongos contienen todos los aminoácidos esenciales que necesita el hombre para su nutrición. El contenido es similar al de la carne, aunque inferior en isoleucina, leucina, lisina e histidina. La metionina y cisteína parece ser más baja en los hongos que en la carne, pero similar a la proteína de los vegetales. Los hongos poseen mayor contenido de lisina y triptófano que aquellos (1, 4, 6).

CUADRO 2. Composición proximal de algunas especies de hongos comestibles (porcentaje de peso seco)

Especie	Humedad*	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda	Cenizas
<i>Agaricus bisporus</i>	84.4	29.4	4.9	9.2	8.5
<i>Agaricus campestris</i>	89.7	33.2	1.9	8.1	8
<i>Auricularia sp.</i>	89.1	4.2	8.3	19.8	1.7
<i>Boletus edulis</i>	87.3	29.7	3.1	8	7.5
<i>Flammulina velutipes</i>	89.2	17.6	1.9	3.7	7.4
<i>Lentinus edodes</i>	90	15.5	6.5	7.7	5.4
<i>Pleurotus eous</i>	92.2	25	1.1	12	9.1
<i>Pleurotus florida</i>	91.5	27	1.6	11.5	9.3
<i>Pleurotus ostreatus</i>	82.3	20.5	1.9	8.1	8
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	90.1	26.6	2	13.3	6.5
<i>Volvariella diplasia</i>	90.4	28.5	2.6	17.4	11.5
<i>Volvariella volvacea</i>	89.1	25.9	2.4	9.3	8.8

* porcentaje de peso fresco Fuente: Channg and Miles, Sánchez, 1992.

Los hongos comestibles son una fuente de vitaminas, incluyendo tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, niacina, biotina, ácido ascórbico, entre otras. Se ha detectado en *Pleurotus ostreatus* (Martínez y Trigos, 1992) la presencia de ergosterol, que es precursor de la vitamina D2 o ergocalciferol a través de reacciones fotoquímicas. A partir de 8.5 Kg de hongos frescos se obtienen 200 mg de ergosterol (3,6).

Así también, contienen cantidades apreciables de minerales como potasio, fósforo, cobre y hierro entre otras; además es un alimento bajo en grasa del orden de 0.1 por ciento a 0.3 por ciento en peso fresco.

Los hongos además de ser un alimento nutricional, poseen cualidades medicinales. Se ha investigado los efectos antitumorales de diversas especies comestibles como Lentinus edodes, Agaricus bisporus, Auricularia auricularia y Pleurotus ostreatus (Morie et. al. , 1987). Los estudios indican que los compuestos químicos responsables de estos efectos son polisacáridos. Un glucano a sido aislado de Pleurotus ostreatus, este muestra marcada actividad antitumoral en una dosis de 0.1 mg/Kg. (Zbigniew, citado por Arriola y Lozano, 1990 y 1996) (1, 4).

4.2 MARCO REFERENCIAL

4.2.1 ESTUDIOS REALIZADOS DE Pleurotus ostreatus EN GUATEMALA

El cultivo de hongos comestibles se inició en Guatemala en el año de 1955, con la introducción de champiñones (Agaricus bisporus), utilizando cepas de origen norteamericano. En el año de 1983 el laboratorio del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) inició algunos estudios sobre cultivo de hongos. En el año 1986 se inician las actividades de la primera planta productora de hongos en el ámbito comercial en Guatemala (2, 3).

Con las exposiciones nacionales de hongos que se han realizado en la ciudad de Guatemala y en diferentes departamentos, se ha dado a conocer entre otras cosas algunos de los avances tecnológicos en el cultivo de hongos, particularmente Pleurotus ostreatus (1, 2, 3).

Desde 1986 De León, citada por Godoy (3), ha trabajado con el cultivo de Pleurotus ostreatus, se ha dedicado a investigar el cultivo de otros hongos comestibles como: Flammulina velutipes, Volvariella volvacea, Lentinula edodes y Ganoderma lucidum, este último con fines medicinales. Así también, ha realizado investigaciones en México cultivando Pleurotus ostreatus en lirio acuático y determinando la absorción de metales pesados por los cuerpos fructíferos (2, 3).

En la actualidad existen otras investigaciones realizadas en hongos comestibles tales como:

- A) Utilización de bolsas de polipapel y celofán para el empaque de los inóculos primarios y secundarios de cepas comerciales de Pleurotus ostreatus, Agaricus bisporus, Volvariella volvacea y Lentinula edodes. Por Hector R. Arriola H. 1986.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

- B) Cultivo de una cepa mexicana de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato, caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz.
- C) Estudio de la viabilidad de la producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) en el ámbito comunitario en los asentamientos de Comunal y Cerritos en Guatemala.

En Guatemala, existen plantas, que se dedican al cultivo de *A. bisporus* (Champiñones) y de *L. Edodes* (Shiitake).

4.2.2 ESTUDIOS REALIZADOS EN OTROS PAÍSES EN CULTIVO DEL HONGO OSTRA

(*Pleurotus ostreatus*)

- A) Valor proteínico relativo de setas *Pleurotus ostreatus*, mezcladas con Composición química de tres cepas mexicanas de setas de *Pleurotus ostreatus*. Por Justo Mayela Bautista, México, Univerisdad de Guanajuato, Universidad Autónoma de Nuevo León. http://www.ugto.mx/Unidades_Academicad/ICA/2htm/vnr.html
- B) Valor nutritivo de setas de *Pleurotus ostreatus*, cultivadas en desechos de aguacate y piña (México). http://www.ugto.mx/Unidades_Academicad/ICA/2htm/vnr.html
- C) Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café. (Cenicafé, Colombia). <http://198.93.225.160/perl/cenicafe.htm>
- D) Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, sobre pulpa de café y fibra de coco (México). 1993. http://www.ugto.mx/Unidades_Academicad/ICA/2htm/vnr.html
- E) Utilización de la pulpa de café para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Cenicafé). 1990. <http://198.93.225.160/perl/cenicafe.htm>
- F) Estudio del cultivo de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sajor-calu* en pulpa de café (Manizales, Colombia). <http://198.93.225.160/perl/cenicafe.htm>

- G) Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o paja de cebada (México).
- H) Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, en pulpa de café y bagazo de caña en condiciones de invernadero (Manizales, Colombia). 1991. Fitopatología Colombiana 14:42-47. Congreso de Ascolfi en Ibagué.

4.2.3 CARACTERÍSTICAS DE *Pleurotus ostreatus*

Podría decirse que todas las especies de *Pleurotus* tienen hábitos y hábitats similares. La mayoría son saprófitos, crecen sobre madera y tienen la habilidad de degradar celulosa y lignina. Las especies que más se han utilizado para fines comerciales son *P. ostreatus*, *P. flabellatus*, *P. sajor-caju*, *P. florida* y *P. sapidus* (3).

El crecimiento de este género está supeditado a ciertos factores como son: la temperatura, humedad del ambiente, humedad del sustrato, pH, las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono (CO₂) y luz. Las condiciones más adecuadas de estos factores dependen del tipo de desarrollo que se busca del hongo, si es para crecimiento del micelio o para propiciar su fructificación (3).

El micelio de *Pleurotus* *sp* crece bien en un amplio rango de temperatura que va desde arriba de los 10°C hasta 40°C como límite superior, sin embargo, la temperatura óptima oscila alrededor de los 25°C para la mayoría de las especies. Para *P. florida* y *P. ostreatus* se registran óptimos de 30°C (Guzmán, 1990). La temperatura de fructificación varía con la especie; las especies tropicales de *Pleurotus* *sp* fructifican bien entre los 20-30°C. Es de hacer notar que la observancia de una temperatura adecuada para el desarrollo del hongo incide directamente en el rendimiento obtenido (4, 6).

