

Universidad Rafael Landívar  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Licenciatura en Ciencia Agrícolas  
con énfasis en Cultivos Tropicales

Evaluación del rendimiento de dos cepas silvestres del hongo comestible  
(*Pleurotus djamor*, Pleurotaceae) con cuatro tipos de inóculo;  
Villa Nueva, Guatemala

Tesis

Carmen María Peralta Morales  
27324-03

Escuintla, Febrero de 2013  
Sede Regional de Escuintla

Universidad Rafael Landívar  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Licenciatura en Ciencia Agrícolas  
con énfasis en Cultivos Tropicales

Evaluación del rendimiento de dos cepas silvestres del hongo comestible  
(*Pleurotus djamor*, Pleurotaceae) con cuatro tipos de inóculo;  
Villa Nueva, Guatemala

Tesis

Presentada al Consejo de la Facultad de  
Ciencias Ambientales y Agrícolas

Por

Carmen María Peralta Morales

Previo a conferírsele, en el Grado Académico de

Licenciada

El Título de

Ingeniera Agrónoma con énfasis en Cultivos Tropicales

Escuintla, Febrero de 2013  
Sede Regional de Escuintla

## **Autoridades de la Universidad Rafael Landívar**

Rector:	P. Rolando Enrique Alvarado López, S.J.
Vicerrectora Académica:	Dra. Marta Lucrecia Méndez González de Penedo
Vicerrector de Investigación y Proyección:	P. Carlos Rafael Cabarrús Pellecer, S.J.
Vicerrector de Integración Universitaria:	P. Eduardo Valdés Barría, S.J.
Vicerrector Administrativo:	Lic. Ariel Rivera Irías
Secretaria General:	Licda. Fabiola Padilla Beltranena

## **Autoridades de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas**

Decano:	Dr. Adolfo Ottoniel Monterroso Rivas
Vicedecano:	Ing. Miguel Eduardo García Turnil, MSc
Secretaria:	Inga. María Regina Castañeda Fuentes
Director de Carrera:	Ing. Luis Felipe Calderón Bran

### **Nombre del Asesor**

Ing. Carlos Eduardo Ardón López

### **Tribunal que practicó la Defensa Privada**

Ing. Julio Roberto García Moran, MA  
Ing. Miguel Eduardo García Turnil, MSc  
Ing. Luis Felipe Calderón Bran

Escuintla, 31 enero de 2013

Honorable Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Campus Central

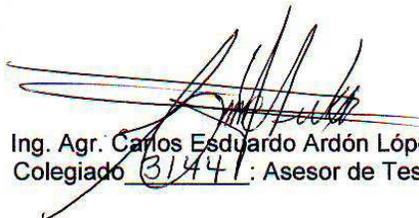
Distinguidos Miembros del Consejo:

En atención a la designación otorgada a mi persona para asesorar al estudiante Carmen María Peralta Morales, carné 27324-03, en el trabajo de investigación titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS CEPAS SILVESTRES DEL HONGO COMESTIBLE (*Pleurotus djamor*, Pleurotaceae) CON CUATRO TIPOS DE INOCULO, VILLA NUEVA, GUATEMALA"**; tengo el agrado de comunicarles que ha procedido a orientar, asesorar la ejecución y redacción de dicho trabajo.

Considero que la investigación mencionada constituye un valioso aporte para la producción de hongos a nivel artesanal, por lo que recomiendo se continúe con el trámite correspondiente, asignándole su respectiva defensa de tesis.

Sin otro particular,

Atentamente,

  
Ing. Agr. Carlos Esduardo Ardón López  
Colegiado 31441: Asesor de Tesis

### ORDEN DE IMPRESIÓN

De acuerdo con la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante de Tesis de Grado de la estudiante **CARMEN MARIA PERALTA MORALES**, carné **27324-03** en la carrera Licenciatura en Ciencias Agrícolas con énfasis en Cultivos Tropicales, de la **sede de Escuintla**, que consta en el Acta No. 676-2012 de fecha diecinueve de noviembre de dos mil doce, se autoriza la impresión del trabajo titulado: **Evaluación del rendimiento de dos cepas silvestres del hongo comestible (*Pleurotus djamor*, Pleurotaceae) con cuatro tipos de inóculo; Villa Nueva, Guatemala**, previo a conferirle el título de Ingeniera Agrónoma con énfasis en Cultivos Tropicales, en el grado académico de Licenciada.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, en fecha 20 de febrero de 2,013.

  
Inga. Regina Castañeda Fuentes  
SECRETARÍA DE FACULTAD



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

La Universidad Rafael Landívar, por brindar educación a personas del ámbito laboral.

La Facultad Ciencias Ambientales y Agrícolas, por todos los conocimientos brindados a través de su equipo de catedráticos.

El Ingeniero Carlos Eduardo Ardón López, por compartir sus conocimientos y realizar las debidas correcciones en la presente investigación.

La Escuela Nacional Central de Agricultura por la oportunidad de realizar la presente investigación en sus instalaciones.

## DEDICATORIA

A:

Dios: Que me concede la vida y me bendice con sabiduría y entendimiento para lograr el objetivo de concluir mis estudios Universitarios.

Mis padres: José Jaime Peralta Alfaro y Juana de Jesús Morales de Peralta, que con amor, sabiduría, paciencia y ejemplo han logrado hacer de mí una persona útil para la sociedad.

Mis hermanos: Byron Danilo, José Joaquín y especialmente a mi hermano Ivan Igor, que con amor y paciencia me ayudó desde el inicio de la Carrera.

Mis sobrinos: Byron Alejandro, Esteisy Marielí, Osvín Daniel, Adelson Joaquín y Juana Daniela por su amor y cariño.

Mi familia: Que de una u otra forma me apoyaron y comparten con mi persona la felicidad de haber culminado mis estudios Universitarios.

Mis Amigos: Que me brindan su amor y apoyan cada una de mis decisiones incondicionalmente.

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	-¡Error! Marcador no definido.-
SUMMARY .....	-¡Error! Marcador no definido.-
I. INTRODUCCIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
II. MARCO TEÓRICO .....	- 2 -
2.1 Generalidades de los hongos .....	- 2 -
2.1.1 Partes de un hongo .....	- 2 -
2.1.2 Partes de las setas .....	- 3 -
2.1.3 Cómo se alimentan los hongos.....	- 4 -
2.2 Basidiomycetes: .....	- 5 -
2.1.4 Tipos.....	- 6 -
2.1.5 Ciclo reproductivo de un Basidiomiceto .....	- 6 -
2.3 Características generales de <i>Pleurotus</i> .....	- 7 -
2.3.1 Especies de importancia del género <i>Pleurotus</i> .....	- 8 -
2.3.2 Contenido nutricional de <i>Pleurotus</i> .....	- 8 -
2.4 Clasificación taxonómica de <i>Pleurotus djamor</i> .....	- 9 -
2.4.1 Características <i>Pleurotus djamor</i> (Fries) Boedijn .....	- 9 -
2.4.2 Características macroscópicas <i>Pleurotus djamor</i> var. <i>Roseus</i> .....	- 9 -
2.5 Cultivo de <i>Pleurotus</i> .....	- 10 -
2.5.1 Condiciones necesarias para el crecimiento .....	- 11 -
2.5.2 Micelio en grano o “Spawn” .....	- 11 -
2.5.3 Sustratos para producir hongos .....	- 12 -
2.5.4 Inoculación del sustrato .....	- 15 -
2.5.5 Incubación .....	- 16 -
2.5.6 Inducción y fructificación .....	- 17 -
2.5.7 Cosecha .....	- 18 -
2.5.8 Indicadores de producción .....	- 19 -
2.5.9 Investigaciones relacionadas con el hongo comestible <i>Pleurotus</i> ..	- 20 -
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	- 21 -
3.1 Objetivos .....	- 22 -
3.1.1 Objetivo General:.....	- 22 -
3.1.2 Objetivos Específicos:.....	- 22 -
Hipótesis .....	- 22 -
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	- 23 -
4.1 Localización de trabajo .....	- 23 -
4.2 Material experimental .....	- 23 -
4.3 Factores a estudiar: .....	- 25 -
4.4 Tratamientos .....	- 25 -
4.5 Diseño experimental.....	- 25 -
4.6 Modelo estadístico.....	- 26 -
4.7 Unidades experimentales .....	- 26 -
4.8 Manejo del experimento .....	- 26 -
4.8.1 Caracterización de las Cepas Silvestres .....	- 26 -
4.8.2 Fase de laboratorio:.....	- 26 -
4.8.3 Fase de campo:.....	- 28 -
4.9 Variables respuesta: .....	- 30 -
4.10 Análisis de la información .....	- 30 -
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	- 31 -
5.1 Cuantificación de la producción: .....	- 31 -
5.2 Eficiencia biológica.....	- 32 -

5.3 Período productivo .....	- 34 -
5.4 Tasa de producción.....	- 37 -
5.5 Costos de producción.....	- 40 -
VI.CONCLUSIONES .....	- 42 -
VII. RECOMENDACIONES.....	- 43 -
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	- 44 -
IX.ANEXOS.....	- 46 -
X. CRONOGRAMA DE TRABAJO .....	- 57 -

## INDICE DE CUADROS

1	Parámetros de crecimiento en los estadios de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	11
2	Composición química y eficiencia biológica de algunos substratos, en porcentaje sobre materia seca.....	13
3	Producción (gramos) de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> por cosecha, en cada uno de los tratamientos.....	31
4	Eficiencia biológica obtenida de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> en cada uno de los tratamientos, expresado en porcentaje.....	32
5	Resumen de ANDEVA de la eficiencia biológica en la producción del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	33
6	Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable eficiencia biológica de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	33
7	Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable eficiencia biológica de los tipos de inóculo del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	34
8	Período productivo de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> por cada uno de los tratamientos (días) .....	35
9	Resumen del ANDEVA del período productivo de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> (días) .....	35
10	Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable período productivo de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	36
11	Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable período productivo de los tipos de inóculo cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	36
12	Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable período productivo del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	37
13	Rendimiento (%) de las diferentes cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> , en cada uno de los tratamientos.....	38
14	Resumen del ANDEVA del Rendimiento (%) de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	38
15	Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable rendimiento de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	38
16	Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable rendimiento de los tipos de inóculo del hongo comestible <i>Pleurotus</i> .....	39
17	Costo de producción y relación beneficio-costos de la cepa silvestre <i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla terciaria para un ciclo de producción en quetzales .....	40
18	Cuadro resumen de relación beneficio-costos por tratamiento en la presente investigación.....	41
19	Costo de producción de 50 bolsas (36*60 cms) para la obtención de carpóforo fresco del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> expresado en quetzales, en un ciclo .....	50
20	Costo de producción de 30 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo primario, expresado en quetzales .....	51
21	Costo de producción de 100 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo secundario, expresado en quetzales.....	52
22	Costo de producción de 100 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo terciario, expresado en quetzales .....	53
23	Costo de producción de 100 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo cuaternario, expresado en quetzales .....	54

## INDICE DE FIGURAS

1	Parte de un seta .....	4
2	Ciclo reproductivo de un basidiomiceto.....	7
3	Etapas de la producción de hongos comestibles .....	10
4	Producción de las Cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> , por tratamiento en cada cosecha .....	30
4	Cepa silvestre <i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , a:Unidad en producción b:Carpóforos seleccionados para caracterización.....	24
5	Cepa silvestre <i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , a:Unidad en producción b:Carpóforos seleccionados para caracterización.....	24
6	Manejo de la investigación a: Micelio en cajas petrí b: Tipos de inóculo en semilla de sorgo c: Semilla en incubadora .....	28
7	Manejo de la investigación a: Bolsas en cuarto de incubación b: Agujerando bolsa para intercambio gaseoso c: Corte vertical de bolsa .....	29
8	Manejo de la investigación a: Bolsas recién extraídas del cuarto de incubación b: Pesaje de carpóforos cosechados c: Pastel invadido de carpóforos .....	30
9	Producción de las cepas del hongo comestible <i>Pleurotus</i> por tratamiento en cada cosecha .....	32
10	Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "D" .....	46
11	Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "A" .....	47
12	Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "C" .....	48
13	Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "B" .....	40

**Evaluación del rendimiento de dos cepas silvestres del hongo comestible  
(*Pleurotus djamor*, Pleurotaceae) con cuatro tipos de inóculo;  
Villa Nueva, Guatemala**

**RESUMEN**

El objetivo fue evaluar el rendimiento de dos cepas silvestres de *Pleurotus*, utilizando como testigo a *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, con diferentes tipos de inóculo (primario, secundario, terciario y cuaternario). Las cepas silvestres *Pleurotus djamor* var. *djamor* y *Pleurotus djamor* var. *roseus* fueron caracterizadas en la Universidad de San Carlos y la investigación se desarrolló en la Escuela Nacional Central de Agricultura, Villa Nueva, Guatemala. Se utilizó un arreglo bifactorial combinatorio bajo el diseño experimental completamente al azar, con 12 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables respuesta fueron: eficiencia biológica en porcentaje, período productivo en días, tasa de producción en porcentaje y relación beneficio-costo. Los resultados fueron: *Pleurotus djamor* var. *roseus* produjoun total 1.40kilogramos de carpóforo, *Pleurotus djamor* var. *djamor*,5.54 kilogramos y *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152,6.64kilogramos. En eficiencia biológica el mejor tratamiento fue *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, inoculo terciario con 73.36% y 59.11% respectivamente. Período productivo, los inóculos secundario, terciario y primario con 52.67, 49.17 y 48.25 días y *Pleurotus ostreatus* ecosur 152, con 52 días son los mejores. Por último la tasa de producción de *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, con 1.41% y *Pleurotus djamor* var. *djamor*, con 1.31%, inoculo terciario con 1.23% presentaron mayor rendimiento. El costo de producción de 48 bolsas de 1.5 kilogramos para obtención de carpóforo fresco, de *Pleurotus djamor* var. *djamor*, inoculo terciario es Q.1016.05 y la relación beneficio-costo es 1.31. Por tanto se recomienda la utilización de la cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *djamor* en la producción artesanal, dando a los agricultores otra alternativa en la utilización de sus remanentes de cosecha.

## Evaluation of the yield of two wild strains of the edible mushroom (*Pleurotus djamor*, Pleurotaceae) with four types of inoculums; Villa Nueva, Guatemala

### SUMMARY

The objective was to evaluate the yield of two wild strains of *Pleurotus*, using *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152 as check, with different types of inoculums (primary, secondary, tertiary and quaternary). The *Pleurotus djamor* var. *djamor* and *Pleurotus djamor* var. *roseus* wild strains were characterized in *Universidad de San Carlos* and the research was carried out in *Escuela Nacional Central de Agricultura* [National Central Agricultural School], Villa Nueva, Guatemala. A bi-factorial arrangement in a complete randomized block design, with 12 treatments and 4 replicates, was used. The response variables were: biological efficiency in percentage, productive period in days, production rate in percentage, and benefit-cost relationship. The results were: *Pleurotus djamor* var. *roseus* yielded a total of 1.40 kilograms of carpophores, *Pleurotus djamor* var. *djamor*, 5.54 kilograms, and *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, 6.64 kilograms. Regarding the biological efficiency, the best treatment was *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, tertiary inoculums, with 73.36% and 59.11%, respectively. Regarding the production period, the secondary, tertiary and primary inoculums with 52.67, 49.17 and 48.25 days and *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, with 52 days, were the best. Finally, the production rate of *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, with 1.41% and *Pleurotus djamor* var. *djamor*, with 1.31%, tertiary inoculums with 1.23%, showed the highest yield. The production cost of 48 bags of 1.5 kilograms to obtain fresh carpophores, of *Pleurotus djamor* var. *djamor*, tertiary inoculums, is of Q1,016.05 [equivalent to US\$127.00], and a benefit-cost relationship of 1.31. Therefore, the recommendation is to use the *Pleurotus djamor* var. *djamor* wild strain and artisan production, providing producers another alternative regarding the use of harvest residuals.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de las setas comestibles es una actividad que se desarrolla desde hace muchos años en Europa, el cual se inicio como una producción extensiva juntando el estiércol de caballo en un establo y cultivando Champiñones pues es su hábitat natural, ya que en estos momentos no se contaba con mucha tecnología. Esta tecnología llego a América a mitad del siglo XX principalmente a Estados Unidos.

Según Rodríguez (2007), se debe conocer la evolución del cultivo, en los últimos cuarenta años la producción mundial de hongos comestibles se incrementó más de treinta y cinco veces: desde 24 mil toneladas métrica en 1962 a 8,5 millones toneladas métricas en 2002. También evolucionaron las especies de hongos cultivados, a inicios de los ochentas champiñón conformaba el 70% de la producción, mientras que en la actualidad las proyecciones indican que el cultivo de *Pleurotus* tiene mejores expectativas.

En los países latinoamericanos, la producción se centra en el cultivo de Champiñón, *Pleurotus*, *Shiitake* y recientemente *Agáriscos blazer*, especie comercializada por sus propiedades medicinales. En los primeros lugares de producción se encuentra México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, y en menor escala de producción se encuentra primeramente Guatemala, Venezuela, Cuba y Colombia. En cuanto al consumo de hongos comestibles se encuentra Alemania con 4 Kg./habitante/año, seguido por Canadá 3.5 Kg./habitante/año y Estados Unidos 2.8 Kg./habitante/año (Sierra; López; García, 2002).

Guatemala como país vecino de dos de los mayores consumidores de setas comestibles, posee algunas ventajas de comercialización y esto significa que hay un potencial de producción. No olvidando que *Pleurotus* es una especie fácil de cultivar y que 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.

