

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

**CULTIVO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* EN SUBPRODUCTOS  
LIGNOCELULOSICOS DERIVADOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA AFRICANA  
(*Elaeis guineensis* Jacq.)**

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

**POR**

**DANNY FAVIAN GIRON DE LEON**

**En el acto de investidura como**

**INGENIERO AGRONOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**Guatemala, Septiembre de 2000**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

**Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

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

Guatemala, Septiembre de 2000

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

Presente.

Señores miembros:

Conforme a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**CULTIVO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* EN SUBPRODUCTOS  
LIGNOCELULOSICOS DERIVADOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA AFRICANA  
(*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Presentándolo como requisito previo a optar al Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera favorable, me suscribo de vosotros respetuosamente:

Atentamente



**DANNY FAVIAN GIRON DE LEON**

## ACTO QUE DEDICO

- A: DIOS** Creador y Dador de sabiduría, que me ha dado la vida y permitido alcanzar mis metas. ¡Señor, Señor! Tú antes, Tú después, Tú siempre.
- MIS PADRES:** Prof. FABIAN ARISTEO GIRON LOPEZ  
Sra. DIALMA GEORGINA DE LEON AFRE de GIRON  
Ejemplo de padres y amigos a la vez, quienes han encausado mi vida por el camino de la sabiduría.
- MIS HERMANOS:** Sec. bil. EVELYN JEANETH  
MONICA GEORGINA  
BRUNO RANDOLFO  
Por su poyo y amor incondicional.
- MIS ABUELOS:** ARISTEO GIRON MENDEZ (+)  
MARIA ARGENTINA LOPEZ DELGADO de GIRON(+)  
LUCAS DE LEON BATRES (+)  
LUCILA AFRE GARCIA de DE LEON (+)  
Gratitud eterna a sus sabios e inolvidables consejos, forjadores de un gran porvenir, flores, sobre sus tumbas.
- MIS TIOS Y TIAS  
PRIMOS Y PRIMAS:** Por su aprecio y apoyo demostrados en todo momento, mi más sincera gratitud.
- LA FAMILIA  
CORONEL VERDUC:** Que han contribuido en mi vida con la forma de ser de cada uno, al brindarme su amistad y cariño.
- MI NOVIA:** MIRIAN ALICIA CORONEL VERDUC, por su amor, apoyo y comprensión.
- MI AMIGO:** Tec. Ap. ANTONIO VERDUC, por su amistad, sus consejos y apoyo. Mi más sincera gratitud.
- LA FACULTAD  
DE AGRONOMIA:** Centro de investigación, capacitación y desarrollo agrícola.
- LA UNIVERSIDAD  
DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA:** Por la formación de profesionales conscientes de la realidad y necesidades nacionales.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento sincero a mi asesor Lic. QB. ROMEO ALFONSO PEREZ MORALES, por su orientación, apoyo y amistad brindados para la realización de ésta investigación.

A los Ing. Mario Enriquez y Luis Reyes, por el apoyo demostrado durante la realización de ésta investigación.

A los Ing. Agr. Negli Gallardo, Guillermo Méndez, Rolando Lara, Edgar Franco, Mario Méndez, Adalberto Rodríguez y al Lic. Julio Chinchilla, por brindarme se amistad y confianza durante el desempeño de mis actividades como auxiliar de cátedra de la Facultad de Agronomía.

Al personal de la sub-area de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía por su amistad y confianza.

A mis compañeros Baltazar Nufio, Oscar Rueda y Pablo Siguenza, quienes me acompañaron y brindaron su apoyo y amistad durante mi estadia y desempeño como auxiliar de cátedra, éxitos a todos ellos.

A la M.Sc. Graciela Huerta Palacios y Q.F.B. Flor Azucena Benitez Camilo, de ECOSUR, Tapachula, México por la valiosa contribución y apoyo que me brindaron para la realización de la presente investigación.

A mis amigos y compañeros: Henry España, Guadalupe Cifuentes, Enrique Gómez, Luis Archila, Rony Medina, Boris Herrera, Mauricio Rosales, Luis y Gustavo Salvatierra, Hector Lux, Carlos García, Juan Pablo Becerra, José Quezada, Carlos Estrada, Alfredo Aldana, Otto Galicia, Leonel Alvarez, Olman Alay, Amed Juárez, Artemio Solares. Gracias por compartir con migo tantos momentos agradables.

A todas y cada una de las personas que contribuyeron en la elaboración de la presente investigación, estas palabras no alcanzarían para agradecerles.