Se sabe que la humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo. La falta de humedad ambiental inhibe su fructificación. La literatura reporta valores entre el 60 al 95 por ciento para la mayoría de las especies de *Pleurotus sp* (Channg y Hayes 1989); sin embargo para el caso específico de *Pleurotus ostreatus* se ha observado que una humedad de 80 a 85 por ciento es mejor (4, 6).

Kaufert en 1935 (citado por Sánchez y Arriola), comprobó que el suministro de la luz era necesario para promover la fructificación de *Pleurotus sp*, sin embargo las primeras recomendaciones sobre la cantidad de luz que se requería dieron lugar a confusiones porque su fructificación depende de la naturaleza de la fuente luminosa que se tenga. En general, los hongos requieren luz de longitudes de onda cortas (cargado hacia el color azul del espectro). Si la luz se proporciona con lámparas fluorescentes, que son ricas en luz azul, la luz que se debe aportar a los hongos debe ser en cantidad suficiente para que uno pueda leer material impreso (aproximadamente 150-200 lux) (4, 6).

La concentración de dióxido de carbono es muy importante para el desarrollo de *Pleurotus sp*. Una concentración relativamente alta de 20-25 por ciento es útil para proporcionar el crecimiento del micelio. Sin embargo, concentraciones superiores al 0.6 por ciento inhiben la formación de primordios (Kurtzman y Zadrazil, citados por Sánchez y Arriola (1, 6). Debido a esto, cuando se desea producir hongos de manera comercial, es necesario implementar un buen sistema de ventilación en la sala de fructificación, de tal manera que se retire constantemente el dióxido de carbono formado por la respiración del mismo hongo. Una ventilación deficiente se manifiesta en las deformaciones del cuerpo fructífero. Esto puede ser desde un ligero alargamiento del estípite o bien la malformación o no-formación del píleo.

4.2.4 PRODUCCIÓN DE Pleurotus ostreatus

La producción de hongos comestibles consta de cinco etapas fundamentales, que son: obtención del micelio ó preparación del inoculo, preparación del primario, siembra e incubación y fructificación (4). Al mismo tiempo como se observa en el Cuadro 3 se establecen las condiciones para la producción de Pleurotus ostreatus.

CUADRO 3. Condiciones para la producción comercial de Pleurotus ostreatus

Condiciones	Porcentajes
Humedad del sustrato	50
pH del sustrato	6.5-7.0
Humedad relativa	85-90
Temperatura	26-28°C
Ventilación	4-6 veces la sala
Luz	suficiente para leer

A) Obtención del micelio o preparación de Inóculo

Para obtener el micelio, lo primero que hay que conseguir es aislar la especie de hongo que se desea cultivar. Esto se puede lograr a partir de las esporas que produce el hongo o utilizando una porción del pileo (sombrero) del espécimen (4, 6).

Para obtener las esporas se coloca el sombrero del espécimen en su posición natural, es decir con las laminillas hacia abajo, sobre una cartulina o vidrio. Si el ejemplar no esta bien fresco, conviene ponerle encima un algodón húmedo. Después de transcurridas algunas horas se observa sobre la cartulina una especie de polvillo, que en realidad son miles de esporas, las que tendrán un color en particular dependiendo de la especie del hongo. A ese proceso se le conoce como esporada.

Para hacer la siembra en el medio de cultivo elegido (agar extracto de malta; agar papa-dextrosa, agar Sabouraud, etc.) basta con tocar la esporada con un asa de nicrome y después la superficie del medio (4, 6).

Otro procedimiento con esporas consiste en hacer que éstas caigan directamente desde el píleo al medio de cultivo. Para lograr esto, sobre una caja de Petri que contiene el medio elegido se coloca un soporte que mantiene el sombrero del hongo en el centro y se cubre con un tazón grande o una tapa de cristal. Al cabo de poco tiempo algunas esporas habrán caído y se procede a tapar la caja. La siembra también puede hacerse con tejido del hongo. Para ello se procede a cortar longitudinalmente el espécimen después se corta una pequeña porción de la parte que está cerca del sitio donde se une el píleo con el estípite, y con la ayuda de unas pinzas se coloca sobre el medio de cultivo elegido (4, 6).

Una vez realizada la siembra sobre el medio de cultivo, se incuba a 25-28°C durante 8 a 10 días aproximadamente y en completa oscuridad.

Al cabo de este período, el hongo se resiembra en un sustrato intermedio (grano de trigo, sorgo, etc.) en cantidad suficiente para que una vez desarrollado su micelio, la mezcla grano-hongo que se use como semilla en la siembra del sustrato definitivo. Se busca en este caso una colonización rápida y económica que optimice la fructificación del hongo (Guzmán y Salmones, citados por Darwin y Sánchez) (4, 6).

B) Preparación del primario

El grano elegido como sustrato intermedio se limpia, se hidrata en agua pura y limpia (durante 15 horas para el caso del sorgo, 20 horas para arroz o trigo y 24 horas para maíz), se deja después escurrir para eliminar el exceso de agua, se pesa en porciones de 200, 300, o bien 450 gramos y se mete dentro de bolsas de polipapel. Posteriormente se esteriliza a 121°C en un autoclave durante 30 minutos, se deja enfriar para que después sea inoculado en condiciones de asepsia rigurosa, de preferencia en una campana para laboratorio, con micelio proveniente de un

centímetro cuadrado del hongo, que se ha cultivado previamente en la caja de Petri. Una vez inoculada, cada porción o mejor dicho, cada bolsa, se incuba durante aproximadamente 10 a 15 días a 28-30°C en completa oscuridad. A cada porción así preparada se le denomina "*primario*" (4, 6).

C) Preparación del sustrato

Esta parte comprende la fermentación (en el caso de la pulpa de café, del bagazo de la caña), el picado (en el caso de pajas), el secado y fracturación o quiebra (en el caso de la cáscara de cacao y olote de maíz), la hidratación y escurrimiento, la pasteurización y finalmente el enfriamiento (4, 6).

El sustrato por utilizar deberá ser fraccionado. Un tamaño de 2-3 centímetros por lado resulta muy adecuado. Las pajas, el rastrojo puede ser procesado con una picadora, la cáscara de cacao y olote pueden ser triturados. Una vez que se logra el tamaño indicado, se aconseja meter el material en bolsas pequeñas de costal plástico y ponerlo a remojo durante 1-12 horas (según sustrato). Después de escurrir el exceso de agua se pasteuriza dentro de la misma bolsa, se deja escurrir y enfriar para proceder después a la siembra. La pasteurización a granel es posible; de hecho, se practicó durante mucho tiempo, sin embargo se ha observado que propicia la contaminación durante el enfriado (4, 6).

La pasteurización es una actividad de suma importancia. Su función es eliminar o inhibir la mayor cantidad de organismos que puedan competir con el hongo en la utilización del sustrato. Para ello se pone a calentar agua suficiente para que cubra la totalidad del lote por pasteurizar. Cuando el agua alcanza una temperatura de 90°C se agrega el sustrato (ya embolsado) y se mantiene a esa temperatura durante un mínimo de 40 minutos. Es necesario recalcar la importancia que reviste el

hecho de meter el sustrato únicamente cuando el agua ya alcanzó la temperatura de 90°C y no antes. Esto provoca un choque térmico muy brusco que es difícil de soportar por los organismos que se encuentran sobre el sustrato. Si el sustrato se agrega desde antes de que el agua alcance esta temperatura, muchos organismos termo-resistentes como bacterias y levaduras tendrán la posibilidad de adaptarse al incremento paulatino de la temperatura y en ese caso la pasteurización no será eficiente (4, 6).