La desnutrición es un problema mundial que se incrementa severamente en función del aumento de población. Se ha dicho que los hongos pueden ayudar a resolver este problema, particularmente en los países en desarrolla como Guatemala. Este producto no tradicional ha venido ganando popularidad debido a que los hongos poseen un alto valor nutricional, 1,5 % a 6 % de proteína, lípidos entre 0,2 % a 0,3 %, hidratos de carbono menos del 60 %. Por lo que se hace importante desarrollar en la población guatemalteca un mejor hábito de consumo, pues las personas pueden cultivar sus propias setas durante todo el año y utilizando los remanentes de cosecha que tengan al alcance dependiendo del lugar donde vivan.

El cultivo de *Pleurotus* está tomando mucha presencia en Guatemala, por lo que cualquier estudio relacionado es de vital importancia, de mejor forma si se trata de cepas silvestres, que están adaptadas a las condiciones climáticas de la localidad donde fueron encontradas. En este trabajo se pretende realizar una caracterización de dos cepas silvestres de *Pleurotus* que fueron recolectadas en la Escuela Nacional Central de Agricultura en el 2008, para posteriormente realizar varias transferencias grano a grano y obtener diferentes tipos de inóculo (primario, secundario, terciario, cuaternario) y mediante producción artesanal evaluar los principales indicadores de producción (Eficiencia Biológica, Período Productivo y Tasa de Producción).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades de los hongos

Dentro de la clasificación moderna de los seres vivos (Whittaker, 1969), los hongos ocupan un lugar propio, incluido en el mundo vegetal, pero diferenciados del resto de las plantas. La razón principal que ha motivado esta segregación es la de considerar que los hongos son seres heterótrofos (como los animales), incapaces de sintetizar materia orgánica y que para su nutrición deben aprovechar la que ha sido elaborada por la fotosíntesis de las plantas verdes (Duran de Grau; Pascual, 1997).

Los especialistas en micología, que trabajan en estrecha colaboración con expertos de otros campos de la ciencia como la biología molecular y la bioquímica, han clasificado recientemente a los hongos en un Reino aparte (Reino Fungi), desterrando la vieja clasificación, que incluía estos organismos en el Reino Vegetal (Kobold, 2000).

Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numerosos en la Tierra después de los insectos. En efecto, se calcula que hay más de 1, 500,000 especies de hongos, por lo que su impacto en el medio es enorme. La diversidad de estos organismos, favorecen a que se desarrollen en un sin fin de hábitat, por lo que bien se dice que los hongos están en todas partes (Según De León, 2000 citado por Santos, 2008).

Los hongos se clasifican en dos grandes divisiones:

- Myxomycota (hongos mucilaginosos): La fase somática de los hongos mucilaginosos está formada por un plasmodio, son parásitos obligados y cumplen su ciclo dentro del hospedante.
- Eumycota (hongos filamentosos o verdaderos): Poseen paredes definidas y siempre son saprófitos o parásitos, absorbiendo su alimento en lugar de comerlo. Comprende cinco clases: Chytridiomycetes, Oomycetes, Zygomycetes, Ascomycetes y Basidiomycetes (Cronquist, 1982).

#### 2.1.1 Partes de un hongo

En el hongo hay que diferenciar dos partes fundamentales: **el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductivo**. El cuerpo vegetativo que se encuentra bajo el suelo, esta formado por las hifas son filamentos invisibles que crecen alargándose y ramificándose. Al fundirse entre sí forman el **micelio primario**. La fusión celular entre dos micelios primarios, desarrollados a partir de esporas de signo contrario, produce el **micelio secundario**. Algunas hifas del micelio secundario desarrollan cuerpos fructíferos que contienen órganos particulares en los que se formarán las esporas.

El cuerpo reproductivo son las exquisitas setas que llegan a nuestra cocina no son más que cuerpos fructíferos o carpóforos, compuesto de pie y sombrerete de un organismo más complejo llamado micelio, el verdadero hongo. Se encarga de producir las esporas (que cumplen la misma función que las semillas en los vegetales), llevarlas a la maduración y propiciar su diseminación en el entorno circundante.

Una vez liberadas, las esporas maduras son transportadas por el viento, los insectos, o por los mamíferos que las tragan junto con los cuerpos fructíferos y las depositan después en el suelo con las heces. Si caen en un terreno fértil y con las condiciones químicas adecuadas, las esporas germinan y desarrollan un minúsculo pedúnculo llamado tubo germinativo que, extraer su sustento del sustrato orgánico, se independiza de la espora, y al multiplicar sus propias células forma la hifa (Kobold, 2000).

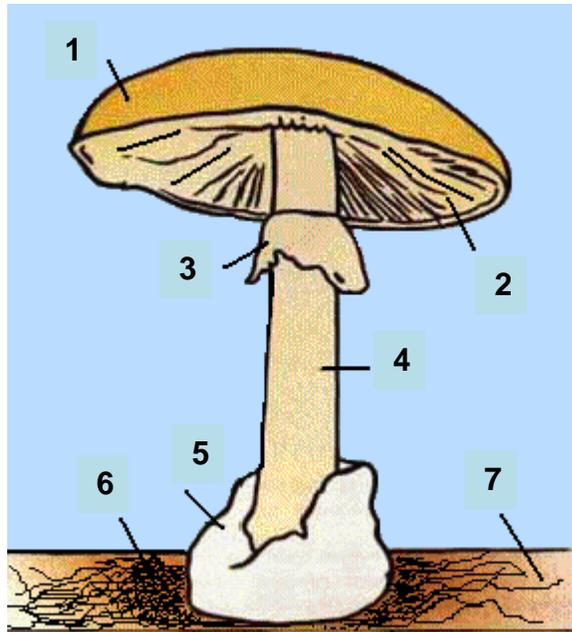
### 2.1.2 Partes de las setas

Las setas más comunes son las que tienen forma de paraguas. Las utilizaremos como modelo para aprender a diferenciar sus partes, aunque algunas especies pueden carecer de una o varias partes.

1. **El sombrero:** Parte superior de la seta, como si fuera la cabeza, es la parte más ancha. Tiene algunos detalles como superficie: algunos son lisos, pero otros pueden estar cubiertos de escamas, pelillos, verrugas... puede ser brillante o mate, seco o húmedo al tacto. El borde puede ser estriado, acanalado, liso, enrollado.
2. **El himenio:** El himenio es la parte de la seta que se encuentra en la zona inferior del sombrero y es donde se producen las esporas. Generalmente está formado por láminas, pero también pueden ser poros, agujijones o pliegues.

Algunas setas tienen el himenio cubierto con una membrana cuando son jóvenes. Al crecer, esta membrana se rompe y puede dejar en el pie un anillo, o si la membrana es viscosa deja unos restos pegajosos en el pie.

3. **Anillo:** En el pie puede ir un resto de la membrana anular antes de madurar la seta, que se llama anillo.
4. **El pie:** Cuelga del sombrero y le sirve de sostén. El aspecto, color y forma del pie también es muy variable. Su superficie puede ser lisa, con escamas, con pelusa.
5. **La volva:** Aunque son pocas las setas que tienen volva es importante saber distinguirlas, porque las principales setas mortales la tienen. La volva son los restos de la membrana, que envuelve a la seta cuando se está formando dándole la apariencia de un huevo. La volva puede adoptar también diferentes formas y consistencia. Con frecuencia permanece enterrada, por lo que debemos escarbar para verla.
6. **Micelio:** Parte subterránea por donde se alimenta la seta (Gálvez, 2006).



1. Sombrero o pileo
2. Himenio o lamela
3. Anillo
4. Pie, estipe o estípite
5. Volva
6. Micelio
7. Hifa

Figura 1. Partes de una seta (Ardón, 2007)

### 2.1.3 Cómo se alimentan los hongos

Una de las peculiaridades de los hongos es que carecen de cloroplastos, los corpúsculos que en las células vegetales almacenan la clorofila. Por lo tanto, no son capaces de realizar fotosíntesis y extraer nutrientes de las sustancias inorgánicas presentes en la tierra y en el aire.

Para sobrevivir y crecer deben alimentarse de materiales orgánicos, vivos o muertos. Las diferentes especies de hongos se han adaptado, incorporando cada una enzimas especiales, a descomponer un determinado sustrato orgánico. En la naturaleza, el micelio aparece como un insignificante filamento blancuzco, de aspecto mohoso, visible en ocasiones al levantar la corteza de un árbol dañado o al remover el lecho de hojas muertas en el bosque (Kobold, 2000).

Los hongos viven en hábitats muy diversos, generalmente en bosques y praderas sobre residuos orgánicos o asociados a las plantas. Para asegurar su supervivencia han adoptado una de estas tres formas de vida:

- a. **Hongos de vida saprofita.** Los hongos saprofitos son muy abundantes, viven sobre materia orgánica en descomposición y son los más fáciles de cultivar. Los champiñones, los Pleurotus, el shiitake, etc. Pertenecen a esta clase de vida.
- b. **Hongos de vida parásita.** Los hongos parásitos se alimentan de otros seres vivos a los cuales provocan generalmente enfermedades. En este grupo de hongos solo la especie *Armillaria mellea* puede tener cierto interés su cultivo (Sierra, et al., 2002).

Los hongos que se nutren de organismos vivos se llaman parásitos, mientras que los saprófitos obtienen su alimento de la materia orgánica muerta. Algunos parasitan a su huésped causándole la muerte y se convierten luego en saprófitos que se alimentan de restos en descomposición.

- c. **Hongos de vida simbiote.** Los hongos simbiotes viven en asociación con las plantas estableciendo con ellas una relación de dependencia o colaboración nutricional. En dicha asociación, el micelio envuelve, y a veces penetra, los ápices radicales de la planta formando con ella una unión llamada micorriza (del griego mico = hongo y riza = raíz). El micelio absorbe agua y sales minerales del suelo y se las cede a las raíces de la planta; éstas ceden al hongo carbohidratos producidos mediante la fotosíntesis, que el hongo utiliza para crecer, producir cuerpos fructíferos, e incluso reproducirse (Kobold, 2000).

En este grupo hay especies de gran interés gastronómico y comercial como las trufas, los boletus, los lactarius, etc. La micorrización de bosques con el fin de producir setas comestibles de gran calidad constituye actualmente la punta de lanza en la investigación sobre el cultivo de setas. En muchos países hay viveros especializados en la venta de plantas micorrizadas con micelio de trufas (trufa negra y otras), lactarius (niscalos) y boletus (Sierra, et al., 2002).

## 2.2 Basidiomycetes:

Es una división taxonómica botánica que corresponde a los hongos que producen basidios con basidiosporas. Contiene a las clásicas setas y hongos con sombrero. Los basidiomicetes se diferencian de los demás hongos en que sus esporas se desarrollan en el exterior de unas células especializadas, llamadas basidios. Evolutivamente se acepta que los basidiomicetos se han originado a partir de los ascomicetos y se estima que pertenecen a este grupo un 30 % de los hongos existentes.

El basidio tiene forma de clava o porra, y en su parte superior se diferencian unas prominencias (sterigmas) en las que se disponen las esporas, generalmente en número de cuatro. Las esporas se desarrollan en el interior de los basidios. En la mayoría de los basidiomicetos se observan dos estados de desarrollo del micelio: un primario, que se origina al germinar una espora y en el que rápidamente se forman los septos o tabiques que dividen las hifas en células uninucleadas.

Se unen los citoplasmas (plasmogamia) pero no los núcleos, que aparecen de dos en dos y que se van dividiendo conjugadamente. Este micelio dicariótico es capaz de producir basidios en el interior de los cuales tiene lugar la fusión de los dos núcleos (cariogamia) a la que sigue la meiosis y, generalmente, una mitosis que da lugar a ocho núcleos. Sin embargo, lo más frecuente es que se formen sólo cuatro esporas, bien porque cada una posea una pareja de núcleos, o porque cuatro de ellos degeneran.

La capa fértil (himenio) está formado por los basidios, con sus esporas externas, que suelen estar acompañados de otras células estériles, cistidios y basidiolos. El himenio se dispone sobre formas estructurales especializadas tapizando el interior de poros (poliporáceas) o tubos (boletáceas); en la parte exterior de pliegues (cantareláceas) o de agujas (hidnáceas), o sobre ambas caras de delgadas láminas características de los hongos más típicos y conocidos (agaricáceas) (Duran de Grau; Pascual, 1997).

#### 2.1.4 Tipos

- a) **Heterobasidiomycetes:** Cuando los basidios están septados y muy divididos. Las esporas son resistentes por poseer una pared muy gruesa. Presentan más de un tipo de conidio.
- **Homobasidiomycetes:** Cuando los basidios son más uniformes y no septados con forma claviforme. En estos la basidiospora germina formando la hifa. Los órdenes son tremelales, uredinales y ustilaginales.

#### 2.1.5 Ciclo reproductivo de un Basidiomiceto

1. Los hongos se reproducen por esporas. Ellos poseen en el himenio unas células madres que son las encargadas de producir las esporas, a dichas células se les conoce con el nombre de basidios (Mendivil, 1996).
2. El fruto maduro (basidioma) libera las esporas que, transportadas por el aire o por otro vector, caen sobre un terreno fértil.
3. El tubo germinativo de la espora, que extrae su alimento de la materia orgánica presente en el suelo, multiplica sus células mediante un complejo mecanismo para dar lugar a la hifa.
4. Cuando germinan esporas de signo contrario en dos hifas (producidas por el mismo hongo o por dos diferentes) y se juntan, forman el micelio secundario por fusión de sus células. El micelio secundario presenta células con dos núcleos y una unión en forma de fíbulas o hebilla. En ese punto se desarrollan los fenómenos que darán lugar a la creación de nuevas células a la diversificación de los basidios, los órganos sobre los que se desarrollarán las nuevas esporas.
5. En algunos puntos las hifas son más densas y turgentes. Éstas tienden a crecer curvadas y retorcidas dando lugar a formaciones esféricas que se convertirán en los cuerpos fructíferos en el estadio de primordio (Kobold, 2000).

En los vegetales, la información genética está depositada íntegramente en una misma semilla; en los hongos la información genética está dividida entre esporas que portan información genética positiva (+) y esporas que portan información genética negativa (-). Las esporas en las setas se encuentran dentro de unas células llamadas "basidios". Todas las setas producen al llegar su madurez millones de esporas. Para entender de una forma elemental la reproducción de los hongos vamos a seguir la evolución de dos esporas "con suerte" a las que denominaremos espora positiva (+) y espora negativa (-). Una vez diseminadas estas esporas en la naturaleza, si las condiciones de humedad, temperatura y sustrato adecuado les son favorables germinan y se desarrollan a partir de ellas unos filamentos llamados "hifas". El conjunto de estas hifas constituye el "micelio primario" de cada espora.

Los micelios primarios resultantes (m+) y (m-) tienen la peculiaridad de no producir aparatos reproductores (setas) y por lo tanto son estériles. Pero si por casualidad en un mismo sustrato germinan dos esporas de la misma especie y de signo contrario, sus respectivos micelios primarios se unen "sexualmente" (se fusionan los citoplasmas de las células pero no sus núcleos), formando células dicarióticas (+,-) el resultado es un "micelio secundario". Si este micelio secundario consigue extenderse ampliamente en el sustrato y las condiciones climatológicas siguen siendo favorables, se desarrollará finalmente el aparato reproductor de la especie al cual conocemos vulgarmente con el nombre de "seta" (Sierra, et al., 2002).

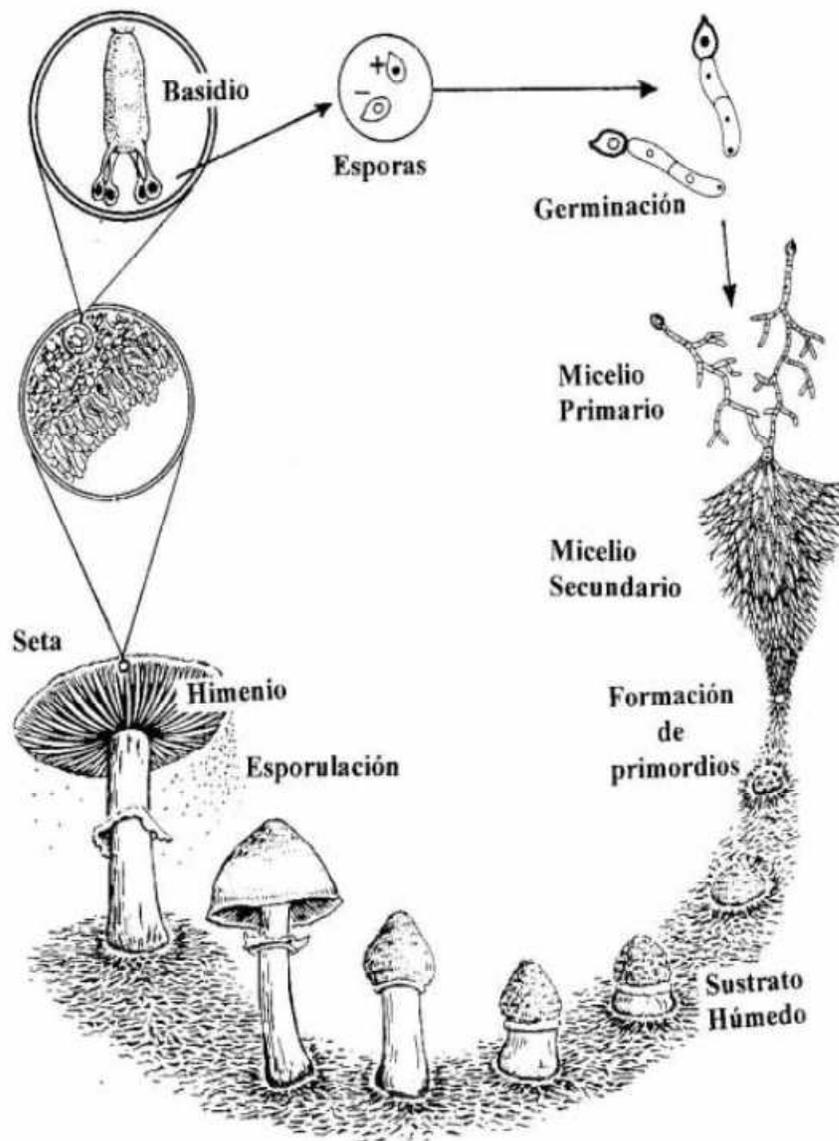


Figura 2. Ciclo reproductivo de un Basidiomiceto (Sierra, et al., 2002)

### 2.3 Características generales de *Pleurotus*

- Sombrero: 8 a 20 cm, frecuentemente formado por varios sombreretes superpuestos, imbricados, excéntricos y asimétricos, levemente deprimidos en la inserción; margen incurvado, con ribete oscuro; cutícula lisa, brillante, de color que varía del negro violáceo al gris parduzco, y se vuelve más claro con la edad.
- Láminas: Anchas, más o menos apretadas, desiguales, bifurcadas, decurrentes hacia el pie; blanco crema a marfil.
- Pie: 2 a 6 cm, lleno, duro, corto o casi inexistente, excéntrico o lateral, engrosado hacia la parte superior, rudimentario en la base; blanco, liso, peludo en la base.