## INDICE

CONTENIDO GENERAL	PAGINA
INDICE DE CUADROS	ii
RESUMEN	iii
1. INTRODUCCION	01
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	03
3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	04
4. MARCO TEORICO	05
4.1 Antecedentes	05
4.2 Marco conceptual	06
4.2.1 Generalidades de los hongos	06
4.2.2 Biología y reproducción	06
4.3 Macromicetos	07
4.3.1 Aspectos sobre hongos comestibles	07
4.3.2 Valor nutritivo de los hongos	08
4.3.3 Características del género <i>Pleurotus</i>	09
4.3.4 Consideraciones acerca del género <i>Pleurotus</i>	11
4.3.5 Indicadores de producción	12
4.4 Cultivo y sustratos utilizados para la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	12
4.5 Plagas y enfermedades	18
4.5.1 Contaminaciones	18
4.5.2 Presencia de plagas	18
4.5.3 Enfermedades bióticas	19
4.5.4 Enfermedades abióticas	19
4.6 Palma Africana	20
4.6.1 Aspectos generales	20
4.6.2 Características físicas y químicas de los subproductos de la palma Africana	21
5. MARCO DE REFERENCIA	22
5.1 Localización del experimento	22
6. OBJETIVOS	23
7. HIPOTESIS	23
8. METODOLOGIA	24
8.1 Material experimental	24
8.2 Diseño experimental	24
8.3 Tratamientos	25
8.4 Manejo del experimento	25
8.4.1 Procedimiento y materiales utilizados	25
8.5 Variable en estudio	27
8.6 Análisis estadístico	28
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
9.1 Análisis estadístico	33
10. CONCLUSIONES	37
11. RECOMENDACIONES	38
12. BIBLIOGRAFIA	39
13. ANEXOS	40

INDICE DE CUADROS	PAGINA
CUADRO 1. Composición proximal de algunas especies de hongos comestibles (% peso seco). (12)	08
CUADRO 2. Contenido de algunos alimentos en porcentaje de peso fresco The Nederlands S.F. (12)	09
CUADRO 3. Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de <i>Pleurotus</i>	11
CUADRO 4. Condiciones ambientales en la sala de fructificación	16
CUADRO 5. Entomofauna observada durante el cultivo de <i>Pleurotus</i>	18
CUADRO 6. Propiedades físicas y químicas de los subproductos de la palma africana que se utilizaron en esta investigación	21
CUADRO 7. Descripción de los tratamientos.	25
CUADRO 8. Distribución de las unidades experimentales.	25
CUADRO 9. Peso en gramos de hongos frescos por unidad de peso de sustrato seco	30
CUADRO 10. Porcentajes de Eficiencia Biológica	31
CUADRO 11. Transformación al Logaritmo natural del número de carpóforos totales por unidad experimental	31
CUADRO 12. Transformación al Logaritmo natural del número de carpóforos de primera calidad	32
CUADRO 13. Transformación al Logaritmo natural del número de carpóforos de segunda calidad	33
CUADRO 14. Transformación al Logaritmo natural del número de carpóforos de Tercera calidad	33
CUADRO 15. Resumen de las tablas de Andeva	34
CUADRO 16. Resumen de los datos obtenidos en el análisis de contrastes ortogonales	34

CULTIVO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* EN SUBPRODUCTOS  
LIGNOCELULOSICOS DERIVADOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA AFRICANA  
(*Elaeis guineensis* Jacq.)

MUSHROOM GROWIN *Pleurotus ostreatus* IN THE WOODY  
DERIVATE BY PRODUCTS IN THE LIVESTOCK INDUSTRY OF THE AFRICAN PALMTREE  
(*Elaeis guineensis* Jacq.)

RESUMEN

El hongo *Pleurotus ostreatus* pertenece a la clase basidiomycete es poco conocido a nivel comercial en Guatemala, sin embargo es una de la mejores setas comestibles por poseer excelentes propiedades organolépticas.

En Guatemala ya se encuentra material vegetativo y pequeñas producciones que abastecen mercados locales, que dado su tamaño, no están en capacidad de mantener una producción constante a una escala mayor y debido, también, al escaso conocimiento generado sobre este tema. Por ello, se hace necesario plantear investigaciones sobre la eficiencia biológica de este hongo en distintos sustratos orgánicos producidos en el país, lo que permitirá generar un conocimiento propio y que pueda ser utilizado para mejorar las técnicas del cultivo.