D) La siembra e incubación

La etapa de siembra e incubación se refiere al momento de inocular el sustrato con el hongo y al período de espera o reposo que se debe dar al sustrato inoculado para permitir el adecuado desarrollo del micelio. La siembra se realiza agregando y distribuyendo en capas alternas de 200 gramos de un "primario" en 4-7 Kg de sustrato. El sustrato debe de estar debidamente pasteurizado y enfriado a temperatura ambiente. La mezcla sustrato-primario se acomoda dentro de una bolsa de polietileno (se recomienda los tamaños de 40X60, 50X60, 40X50 y 50X70 cm). Al terminar la siembra, la bolsa se cierra por medio de un nudo teniendo cuidado de eliminar el aire del interior. El enfriado del sustrato y la siembra se realizan con estricto cuidado y asepsia para evitar las contaminaciones. La incubación de las bolsas ya inoculadas se realiza en un local especial para tal fin: "la sala de incubación", donde se colocan los paquetes a 28°C durante 10-15 días, según el sustrato. Durante la incubación, dos días después de haber efectuado la siembra, se hacen unas 80 perforaciones perfectamente distribuidas (con una aguja o navaja estéril) sobre toda la superficie de cada bolsa de polietileno que se ha sembrado.

Esto es para permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo (4, 6).

Existe otra forma de siembra denominada método alemán o de "chorizos" (Chang y Hayes, citados por Arriola) (1).

El método de chorizos presenta las siguientes ventajas: la siembra es rápida, se evitan contaminaciones, se evitan problemas de moscas y no es necesario el uso de anaqueles, aunque tiene la desventaja de que es más difícil mantener una humedad uniforme en todo el chorizo, por lo que pueden presentar problemas de pudrición y secamiento en el mismo rollo (1).

E) Fructificación

a. Fructificación bajo condiciones controladas

Después de la incubación, cuando ya ha crecido bien el micelio y ha formado una superficie blanco-algodonosa que cubre totalmente el sustrato, es el momento de eliminar la bolsa de polietileno y pasar la masa hongo-sustrato formada a la sala de fructificación.

La sala de fructificación debe de ser un área amplia, dedicada exclusivamente a la fructificación del hongo. Allí se deben mantener condiciones bien controladas de humedad, tanto del sustrato como del aire, de ventilación, de temperatura, así como de iluminación.

La ventilación tiene como objetivo eliminar el dióxido de carbono generado por la respiración del hongo y renovarlo por aire puro (Chang y Miles, Chang y Hayes, citados por Arriola y Sánchez) (1, 6). Una ventilación insuficiente produce la resecación del sustrato. Una acumulación aún baja de CO₂ puede inhibir el desarrollo de los cuerpos fructíferos o proporcionar el crecimiento deforme de

éstos. Se recomienda mantener una ventilación en el cuarto de fructificación , de tal manera que el volumen de aire en dicho cuarto sea de 4 a 6 veces cada hora. Este dato permite calcular la capacidad del extractor que debe de ser usado.

Otro aspecto importante es el riego. Generalmente, aunque sea sólo en algunas horas del día, es necesario aplicar riegos en el cuarto de fructificación para aumentar la humedad y evitar el resecamiento del sustrato. Los riegos deben de hacerse de preferencia por medio de pulverizaciones hacia el ambiente. También se puede efectuar riegos directos hacia el sustrato, sin embargo el chorro de agua debe de ser suave para no dañar los cuerpos fructíferos. Es siempre recomendable guiarse por un higrómetro o un hidrotérmo grafo para saber cuando es necesario regar. Una humedad inferior al 80 por ciento será negativa para la formación de los carpóforos (1, 4, 6).

Dos días después de haber llevado los pasteles (masa de sustrato invadida por el micelio del hongo) a la sala de fructificación y de haber eliminado la bolsa de polietileno, empiezan a aparecer los primordios, es decir, los primeros cuerpos fructíferos. Cuatro días después, los primordios se han desarrollado bien, cubren la totalidad de la superficie del pastel y estarán en madurez comercial, listos para ser cosechados.

Para cosechar se debe de esperar a que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, sin permitir que el borde del pileo comience a enraizarse hacia arriba. La cosecha se hace cortando el estípote con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato (1, 4, 6).

F) Sustratos utilizados para la producción de Pleurotus sp

a. Para la preparación del inóculo

Para la preparación del inóculo se utiliza generalmente como sustrato un grano que permita un crecimiento rápido del hongo y que de facilidad para distribuirlo en el sustrato definitivo, cuando haya colonizado bien, al momento de la siembra de éste.

No se debe de utilizar los granos que se exponen comercialmente para la siembra en el campo, ya que generalmente están protegidos con fungicidas.

Para utilizar el grano se requiere únicamente limpiarlo é hidratarlo por unas horas y luego esterilizarlo a 121°C durante 40 minutos antes de la inoculación.

El sorgo es el grano que se ha utilizado hasta este momento sin embargo se han intentado utilizar otros granos de acuerdo a la región donde se producen pero no se conocen resultados (1, 3, 4, 6).

b. Para la Fructificación

Para la producción de Pleurotus se han utilizado una gran variedad de sustratos, que van desde troncos de árboles, al inicio, troncos de abetos, robles, pinos y encinos, hoy día se utilizan una gran gama de residuos orgánicos e industriales, subproductos de la madera y rastrojos de cosechas. Los desechos orgánicos han sido utilizados de dos formas en fresco o ya sea fermentados, en ambos casos los resultados son diferentes y significativos de acuerdo a lo que se quiere enfocar.

La elección del sustrato es uno de los factores claves que se deben optimizar para tener una rentabilidad competitiva. Generalmente los desechos orgánicos varían durante el año por lo que es común trabajar con diferentes sustratos, según se

tenga disponibilidad en cada época. A manera de ejemplo se recomienda el siguientes:

La pulpa de café representa alrededor del 40 por ciento al 47 por ciento del peso del fruto fresco. Si se considera un promedio de 15 qq/ha de café como rendimiento de las plantaciones de América, se tiene una producción anual de (0.47 X 682 Kg) 320 Kg./ha de pulpa. La cosecha de café tarda aproximadamente desde mediados de octubre hasta finales de febrero dependiendo de las regiones de producción (ANACAFE 1993, citado por Darwin) (2).

La pulpa de café ha sido reportada como uno de los sustratos más apropiados para la producción de *Pleurotus sp.* (Guzmán y Salmones, 1989, 1990, Soto 1986, 1987, citados por Darwin, Godoy y Lozano) (2, 3, 4). Puede ser utilizada en fresco; sin embargo se recomienda fermentarla durante 5 días, lo cual se hace apilándola en montones de aproximadamente 1 metro de diámetro y 50-60 cm de altura. Se tapa el montón así preparado con un plástico o costales de plástico. Se debe de voltear diariamente. Con la pulpa fermentada se han alcanzado rendimientos biológicos bastante elevados. La pulpa también puede ser deshidratada al sol inmediatamente después de sacarla del pulpero (hasta un 8 por ciento de humedad). Así se puede conservar hasta dos años (2, 3, 4).

Para usar la pulpa que se ha secado, se sumerge durante una hora para rehidratarla y se pasteuriza después durante 40 minutos a 85°C. La pulpa fermentada se pone directamente a pasteurizar sin remojar.