- No tienen ni Volva ni Anillo
- Esporas Blancas
- Saprofitos
- Distribución cosmopolita
- Todas las especies son comestibles
- Nacen normalmente en grupos de muchas unidades juntas (Kobold, 2000).

### 2.3.1 Especies de importancia del género *Pleurotus*

- 🚧 *Pleurotus ostreatus* (Jacquim ex Fries) Kummer
- 🚧 *Pleurotus levis* (Berk & M.A Curtis)
- 🚧 *Pleurotus dryinus* (Persoon) Kummer
- 🚧 *Pleurotus djamor* (Fries) Boedijn
- 🚧 *Pleurotus cornucopiae* (Fr.) Gillet
- 🚧 *Pleurotus djamor var. Roseus* Corner
- 🚧 *Pleurotus eringii* (De Candolle ex Fries) Quelet
- 🚧 *Pleurotus pulmonarius* (Fries) Quelet (Sierra, et al., 2002 y Pérez, 2006).

### 2.3.2 Contenido nutricional de *Pleurotus*

Como ya se ha indicado, se trata de una especie comestible que es posible cultivar. Desde el punto de vista de sus características organolépticas, puede decirse que es de bastante buena calidad. Tiene necesidad de un tiempo de cocción más prolongado que el que hace falta en muchas otras especies.

Proteínas en hongos: De los 22 aminoácidos que constituyen las proteínas, 9 aminoácidos son esenciales para la alimentación de los humanos (fenilalanina, lisina, isoleucina, leucina, valina, cistina, triptófano, treonina), y el género *Pleurotus* contiene la mayoría de estos aminoácidos esenciales.

Cabe señalar que el análisis del contenido proteico es complicado en los hongos ya que contienen nitrógeno en compuestos diferentes a las proteínas o aminoácidos, como la quitina, el quitosan y los ácidos nucleicos (López; García, 1994).

Los hongos poseen un contenido de proteínas que va desde un 20% al 40% de su peso seco (dependiendo de la especie, sustrato o tipo de cultivo practicado). Tal cantidad de proteínas los coloca por arriba de la mayoría de los vegetales, frutas y verduras que consumimos en nuestra dieta. Las proteínas de los hongos se consideran de alta calidad, debido a la cantidad de aminoácidos esenciales.

Por otro lado, los hongos son una fuente significativa de vitaminas como la B1, B12, ácido ascórbico y vitamina D entre otras. Minerales indispensables en nuestra dieta diaria como el Calcio y el Fósforo se encuentra en cantidades significativas (López, 2006).

Lípidos en hongos: El 2 % del peso seco de los hongos son lípidos y grasas, este es un contenido muy bajo, sin embargo proveen ellos sabores, aromas gratos y especiales para la comida. El ácido linoleico es el único ácido graso requerido en la dieta humana. Del 2 % de lípidos y grasas que contienen los hongos el 75 % es ácido linoleico.

Carbohidratos en hongos: En general podemos decir que los hongos tienen un bajo contenido de azúcares. El 5 % del peso seco es Glicógeno, un azúcar que si puede ser empleado por el humano. Del 23 % al 10 % del peso seco es Manitol y 1 % de Trehalosa, dos azúcares que no pueden ser usados por los humanos (López; García, 1994).

## 2.4 Clasificación taxonómica de *Pleurotus djamor*

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Subdivisión	Basidiomycotina
Clase	Basidiomycetes
Subclase	Holobasidiomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	<b><i>Pleurotus</i></b>
Especie	<b><i>djamor</i></b> (Fries) Boedijn (Reyes, 1990 citado por Santos, 2008).

### 2.4.1 Características *Pleurotus djamor* (Fries) Boedijn

#### a. Características macroscópicas

Fructificaciones carnosas, en forma de repisas redondas, píleo de 3 a 8 cm de ancho, a veces algo lobuladas, color blanquecino a café-amarillento claro o parduzco-grisáceo, principalmente en el centro; superficie lisa, láminas bien definidas. Estípite muy corto sin presencia de velo. Contexto blanquecino, con sabor y olor semejante a harina fermentada o tortillas acedas. Crece en conjuntos sobre troncos podridos, a veces sobre árboles vivos, en lugares soleados.

#### b. Características miceliares

Micelio blanco; al principio es longitudinal, que al ir madurando se torna algodonoso. La mayoría de las cepas desarrollan tonos rosados fuertes cuando el micelio es maduro y alrededor de los sitios de formación del primordios. Los primordios son de color rosa, formando a menudo colonias en racimo a lo largo de la periferia en el interior de la caja de Petri y/o alrededor de la inoculación (Pérez, 2006).

### 2.4.2 Características macroscópicas *Pleurotus djamor* var. *Roseus*

Su forma general es similar al *P. ostreatus* pero difiere notablemente de esa especie en el color salmón-rosa. Al principio con un fuerte tono rosa, pasa luego a salmón y finalmente palidece a tonos pajizos o beige. Estos cambios de color no solo dependen de la edad sino también de la iluminación que reciben. En los países de origen crece sobre maderas duras, incluso sobre palmas, árbol de la goma y hasta en bambú.

Las setas al principio tienen el margen enrollado y luego se aplanan al llegar a la madurez. Las esporas son de color rosa y las variedades rosas que cambian a beige al llegar la madurez producen esporas beige claras. En los países cálidos es la seta más productiva de todas las cultivadas sobre paja. El cultivo es similar al del *P. ostreatus*. Las diferencias más notables son que esta seta se obtiene a más alta temperatura y sobre virutas y serrines de maderas duras, residuos de café, algodón, palma, bananeros y caña de azúcar (Sierra, et al., 2002).

## 2.5 Cultivo de *Pleurotus*

El cultivo incluye dos etapas:

**1). La obtención de la “semilla” o inóculo**, la cual se realiza en condiciones de laboratorio. Para la producción del inóculo se emplean muchos tipos de materiales, entre los cuales están las semillas de trigo, sorgo, centeno, etc. La elección de un material adecuado para el inóculo es un factor importante a considerar y los aspectos que determina esta elección es la disponibilidad que exista de este material y el costo de la misma. Hay dos tipos de semilla: la semilla madre, máster o primaria y la secundaria o semilla para la siembra.

**2). La producción de carpóforos** (Santos, 2008).

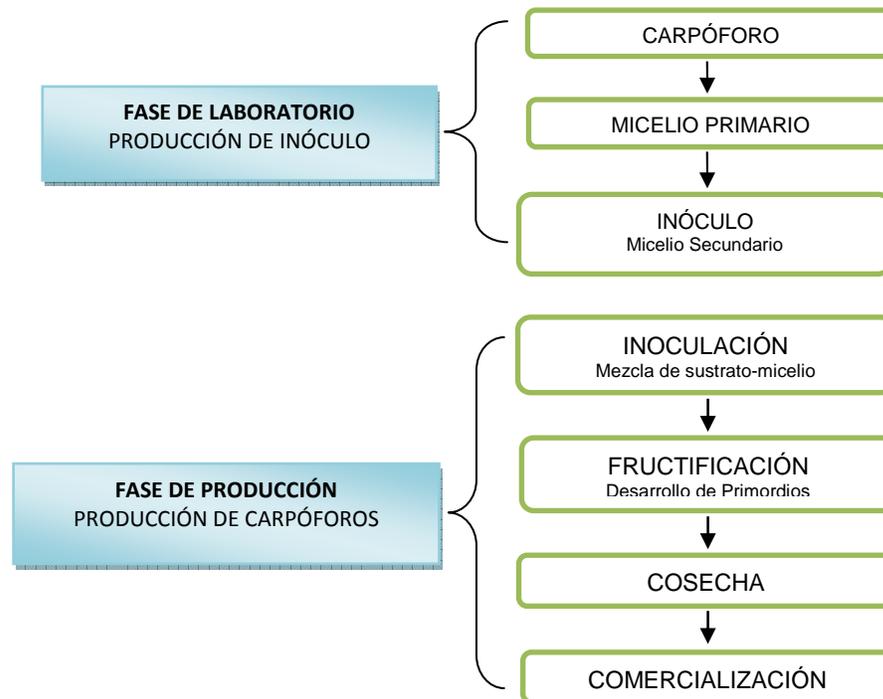


Figura 3: Etapas de la producción de hongos comestibles (Ardón, 2007).

### 2.5.1 Condiciones necesarias para el crecimiento

Según Stamets 2000, el hongo *Pleurotus* requiere de ciertas condiciones que se le debe dar para optimizar su crecimiento y mejorar su producción, descritas a continuación:

Cuadro 1. Parámetros de crecimiento en los estadios de producción de *P. ostreatus*

Condiciones	Spawn	Formación de primordios	Desarrollo cuerpo fructífero
Temperatura	24-29 0C	10-27 0C	18-24 0C
Humedad relativa	90-100 %	95-100 %	85-90 %
Humedad del sustrato	.....	.....	50-60 %
pH sustrato	.....	.....	5-6
Duración	8-14 días	3-5 días	3-5 días
Concentración CO2	5000 ppm	400-800 ppm	400-800 ppm
Requerimiento lumínico	n/a	150-200 lux	150-200 lux

Fuente: Según Stamets, 2000 citado por Flores; Arias 2006.

### 2.5.2 Micelio en grano o “Spawn”

#### a) Preparación de semilla madre

El “Spawn” es semilla esterilizada de trigo, sorgo o arroz, etc., debidamente colonizada por el micelio de *P. ostreatus*. Para preparar la semilla madre, los granos (trigo, sorgo o arroz) son lavados abundantemente y dejados en remojo toda la noche. Las semillas muertas y aquellas que flotan sobre el agua son removidas cuidadosamente. Al siguiente día las semillas son lavadas y hervidas en agua de 10 a 15 minutos hasta que se expandan sin romperse, cuando los granos se han hinchado son removidos del calor y se debe de eliminar el exceso de humedad con un tratamiento de ventilación entre 30 y 60 minutos.

Esta parte es muy crítica puesto que si se tiene granos muy secos el crecimiento del micelio será muy lento y si esta muy húmedo igualmente el micelio no se desarrolla. La humedad óptima para los granos es alrededor del 50 %, después que se obtiene la humedad adecuada, se colocan en botellas de vidrio a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad y se tapa con algodón (Según Sánchez y Royse 2001, citado por Flores; Arias, 2006).

#### b) Esterilización del Grano

Las botellas de vidrio llenas a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad, están lista para la esterilización en autoclave a 121 °C y a 15 lbs. /pulg<sup>2</sup>. El tiempo de esterilización depende del tamaño de la botella, para botellas de 0,5 a 1 L dos horas de esterilización a 15 libras/pulg<sup>2</sup> es suficiente; recipientes mayores a estos se requieren cuatro horas. Las botellas se enfrían a temperatura ambiente antes de inocular con el cultivo puro (trozo de agar micelio).

### **c) Inoculación e incubación con cultivo micelial**

Esta etapa se hace bajo completa asepsia (medio estéril), dentro de una cámara de flujo laminar, la cual asegura la transferencia o el aislamiento del cultivo puro. El técnico debe de tener ropa limpia, bata de laboratorio, lavarse las manos con alcohol al 70%, no hablar ya que la boca contiene bacterias o esporas que pueden contaminar el sustrato, es mejor si la persona que realiza esta labor tiene mascarilla.

Para inocular el micelio que proviene de una caja petri, se usa un bisturí para cortar el agar en pequeños cuadros o trozos y transferirlos a los granos estériles, la botella de vidrio se destapa y se inclina introduciendo el trozo del micelio dejándose caer sobre la superficie de los granos, tapar las botellas, para que el micelio incube a temperatura ambiente (20 °C a 27 °C) sin moverlo y poca oscuridad, dejarlo aproximadamente de 2 a 4 semanas después de la inoculación según el tipo de recipiente hasta que el micelio blanco haya cubierto completamente todos los granos (Según Sánchez y Royse 2001, citado por Flores; Arias, 2006).

### **2.5.3 Sustratos para producir hongos**

#### **a) Criterios analíticos para seleccionar el sustrato**

Una vez conseguido el micelio (semilla), debemos conseguir el sustrato. El sustrato es como la “tierra” donde sembraremos la “semilla” y ahí es donde crecerán los hongos. Puesto que las especies del hongo *Pleurotus* son degradadores de madera, los sustratos deben de tener un alto contenido de lignocelulosa (Organización para la cultura y el ambiente A.C.).

Los materiales lignocelulósicos se encuentran en su mayoría en desechos orgánicos de la industria aserradera, agricultura y jardines. Antes de hacer uso de estos y otros subproductos similares, se debe determinar su compatibilidad con los requerimientos del hongo. Los materiales que se usaran para los sustratos deben poseer características como ser: Buena disponibilidad en cantidad y continuidad; buen conocimiento de sus características físico-químicas, localización fácil y cercana, facilidad de transporte y manejo, además de un precio ventajoso de adquisición.

Existen tres grupos de materias primas para ser utilizadas como sustratos en la producción de *Pleurotus*:

- El principal grupo lo forman las pajas de cereales (arroz, trigo, cebada, maíz, tallo de sorgo, entre otros) recogidos en los rastrojos tras el cosechado de los granos, ya que son materias con alto predominio de lignocelulosa y nitrógeno por debajo del 1 %.
- Otro grupo de materiales corresponde a los tallos hojas o resto de cultivo de plantas destinadas a un uso o aprovechamiento industrial (algodón, girasol, tabaco, entre otros), estos materiales presentan también alto contenido en lignocelulosa y un contenido en nitrógeno ligeramente superior a las pajas de cereal.
- El tercer grupo de materiales lo constituyen varios subproductos derivados de algunas agroindustrias como las oleaginosas, destilerías, azucareras, aserraderos, entre otros. Tales subproductos suelen ser cascarillas de semillas, harinas, pulpas, bagazo, aserrines (Según Sánchez y Royse 2001, citado por Flores; Arias, 2006).

Cuadro 2: Composición química y eficiencia biológica de algunos substratos, en porcentaje sobre materia seca.

Material	MO	N	GB	FB	ELN	Cen	C/N	EB
Pulpa de café	84.70	0.59	-----	-----	-----	15.30	83.26	175.80
Cáscara de Cacahuete	92.40	2.44	9.70	26.30	41.20	7.60	22.00	100.00
Paja de trigo y broza de encino	93.75	0.86	1.49	-----	17.59	6.25	63.05	91.07
Paja de arroz	84.30	0.69	1.90	35.70	42.40	15.70	70.80	79.20
Magüey tequilero	91.10	0.36	2.80	32.40	53.60	8.90	146.80	65.00
Cascarilla de arroz	82.50	0.63	1.30	48.10	29.20	17.50	75.90	56.10
Jacinto de agua	83.40	1.74	-----	18.00	-----	16.60	27.80	52.00

Fuente: Según Sánchez y Royse, 2002 citado por Ardón, 2007

Referencia: MO: Materia orgánica, N: Nitrógeno, GB: Grasa bruta, FB: Fibra bruta, ELN: Extracto libre de nitrógeno, Cen: Cenizas, C/N: Relación carbono nitrógeno, EB: Eficiencia biológica.

La producción de café, así como la obtención de azúcar de caña son, entre otros, algunos ejemplos destacados de agroindustrias que se establecen con gran frecuencia en varios países del área tropical y subtropical americana. Estas agroindustrias generan de forma colateral grandes cantidades de subproductos derivados del objetivo central de la actividad. Tales subproductos son, respectivamente, la pulpa de la cereza del café y el bagazo de caña de azúcar agotado.

Las circunstancias comunes que tienen estos subproductos son que en estado fresco, contienen cantidades apreciables de materiales fácilmente fermentables, susceptibles de contaminaciones bacterianas y fúngicas, invasión de insectos, etc. Siendo así, necesitan ser homogeneizados y estabilizados para ser utilizados como substratos. La solución general para materiales con estas características, así como en aquellos que poseen baja capacidad de retención de humedad es la fermentación natural.

El proceso de fermentación natural de la pulpa comienza con apilar el material (70-80% de humedad), en montones piramidales de 1-1.20 m de alto. El material se voltea al segundo o tercer día de haberse iniciado la fermentación aerobia. Después de 5 ó 6 días la pulpa de café estará lista para ser inoculada (hasta 40 días en el caso de bagazo de caña). Este proceso de fermentación reduce sensiblemente el volumen de la pulpa de café y la transforma en un material física y químicamente homogéneo, con buena estructura y consistencia. Según Sánchez y Royse (2002), con este procedimiento se han logrado excelentes rendimientos en *P. ostreatus*, con eficiencia biológica media de 175%.