Además de la pulpa de café existen otros sustratos para producir *Pleurotus sp.*, podemos mencionar cartón y periódico como desechos industriales, rastrojos de cosechas de maíz, sorgo, distintas pajas, cuescos de palma, cascaras de frutas, y

todos aquellos subproductos orgánicos e industriales que contengan material ligno-celulósicos ya que son los dos elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo del hongo (2, 3, 4).

G) Contaminación, plagas y enfermedades

a. Contaminación

*** Causas:**

- Mala pasteurización o descuidos en el manejo del sustrato en el proceso.
- Deficiencias en la limpieza de las áreas de incubación.
- Orificios donde entra aire y microorganismos, insectos y roedores.

*** Efectos:**

- Crecimiento pobre o nulo.
- Hongos mal formados o defectuosos.

*** Soluciones:**

- Trabajar en condiciones asépticas.
- Realizar buena esterilización y pasteurización.
- Buena limpieza y lavado de los cuartos de incubación y fructificación.
- Alrededor de los cuartos debe de mantenerse muy limpio siempre.

b. Plagas:

Insectos como moscas, hormigas, cucarachas, babosas y roedores son las plagas que tienden a dañar el cultivo de Pleurotus. Algunos insectos depositan sus huevecillos en las orillas de los estantes donde se colocan los sustratos. Al salir las larvas se comen el sustrato y permiten que otros agentes microbiológicos contaminen los paquetes (3, 6).

- **Soluciones:**

- Limpieza de estantes y paredes con jabón y cloro,
- Uso de trampas para insectos y roedores
- Aislamiento de locales y evitar la acumulación de basura alrededor.

c. Enfermedades:

- **Bióticas:**

- Causadas por bacterias, micoplasmas o virus, no son comunes en los hongos.

- **Ablóticas:**

Causadas por falta de nutrientes específicos para el desarrollo de variaciones ambientales del entorno donde se cultiva el hongo, entre ellas:

- Poca ventilación, exceso de dióxido de carbono en el ambiente por falta de adecuada circulación del aire, causando el desarrollo de los estípites y no de los carpóforos.
- Mucha humedad, causa cuerpos fructíferos amarillentos y aguados.
- Luz excesiva, causa variaciones en la pigmentación, partes pardas.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Favorecer la disminución de la contaminación del medio ambiente, y mejorar una de las etapas del método de producción comercial del hongo *Pleurotus ostreatus*.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.2.1 Comparar la eficiencia de producción de inóculo primario de *Pleurotus ostreatus* en cinco diferentes granos, utilizados como primarios.

5.2.2 Determinar cual de los granos utilizado como sustrato primario produce mayor crecimiento micelial de hongo a un bajo coste.

5.2.3 Recomendar cual de los granos será el indicado para utilizarse en las investigaciones posteriores o bien para su producción comercial.

6. HIPÓTESIS:

El crecimiento micelial del hongo *Pleurotus ostreatus* en la fase de producción de inóculo primario es mejor en el grano de trigo que en los otros granos comparados.

7. METODOLOGÍA

7.1 LUGAR DE TRABAJO

Para llevar a cabo el presente estudio, se utilizó el micelio de la cepa ECS 0110 de Pleurotus ostreatus proporcionado por el Centro Ecológico del Sur (ECOSUR), México.

El micelio provino de cajas de Petri conteniendo, agar-micelio previamente cultivadas en una incubadora microbiológica perteneciente al laboratorio de referencia microbiológica LAMIR de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La fase de inoculación del primario se realizó en el Laboratorio B-15 de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2 RECURSOS

7.2.1 HUMANOS

El estudio fue realizado por el Br. Alfredo Aldana Martínez, con la asesoría a *nivel técnico* del Lic. Romeo Alfonso Pérez Morales Q.B. (col.868), profesor de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y a *nivel estadístico* del Ing. Agr. Luis Manfredo Reyes Chávez (col.585), profesor pretitular del Área físico matemática, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2.2 FISICOS

A) Equipo de laboratorio:

- a. Cajas de Petri (100X15 mm.)
- b. Asa en espátula

- c. Campana de flujo laminar
- d. Autoclave
- e. Bolsas de polipapel
- f. Incubadora microbiológica
- g. Balanza analítica
- h. Mechero bunzen
- i. Cubetas plásticas

B) Cristalería:

- a. Probeta de 500ml
- b. Erlenmeyer de 500ml
- c. Beaker de 500ml

C) Materiales de oficina:

- a. Lapicero
- b. Cuaderno
- c. Hojas papel bond (80 gr) tamaño carta
- d. Computadora apple, procesador Pentium II (impresora H.packard 695C)
- e. Programas: Microsoft office 2000
- f. Programa SAS (Statical Analisis Sistem)

D) Equipos varios:

- a. Equipo fotográfico (Nikon)
- b. Películas fotográficas ASA 400 para diapositivas a color.

E) Materiales orgánicos:

- a. Agar malta papa
- b. Granos:

- I. **Sorgo (maicillo):** variedad ICTA MITLAN proveniente del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, con la característica de poseer un contenido bajo del compuesto químico "taninos", lo cual hace que el grano apto para consumo humano.
- II. **Trigo:** variedad ICTA CUMPALE, grano proveniente de la región del occidente del país, con las características de ser un trigo suave.
- III. **Arroz:** variedad ICTA COLOMGUA. grano proveniente de la región de Izabal, norte del país proveniente de la arrocera Martínez, kilómetro 203 carretera al Atlántico del país.
- IV. **Maíz:** variedad ICTA HB-83m, grano para consumo humano proveniente de la zona oriental de Guatemala.
- V. **Cebada:** grano proveniente de la zona del altiplano del país, de Quetzaltenango, entre los 1,400 a 1,600 msnm para consumo humano.

7.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se llevó a cabo un diseño completamente aleatorizado, es decir, un diseño en el cual todos los tratamientos fueron asignados completamente al azar a cada unidad experimental para este caso en particular.

7.3.1 Análisis estadístico (prueba de hipótesis)

- A) Hipótesis nula (H_0): El efecto de todos los tratamientos es estadísticamente igual.
- B) Hipótesis alternativa (H_a): Existe por lo menos un tratamiento que produce diferencias significativas.

7.3.2 Modelo estadístico para el diseño completamente al azar (DCA)

- A) $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$
- B) Y_{ij} = Cada variable respuesta medidas en las unidades experimentales.
- C) μ = El valor de la media general del experimento
- D) τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
- E) ϵ_{ij} = Error experimental asociado al experimento

7.3.3 tratamientos:

Para fines de la investigación se establecieron los siguientes tratamientos, tal como se muestra en el Cuadro 4.

CUADR 4: tratamientos identificados con su código.

Cod.	Tratamiento
s	sorgo testigo
m	maíz
l	trigo
a	arroz
c	cebada

7.3.4 Unidad experimental

Para esta investigación en particular se definió la unidad experimental como la bolsa de polipapel conteniendo el grano específico (300g c/u) e inoculada con el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*.

7.3.5 Repeticiones

Como se realizaron cinco tratamientos, con la finalidad de reducir el error experimental se estableció un total de 8 repeticiones, con lo cual se totalizaron 40 unidades experimentales.

7.3.6 Area de experimentación

El área que se utilizó para llevar a cabo la investigación fueron las instalaciones del laboratorio B-15 de la Facultad de Agronomía. Ya preparadas las unidades experimentales, se colocaron dentro de una incubadora microbiológica para mantener las condiciones de humedad y temperatura estables durante el experimento. Cabe mencionar que las unidades experimentales fueron forradas con papel para evitar la entrada de luz ya que el micelio en dicha fase sólo se desarrolla en completa oscuridad.