La variante de secado al sol y almacenado posterior de la pulpa de café está motivada por la disponibilidad variable y dispersa de este material en las regiones productoras. Además, la pulpa fresca sólo está disponible 5-6 meses al año. Por estos motivos, tras obtenerse del beneficio de café, la pulpa de café puede ser secada al sol, de manera uniforme, durante un período de 4-6 días. Luego se lava y deshidrata nuevamente al sol. Una vez físicamente seca, puede almacenarse en sacos de plástico y usada incluso después varios años (hasta 7 años por experiencia propia). No obstante, antes del almacenado debe quedar completamente libre de mohos para evitar posteriores contaminaciones.

Al ser utilizada para la elaboración del sustrato, la pulpa desecada debe ser re-hidratada por medio de una inmersión en agua. Tras esta operación, el material está apto para el tratamiento de desinfección ya que no precisa una fermentación. La desinfección de la pulpa de café fermentada o re-hidratada se hace por inmersión en agua caliente, en la forma indicada para el caso de pajas de gramíneas (Según Sánchez y Royse 2001, citado por Flores; Arias, 2006).

#### **b) Tratamiento para obtener un sustrato selectivo**

Para permitir que el hongo invada el sustrato en forma homogénea es indispensable que este tenga una densidad determinada que no impida el intercambio gaseoso entre éste y el medio ambiente inmediato. Para lograr esto las pajas de cereales deben ser picadas con la ayuda de una chapeadora o molino de martillo hasta lograr trozos de entre 4 y 6 cms.

Luego las pajas deben ser remojadas durante 24 a 48 hrs. para permitir que el agua se embeba en el sustrato y este alcance una humedad total cercana al 70%. Tiempos de remojo menores al indicado no permiten una buena embebición debido a la resistencia natural que tienen las pajas de cereales a absorber agua (debido a su gruesa cutícula), tampoco es recomendable, tiempos mayores ya que la paja luego comienza a contaminarse con mohos. Una práctica habitual es dejar las pajas sumergidas en estanques de agua o colocarlas en recipientes de gran tamaño donde se les adiciona agua con la ayuda de un aspersor o simplemente con una manguera flexible.

Todos los desechos agroforestales tienen una gran carga de agentes contaminantes, especialmente bacterias y hongos inferiores, esto se debe a que estos organismos comienzan a colonizar estos sustratos para degradarlos y volver sus componentes al medio ambiente. Por lo tanto es indispensable que estos sustratos sean tratados previamente para eliminar estos microorganismos o para disminuir las sustancias de las cuales se alimentan.

Cuando se trata de pajas de cereales, existen varios tratamientos que aseguran la eliminación total o parcial de estos agentes contaminantes. A continuación se hará una breve descripción de los más utilizados:

- **Esterilización Total:** Es utilizado para cultivar el Champiñón Ostra a pequeña escala. La paja picada y humedecida se coloca en bolsas de Polipropileno en cantidades no mayores a 4 Kg. Se cierran las bolsas y se taponan con Algodón Hidrófobo para permitir algo de intercambio gaseoso. Las bolsas son autoclavadas durante 45 minutos.

En algunos casos es recomendable autoclavar durante 30 minutos, dejar enfriar, reposar durante 2 días y volver a autoclavar otros 30 minutos para asegurarse una esterilización completa. Este procedimiento es muy complicado para aquellos cultivadores que necesitan preparar grandes cantidades de sustrato y/o que no cuenten con mecanismos para realizar las siembras con una completa asepsia.

- **Cocimiento en Agua Caliente:** Este método ha sido el más utilizado en la última década y es especialmente apto para cultivadores que siembran no más de 800 Kgs. de sustrato por vez. La paja picada, sin humedecer, se coloca al interior de Tambores de 200 Lts que contengan no menos de 60 lts. de agua hirviendo. Se deja que la paja se esterilice en estas condiciones por no más de 10 minutos. Algunos cultivadores agregan Carbonato de Calcio al agua para alcalinizar las pajas a un pH no mayor de 7,8. Esto favorece enormemente el crecimiento vegetativo del micelio.
- **Pasteurización en Agua:** Este procedimiento es muy similar al anterior con la diferencia que la paja se mantiene sumergida en agua a 80°C durante una hora. Esto evita pérdidas mayores de nutrientes durante la pasteurización, sin embargo no elimina por completo las esporas de hongos competidores. Para asegurarse de mantener la temperatura constante se debe contar con un termómetro confiable y con una fuente de calor que permita aumentar o disminuir su intensidad.
- **Pasteurización con Vapor:** Este tipo de pasteurización es la más utilizada en la actualidad en Chile y es la que entrega mejores resultados. La paja picada y humedecida es ingresada a Túneles de Pasteurización. Mediante la adición de vapor se mantiene la temperatura entre 70 –80°C durante 28 a 34 hrs. Después de la esterilización la paja adquiere un color pardo oscuro y se torna más flácida (Cisterna, 2002).

#### 2.5.4 Inoculación del sustrato

Para realizar la siembra se recomienda acondicionar un lugar, fácil de limpiar, que tenga una temperatura agradable, que esté aislado y sin corrientes de aire. La siembra se puede realizar manualmente en condiciones de asepsia rigurosa sobre una mesa. La semilla se agrega y distribuye de la manera más homogénea posible con el sustrato, ya mezclados, ambos se colocan dentro de la bolsa o contenedor que se emplee para tal fin. Una vez terminada la siembra, se debe cerrar el recipiente para evitar contaminaciones y la pérdida de humedad del sustrato, así como para permitir que se incremente la concentración de CO<sub>2</sub> en el recipiente; ya sea con un amarre propio (nudo) o con una cuerda delgada. Estas condiciones son necesarias para favorecer el rápido crecimiento y la colonización del sustrato por el hongo. Se recomienda que entre el sustrato y el amarre quede un espacio suficiente para permitir que cuando se haga el picado del plástico no se toque el sustrato. Al bloque hongo-sustrato así formado se le denomina *tronco sintético* o *pastel*. La temperatura del sustrato al momento de la siembra debe ser de 24 a 25° C (cuando todavía está tibio), no se debe sembrar con paja caliente porque se muere el micelio, por otra parte si se siembra con paja fría se retrasa el crecimiento (según Velasco y Vargas, 2004 citado por Ardón, 2007).

La inoculación del sustrato con el micelio se puede llevar a cabo también colocando capas alternas de sustrato y micelio, hasta cubrir la capacidad deseada de la bolsa. La semilla en grano (maicillo o trigo) es la más común en la actualidad porque permite obtener un micelio vigoroso, con buenos puntos de crecimiento por kilogramo de grano. La tasa de inoculación es la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de sustrato que se pretende inocular. En el caso de especies de *Pleurotus* se han usado tasas de inoculación que varían entre 2 y 15 por ciento del peso húmedo del sustrato. Por ejemplo, para una tasa de inoculación del 5%, por cada 100 Kg de paja húmeda se deben usar 5 Kg de semilla.

La definición de este valor depende de las características tanto de la cepa y del inóculo, como del sustrato donde se siembra. Mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor será el costo por compra del inóculo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato. Además, a mayor tiempo para colonización mayor será el riesgo de contaminación. De lo anterior, la cantidad de semilla utilizada no afecta directamente el rendimiento; sin embargo, el uso de más semilla acelera la colonización del sustrato (Según Sánchez, 2004 citado por Ardón, 2007).

Debido al hábito de crecimiento que presenta *Pleurotus ostreatus* en general, para su cultivo se utilizan recipientes que presentan mayor superficie lateral que transversal. Lo ideal sería maximizar el área superficial para determinado volumen del contenedor. El material más utilizado como contenedor son las bolsas plásticas de polietileno blanco para poder observar el crecimiento del micelio y detectar de manera oportuna aquellos que presentan contaminantes. Las dimensiones de las bolsas que se usan pueden ser de 35x60 cm o de 60x90 cm, con una resistencia de hasta 15 Kg.

Es importante destacar que la densidad con que son sembradas las bolsas es un factor determinante en el buen desarrollo vegetativo del hongo que se lleva a cabo en esta etapa del cultivo. Si las bolsas son llenadas con paja muy compactada lograremos incorporar más sustrato al ciclo de cultivo pero las bolsas tendrán un intercambio gaseoso muy deficiente produciéndose al centro una fermentación anaeróbica que elevará la temperatura del sustrato por sobre el óptimo y evitará el crecimiento del hongo en ésta área. Si por el contrario la compactación es muy laxa quedarán muchas zonas con aire y se incorporará menos sustrato al ciclo de cultivo disminuyendo los rendimientos. Estas indicaciones sobre inoculación y las que continúan son totalmente aplicables también, al menos y con toda probabilidad de éxito, al utilizar pulpa de café como sustrato (Cisterna, 2002).

### **2.5.5 Incubación**

La incubación se refiere al período necesario para que el hongo colonice completamente el sustrato. Tras la inoculación los contenedores se colocan en un lugar oscuro o poco iluminado, durante 12 a 18 días, a una temperatura de 24 y 28 grados centígrados y humedad relativa de 75-80%. Cuando la temperatura excede los 30° C el ritmo de crecimiento se vuelve lento llegando a la detención total. Si la temperatura baja, el riesgo de contaminación por hongos competidores es mayor y cuando es de 4° C o menos el micelio sufre daños graves y puede incluso morir (según Velasco y Vargas, 2004, citado por Ardón, 2007).

En la sala de incubación las bolsas se apilan una sobre otra a dos niveles con tablas de madera entre cada nivel. El monitoreo debe efectuarse en esta etapa diariamente, levantando las bolsas para chequear la incidencia de plagas y enfermedades. Cuando el mismo ambiente físico funge a la vez como sala de incubación y de fructificación, los contenedores suelen colocarse durante la incubación sobre blocks sujetas con rafia (pita) a una armazón aérea de alambre de amarre, o en estantes. Una vez sembrado el hongo inicia su crecimiento sobre el sustrato, durante las primeras 24 horas el micelio crecerá poco debido a que debe adaptarse al cambio del medio y por la manipulación que se hace es dañado un poco y debe recuperarse. El crecimiento acelerado inicia aproximadamente a las 48 horas, dependiendo de las condiciones ambientales. Durante este período se observará que el micelio invade desde los granos hacia el sustrato produciendo un recubrimiento gradual.

Durante la incubación, tres o cuatro días después de haber efectuado la siembra, se hacen perforaciones en la parte superior de la bolsa de polietileno con una aguja de disección perfectamente distribuidas a 2 cm una de la otra; y de preferencia, sin tocar el sustrato. Esto se hace porque inicialmente se requiere una concentración alta en CO<sub>2</sub> para estimular el crecimiento micelial, pero pasados estos niveles, el CO<sub>2</sub> limita el desarrollo y es necesario facilitar el intercambio con aire fresco.

Cuando finaliza el período de incubación algunos productores proceden a retirar completamente la bolsa. Al hacerlo es necesario ejercer mayor control sobre la humedad del sustrato dado que tiende a disminuir con facilidad. En condiciones artesanales de producción se acostumbra colocar sobre el piso, ladrillos con alta capacidad de retención de humedad para mantener condiciones de alta humedad ambiental y con ello, evitar la pérdida de humedad del sustrato. Esta opción es utilizada al disponer los contenedores en estantes.

Cuando se elige por no retirar completamente la bolsa al final del período de incubación, a los 8-14 días de la siembra, además de las perforaciones mencionadas; se procede a realizar cortes verticales de 5 cm de longitud con navaja estéril o bisturí, separados uno del otro verticalmente 5 cm y distribuidos en hileras cada 10 cm hasta cubrir toda el área lateral de las bolsas con sustrato. Por éstas ranuras emergerán los carpóforos en la fase de fructificación (Según López, 1995 citado por Ardón, 2007).

#### **2.5.6 Inducción y fructificación**

Cuando el micelio ha colonizado el sustrato de tal manera que ya no se distingue el aspecto ni la coloración del sustrato inicial, sino que al contrario éste se ve como una masa compacta de superficie homogénea blanco-algodonosa; se realizan ajustes ambientales para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos. Dependiendo del sistema de producción, las bolsas pueden ser trasladadas de la sala de inducción a la sala de fructificación, o bien, simplemente proceder a modificar las condiciones ambientales de la sala de incubación. Con esto, está claro que la formación de carpóforos requiere de una modificación del comportamiento normal invasivo del micelio vegetativo (Según López, 1995 citado por Ardón, 2007).

Durante los primeros 10 días se debe mantener muy baja la cantidad de CO<sub>2</sub>, lo que se logra realizando unos 20 a 30 recambios totales del aire de la sala de producción durante el día, por esta razón el productor debe mantener una ventilación constante con aire externo filtrado (Cisterna, 2002).

Para inducir la formación de primordios se requiere una temperatura de 18-26° C, humedad relativa de 85-95% y ventilación continua para que la circulación de aire fresco favorezca el descenso de la temperatura y la concentración de CO<sub>2</sub> ambiental. La iluminación también debe modificarse de total oscuridad a 8-12 horas de iluminación por día. Cuando se producen setas de manera artesanal, la modificación de las condiciones ambientales puede lograrse por ejemplo:

- Abriendo puertas y ventanas, para permitir la ventilación, el descenso de la temperatura al interior de la sala de fructificación y brindar iluminación con la luz del día. Aunque la infección por hongos patógenos en esta fase es poco probable, es necesario colocar algún tipo de malla o cedazo de 16 mesh (16 orificios por pulgada lineal) en puertas y ventanas para evitar el ingreso y la proliferación de insectos.
- Aplicando riego para aumentar la humedad y regular la temperatura utilizando manguera o regadera para humedecer los ladrillos colocados sobre el piso, o bien, una bomba manual de mochila para asperjar directamente sobre los pasteles.

En otras condiciones de producción, las salas de fructificación suelen tener sistema de aire acondicionado, ventiladores y extractores para controlar la temperatura y ventilación. Lámparas fluorescentes (150-200 lux) para proveer iluminación y sistema de riego de gota fina (nebulización) para controlar la humedad del sustrato y la humedad relativa. Dos o tres días después de la inducción, se forman pequeñas protuberancias aglomeradas llamadas primordios, los cuales crecen y expanden durante 5 a 6 días hasta formar los carpóforos (Según López, 1995 citado por Ardón, 2007).

Si se conservan estas condiciones los primordios comienzan a desarrollarse en grupos sobre el sustrato. Estos se caracterizan por que tiene forma de coral con cabezas de color gris. Después que aparecen los primeros primordios se debe hacer el esfuerzo de aumentar la ventilación y aumentar el fotoperiodo a 12 horas luz: 12 horas oscuridad. En estas condiciones los carpóforos comenzarán rápidamente a crecer. Si se observa que los estipes son excesivamente largos significa que la ventilación y/o la luz son insuficientes. Generalmente mejorando estos factores una vez que han aparecido los síntomas no mejora mucho el aspecto de los champiñones pero por lo menos los primordios que se desarrollan con posterioridad no presentarán estos problemas (Cisterna, 2002).

### **2.5.7 Cosecha**

Los Carpóforos del hongo ostra se desarrollan en grupos o en forma solitaria. Cuando el desarrollo es en grupos es muy común que los más pequeños sufran un fenómeno de regresión, que se caracteriza por un marchitamiento progresivo en las primeras etapas de desarrollo.

La cosecha se hace con una navaja desde la base del estipe, cuando el sombrero tiene una consistencia compacta y está totalmente extendido, pero sin tener el margen enrollado hacia arriba. Los hongos producidos deben tener apariencia robusta y con un pie lo más corto posible.

La cosecha se inicia a los 5 ó 6 días después de la aparición de los primordios mientras que las subsiguientes oleadas se obtienen a intervalos de 8 a 10 días. Aun cuando las condiciones ambientales se mantienen invariables respecto a aquellas requeridas para inducción, la frecuencia de riego debe incrementarse luego de la primera oleada, cuando las fructificaciones de la siguiente están en pleno proceso de formación. Otro factor climático que no debe descuidarse durante la cosecha es la ventilación, porque las altas concentraciones de bióxido de carbono junto a situaciones de iluminación insuficiente, repercuten en un desarrollo anormal de los carpóforos, generalmente caracterizado por el alargamiento excesivo de estípites.

El hongo ostra como la mayoría de los hongos comestibles cultivados, presentan varias oleadas de fructificación cuando las condiciones ambientales son constantes por un período prolongado de tiempo. Se recomienda aprovechar la producción hasta la tercera oleada, ya que el 80 por ciento de la producción se obtiene durante las primeras 2 oleadas. Los hongos de cada oleada deben ser cosechados en su totalidad, sin importar si algunos de los carpóforos del grupo son de tamaño reducido, ya que al sacar uno o más el resto de los carpóforos rápidamente se secan o se descomponen dependiendo de la humedad ambiental.

Para inducir una nueva oleada se deben modificar las variables ambientales: durante 24 – 48 horas se detiene la ventilación, se disminuye la humedad y se sube la temperatura a 22- 24°C. Terminado este periodo se procede a re-inducir la fructificación de la misma forma como se realizó con la primera oleada. (Cisterna, 2002)

### 2.5.8 Indicadores de producción

#### a) Eficiencia Biológica (EB)

Para expresar el grado de bioconversión de energía a partir de la biodegradación del sustrato, el concepto generalmente aceptado es la eficiencia biológica; que es la relación en porcentaje, entre el peso fresco de hongo producido y el peso seco del sustrato empleado. Una eficiencia biológica del 100 por ciento es equivalente a decir que de un sustrato con un contenido de agua de 75%, el 25% de su peso húmedo será recogido en carpóforos frescos, cuyo contenido de agua es un promedio de 90%. La eficiencia biológica depende esencialmente de las características físico-químicas del sustrato a utilizar. La eficiencia biológica está dada por la siguiente ecuación:

$$EB = \frac{Pfc}{Pss} * 100$$

**Donde:**

*EB*: Eficiencia biológica

*Pfc*: Peso fresco de carpóforos

*Pss*: Peso seco del sustrato

#### b) Período Productivo (P)

Es el tiempo que tarda en producir carpóforos un sustrato, desde la inoculación o siembra hasta la última cosecha, generalmente en días.