7.3.7 Datos a obtener para el análisis

A) Para establecer los datos de crecimiento, se realizaron 5 lecturas durante el período de incubación del grano-inóculo, cada una de ellas se hizo en intervalos de tres días. En cada lectura se observó el crecimiento micelial, y se establecieron rangos de crecimiento micelial para su comparación. El Cuadro 5 proporciona los rangos establecidos para esta investigación.

CUADRO 5. Rangos de crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en la preparación de inóculo primario.

Crecimiento	Porcentaje	Rango
Nulo	0%	1
Regular	1-20%	2
Bueno	21-39%	3
Muy bueno	40-59%	4
Abundante	60-79%	5
Muy Abundante	80-99%	6
Excelente	100%	7

B) Para establecer cual de los tratamientos fue cualitativamente y cuantitativamente mejor, se procedió a un análisis de resultados por medio de un análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Whallis.

7.4 PROCEDIMIENTO

Previamente a realizar cualquier procedimiento microbiológico, se esterilizaron las áreas de trabajo con una solución de fenol-alcohol, así mismo, se contó con el equipo necesario de laboratorio previamente esterilizado.

Para trabajar dentro del laboratorio se utilizó bata, guantes, cofia y mascarilla, previamente esterilizados.

7.4.1 Pasos:

- A) Se procedió a la compra de todos los granos, bolsas de polipapel de una libra (454 g), y toda clase de utensilios desechables durante la investigación (hojas de bisturí, guantes de cirugía, mascarillas y cofias).
- B) Se limpiaron a mano de los granos respectivos (maíz, sorgo, trigo, arroz y cebada).
- C) Posteriormente los granos se colocaron en recipientes plásticos, aproximadamente de 5 galones, sumergidos en agua para su hidratación; el sorgo 15 horas, el maíz y el trigo 24 horas, la cebada y el arroz 30 horas.
- D) Luego se colocaron en una superficie plana para quitarles el exceso de humedad de la superficie de los granos hasta un 50% de humedad.
- E) Seguidamente se pesaron porciones de 300 g, de los diferentes granos y se llenaron las bolsas de polipapel con ellos de acuerdo con cada uno de los tratamientos establecidos.
- F) Ya llenas las bolsas con los granos, se procedió a su esterilización por medio del autoclave, manteniendo la temperatura del autoclave a 15 PSI (121°C) durante un período de tiempo de 40 minutos.

- G) Transcurrido el tiempo se sacaron inmediatamente las bolsas y se pusieron en un lugar oscuro y cerrado evitando la contaminación ambiental.
- H) Ya frías las bolsas conteniendo el grano esterilizado, se procedió a la inoculación con el micelio del hongo proveniente de las cajas de Petri con micelio de la cepa ECS 0110 de Pleurotus ostreatus, dentro de la campana de flujo laminar.
- I) Se realizó la inoculación con secciones de 1 centímetro cuadrado de agar micelio y se colocaron en contacto con los granos con ayuda de un bisturí. Se cerró la bolsa y se envolvió en forma apretada con papel kraft.
- J) Se incubaron las unidades experimentales a 28°C.
- K) Transcurridos 3 días después de la inoculación se procedió con todas las medidas higiénicas a realizar la primer lectura, observando el crecimiento micelial del hongo en cada unidad experimental, así como otros datos, por ejemplo, empaçado, contaminaciones, etc.
- L) Transcurridos 3 días de la primera lectura, se procedió a ser la segunda y así sucesivamente hasta completar las 5 lecturas necesarias.
- M) Obtenidos los datos se procedió al análisis estadístico de los mismos, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

Procedimiento:

1. H_0 : no existe diferencia significativa entre los tratamiento analizados;
 H_a : Por lo menos hay un tratamiento que es diferente a los demás.
2. Se clasificaron en orden creciente las observaciones de las k muestras en una sola serie y se les asignan rangos de 1 a N .

3. Los datos obtenidos fueron procesados por el programa estadístico de Kruskal-Whallis, dentro del Sistema de Análisis Estadístico (SAS), de acuerdo al programa basic elaborado por Ricardo Miyares (6).
- C) Con respecto a que grano produjo mayores beneficios y bajo coste, se comparó el coste de producción de inóculo primario del hongo en el grano testigo y el grano que resulto ser el más eficiente.

8. RESULTADOS

El experimento se llevó a cabo durante el mes de agosto. Se realizaron cinco lecturas iniciando el día 10 y finalizando el día 26 con un intervalo de tres días entre cada una.

El Cuadro 6 muestra los promedios de rangos para cada lectura y para cada grano en particular durante las cinco lecturas efectuadas:

CUADRO 6. Resumen de las lecturas¹ realizadas para cada grano con respecto su media de rangos

GRANOS	LECTURAS/(media de rangos)				
	1era.(3días)	2da.(6días)	3era(9días)	4ta.(12días)	5ta.(15días)
Sorgo	1	1.75	2.5	2.75	3.5
Maíz	2	2	2.5	3.5	4.5
Trigo	1	3	4	5.5	6.5
Arroz	2	2.5	2	1	1
Cebada	2	4	4.75	6.5	7

Rangos de crecimiento de 1 - 7

Para ilustrar de una mejor forma los resultados obtenidos durante el experimento, se presenta a continuación, la Figura 1, en la página 38.

¹ Las lecturas se refiere al número de observaciones efectuadas, una cada tres días para un total de 5, en las cuales se observó el crecimiento micelial del hongo en cada grano.