#### c) Tasa de Producción (TP)

Es la tasa de producción expresada en porcentaje que se obtiene de dividir la eficiencia biológica y el tiempo determinado que tarda en producir el hongo. En otras palabras, es la eficiencia biológica producida diariamente y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TP = \frac{EB}{P}$$

**Donde:**

*R*: Rendimiento

*EB*: Eficiencia biológica

*P*: Período productivo

#### d) Tasa de Productividad (P)

Es la relación que existe entre el peso seco de los hongos producidos y el peso seco del sustrato empleado. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{P_{sc}}{P_{ss}} * 100$$

**Donde:**

P: Tasa de productividad en porcentaje

P<sub>sc</sub>: Peso seco de carpóforos

P<sub>ss</sub>: Peso seco del sustrato (Santos, 2008)

#### 2.5.9 Investigaciones relacionadas con el hongo comestible *Pleurotus*

En la fase IV de la investigación “Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula”, Bran *et al.* (2004) citado por Ardón (2007), realizaron transferencia de tecnología a través de la capacitación, entrenamiento y asesoría en el cultivo de especies de *Pleurotus* a 222 personas (72% mujeres) de algunas comunidades San Mateo Ixtatán y Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango; Chichicastenango, Quiché; San Juan Chamelco, Senahú y Tukurú, Alta Verapaz; Fundación Solar, San Juan la Laguna, Sololá.

Como parte de este proceso, se implementó la producción de *Pleurotus levis* y *Pleurotus djamor*, ya que este cultivo es una alternativa nutricional, económica y ecológica, que permite aprovechar materiales lignocelulósicos como el rastrojo y olote de maíz, para proveer a estas comunidades de una alternativa alimenticia y económica. De estas especies la cepa 107.2001 de *Pleurotus levis* fue la que se trabajó en la mayoría de comunidades. Esto responde a que en estas localidades prevalece el clima frío, el cual favorece el crecimiento y producción de este hongo bajo esas condiciones. Las cepas 70.2003 y 144.2004 de *Pleurotus djamor* se utilizaron en climas cálidos y templados. En ambos casos los sustratos fueron preparados por inmersión en agua alcalina al 0.5%, que corresponde a la utilizada por pequeños productores en el Estado de Chiapas, México (Contreras *et al.*, 2004). Aunque en dicho estudio no se cita la eficiencia biológica alcanzada en el proceso de producción con los campesinos, reportan una eficiencia biológica de 89% para la cepa 70.2003 de *Pleurotus djamor*, y de 51% para la cepa 107.2001 de *Pleurotus levis* sobre pulpa de café.

Ardón 2004, evaluó el pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y el pasto estrella africana (*Cynodon pectostachyus*) como sustratos en la producción de carpóforo del hongo *Pleurotus ostreatus* ECS-112, utilizando como testigo a la pulpa de café. En donde el tratamiento pulpa de café 147.87% y la mezcla de pulpa de café con pasto estrella 138.04% fueron los mejores en eficiencia biológica y el pericarpio de jacaranda con 67.8% es el tratamiento con menor eficiencia biológica. En cuanto a la variable período productivo el tratamiento pulpa de café con 34.25 días y pericarpio de jacaranda con 37.75 días produjeron en menor tiempo, mientras que la mezcla de estrella-jacaranda-pulpa con 41.75 días, estrella-jacaranda con 41.00 y jacaranda-pulpa con 40.75 fueron los mas prolongados. La pulpa de café con 4.32% fue el tratamiento con mayor tasa de producción y el pericarpio de jacaranda con 1.80% fue el tratamiento con menor resultado en esta variable.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala es un país con diversidad de microclimas, lo cual es propicio para el crecimiento de muchas especies de seres vivos, los cuales son aprovechados por la población para diferentes usos, entre los cuales podemos mencionar: alimentación, vestuario, medicinas, etc.

Los hongos son organismos que crecen y se desarrollan favorablemente en los países del trópico y subtropico, como Guatemala, en donde existen muchas especies de hongos saprófitos, simbióticos, parásitos, comestible, medicinales. No dejando atrás el uso, se puede decir que los hongos comestibles han sido durante muchos años, para los pobladores guatemaltecos una alternativa alimenticia para sus familias, pues los hongos son recolectados en los bosques y montañas sin costo alguno, se pueden mencionar las orejas de guachipilín (*Pseudofistulina radicata*), hongos de Izote (*Pleurotus djamor*), hongos de San Juan (*Amanita caesarea*), etc.

Guatemala enfrenta dos problemas importantes: El primero, día con día se pierde una biodiversidad de especies a causa de incendios forestales, tala de árboles, basura, etc., algunas de estas especies se extinguen, mientras otras reducen su número de ejemplares, disminuyendo las posibilidades de ser estudiadas e investigadas en busca de características nutritivas o medicinales que mejoren el nivel de vida de los pobladores de las áreas rurales.

El segundo, la producción agropecuaria esta generando un impacto ambiental negativo debido a la alta acumulación de desechos orgánicos, principalmente la agroindustria de café, caña de azúcar y en menor cantidad la agroindustria del banano y la madera (viruta, aserrín), pero también en las áreas rurales los agricultores que siembran granos básicos (maíz, frijol) para autoconsumo, no aprovechan en su totalidad los remanentes de cosecha, debido a la falta de conocimiento.

Esto abre un millón de posibilidades, ya que estos remanentes pueden ser utilizados en la alimentación de especies animales u otras alternativas, como la producción de hongos comestibles. Si bien es cierto que se han realizado algunos esfuerzos del 2001 al 2004 por María del Carmen Bran en cuanto al cultivo de hongos nativos, no se tienen datos puntuales de algunas variables de producción, del comportamiento del micelio en sustratos elaborados, en fin mucho conocimiento de las áreas rurales que tiene que ser recuperado, desarrollado y divulgado.

De ahí la importancia de la caracterización de dos cepas nativas de *Pleurotus* que fueron encontradas en forma natural sobre la especie siete camisas (*Ipomoea arborea*) y posteriormente recolectadas en la Escuela Nacional Central de Agricultura en Julio del 2008, y realizar una comparación de los principales indicadores de producción con la cepa *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 como testigo y al mismo tiempo plantea la utilización de diversos tipos de inóculo, al efectuar tres transferencias grano a grano obteniendo así inóculo primario, secundario, terciario y cuaternario.

### 3.1 Objetivos

#### 3.1.1 Objetivo General:

Evaluar el rendimiento de dos cepas silvestres de *Pleurotus djamor* en comparación a la cepa comercial *Pleurotus Ecosur 152*, utilizando diferentes tipos de inóculo al realizar varias transferencias grano a grano (primaria, secundaria, terciaria, cuaternaria).

#### 3.1.2 Objetivos Específicos:

1. Cuantificar la eficiencia biológica para cada una de las cepas y el tipo de inóculo utilizado.
2. Cuantificar el número de días desde la inoculación hasta la cosecha (período productivo), de cada tratamiento.
3. Determinar el tratamiento que presente mayor rendimiento.
4. Determinar la relación beneficio-costos para el tratamiento con mayor eficiencia biológica en condiciones artesanales de producción.

### Hipótesis

Hipótesis Alternativa (Ha):

- Al menos un tipo de inóculo de *Pleurotus* tendrá mayor eficiencia biológica.
- Al menos una cepa de *Pleurotus* manifestará un mayor período productivo.
- Al menos una combinación de cepa de *Pleurotus* con un tipo de inóculo reflejará mayor rendimiento.
- Al menos un tipo de inóculo de *Pleurotus* ofrecerá un mayor beneficio-costos.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización de trabajo

El desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de producción de hongos llamado la “Casa del Hongo” de la Escuela Nacional Central de Agricultura, tanto la preparación de la “semilla” o inóculo siendo esta la fase de laboratorio, como la fase producción que es el desarrollo de carpóforos o cuerpos fructíferos.

La caracterización de las dos cepas silvestres se llevó a cabo en los laboratorios de micología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA, se encuentra ubicada en la finca Bárcena, del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala. Su clima es templado; el área de la finca está comprendida en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Subtropical Templado, con una altitud de 1400 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio es de 18 grados centígrados y la precipitación pluvial media es de 936 milímetros por año.

Se encuentra situada a 3 kilómetros de la cabecera municipal de Villa Nueva y a 17 kilómetros de la Ciudad Capital, localizada entre las coordenadas geográficas 14° 31´13” – 14° 33´10”, latitud Norte y 90° 36´00” – 90° 37´08” de longitud Oeste (Salazar, 2001).

### 4.2 Material experimental

El material biológico utilizado es primeramente la cepa comercial certificada ECS-152 que se conserva en el cepario micológico del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) de Tapachula, Chiapas, México; garantizando su pureza. También se utilizaron las dos cepas silvestres encontradas en ENCA en el 2008, su caracterización se presenta a continuación.

#### a) *Pleurotus djamor* var. *djamor*

**Pileo:** De 8 a 17.7 cms., de diámetro, sésil, flabeliforme (forma de abanico)

**Margen:** Finamente ondulado.

**Borde:** Estriado, liso – crenado.

**Superficie:** Lisa, húmeda, finamente fibrilosa radialmente, color grisáceo hacia el disco, blanquecino hacia el margen. Contexto blanco carnoso de 0.3 a 0.8 mm., de grosor.

**Olor:** Agradable

**Sabor:** Agradable, consistencia levemente corriosa.

**Himeno:** Con láminas muy juntas (apretadas), moderadamente anchas, decurrentes a veces ondulado hacia el borde, de color blanco, borde entero. Lámelulas Subtruncadas a atenuadas.

**Estípites:** Ausente

**Hábitat:** Desconocido

**Hábito:** Connado ha imbricado.

Los basidiomas descritos fueron obtenidos en tusa y olote.



Figura 4: Cepa silvestre *Pleurotus djamor var djamor*, a: Unidad en producción b: Carpóforos seleccionados para caracterización.

#### b) *Pleurotus djamor var. roseus*

**Píleo:** De 6 a 12 cms., de diámetro, flabeliforme.

**Margen:** Ondulado prominentemente.

**Borde:** Ondulado finamente estriado y crenulado.

**Disco:** Ruguloso a escabroso, finamente fibriloso, color café grisáceo en el disco y margen, borde blanquecino.

**Contexto:** Corrioso de color blanco de 0.2 a 0.5 mm., de grosor.

**Superficie:** Finamente tomentosa, color blanco, contexto corrioso de color blanco.

**Olor:** Agradable

**Sabor:** Farináceo

**Himenio:** Con láminas muy juntas moderadamente anchas, onduladas en la parte media, blancas, Lámelulas subtruncadas a atenuadas.

**Estípite:** Lateral muy corto de 0.5 a 1 cm., de longitud, cilíndrico de 0.3 a 0.8 cm., de ancho

**Hábitat:** Desconocido

**Hábito:** Connado ha imbricado.

Los basidiomas descritos fueron obtenidos en tusa y olote.



Figura 5: Cepa silvestre *Pleurotus djamor var roseus*, a: Unidad en producción b: Carpóforos seleccionados para caracterización.

#### 4.3 Factores a estudiar:

##### Factor A: Cepas de *Pleurotus*

1. *Pleurotus djamor* var. *roseus*
2. *Pleurotus djamor* var. *djamor*
3. *Pleurotus ostreatus* ecosur 152

##### Factor B: Tipos de Inóculo

1. Primaria
2. Secundaria
3. Terciaria
4. Cuaternaria

#### 4.4 Tratamientos

Se evaluaron tres cepas de *Pleurotus*, combinándolas con los cuatro tipos de inóculo, para hacer un total de doce tratamientos.

Nomenclatura	Cepa	Inóculo
S1P	<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>djamor</i>	Primario
S1S		Secundario
S1T		Terciario
S1C		Cuaternario
S2P	<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>djamor</i>	Primario
S2S		Secundario
S2T		Terciario
S2C		Cuaternario
CP	<i>Pleurotus djamor</i> var. <i>djamor</i>	Primario
CS		Secundario
CT		Terciario
CC		Cuaternario

#### 4.5 Diseño experimental

En esta investigación se utilizó un arreglo bifactorial combinatorio, bajo el diseño experimental completamente al azar. Para investigar simultáneamente las cepas de *Pleurotus* y los diferentes tipos de inóculo (primario, secundario, terciario y cuaternario).

Croquis en campo:

Repetición 1	CT	S2T	CC	S1P	S2P	S1T	S2C	CS	S2S	CP	S1C	S1S
Repetición 2	CP	CS	S2P	S2C	S2T	S2S	CC	CT	S1S	S1C	S1T	S1P
Repetición 3	S1C	S1S	CS	S2S	S1P	CT	CP	S2T	S1T	S2C	S2P	CC
Repetición 4	S1P	S2S	S1T	CC	S1C	S2C	S1S	CS	S2P	CT	CP	S2T

## 4.6 Modelo estadístico

Para el Arreglo Bifactorial Combinatorio bajo el diseño experimental completamente al azar es:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Magnitud de la variable respuesta

$U$  = Media general

$A_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor B

$A_iB_j$  = La interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor A con el  $j$ -ésimo del nivel del factor B.

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $i$ - $j$ - $k$ -ésima unidad experimental.

## 4.7 Unidades experimentales

Para cada unidad experimental se utilizaron bolsas de polipropileno de 20 \* 38 centímetros, con una capacidad de 3 libras de peso húmedo de pulpa de café más el micelio que se encuentra contenido en el grano de sorgo.

## 4.8 Manejo del experimento

### 4.8.1 Caracterización de las Cepas Silvestres

Como primer punto se realizó la siembra en tusa y olote, de los cuatro ejemplares de *Pleurotus* encontrados en la Escuela Nacional Central de Agricultura y la cepa comercial Ecosur 152, para la obtención de carpóforo fresco.

Cuando los carpóforos llegaron a su madures fueron cosechados y llevados al laboratorio de micología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde juntamente con el Licenciado Osberth Morales Esquivel se procedió a realizar la caracterización (anexo 3).

### 4.8.2 Fase de laboratorio:

#### Obtención del micelio:

- La cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *djamor* y la cepa comercial de *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152 el micelio se obtuvo a partir del píleo y para la cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *roseus* el micelio se obtuvo a partir de espora.

A partir de píleo: se procedió a cortar por la mitad y en forma longitudinalmente el espécimen, luego se extrajo una pequeña porción de la parte interna del píleo, muy cerca del sitio donde se une el píleo con el estípite y con la ayuda de una pinza se colocó sobre el medio de cultivo.

A partir de espora: El carpóforo recién cortado fue colocado con las lamélulas hacia arriba para que las esporas no sean lanzadas, sobre una servilleta o papel mayordomo, para que este absorba el exceso de humedad durante 4-5 horas.

Luego el carpóforo se colocó con las lamélulas hacia abajo sobre una caja petri con medio de cultivo (PDA) y sacudiéndolo suavemente liberó las esporas sobre el medio, este procedimiento se repitió durante 20-25 minutos. Al localizar una espora o grupo de esporas, fueron extraídas cortando de 3-5 mm<sup>2</sup> a su alrededor; esta pequeña porción que contiene la espora fue trasladada a otra caja petri con medio, lo más rápido posible y muy cerca del mechero, para evitar contaminación.

- Preparación del medio de cultivo: El Potato Dextrosa Agar se utilizó en una proporción de 40 gramos por litro de agua destilada, esta mezcla se colocó en un agitador en la revolución 3 aumentado paulatinamente al 7, a una temperatura entre 50-100° C. Posteriormente se agregó 12-15 ml de la preparación por caja petri, estas fueron agrupadas y envueltas en papel manila, pasando por esterilizaron en autoclave a una temperatura de 121° C y una presión de 15 PSI durante 15-20 minutos.
- El procedimiento se efectuó en la cabina de cultivo de tejido, ahí la cámara de flujo laminar fue desinfectada con alcohol y encendido el aire y la luz ultra violeta 15 minutos antes de iniciar.
- Las cajas conteniendo el píleo o espora fueron trasladadas a la cámara de incubación a una temperatura de 28-29.5° C
- La velocidad de crecimiento del micelio fue relativo y hubieron diferencias entre las cepas empleadas en la investigación, en cuanto al número de días que utilizaron en invadir de forma apropiada las cajas petri.
  - Cepa comercial ECOSUR 152, 10 días
  - Cepa silvestre *Pleurotus djamor var. djamor*, 12 días
  - Cepa silvestre *Pleurotus djamor var. roseus*, 15 días.

#### **Preparación del substrato intermedio:**

La semilla de sorgo (*Sorgum vulgare*) fue empleada como substrato intermedio en la realización del inóculo. A continuación se detalla el procedimiento utilizado en la preparación del grano:

- El grano de sorgo se lavó tratando de eliminar restos de inflorescencia y grano negro, que flotan al momento de lavar.
- Posteriormente fue hidratado con agua durante 24 horas.
- Al día siguiente se escurrió y se colocó sobre papel manila en capas delgadas como máximo de una pulgada, con el objetivo de eliminar el exceso de humedad. Aquí el grano se quedó durante 20 minutos hasta quedar con un tono opaco.
- En bolsas de polipropileno se pesaron 300 gramos de sorgo para su esterilización en autoclave a 121° C por 20 minutos, posteriormente fueron enfriadas en la cabina de cultivo de tejido.

### Preparación del inóculo o “semilla” primaria:

Cuando las cajas de petri estuvieron invadidas de micelio sin ninguna contaminación y la semilla de sorgo preparada, se procedió a realizar la inoculación en la cabina de cultivo de tejido de la siguiente manera:

- Se cortaron trozos de 1 cm<sup>2</sup> del micelio desarrollado en el medio de cultivo.
- Abriendo lo menos posible la bolsa que contenía el sorgo se colocaron de 3-4 trozos, con el micelio tocando el sorgo.
- La bolsa fue amarrada, teniendo el cuidado de dejar una porción de aire.
- Posteriormente las bolsas fueron trasladadas a la incubadora a 28-29.5° C, por un período de 20-25 días.
- Cuando el micelio invadió por completo el sorgo, la semilla se encuentra lista.

### Preparación del inóculo o “semilla” secundaria, terciaria y cuaternaria:

En la cabina de cultivo de tejido, con las condiciones de desinfección antes mencionadas, se tomaron 30 gramos de inóculo primario y se depositaron a otra bolsa de 300 gramos de sorgo; a esto se le llama transferencia de grano a grano. Para este tipo de inóculo las bolsas fueron selladas con cinta adhesiva, tratando de compactar bien el grano. Las condiciones de incubación fueron 20-25 días con temperatura de 28-29.5° C. Así se realizaron dos transferencias mas, obteniendo el inóculo terciario y cuaternario.



Figura 6: Manejo de la investigación a: Micelio en cajas petri b: Tipos de inóculo en semilla de sorgo c: Semilla en incubadora.

### 4.8.3 Fase de campo:

#### Preparación del sustrato para la siembra (pulpa de café):

- La pulpa de café fue hidratada durante 24 horas, luego se lavó y seco previamente para ser almacenada.
- Al momento de ser usada se hidrató durante 24 horas y posteriormente se escurrió durante 12 horas, hasta que al momento de presionarla con la mano no escurra agua.
- Una vez lista la pulpa de café se llenaron 48 bolsas de polipropileno de 20 \* 38 centímetros y se llevaron al proceso de esterilización en autoclave a 121° C durante 15 minutos.
- Posteriormente se dejaron enfriar en la mesa de siembra.

### Siembra e incubación:

Previo a la siembra se obtuvieron los cuatro tipos de inóculo, primario, secundario, terciario y cuaternario de las tres cepas a evaluar, esta semilla fue elaborada escalonadamente reduciendo así el error experimental, (ver anexo 5).

- La siembra se realizó en bolsas de polipropileno de 20 \* 38 centímetros.
- Cada unidad experimental fue inoculada con 75 gramos de semilla.
- El procedimiento se realizó en capas: al inicio de la bolsa capa de sustrato (pulpa de café) y luego una porción de semilla y así sucesivamente, se tomó en cuenta que al finalizar el llenado de la bolsa quedó una capa de sustrato.
- El peso promedio de cada unidad experimental fue de 3.5 libras.
- Cada unidad experimental fue amarrada e identificada.
- En la parte superior de la bolsa se efectuaron pequeños agujeros para que hubiera intercambio gaseoso, esto se realizó con ayuda de un bisturí.

Después de la siembra las 48 unidades experimentales fueron trasladadas al cuarto de incubación, de donde fueron sacadas hasta que el micelio invadió por completo el sustrato, este proceso se realizó en completa oscuridad. A continuación se presenta el promedio del tiempo empleado por cepa:

- Cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *djamor*, 21 días.
- Cepa comercial *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152, 25 días
- Cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *roseus*. 32 días.



Figura 7: Manejo de la investigación a: Bolsas en cuarto de incubación b: Agujerando bolsa para intercambio gaseoso c: Corte vertical de bolsa.

### Fructificación:

- La sala de fructificación se limpió y encaló, para luego acondicionar 48 block según el croquis del experimento. Al momento que las bolsas se tornaron blancas fueron trasladadas a la sala de fructificación.
- Con ayuda de un bisturí se abrieron perforaciones en forma vertical a la bolsa que contiene el pastel, con una separación de 5 centímetros. Esto ayudó a una mejor distribución de los primordios.
- El riego se realizó manualmente tres veces al día, a las 6:00, 12:00 y 16:00 horas.
- El piso de la sala de fructificación se inundó de agua para evitar el ataque de roedores.

## Cosecha:

- La cosecha inició 8 días después de sacar los pasteles de la sala de incubación. Con un bisturí se realizó el corte tratando de no dañar el micelio, después de cada corte el bisturí fue desinfectado con alcohol.
- Cada unidad experimental se cosechó por completo y luego se procedió a pesar en una balanza analítica el carpóforo fresco.
- El intervalo entre cosechas se dio de la siguiente forma:
  - Cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *roseus* a los 5 días.
  - Cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *djamor* a los 8 días.
  - Cepa comercial *Pleurotus ostreatus* Ecosur 152 a los 9 días.



Figura 8: Manejo de la investigación **a**: Bolsas recién extraídas del cuarto de incubación **b**: Pesaje de carpóforos cosechados **c**: Pastel invadido de carpóforos.

## 4.9 Variables respuesta:

1. La eficiencia biológica (EB) expresada en porcentaje: peso fresco de carpóforos sobre peso seco del sustrato, multiplicado por cien, hasta la tercera oleada.
2. El período productivo en días, desde la inoculación del sustrato hasta la cosecha.
3. El rendimiento en porcentaje: la eficiencia biológica entre el período productivo.
4. Viabilidad económica de los tratamientos.

## 4.10 Análisis de la información

El análisis más importante de los datos experimentales es el estadístico, para ello se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). Para aquellos tratamientos con significancia y alta significancia se realizará una prueba múltiple de medias de Turkey. Se utilizó el programa InfoStat, el cual es un software especial para análisis estadísticos de ensayos experimentales.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la cosecha de los carpóforos se realizaron observaciones sobre los sombreros verificando que estuvieran compactos y bien abiertos, esto sucede 5 días después de la aparición de primordios. Se realizaron 3 cosechas con un intervalo de tiempo de 8-10 días, las unidades experimentales siguieron produciendo, para efectos experimentales se tomaran en cuenta solamente 3, ya que en estas se presenta el 90 % de la producción total.

### 5.1 Cuantificación de la producción:

La cosecha fue realizada tratamiento por tratamiento, obteniendo mayor control de los carpóforos producidos y cuantificado mediante una balanza analítica el peso fresco al momento del corte. En el cuadro 3 se muestra el total en peso de carpóforos producidos por tratamiento.

Cuadro 3: Producción (gramos) de las cepas del hongo comestible *Pleurotus*, por cosecha en cada uno de los tratamientos.

Tratamientos		Peso fresco de carpóforo (g)			Total
		1ra. Cosecha	2da. Cosecha	3era. Cosecha	
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla primaria	S1P	102.0	197.4	0.0	299.4
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla secundaria	S1S	157.3	318.2	0.0	475.5
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla terciaria	S1T	155.9	394.3	0.0	550.2
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla cuaternaria	S1C	18.7	59.6	0.0	78.3
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla primaria	S2P	790.8	423.0	134.8	1348.6
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla secundaria	S2S	1001.9	328.5	188.5	1518.9
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla terciaria	S2T	1184.1	288.6	116.6	1589.3
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla cuaternaria	S2C	624.3	342.8	119.4	1086.5
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla primaria	CP	711.4	784.1	166.9	1662.4
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla secundaria	CS	650.0	667.2	206.7	1523.9
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla terciaria	CT	1168.3	481.0	210.3	1859.6
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla cuaternaria	CC	285.5	1112.1	198.7	1596.3
		<b>6850.2</b>	<b>5396.8</b>	<b>1341.9</b>	<b>13588.9</b>

El total de carpóforo producido por las cepas de *Pleurotus* en el experimento fue de 13.58 kilogramos, distribuidos así: primera cosecha 6.85 kilogramos, segunda cosecha 5.40 kilogramos y tercera cosecha 1.34 kilogramos. La cepa *Pleurotus djamor var. roseus* produjo 31% de carpóforo fresco en la primera cosecha y 69% en la segunda cosecha y última. Mientras la cepa *Pleurotus djamor var. djamor* obtuvo un 65% de su producción en la primera cosecha, disminuyendo sucesivamente en la segunda 35% y tercera 10%. En contraste con las anteriores la cepa *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 mantuvo su producción equilibradamente, pues produjo un 42% en la primera, 46% en la segunda y 12% en la tercera cosecha.

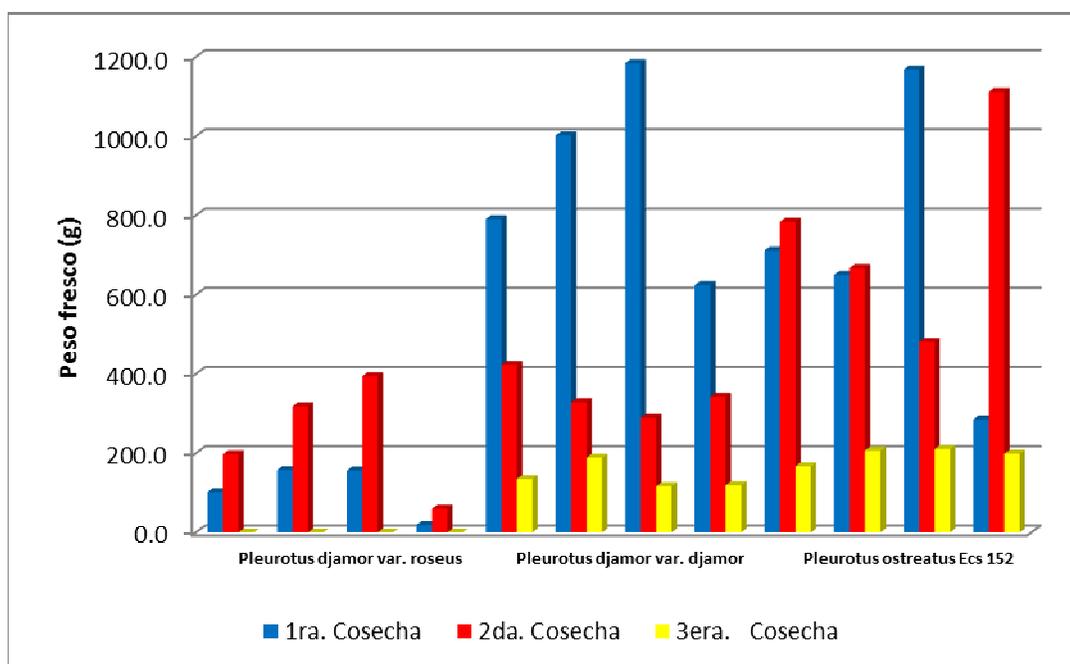


Figura 9. Producción de las cepas del hongo comestible *Pleurotus* por tratamiento en cada cosecha.

## 5.2 Eficiencia biológica

Para obtener la eficiencia biológica de cada tratamiento, es necesario el peso fresco de los carpóforos producidos y el peso seco del sustrato utilizado. El siguiente cuadro muestra los porcentajes de eficiencia biológica obtenida en cada tratamiento y repetición.

Cuadro 4: Eficiencia biológica obtenida de las cepas del hongo comestible *Pleurotus* en cada uno de los tratamientos, expresado en porcentaje.

Tratamientos		Repeticiones				Media
		I	II	III	IV	
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla primaria	S1P	17.40	3.60	11.60	16.70	12.33
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla secundaria	S1S	22.20	21.90	19.10	19.70	20.73
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla terciaria	S1T	24.30	24.40	23.30	23.80	23.95
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla cuaternaria	S1C	13.50	0.00	0.00	0.00	3.38
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla primaria	S2P	57.80	65.90	50.10	50.10	55.98
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla secundaria	S2S	63.70	71.70	69.20	79.80	71.10
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla terciaria	S2T	74.80	66.50	83.50	66.00	72.70
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla cuaternaria	S2C	68.00	81.70	0.00	39.10	47.20
<i>Pleurotus ostreatus ecosur 152</i> , semilla primaria	CP	82.80	91.30	54.60	63.70	73.10
<i>Pleurotus ostreatus ecosur 152</i> , semilla secundaria	CS	70.00	63.50	73.40	70.00	69.23
<i>Pleurotus ostreatus ecosur 152</i> , semilla terciaria	CT	81.30	66.80	87.60	87.00	80.68
<i>Pleurotus ostreatus ecosur 152</i> , semilla cuaternaria	CC	70.90	65.90	68.60	76.40	70.45

*Pleurotus djamor var. roseus* es la cepa que presenta los menores porcentajes, mientras *Pleurotus djamor var. djamor* y la cepa comercial ecosur 152 obtuvieron similares porcentajes, es importante mencionar que la primera es una cepa silvestre y la segunda es una cepa comercial. Siendo necesario realizar un ANDEVA y prueba múltiple de medias para determinar su diferencia.

Cuadro 5: Resumen del ANDEVA de la eficiencia biológica en la producción del hongo comestible *Pleurotus*.

<b>F.v.</b>	<b>G.L.</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	11	33581.12	3052.83	18.50	0.0001
<b>Cepas</b>	2	30434.48	15217.24	92.22	0.0001 **
<b>Tipo de inóculo</b>	3	2376.15	792.05	4.80	0.0065 *
<b>Cepas*Tipo de inóculo</b>	6	770.50	128.42	0.78	0.5924 (NS)
<b>Error</b>	36	5940.21	165.01		
<b>Total</b>	47	39521.33			

Según el análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos del factor A (cepas de *Pleurotus*), significancia estadística entre los tratamientos del factor B (tipo de inóculo) y no hay significancia entre la interacción (cepas\*tipos de semilla).

La prueba múltiple de medias utilizada fue Tukey, con un nivel de significancia del 0.05, ya que exige altas diferencias entre las medias para declarar significancia estadística; pues observando a simple vista el cuadro 4, las medias de los tratamientos de dos cepas tienden a ser similares.

Cuadro 6: Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable eficiencia biológica de las cepas del hongo comestible *Pleurotus*.

<b>Cepas</b>	<b>Medias</b>	<b>Grupo Tukey</b>
Comercial Ecs	73.36	A
Silvestre Pdd	61.74	B
Silvestre Pdr	15.09	C

De acuerdo al análisis del cuadro anterior, la eficiencia biológica de las tres cepas son completamente diferentes, quedando en el primer lugar la cepa de *Pleurotus ostreatus* ecosur 152, que comercialmente es utilizada por los pequeños y medianos productores de Chimaltenango, Sacatepéquez y Guatemala. En segundo lugar la cepa *Pleurotus djamor var. djamor*, que puede llegar a ser una alternativa de autoconsumo para los productores artesanales y en tercer lugar la cepa *Pleurotus djamor var. roseus*, que presentó el menor porcentaje, por la escasa cantidad de carpóforo y el menor diámetro de su píleo.

Hablando de estudios realizados sobre cepas silvestres se encuentra Bran et al., 2004 citado por Ardón, 2007, quién implementó una capacitación en la producción de cepas silvestres como *Pleurotus djamor* y *Pleurotus levis* en donde se menciona un 89% y 51% respectivamente en eficiencia biológica utilizando como sustrato pulpa de café, contrastando con la presente investigación *Pleurotus djamor var. djamor* obtuvo un 30% menos de eficiencia biológica, pero no es la única diferencia, se menciona que en la preparación del sustrato se utilizó la inmersión en agua alcalina al 0.5%, utilizado por los pequeños productores de Chiapas, México, sin mencionar el tiempo que duró este procedimiento. Tratando de ser críticos, en el cuadro 4 se observa la pérdida de cuatro unidades experimentales debido a la contaminación, quedando la duda si pudiera haberse debido al proceso de esterilización del sustrato, y lo mencionado por Sánchez y Royse, 2002 citado por Ardón, 2007, el sustrato preparado para la inoculación debe tener una selectividad biológica (microbiota protectora y no competidora), abre la posibilidad de una futura investigación en donde el sustrato sea preparado de forma diferente.

Salmones et al, 1997 citado por Santos, 2008, indica que la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100%, resaltando entonces que la calidad de pulpa de café utilizada no fue la idónea, porque ninguna de las tres cepas evaluadas consiguió el 100%, faltando un sustento (análisis químico) al inicio de la investigación que descarte esta teoría y según lo menciona Sánchez y Royse, 2002 citado por Ardón, 2007, *Pleurotus* puede crecer en medios nutritivos con una relación C/N comprendida entre 30 y 300.

Cuadro 7: Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable eficiencia biológica de los tipo de inóculo del hongo comestible *Pleurotus*.

Tipo de inóculo	Medias	Grupo Tukey
Terciaria	59.11	A
Secundaria	53.68	A B
Primaria	47.13	A B
Cuaternaria	40.34	B

Es importante mencionar que en la actualidad la producción del hongo comestible *Pleurotus* está basada en la utilización de semilla primaria y secundaria y observando el cuadro anterior se contempla que estos dos tipos de semilla ocupan el segundo lugar, por encima de ellos se encuentra la semilla terciaria con el mejor porcentaje de eficiencia biológica. Y en tercer lugar está la semilla cuaternaria con el menor porcentaje, debido a la menor agresividad de crecimiento del micelio según observaciones realizadas durante el experimento. Por lo anteriormente expuesto se puede concluir que el tratamiento con mayor porcentaje de eficiencia biológica es *Pleurotus ostreatus* ecosur 152, semilla terciaria.

### 5.3 Período productivo

El período productivo está compuesto de dos etapas: Etapa de incubación: es el tiempo que transcurrió desde la siembra pasando por la colonización, hasta que se cosecharon los primeros carpóforos. Etapa de cosecha, es el número de días que pasaron desde la cosecha de los primeros carpóforos hasta concluir con la tercera cosecha.

En el presente experimento se obtuvieron los siguientes resultados:

- La cepa silvestre *Pleurotus djamor var. roseus* utilizó 32 días de incubación y 9 días de cosecha, ya que solo hubieron 2 cosechas, el período de descanso fue de 5 días; el promedio de período productivo para esta cepa es de 41 días.
- La cepa silvestre *Pleurotus djamor var. djamor*, utilizó 21 días en promedio de todas sus repeticiones como período de incubación y 23 días en sus tres cosechas, con un intervalo entre cosecha de 8 días. Su período productivo en promedio es de 44 días.
- La cepa comercial *Pleurotus ostreatus* ecosur 152, tuvo en promedio de período productivo 52 días, del cual utilizó 25 días en la incubación y 27 días de cosecha, con un intervalo de cosecha de 9 días.