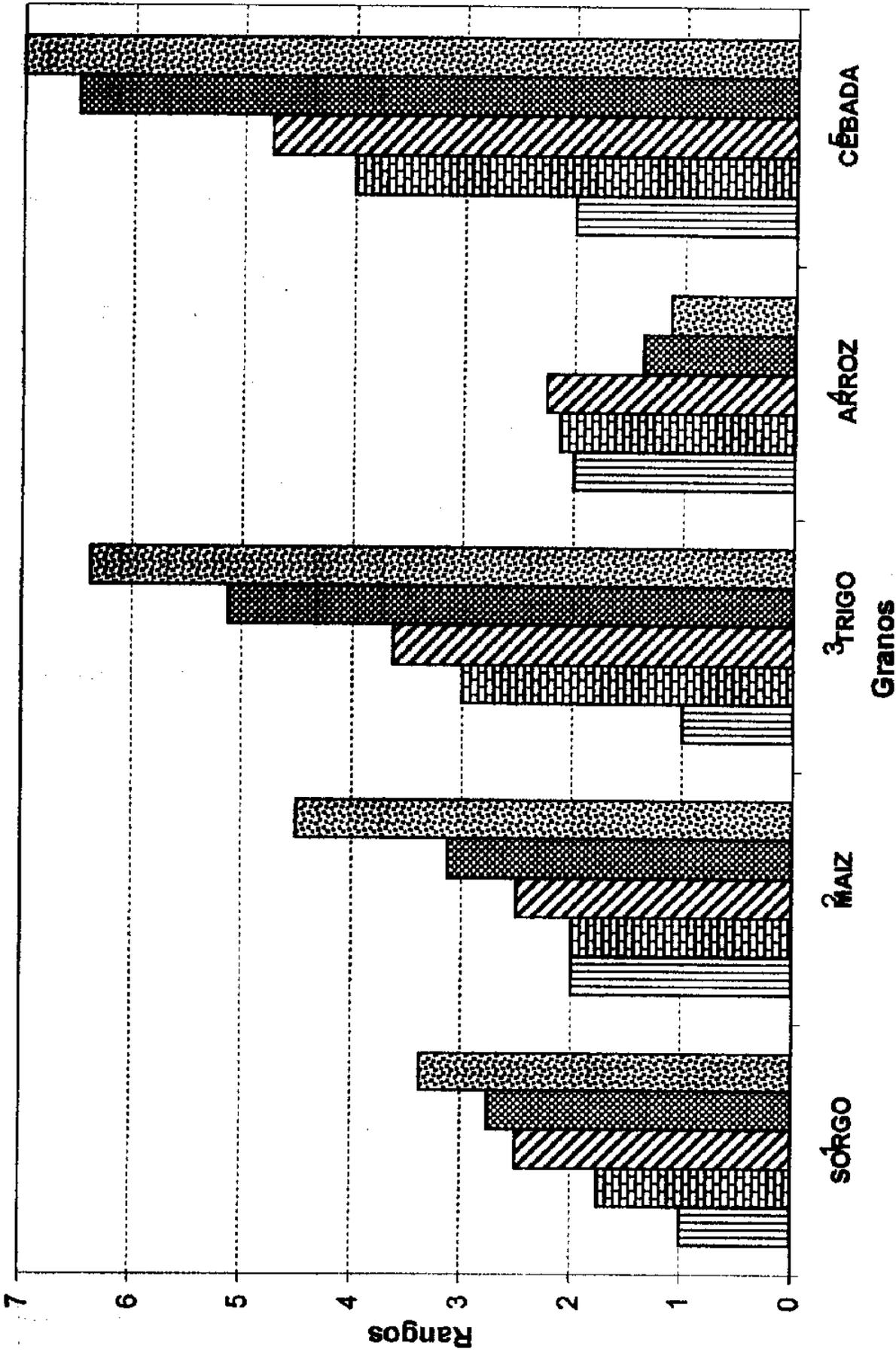


FIGURA 1. Crecimiento promedio del micelio de Pleurotus ostreatus en cada grano comparado

Para determinar la existencia o no de diferencias significativas entre los granos se utilizó el método Kruskal-Wallis contenido en el programa SAS, y los resultados finales se resumen en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Resultado del análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis)

Lectura	valor de F	significancia
1	1000.00	**
2	100.947	**
3	35	**
4	67.369	**
5	147.7	**

**** Altamente significativo**

Puede observarse la existencia de diferencias altamente significativas entre las diferentes lecturas efectuadas, ya que el valor de F es mayor que cero.

9. DISCUSION

Como se puede apreciar en el Cuadro 7 (página 39) y el análisis estadístico efectuado, todas las lecturas resultaron altamente significativas, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a) que establece que existen diferencias significativas en el crecimiento micelial del hongo en los diferentes granos comparados.

9.1 Crecimiento del Inóculo primario de *Pleurotus ostreatus* en el grano de sorgo (testigo)

Como se observa en el Cuadro 7 de la página 39, el crecimiento micelial del hongo al inicio fue lento, ubicándose en rango 1 (ver Cuadro 5, página 33). Después de 12 días de la inoculación se observó un crecimiento más rápido ubicándose en un rango 2. A los quince días, cuando otros granos ya habían llegado al rango 7 con un crecimiento excelente, el sorgo únicamente llegó a un rango 3, con un crecimiento bueno, es decir, con una invasión micelial del 21 al 39 por ciento de la unidad experimental.

9.2 Crecimiento del Inóculo primario de *Pleurotus ostreatus* en el grano de maíz

El maíz se comportó mejor que el testigo. En la primera lectura se ubicó en un rango 2 y al final, en la quinta lectura en rango 4. Este grano produjo un micelio denso, con la característica que todas las repeticiones presentaron un crecimiento bastante homogéneo. El micelio invadió al cabo de 15 días entre el 40 y 59 por ciento de la unidad experimental.

9.3 Crecimiento del Inóculo primario de *Pleurotus ostreatus* en grano de trigo

Este grano presentó un crecimiento micelial muy abundante, homogéneo y con una densidad alta, pero no fue el mejor de todos los granos comparados. Al inicio presentó un crecimiento muy lento, fue hasta la tercera lectura que se observó una invasión

agresiva del micelio, al final, 15 días después de la inoculación su crecimiento se ubicó en rango 6 con una invasión micelial del 80 al 99 por ciento.

9.4 Crecimiento del inóculo primario de Pleurotus ostreatus en el grano de arroz

Este grano al igual que el maíz se observó en la primera lectura que su crecimiento fue agresivo, sin embargo a partir de la tercer lectura su crecimiento empezó a decrecer. En la cuarta lectura se observó que el micelio presentó una coloración café. Al final del experimento el micelio del hongo sólo sobrevivió en una unidad experimental de las 8 que se tuvo de dicho grano. Su rango inicial de crecimiento micelial fue 2 y al final se ubicó en 1.

9.5 Crecimiento del inóculo primario de Pleurotus ostreatus en el grano de cebada

La cebada fue un grano que sorprendió, pues se pensó inicialmente que el grano de trigo, de acuerdo con la hipótesis planteada, y referencias bibliográficas, presentaría el mejor crecimiento micelial de inóculo primario, sin embargo, fue este grano el que demostró en todas las lecturas ser superior a los demás e incluso al trigo. En la primera lectura se ubicó en rango 2 con un 20 por ciento de crecimiento. En la segunda lectura presentó un rango 4, con un 59 por ciento de invasión. En la tercera lectura se observó en un rango 5, con un crecimiento abundante y una invasión del 79 por ciento. En la cuarta lectura su crecimiento fue muy abundante con un 99 por ciento de invasión. Es importante mencionar que en dicha lectura, dos de sus unidades experimentales se encontraron en un rango 6 y las restantes cuatro en un rango 7. A diferencia de otros

granos, éste presentó un crecimiento micelial bastante homogéneo, la mejor densidad micelial y al mismo tiempo mayor agresividad en la invasión del inóculo primario.

9.6 Establecimiento del grano de cebada como el óptimo para la producción de inóculo primario del hongo Pleurotus ostreatus cepa ECS 0110

Como se observa en la Figura 1 (páginas 38) y el Cuadro 6 (página 37) el grano de cebada resultó ser el mejor de todos los granos comparados. En un lapso de 15 días el micelio invadió completamente la bolsa de 300 g de grano, seguidamente el trigo llegó al 100 por ciento de invasión (rango 7) a los 20 días, luego el sorgo (testigo) y maíz a los 25 días.

Se efectuaron 8 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos de trigo y cebada presentaron un crecimiento micelial bastante homogéneo en sus repeticiones en comparación con los granos de maíz y sorgo que presentaron mucha irregularidad de crecimiento en sus repeticiones.

Económicamente se hizo una proyección de los beneficios que se obtienen con el grano de sorgo contra los que se podrían obtener con el grano de cebada.

Para comparar los costes de producción de inóculo primario de Pleurotus ostreatus, en los diferentes granos que fueron utilizados como sustratos se presenta el Cuadro 8, en la página 43.