Cuadro 8: Período productivo de las cepas del hongo comestible *Pleurotus* por cada uno de los tratamientos (días).

Tratamientos		Repeticiones				Media
		I	II	III	IV	
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla primaria	S1P	53.00	45.00	49.00	49.00	49.00
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla secundaria	S1S	49.00	53.00	53.00	53.00	52.00
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla terciaria	S1T	53.00	49.00	53.00	47.00	50.50
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla cuaternaria	S1C	53.00	0.00	0.00	0.00	13.25
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla primaria	S2P	41.00	40.00	45.00	45.00	42.75
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla secundaria	S2S	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla terciaria	S2T	39.00	49.00	53.00	39.00	45.00
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla cuaternaria	S2C	53.00	53.00	0.00	41.00	36.75
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla primaria	CP	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla secundaria	CS	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla terciaria	CT	53.00	53.00	53.00	49.00	52.00
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla cuaternaria	CC	53.00	53.00	41.00	53.00	50.00

A los datos de período productivo se les realizó un análisis de varianza, para determinar la significancia estadística entre tratamientos y el cuadro resumen se presenta a continuación:

Cuadro 9: Resumen del ANDEVA del período productivo de las cepas del hongo comestible *Pleurotus* (días).

F.V	G.L.	SC	CM	FC	p-valor
<b>Modelo</b>	11	5734.73	521.34	4.30	0.0004 *
<b>Cepas</b>	2	987.79	493.90	4.07	0.0255 *
<b>Tipo de inóculo</b>	3	2638.73	879.58	7.25	0.0006 *
<b>Cepas*Tipo de inóculo</b>	6	2108.21	351.37	2.90	0.0208 *
<b>Error</b>	36	4367.25	121.31		
<b>Total</b>	47	10101.98			

Como se observa en el resumen de ANDEVA, existe significancia estadística para el factor A (cepas), el factor B (Tipo de inóculo) y la interacción (cepas\*tipos de inóculo). Siendo necesario realizar una prueba múltiple de medias al 5% y determinar su diferencia.

Cuadro 10: Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable período productivo de las cepas del hongo comestible *Pleurotus*.

<b>Cepas</b>	<b>Medias</b>	<b>Grupo Tukey</b>
Comercial Ecs	52.00	A
Silvestre Pdd	44.38	A B
Silvestre Pdr	41.19	B

El período productivo es una variable que puede ser interpretada de diversas formas; teóricamente entre menor sea el número de días, mayor es la cantidad de ciclos que pueden producirse, siguiendo esta regla la cepa *Pleurotus djamor var. roseus* debiera ser la mejor, en segundo lugar *Pleurotus djamor var. djamor* y en tercer lugar *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 con el mayor número de días. Otra forma es tomar en cuenta la cantidad de carpóforo producido, pues una cepa puede tener un período productivo mayor, pero al mismo tiempo ser un buen productor de carpóforo; por tanto *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 justifica ser la cepa con mayor número de días en período productivo y al mismo tiempo la mejor en eficiencia biológica.

Cuadro 11: Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable período productivo de los tipos de inóculo del hongo comestible *Pleurotus*.

<b>Tipo de inóculo</b>	<b>Medias</b>	<b>Grupo Tukey</b>
Secundaria	52.67	A
Terciaria	49.17	A
Primaria	48.25	A
Cuaternaria	33.33	B

Según los resultados presentes en el cuadro, el tipo de inóculo secundario, terciario y primario son iguales en cuanto a la variable período productivo y difiere por completo el inóculo cuaternario.

Cuadro 12: Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable período productivo del hongo comestible *Pleurotus*.

Cepas	Tipo de inóculo	Medias	Grupo Tukey
Comercial Ecs	Secundaria	53.00	A
Comercial Ecs	Primaria	53.00	A
Silvestre Pdd	Secundaria	53.00	A
Comercial Ecs	Terciaria	52.00	A
Silvestre Pdr	Secundaria	52.00	A
Silvestre Pdr	Terciaria	50.50	A
Comercial Ecs	Cuaternaria	50.00	A
Silvestre Pdr	Primaria	49.00	A
Silvestre Pdd	Terciaria	45.00	A
Silvestre Pdd	Primaria	42.75	A
Silvestre Pdd	Cuaternaria	36.75	A B
Silvestre Pdr	Cuaternaria	13.25	B

El resumen de la prueba múltiple de medias de Tukey muestra, que al interactuar las cepas con los tipos de inóculo, diez tratamientos son iguales en cuanto a la variable período productivo, en el primer grupo *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 (secundaria, primaria, terciaria, cuaternaria), *Pleurotus djamor* var. *djamor* (secundaria, terciaria, primaria), *Pleurotus djamor* var. *roseus* (secundaria, terciaria, primaria). En el segundo grupo *Pleurotus djamor* var. *djamor* semilla cuaternaria y un tercer grupo *Pleurotus djamor* var. *roseus* semilla cuaternaria. De acuerdo a los resultados obtenidos y a las observaciones realizadas durante la investigación, para que una cepa obtenga buenos resultados, la etapa de incubación y la etapa de cosecha deben ser similares en cuanto al número de días, como es el caso de la cepa *Pleurotus djamor* var. *djamor* y la cepa *Pleurotus ostreatus* ecosur 152.

#### 5.4 Tasa de producción

La tasa de producción es la relación que existe entre la eficiencia biológica y el período productivo. A continuación se presentan los resultados. Es muy importante mencionar que a los tratamientos se les brindó las mismas condiciones controladas de temperatura, humedad, luminosidad e intercambio gaseoso (se hizo pequeñas perforaciones en las bolsa para permitir este proceso).

Cuadro 13: Rendimiento (%) de las diferentes cepas del hongo comestible *Pleurotus*, en cada uno de los tratamientos.

Tratamientos		Repeticiones				Media
		I	II	III	IV	
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla primaria	S1P	0.30	0.10	0.20	0.30	0.23
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla secundaria	S1S	0.50	0.40	0.40	0.40	0.43
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla terciaria	S1T	0.50	0.50	0.40	0.50	0.48
<i>Pleurotus djamor var. roseus</i> , semilla cuaternaria	S1C	0.30	0.00	0.00	0.00	0.08
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla primaria	S2P	1.40	1.60	1.10	1.10	1.30
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla secundaria	S2S	1.20	1.40	1.30	1.50	1.35
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla terciaria	S2T	1.90	1.40	1.60	1.70	1.65
<i>Pleurotus djamor var. djamor</i> , semilla cuaternaria	S2C	1.30	1.50	0.00	1.00	0.95
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla primaria	CP	1.60	1.70	1.00	1.20	1.38
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla secundaria	CS	1.30	1.20	1.40	1.30	1.30
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla terciaria	CT	1.50	1.30	1.70	1.80	1.58
<i>Pleurotus ostreatus</i> ecosur 152, semilla cuaternaria	CC	1.30	1.20	1.70	1.40	1.40

A los datos de rendimiento se les realizó un análisis de varianza, para determinar la significancia estadística entre tratamientos y el resumen se presenta en el cuadro 14:

Cuadro 14: Resumen del ANDEVA del rendimiento (%), de las cepas del hongo comestible *Pleurotus*.

F.V	G.L.	SC	CM	FC	p-valor
<b>Modelo</b>	11	13.68	1.24	18.39	0.0001 **
<b>Cepas</b>	2	12.12	6.06	89.61	0.0001 **
<b>Tipo de inóculo</b>	3	1.11	0.37	5.48	0.0033 *
<b>Cepas*Tipo de inóculo</b>	6	0.45	0.07	1.10	0.3787 (NS)
<b>Error</b>	36	2.44	0.07		
<b>Total</b>	47	16.12			

Como se observa en el resumen de ANDEVA, existe alta significancia estadística para el factor A (cepas de *Pleurotus*), significancia estadística para el factor B (tipos de inóculo) y no significancia estadística para la interacción (cepas\*tipos de inóculo). Por lo tanto se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey al 5% y los resultados se presentan a continuación.

Cuadro 15: Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable rendimiento de las cepas del hongo comestible *Pleurotus*.

Cepas	Medias	Grupo Tukey
Comercial Ecs	1.41	A
Silvestre Pdd	1.31	A
Silvestre Pdr	0.30	B

De acuerdo al análisis del cuadro anterior, la cepa *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 y *Pleurotus djamor* var. *djamor* según la variable rendimiento son iguales y ocupan el primer lugar y la cepa *Pleurotus djamor* var. *roseus* presenta el mas bajo rendimiento. Como lo dice la teoría, el rendimiento es una relación entre la eficiencia biológica y el período productivo, por tanto *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 fue la mejor cepa en eficiencia biológica y en período productivo; pero pueden existir otras posibilidades, ya que la discusión de la variable período productivo se planteaba que una cepa puede producir una mediana cantidad de carpóforo en menor tiempo y dar igual resultado en la variable rendimiento como es el caso de *Pleurotus djamor* var. *djamor*.

El resultado de Ardón, 2004 en la variable rendimiento con *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café es de 4.32% que difiere un 3%, al 1.41% *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 y al 1.31% *Pleurotus djamor* var. *djamor*, siendo posible que los hongos contaminantes presentes en el ensayo hayan disminuido considerablemente la producción de carpóforo.

Cuadro 16: Resumen de la prueba múltiple de media de Tukey, para la variable rendimiento de los tipos de inóculo del hongo comestible *Pleurotus*.

Tipo de inóculo	Medias	Grupo Tukey
Terciaria	1.23	A
Secundaria	1.03	A B
Primaria	0.97	A B
Cuaternaria	0.81	B

Según los resultados presentes en el cuadro, el tipo de inóculo con mayor rendimiento es el inóculo terciario, en el segundo grupo se encuentra el inóculo secundario y primario, mientras que el último puesto lo tiene el inóculo cuaternario con el peor rendimiento.

## 5.5 Costos de producción

En todo proyecto de investigación es necesario incluir el factor económico, pues ayuda a tomar decisiones complementarias juntamente con las otras variables.

Cuadro 17: Costo de producción y relación beneficio-costos de la cepa silvestre *Pleurotus djamor var. djamor*, semilla terciaria para un ciclo de producción en quetzales.

	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>Costos Fijos</b>			
Galera rustica (incubación y fructificación)			300.00
<b>Costos Variables</b>			
Bolsa de polipropileno (20*38 cms)	48.00	0.12	5.76
Pulpa de café (Libras)	60.29	2.50	150.73
Semilla de Pleurotus (Bolsa)	12.00	10.38	124.56
Cal (saco)	1.00	21.00	21.00
Bisturí (Unidad)	2.00	3.00	6.00
Mano de obra: Siembra (Horas)	8.00	8.50	68.00
Mano de obra: Riego (Horas)	27.00	8.50	229.50
Mano de obra: Cosecha (Horas)	13.00	8.50	110.50
<b>COSTOS TOTALES</b>			<b>1016.05</b>
Rendimiento (Kilogramos)	19.07		
Precio de venta (Quetzales)	70.00		
<b>INGRESOS TOTALES</b>	<b>1334.90</b>		
<b>RELACION BENEFICIO/COSTO</b>	1.31		

*Pleurotus djamor var. djamor*, semilla terciaria es la cepa silvestre que obtuvo la mayor tasa de producción, siendo entonces significativo para los agricultores, pues presenta las características de sabor y olor que ellos prefieren y por esta razón se presenta el costo total de producción que es Q.1016.05 y la relación beneficio-costos es de 1.31 siendo positivo, como se explica posteriormente.

En el cuadro 18, se presenta un resumen de la relación beneficio-costos y los costos de producción, sumando las tres cosechas por tratamiento y proyectando el rendimiento a 48 bolsas; todos los tratamientos presentan los mismos rubros en los costos fijos y el precio del inóculo es el único rubro que afecta los costos variables, quedando de la siguiente manera.

- Producir 1 bolsa de 300 gramos de inóculo primario cuesta Q.15.60, por lo tanto el costo total del proyecto es Q. 1078.70 quetzales.
- Producir 1 bolsa de 300 gramos de inóculo secundario cuesta Q.10.93, por lo tanto el costo total del proyecto es Q.1023.00.
- Producir 1 bolsa de 300 gramos de inóculo terciario cuesta Q.10.38, por lo tanto el costo total del proyecto es Q.1016.05.
- Producir 1 bolsa de 300 gramos de inóculo cuaternario cuesta Q.10.33, por lo tanto el costo total de 48 bolsas haciende a Q.1015.45.
- El precio de venta del carpóforo fresco es de Q.70.00 el kilogramo.

La relación beneficio costo para la cepa silvestre *Pleurotus djamor var. roseus* es negativa para todos lo tipos de inóculo, primario, secundario, terciario y cuaternario, o sea que solamente se recuperan 0.23, 0.39, 0.45 y 0.06 centavos por cada quetzal invertido.

La relación beneficio-costo para la cepa silvestre *Pleurotus djamor var. djamor* es positiva para el inóculo primario, secundario y terciario, retornando adicionalmente 0.05, 0.25 y 0.31 centavos por cada quetzal invertido; mientras que para el inóculo cuaternario es negativa pues solamente se recuperan 0.90 centavos por cada quetzal invertido.

En el caso de la cepa *Pleurotus ostreatus ecosur 152* el testigo, la relación beneficio-costo es positiva para todos los tipos de inóculo, primario, secundario, terciaria y cuaternario, obteniendo 0.29, 0.25, 0.54 y 0.31 centavos adicionales por cada quetzal invertido.

Cuadro 18: Cuadro resumen de relación beneficio-costo por tratamiento en la presente investigación.

<b><i>Pleurotus djamor var. roseus</i></b>				
	<b>Costo Total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Ingresos Totales</b>	<b>Relación B/C</b>
	<b>(Q)</b>	<b>(Kg)</b>	<b>(Q)</b>	
<b>Primaria</b>	1078.70	3.59	251.30	0.23
<b>Secundaria</b>	1023.00	5.71	399.70	0.39
<b>Terciaria</b>	1016.05	6.60	462.00	0.45
<b>Cuaternaria</b>	1015.45	0.94	65.80	0.06
<b><i>Pleurotus djamor var. djamor</i></b>				
	<b>(Q)</b>	<b>(Kg)</b>	<b>(Q)</b>	<b>Relación B/C</b>
<b>Primaria</b>	1078.70	16.18	1132.60	1.05
<b>Secundaria</b>	1023.00	18.23	1276.10	1.25
<b>Terciaria</b>	1016.05	19.07	1334.90	1.31
<b>Cuaternaria</b>	1015.45	13.04	912.80	0.90
<b><i>Pleurotus ostreatus Ecs-152</i></b>				
	<b>(Q)</b>	<b>(Kg)</b>	<b>(Q)</b>	<b>Relación B/C</b>
<b>Primaria</b>	1078.70	19.95	1396.50	1.29
<b>Secundaria</b>	1023.00	18.29	1280.30	1.25
<b>Terciaria</b>	1016.05	22.32	1562.40	1.54
<b>Cuaternaria</b>	1015.45	19.06	1334.20	1.31

## VI. CONCLUSIONES

1. Al comparar la eficiencia biológica de las cepas en la investigación, se puede concluir que *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 es la mejor con 73.36%, y el tipo de inóculo con el mejor resultado 59.11% fue el terciario, no habiendo interacción entre los tratamientos.
2. La cepa con mejores resultados en período productivo es *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 con promedio de 52 días, en cuanto al tipo de inóculo en esta variable se obtuvo que el secundario, terciario y primario con 52.67, 49.17, 48.25 días respectivamente son iguales; y en la interacción diez tratamientos son iguales a excepción de *Pleurotus djamor* var. *djamor*, cuaternario con 36.75 días y *Pleurotus djamor* var. *roseus*, cuaternario con 13.25 días.
3. *Pleurotus ostreatus* ecosur 152 con 1.42% y *Pleurotus djamor* var. *djamor* con 1.31%, son las dos cepas que obtuvieron los mejores resultados en tasa de producción.
4. En lo relativo al aspecto productivo el inóculo terciario con 1.23% supera a los demás; no habiendo interacción entre los tratamientos.
5. Al analizar el costo de producción se puede concluir que la cepa silvestre *Pleurotus djamor* var. *djamor*, semilla terciaria fue la mejor, con una relación beneficio-costo de 1.31 es la mejor opción de producción en condiciones artesanales debido a sus características organolépticas, superada únicamente por *Pleurotus ostreatus* ecosur 152, semilla terciaria con 1.54 de relación beneficio costo.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda producir *Pleurotus djamor var. djamor* a los agricultores de los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango, aprovechando los residuos de cosecha y obteniendo un producto con características organolépticas deseables.
2. Se recomienda la utilización de inóculo terciario en la producción del hongo comestible *Pleurotus*, por presentar buenos resultados de eficiencia biológica, período productivo, tasa de producción y el costo de este inóculo es aceptable.
3. Se recomienda a los productores de semilla de *Pleurotus*, hacer evaluaciones de rendimiento al inóculo terciario, para futura implementación ya que el costo de producción es menor que el inóculo primario y secundario.
4. Se recomienda evaluar la producción de la cepa silvestre *Pleurotus djamor var. roseus* en otro tipo de sustrato, pues durante la etapa de caracterización se observó mejor cobertura de carpóforos en el pastel y el sustrato era tusa y olote.
5. Se recomienda evaluar diferentes métodos de esterilización para la cepa silvestre *Pleurotus djamor var. roseus*, pues el micelio invadió la pulpa de café lentamente, por ende se desarrollaron otro tipo de hongos, contaminando las unidades experimentales y evitando una buena cobertura de carpóforos en el pastel.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, A. (2000). Comparación de la eficiencia de producción de inóculo primario del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cepa ECS 0110, en cinco granos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC. 55 p.
- Ardón, C. (2007). La producción de los hongos comestibles. Tesis Maestría en docencia universitaria. Guatemala, Guatemala, USAC. 213 p.
- Cisterna, C. (2002). Cultivo de champiñón ostra en Chile. Concepción, Chile. Mycotec, Ltda. Editores. 118 p.
- Chacón, S. (1995). Guía ilustrada de los hongos del Jardín Botánico Francisco Clavijero de Xalapa, Veracruz y Áreas Circunvecinas. Instituto de Ecología, México. 48-49 p.
- Cronquist, A. (1982). Botánica Básica. CIA. Editorial Continental, S.A. de C.V. México Distrito Federal. 587 p.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Duran, N.; Pascual, R. (1997). Botánica: Los hongos, algas y líquenes. FAPA Ediciones. Barcelona España. Vol. 23, 82 p.
- Flores, J.; Arias, N. (2006). Efecto de microorganismos eficaces (EM) sobre la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Agaricales: Tricholomataceae) a partir de remanentes agrícolas. Tesis Ing. Agr. Guácimo, Costa Rica, EARTH. 71 p.
- Gálvez, E. (2006). Micología I: El estudio de setas y hongos-1. Vive la naturaleza. Consultado 03 de abril de 2009. Disponible en <http://www.vivelanaturaleza.com/naturalista/Micologia1-1.php>
- Kobold, M. (2000). Setas de prados y bosques: Cómo identificarlas, respetarlas, recogerlas y cocinarlas. SUSAETA Ediciones S.A. España. 126 p.
- López, A.; García, J. (1994). El valor nutritivo de los hongos (en línea). Veracruz, México. Instituto de genética forestal, Universidad Veracruzana. Consultado el 18 marzo 2009. Disponible en [http://fungavera.com/fungicultura/files/fag\\_b\\_f.pdf](http://fungavera.com/fungicultura/files/fag_b_f.pdf)

- López, A.; García, J. (2004). Estructura del pleuroma (en línea). Veracruz, México. Instituto de genética forestal, Universidad Veracruzana. Consultado el 18 de marzo 2009. Disponible en <http://fungavera.com/detodo/pleuroma.pdf>
- López, A. (2006). Hongos...alimento del futuro: Cultive sus setas en casa (en línea). Veracruz, México. Instituto de genética forestal, Universidad Veracruzana. Consultado el 18 marzo 2009. Disponible en <http://fungavera.com/detodo/verde.pdf>
- López, A. (2007). Manual de producción de micelio de hongos comestibles. Veracruz, México. Instituto de genética forestal, Universidad Veracruzana. Consultado el 30 de marzo de 2009. Disponible en <http://fungavera.com/detodo/manual%20de%20micelio.pdf>
- Organización para la cultura y el ambiente A.C. ¿Cómo cultivar hongos comestibles?: Manual de producción de hongos *Pleurotus ostreatus*. Chiapas, México.
- Pérez, B. (2006). Descripción de las características macroscópicas, de cultivo *in vitro* de cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala. Tesis Químico Biólogo. Guatemala, Guatemala, USAC. 63 p.
- Salazar, R. (2001). Catálogo de la Escuela Nacional Centra de Agricultura ENCA. P. 8-9.
- Santos, A. (2008). Evaluación del efecto de cinco sustratos orgánicos sobre el nivel de producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*; Agaricales Pleurotaceae), en la finca Concepción, departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, URL. 36 p.
- Sierra Fernández, J. L.; López Díaz, T. M.; García Garabal, J. A. E. (2002). Lo que verdaderamente debe saber de las setas cultivadas. Sociedad Micológica de Leonesa San Jorge, España. 82 p.
- Rodríguez, G. (2007). Cultivo de hongos comestibles. Volumen 52: pagina 10 a pagina 15.
- Sitún, M. (2007). Investigación agrícola guía de estudio. Escuela Nacional Central de Agricultura. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala. 151 p.

## IX. ANEXOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.  
Y FARMACIA  
EDIFICIO T-12  
Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

REF.EQB.531.08.09  
10 de Agosto de 2009

Ing. Agr. Carlos Estuardo Ardón López  
Encargado de investigación de recursos fúngicos  
Escuela Nacional Central de Agricultura –ENCA-  
Bárcena, Villa Nueva.  
Presente.

Estimado Ing. Ardón:

De la manera más atenta me dirijo a usted para informarle sobre la identificación de basidiomas de las cepas de *Pleurotus* que usted refiriera. La identificación es la siguiente:

CEPA A: *Pleurotus djamor* var. *djamor*.  
CEPA B: *Pleurotus djamor* var. *roseus*.  
CEPA C: *Pleurotus djamor* var. *djamor*.  
CEPA D: *Pleurotus djamor* var. *djamor*.

Dichos basidiomas fueron descritos taxonómicamente, adjuntándose la mencionada descripción a la presente carta.

Sin otro particular, me suscribo atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Osberth Morales Esquivel  
Catedrático  
Departamento de Microbiología  
Investigador



Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos.  
Departamento de Microbiología

## CARACTERIZACIÓN DE CEPAS DE *Pleurotus*

Cepa "D"

*Pleurotus djamor* var. *djamor*

Escuela Nacional Central de Agricultura

Fecha: 10 Agosto de 2009

### Características:

**Píleo:** 6.3 a 16.2 cms., de diámetro, sésil, flabeliforme (forma de abanico).

**Margen:** Ondulado

**Borde:** Finamente estriado y crenulado.

**Superficie:** Rugosa en el disco, lisa hacia el margen, también finamente fibrilosa hacia el margen.

**Color:** Café grisáceo en el disco, blanquecino hacia el margen. Puede mancharse de café amarillento en el borde.

**Olor:** Farináceo

**Sabor:** Farináceo, consistencia corriosa, contexto de color blanco fibriloso y profano de 0.30 a 0.50 mm., de grosor.

**Himeno:** Con láminas muy juntas (apretadas), decurrentes onduladas principalmente hacia la unión con el sustrato, borde liso, color blanquecino.

**Lámelulas:** Subtruncadas a atenuadas.

**Estípite:** Ausente

**Hábitat:** Desconocido

**Hábito:** Connado o imbricado (repisas)

Los basidiomas descritos fueron obtenidos en tusa y olote.



Figura 10. Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "D"

Cepa "A"

*Pleurotus djamor var. djamor*

Escuela Nacional Central de Agricultura

Fecha: 10 Agosto de 2009

**Características:**

**Píleo:** 3.7 a 10.8 cms., de diámetro, flabeliforme (forma de abanico).

**Margen:** Recto a ondulado

**Borde:** Finamente estriado a crenulado. Disco levemente, embonado.

**Superficie:** Finamente tomentosa en el umbo, tomento de color blanquecino, umbo café grisáceo.

**Margen:** Blanco grisáceo ha traslucido

**Color:**

**Olor:** No perceptible

**Sabor:** Levemente farináceo. Contexto carnoso de 0.2 a 0.4 mm., de grosor de color blanco. Consistencia levemente corriosa.

**Himenio:** Con láminas moderadamente anchas muy juntas, onduladas principalmente hacia el borde. Borde liso de color blanco. Decurrentes, Lámelulas Subtruncadas atenuadas.

**Estípite:** Lateral a excéntrico de 1 a 1.5 mm., de longitud, cilíndrico de 0.3 a 1.1 mm., de ancho. Contexto fibroso de color blanco.

**Hábitat:** Desconocido

**Hábito:** Connado a imbricado (repisas).

Los basidiomas descritos fueron obtenidos en tusa y olote.



Figura 1. Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "A"

Cepa "C"

*Pleurotus djamor var. djamor*

Escuela Nacional Central de Agricultura

Fecha: 10 Agosto de 2009

**Características:**

**Píleo:** De 8 a 17.7 cms., de diámetro, sésil, flabeliforme (forma de abanico)

**Margen:** Finamente ondulado.

**Borde:** Estriado, liso – crenado.

**Superficie:** Lisa, húmeda, finamente fibrilosa radialmente, color grisáceo hacia el disco, blanquecino hacia el margen. Contexto blanco carnoso de 0.3 a 0.8 mm., de grosor.

**Olor:** Agradable

**Sabor:** Agradable, consistencia levemente corriosa.

**Himenio:** Con láminas muy juntas (apretadas), moderadamente anchas, decurrentes a veces ondulado hacia el borde, de color blanco, borde entero. Lámelulas Subtruncadas a atenuadas.

**Estípite:** Ausente

**Hábitat:** Desconocido

**Hábito:** Connado ha imbricado.

Los basidiomas descritos fueron obtenidos en tusa y olote.



Figura 1. Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "c"

**Cepa "B"**

***Pleurotus djamor var. roseus***

**Escuela Nacional Central de Agricultura**

**Fecha: 10 Agosto de 2009**

**Características:**

**Píleo:** De 6 a 12 cms., de diámetro, flabeliforme.

**Margen:** Ondulado prominentemente.

**Borde:** Ondulado finamente estriado y crenulado.

**Disco:** Ruguloso a escabroso, finamente fibriloso, color café grisáceo en el disco y margen, borde blanquecino.

**Contexto:** Corrioso de color blanco de 0.2 a 0.5 mm., de grosor.

**Superficie:** Finamente tomentosa, color blanco, contexto corrioso de color blanco.

**Olor:** Agradable

**Sabor:** Farináceo

**Himeno:** Con láminas muy juntas moderadamente anchas, onduladas en la parte media, blancas, Lámelulas subtruncadas a atenuadas.

**Estípite:** Lateral muy corto de 0.5 a 1 cm., de longitud, cilíndrico de 0.3 a 0.8 cm., de ancho

**Hábitat:** Desconocido

**Hábito:** Connado ha imbricado.

Los basidiomas descritos fueron obtenidos en tusa y olote.



Figura 1. Carpóforos seleccionados para caracterización cepa "B"

Cuadro 19: Costo de producción de 50 bolsas (36\*60 cms), para la obtención de carpóforo fresco del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* expresado en quetzales, en un ciclo.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Total	Monto Total
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Arrendamiento</b>					
Galera rustica (inoculación)				300.00	
Galera rustica (fructificación)				300.00	<b>600.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Acarreo y preparación del sustrato	Jornal	0.50	65.00	32.50	
Desinfección del sustrato	Jornal	0.50	65.00	32.50	
Siembra	Jornal	2.00	65.00	130.00	
Riego	Jornal	5.00	65.00	325.00	
Cosecha	Jornal	2.00	65.00	130.00	<b>650.00</b>
<b>Insumos</b>					
Bolsas de Siembra	Unidad	75.00	0.20	15.00	
Pulpa de café	Libras	350.00	2.00	700.00	
Leña para pasteurizar	Carga	2.00	50.00	100.00	
Semilla de Pleurotus	Bolsa	50.00	12.00	600.00	
Alcohol	Litros	1.00	20.00	20.00	
Bolsas de Empaque	Unidad	200.00	0.10	20.00	
Bisturi	Unidad	2.00	3.00	6.00	
Cal	Saco	2.00	21.00	42.00	<b>1503.00</b>
<b>Depreciaciones</b>					
Toneles plásticos	Unidad	4.00		53.00	
Tonel para pasteurizar	Unidad	1.00		15.00	
Balanza	Unidad	1.00		15.00	<b>83.00</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>2836.00</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	Porcentaje	5.00		141.80	
Imprevistos	Porcentaje	5.00		141.80	
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>283.60</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>					<b>3119.60</b>
<b>Ingresos</b>					
Producción	Kilogramos	75.00	70.00	5250.00	
Ingresos Brutos				5250.00	
Ingresos Netos				2130.40	
<b>Resumen</b>					
Precio unitario	Q.	41.59			
Ganancia Neta unitaria	Q.	28.41			
Relación Beneficio-Costo	Q.	1.68			
Rentabilidad	%	68.29			

Cuadro 20: Costo de producción de 30 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo primario, expresado en quetzales.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Total	Monto Total
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Arrendamiento</b>					
Laboratorio				200.00	<b>200.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Preparación medio cultivo	Jornal	0.50	65.00	32.50	
Preparación de semilla	Jornal	0.50	65.00	32.50	
Inoculación medio	Jornal	0.25	65.00	16.25	
Inoculación semilla	Jornal	0.25	65.00	16.25	
Supervisión	Jornal	0.50	65.00	32.50	<b>130.00</b>
<b>Insumos</b>					
Especimen	Libras	0.50	30.00	15.00	
Potato dextrosa agar	Gramos	12.00	2.00	24.00	
Agua desmineralizada	Litros	2.00	1.00	2.00	
Semilla de sorgo	Libras	20.00	2.00	40.00	
Cal	Gramos	18.00	0.01	0.18	
Yeso	Gramos	18.00	0.01	0.18	
Papel Manila	Pliego	10.00	0.50	5.00	
Bolsa de polipropileno	Unidad	40.00	0.10	4.00	
Alcohol	Litro	0.25	20.00	5.00	<b>95.36</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>425.36</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	Porcentaje	5.00		21.27	
Imprevistos	Porcentaje	5.00		21.27	
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>42.54</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>					<b>467.90</b>
<b>Ingresos</b>					
Producción	Bolsas	30.00	20.00	600.00	
Ingresos Brutos				600.00	
Ingresos Netos				132.10	
<b>Resumen</b>					
Precio unitario	Q.	15.60			
Ganancia Neta unitaria	Q.	4.40			
Relación Beneficio-Costo	Q.	1.28			
Rentabilidad	%	28.23			

Cuadro 21: Costo de producción de 100 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo secundario, expresado en quetzales.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Total	Monto Total
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Arrendamiento</b>					
Laboratorio				400.00	<b>400.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Preparación de semilla	Jornal	1.50	65.00	97.50	
Inoculación semilla	Jornal	1.00	65.00	65.00	
Supervisión	Jornal	1.00	65.00	65.00	<b>227.50</b>
<b>Insumos</b>					
Semilla primaria	Bolsas	10.00	16.00	160.00	
Semilla de sorgo	Libras	80.00	2.00	160.00	
Cal	Gramos	60.00	0.01	0.60	
Yeso	Gramos	60.00	0.01	0.60	
Papel Manila	Pliego	25.00	0.50	12.50	
Bolsa de polipropileno	Unidad	125.00	0.10	12.50	
Alcohol	Litro	1.00	20.00	20.00	<b>366.20</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>993.70</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	Porcentaje	5.00		49.69	
Imprevistos	Porcentaje	5.00		49.69	
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>99.37</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>					<b>1093.07</b>
<b>Ingresos</b>					
Producción	Bolsas	100.00	20.00	2000.00	
Ingresos Brutos				2000.00	
Ingresos Netos				906.93	
<b>Resumen</b>					
Precio unitario	Q.	10.93			
Ganancia Neta unitaria	Q.	9.07			
Relación Beneficio-Costo	Q.	1.83			
Rentabilidad	%	82.97			

Cuadro 22: Costo de producción de 100 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo terciario, expresado en quetzales.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Total	Monto Total
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Arrendamiento</b>					
Laboratorio				400.00	<b>400.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Preparación de semilla	Jornal	1.50	65.00	97.50	
Inoculación semilla	Jornal	1.00	65.00	65.00	
Supervisión	Jornal	1.00	65.00	65.00	<b>227.50</b>
<b>Insumos</b>					
Semilla secundaria	Bolsas	10.00	11.00	110.00	
Semilla de sorgo	Libras	80.00	2.00	160.00	
Cal	Gramos	60.00	0.01	0.60	
Yeso	Gramos	60.00	0.01	0.60	
Papel Manila	Pliego	25.00	0.50	12.50	
Bolsa de polipropileno	Unidad	125.00	0.10	12.50	
Alcohol	Litro	1.00	20.00	20.00	<b>316.20</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>943.70</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	Porcentaje	5.00		47.19	
Imprevistos	Porcentaje	5.00		47.19	
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>94.37</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>					<b>1038.07</b>
<b>Ingresos</b>					
Producción	Bolsas	100.00	20.00	2000.00	
Ingresos Brutos				2000.00	
Ingresos Netos				961.93	
<b>Resumen</b>					
Precio unitario		Q.	10.38		
Ganancia Neta unitaria		Q.	9.62		
Relación Beneficio-Costo		Q.	1.93		
Rentabilidad		%	92.67		

Cuadro 23: Costo de producción de 100 bolsas (300 gramos) para la elaboración de inóculo cuaternario, expresado en quetzales.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Total	Monto Total
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Arrendamiento</b>					
Laboratorio				400.00	<b>400.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Preparación de semilla	Jornal	1.50	65.00	97.50	
Inoculación semilla	Jornal	1.00	65.00	65.00	
Supervisión	Jornal	1.00	65.00	65.00	<b>227.50</b>
<b>Insumos</b>					
Semilla terciaria	Bolsas	10.00	10.50	105.00	
Semilla de sorgo	Libras	80.00	2.00	160.00	
Cal	Gramos	60.00	0.01	0.60	
Yeso	Gramos	60.00	0.01	0.60	
Papel Manila	Pliego	25.00	0.50	12.50	
Bolsa de polipropileno	Unidad	125.00	0.10	12.50	
Alcohol	Litro	1.00	20.00	20.00	<b>311.20</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>938.70</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	Porcentaje	5.00		46.94	
Imprevistos	Porcentaje	5.00		46.94	
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>93.87</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>					<b>1032.57</b>
<b>Ingresos</b>					
Producción	Bolsas	100.00	20.00	2000.00	
Ingresos Brutos				2000.00	
Ingresos Netos				967.43	
<b>Resumen</b>					
Precio unitario		Q.	10.33		
Ganancia Neta unitaria		Q.	9.67		
Relación Beneficio-Costo		Q.	1.94		
Rentabilidad		%	93.69		

## CALENDARIO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA



## X. CRONOGRAMA DE TRABAJO