Cuadro 8. Costes de producción de inóculo primario de *Pleurotus ostreatus*

Costos fijos		
a. Equipo de laboratorio:		
a.1. Cajas de petri de vidrio 7 unidades	Q	66.50
a.2 Bisturi	Q	22.50
a.3. Hojas de bisturi No.11 y No.10	Q	15.00
a.4. Beaker de 500mL. 1 unidad	Q	38.50
a.5. Elenmeyer de 500mL.	Q	35.00
a.6 Guantes de cirujano	Q	12.00
a.7 Mascarillas desechables 5 unidades	Q	12.50
a.8 Cofia para cabello 5 unidades	Q	15.00
a.9 Campana de flujo laminar		***
a.10 Autoclave		***
a.11 Incubadora microbiológica		***
a.12 balanza analítica		***
a.13 Mechero burzen		***
a.14 Insatallaciones físicas		***
a.15 Cubetas plásticas 5 unidades	Q	42.50
a.16 Bata para laboratorio	Q	70.00
a.17 Un galón de Alcohol etílico	Q	63.50
a.18 Un galon de Fenol		***
a.19 Un rollo de algodón	Q	9.25
a.20 bolsas de polipapel 100. unidades	Q	9.50
b. Materiales de oficina:		
b.1 lapiceros 5 unidades	Q	5.00
b.2 Cuaderno de 40 hojas	Q	2.50
b.3 Hojas papel bond 80 gr. Tamano carta	Q	28.50
b.4 Marcadores permanetes 4 unidades	Q	12.50
b.5 Maskin tape 3 unidades	Q	8.75
b.6 Computadora y programas		***
b.7 Papel Kraf, café y blanco 20 unidades	Q	4.22
b.8 3 diskettes 3.5 HD,DD	Q	18.00
c. Equipo vario:		
c.1 película fotográfica ASA 400 4 unidades	Q	82.00
c.2 Cámara fotográfica		***
Costos fijos totales	Q	473.22
Costos fijos por cada grano utilizado	Q	94.64
Costos Variables		
a. Granos:		
a.1 Grano de sorgo (maicillo) 6 libras	Q	5.10
a.2 Grano de maíz 6 libras	Q	6.60
a.3 Grano de arroz 6 libras	Q	10.80
a.4 Grano de trigo 6 libras	Q	12.00
a.5 Grano de cebada 6 libras	Q	12.50
Costos Variables Totales	Q	47.00

*** datos que no se pudo estimar su valor

El Cuadro 9 compara el grano de sorgo y el grano de cebada para determinar los beneficios económicos que se obtendrían con la utilización de ambos en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 9. Comparación de beneficios económicos para la producción de *Pleurotus ostreatus* por a utilización de inóculo primario proveniente de grano de sorgo y proveniente de grano de cebada

Utilizando 453.6g (1lb) de grano por cada ciclo	Sorgo	Cebada
Ciclo del hongo	73 días	52 días
Eficiencia biológica	87%	87%
Producciones del hongo al año	5	7.05
Producción de hongo anual en libras	4.3	6.15
Costes fijos de producción por año	Q 60.25	Q 78.38
Costes variables de producción por año	Q 6.95	Q 14.70
Costes totales de producción anual	Q 67.20	Q 93.06
Precio por libra en mercado nacional, octubre	Q 23.50	Q 23.50
Ingresos brutos (Ventas)	Q 101.05	Q 144.53
Beneficio neto (Ingreso-coste)	Q 33.85	Q 51.47
Diferencia positiva a favor del grano de cebada		Q 17.62

Se observó que el ciclo del hongo se reduce de 73 días a 52 días con la utilización del grano de cebada, además se obtienen aproximadamente dos cosechas más al año. Esto significa que a pesar que el coste de producción de inóculo primario con el grano de cebada es más alto que el de sorgo (maicillo), al final se absorbe este incremento de costes y se aumentan las ganancias anuales en un 34 por ciento.

10. CONCLUSIONES:

1. Los granos comparados para la producción de inóculo primario de *Pleurotus ostreatus* demostraron que existen granos de mejor calidad que el utilizado actualmente en nuestro medio.
2. El grano de cebada fue el que produjo mayor crecimiento micelial en la producción del inóculo primario de *Pleurotus ostreatus*.
3. La hipótesis planteada se rechaza debido que al confrontarla con los resultados obtenidos, se determinó mayor rango de crecimiento en un menor tiempo en el grano de cebada.
4. Los costes de producción del inóculo primario de *Pleurotus ostreatus*, son menores en el grano de sorgo que en el grano de cebada, para una sola cosecha.
5. A nivel comercial la rentabilidad que se obtendría por la utilización del grano de cebada para la producción de inóculo primario de *Pleurotus ostreatus*, supera en más del 34 por ciento anual al obtenido en el grano de sorgo (testigo).

11. RECOMENDACIONES:

1. Debido a la agresividad de crecimiento del micelio de *Pleurotus ostreatus* observado, se recomienda la utilización del grano de cebada para la producción de inóculo primario de este hongo en particular, pues para fines de producción comercial, el uso del grano de cebada, incrementaría la rentabilidad de la producción del hongo en fresco en un 34 por ciento anual.

12. BIBLIOGRAFIA:

1. ARRIOLA H., H. R. 1996. Utilización de las bolsas de polipapel y celofán para el empaque de los inóculos primarios y secundarios de una cepa mexicana de (*Pleurotus ostreatus*), inoculada sobre sorgo. Tesis Quím. Biol. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. p. 2-34.
2. DARWIN F.G. 1996. Estudio de la viabilidad de la producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) a nivel comunitario en los asentamientos de comunal y cerritos. Guatemala, Veterinarios Sin Fronteras; Proyecto Zonas Urbano Precarias; Organización Nacional para la Conservación y Ambiente; Sociedad Civil. p. 5-21
3. GODOY M., C.R. 1997. Cultivo de una cepa mexicana de (*Pleurotus ostreatus*), utilizando como sustrato aserrín de caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz. Tesis Quím. Biol. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. p. 5-28.
4. LOZANO, J.C. 1990. Producción del champiñón (*Pleurotus ostreatus*) en pulpa de café. Fitopatología Colombiana (Col.) 14(2): 42-47.
5. MIYARES S., R.A. 1986. Paquete de programas en lenguaje básico para pruebas estadística no paramétricas usuales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 19-21.
6. SÁNCHEZ V., J. E. 1994. Producción de hongos comestibles. San Cristóbal de las Casas, México, Centro de Investigaciones del Sudeste. p. 8-50

Yo. Bo. Rolando Barrios.



13. APENDICE

Boleta de lecturas

Lectura # _____

Fecha: _____

Hora de inicio: _____ hora final: _____

Repet/trata	s	m	t	a	c
1	3	4	6	1	7
2	3	5	7	1	7
3	4	4	6	1	7
4	3	4	6	1	7
5	4	5	6	1	7
6	3	5	7	1	7
7	3	3	6	1	7
8	4	6	7	2	7

Repet/trata	s	m	t	a	c
1	h	i	k	f	p
2	h	j	p	f	p
3	i	i	k	f	p
4	h	i	k	f	p
5	i	j	k	f	p
6	h	j	p	f	p
7	h	h	k	f	p
8	i	k	p	g	p

Tratamiento	Cod.
Sorgo	s
Maiz quebra	m
Trigo	t
Arroz quebr.	a
Cebada	c

Crecimiento	Porcen.	Cod.	Rango
Nulo	0%	f	1
Regular	1-20%	g	2
Buena	21-39%	h	3
Muy buena	40-59%	i	4
Abundante	60-79%	j	5
Muy abundante	80-99%	k	6
Excelente	100%	p	7

Observaciones:

CUADRO 10A: Ordenamiento de datos de la primera lectura

Lectura	Tratamiento	Repeticion	Rango
1	sorgo	1	1
1	sorgo	2	1
1	sorgo	3	1
1	sorgo	4	1
1	sorgo	5	1
1	sorgo	6	1
1	sorgo	7	1
1	sorgo	8	1
1	maiz	1	2
1	maiz	2	2
1	maiz	3	2
1	maiz	4	2
1	maiz	5	2
1	maiz	6	2
1	maiz	7	2
1	maiz	8	2
1	trigo	1	1
1	trigo	2	1
1	trigo	3	1
1	trigo	4	1
1	trigo	5	1
1	trigo	6	1
1	trigo	7	1
1	trigo	8	1
1	arroz	1	2
1	arroz	2	2
1	arroz	3	2
1	arroz	4	2
1	arroz	5	2
1	arroz	6	2
1	arroz	7	2
1	arroz	8	2
1	cebada	1	2
1	cebada	2	2
1	cebada	3	2
1	cebada	4	2
1	cebada	5	2
1	cebada	6	2
1	cebada	7	2
1	cebada	8	2

CUADRO 10B: Ordenamiento de datos de la segunda lectura

Lectura	Tratamiento	Repeticion	Rango
2	sorgo	1	1
2	sorgo	2	2
2	sorgo	3	2
2	sorgo	4	2
2	sorgo	5	2
2	sorgo	6	1
2	sorgo	7	2
2	sorgo	8	2
2	maiz	1	2
2	maiz	2	2
2	maiz	3	2
2	maiz	4	2
2	maiz	5	2
2	maiz	6	2
2	maiz	7	2
2	maiz	8	2
2	trigo	1	3
2	trigo	2	3
2	trigo	3	3
2	trigo	4	3
2	trigo	5	3
2	trigo	6	3
2	trigo	7	3
2	trigo	8	3
2	arroz	1	2
2	arroz	2	2
2	arroz	3	2
2	arroz	4	3
2	arroz	5	2
2	arroz	6	2
2	arroz	7	2
2	arroz	8	2
2	cebada	1	4
2	cebada	2	4
2	cebada	3	4
2	cebada	4	4
2	cebada	5	4
2	cebada	6	4
2	cebada	7	4
2	cebada	8	4

CUADRO 10C: Ordenamiento de datos de la tercera lectura

Lectura	Tratamiento	Repeticion	Rango
3	sorgo	1	2
3	sorgo	2	2
3	sorgo	3	3
3	sorgo	4	3
3	sorgo	5	3
3	sorgo	6	3
3	sorgo	7	2
3	sorgo	8	2
3	maiz	1	2
3	maiz	2	3
3	maiz	3	2
3	maiz	4	2
3	maiz	5	3
3	maiz	6	3
3	maiz	7	2
3	maiz	8	3
3	trigo	1	4
3	trigo	2	4
3	trigo	3	4
3	trigo	4	3
3	trigo	5	3
3	trigo	6	4
3	trigo	7	3
3	trigo	8	4
3	arroz	1	2
3	arroz	2	2
3	arroz	3	2
3	arroz	4	3
3	arroz	5	2
3	arroz	6	2
3	arroz	7	2
3	arroz	8	3
3	cebada	1	5
3	cebada	2	5
3	cebada	3	5
3	cebada	4	5
3	cebada	5	4
3	cebada	6	5
3	cebada	7	5
3	cebada	8	4

CUADRO 10D: Ordenamiento de datos de la cuarta lectura

Lectura	Tratamiento	Repeticion	Rango
4	sorgo	1	2
4	sorgo	2	3
4	sorgo	3	3
4	sorgo	4	3
4	sorgo	5	4
4	sorgo	6	3
4	sorgo	7	2
4	sorgo	8	2
4	maiz	1	3
4	maiz	2	3
4	maiz	3	2
4	maiz	4	3
4	maiz	5	4
4	maiz	6	4
4	maiz	7	2
4	maiz	8	4
4	trigo	1	5
4	trigo	2	6
4	trigo	3	5
4	trigo	4	5
4	trigo	5	4
4	trigo	6	6
4	trigo	7	4
4	trigo	8	6
4	arroz	1	2
4	arroz	2	1
4	arroz	3	1
4	arroz	4	1
4	arroz	5	2
4	arroz	6	1
4	arroz	7	1
4	arroz	8	2
4	cebada	1	7
4	cebada	2	6
4	cebada	3	7
4	cebada	4	7
4	cebada	5	6
4	cebada	6	6
4	cebada	7	6
4	cebada	8	7

CUADRO 10E: Ordenamiento de datos de la quinta lectura

Lectura	Tratamiento	Repeticion	Rango
5	sorgo	1	3
5	sorgo	2	3
5	sorgo	3	4
5	sorgo	4	3
5	sorgo	5	4
5	sorgo	6	3
5	sorgo	7	3
5	sorgo	8	4
5	maiz	1	4
5	maiz	2	5
5	maiz	3	4
5	maiz	4	4
5	maiz	5	5
5	maiz	6	5
5	maiz	7	3
5	maiz	8	6
5	trigo	1	6
5	trigo	2	7
5	trigo	3	6
5	trigo	4	6
5	trigo	5	6
5	trigo	6	7
5	trigo	7	6
5	trigo	8	7
5	arroz	1	1
5	arroz	2	1
5	arroz	3	1
5	arroz	4	1
5	arroz	5	1
5	arroz	6	1
5	arroz	7	1
5	arroz	8	2
5	cebada	1	7
5	cebada	2	7
5	cebada	3	7
5	cebada	4	7
5	cebada	5	7
5	cebada	6	7
5	cebada	7	7
5	cebada	8	7

CUADRO 10F: Tabulacion de datos para analisis estadistico no parametrico

Lectura	Media crec.					
		sorgo 1				
1	1	1	1.75	2.5	2.75	3.375
2	1.75	2	2	2.5	3.125	4.5
3	2.5	1	3	3.625	5.125	6.375
4	2.75	2	2.125	2.25	1.375	1.125
5	3.375	2	4	4.75	6.5	7
		maiz 2				
1	2	1	2	1	2	2
2	2	1.75	2	3	2.125	4
3	2.5	2.5	2.5	3.625	2.25	4.75
4	3.125	2.75	3.125	5.125	1.375	6.5
5	4.5	3.375	4.5	6.375	1.125	7
		trigo 3				
1	1					
2	3					
3	3.6					
4	5.2					
5	6.4					
		arroz 4				
1	2					
2	2.13					
3	2.25					
4	1.38					
5	1.12					
		cebada 5				
1	2					
2	4					
3	4.75					
4	6.5					
5	7					

Cuadro : Resultado del análisis de varianza

Lectura	valor F	sig.
1	99999.999	**
2	100.947	**
3	35	**
4	67.369	**
5	147.7	**

** Altamente significativo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. Sem.046-2000

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

"LA TESIS TITULADA: "COMPARACION DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCION DE INOCULO PRIMARIO DEL HONGO COMESTIBLE Pleurotus ostreatus cepa ECS 0110, EN CINCO GRANOS"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ALFREDO ALDANA MARTINEZ

CARNET No: 9014607

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Helmer D. Ayala Vargas
Inga. Agra. Myrna E. Herrera Sosa
Ing. Agr. Edgar A. Martínez Tambito
Ing. Agr. Guillermo A. Soria Cabrera

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. Remigio Alfonso Pérez Morales
ASESOR

Lic. Remigio Alfonso Pérez Morales
ASESOR


Dr. Ariel Abderramán López
DIRECTOR DEL



IMPRIMASE


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
DECANO



cc:Control Académico
IIA.
Archivo

AO/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01001 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: ilusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gq/facultades/agronomfa.htm>