Esta investigación consistió básicamente en una prueba de sustratos, empleando los subproductos derivados de la agroindustria de la palma Africana y la cepa de *Pleurotus ostratus* ECS-0112, de origen mexicano.

En el experimento se utilizó un Diseño al Completo Azar, con 7 tratamientos y 7 repeticiones. Las variables medidas fueron: peso en gramos de hongos frescos producidos por unidad de peso de sustrato seco, número de cuerpos fructíferos por unidad experimental, número de carpóforos de primera, segunda y tercera calidad basado en el tamaño de los carpóforos, por unidad experimental.

Para el análisis de la información estadística se realizó un Análisis de Varianza y posteriormente a las variables que presentaron significancia, se les practicó una prueba de contrastes ortogonales para observar el comportamiento de cada subproducto sin mezclar o mezclado.

Después de realizar el análisis, se concluyó que los mejores rendimientos en peso y porcentajes de eficiencia biológica fueron obtenidos con la fibra sin mezclar, obteniendo en promedio un 135.62 por ciento de EB y un peso promedio de 3,119.46g por cada unidad experimental. Las eficiencias más bajas se obtuvieron con el raquis y las mezclas de cuesco y fibra; y raquis con cuesco.

El mayor número de cuerpos fructíferos se obtuvieron igualmente en las unidades experimentales donde se utilizó la fibra como sustrato, llegando a obtener una media de 863.29, con las calidades mencionadas; los mayores promedios se lograron con la fibra, cosechándose 108 hongos de primera, 190 hongos de segunda y 565 hongos de tercera.

## 1. INTRODUCCION

La producción de palma Africana dentro del proceso agroindustrial de extracto de aceites, se ha convertido en un cultivo de alta rentabilidad en el País, ya que en 1,999 se reportó una generación de ingresos por un total de Q108,600,000 (aproximadamente US\$ 14,025,974), en un área de producción de 8,429.05 ha. Este beneficio ha hecho que los productores se interesen en la misma, originando una expansión de su cultivo en 13,598.44 ha, más establecidas en 1,999 lo que trae como consecuencia lógica el incremento del volumen de desechos, que al no utilizarlos pueden originar problemas de contaminación.<sup>1</sup>

El cultivo de hongos comestibles sobre estos desechos es una alternativa prometedora, debido a que se emplean subproductos industriales sin uso ni conversión energética a corto plazo.

Los hongos son un grupo de organismos de gran importancia ecológica, médica y alimenticia. Dentro de ellos se ubican algunos macromicetos donde se incluye a los miembros del género *Pleurotus*, organismos superiores con estructuras singulares y vistosas. Su crecimiento y sus cualidades generales son similares a la del resto de los hongos.

Lamentablemente en Guatemala el cultivo de hongos no se ha desarrollado, pues los hongos son fuente de proteína vegetal de relativo bajo costo. La obtención de este tipo de proteína es una alternativa para ser tomada en cuenta en el futuro, dado que los hongos se constituyen en alimento con buena aceptación en el área rural y porque al utilizar desechos de la producción agrícola, se maximiza la eficiencia de este sistema. Adicionalmente, al sistematizar la producción de hongos comestibles se obtiene un producto alimenticio con potencial exportable.

Dentro de la gran diversidad de hongos saprófitos comestibles existentes en Guatemala, se encuentran diversas especies del Género *Pleurotus* que crecen en estado silvestre. Estos mismos al domesticarlos, se piensa, mejorarían su eficiencia biológica y productividad, propiciando una actividad económicamente rentable. Para cultivar hongos nativos es necesario generar información propia, pues se pretende cultivarlos en sustratos existentes en el País y que no han sido evaluados previamente.

---

<sup>1</sup> Fuente Agroindustrias IIAME, ubicada en 4ta. Av 8-93 Z 9 Guatemala, Guatemala

La Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía ha propuesto el proyecto "Colecta, domesticación y producción de hongos comestibles nativos de Guatemala", el cual prevé el estudio de los sustratos más adecuados existentes en el país, con el fin de ser utilizados en el proceso de domesticación y ulterior producción. Asimismo, incrementar la escasa información existente en las bibliotecas de universidades nacionales, centros de investigación y documentación e Internet.

La eficiencia biológica depende de la calidad y cantidad de nutrientes biodisponibles en los sustratos, por lo que se precisa evaluar distintos desechos orgánicos sobre los cuales crecerán dichos hongos. Para lograr este cometido, se hizo crecer una cepa certificada de *Pleurotus ostreatus* en cuesco, raquis y fibra, derivados de la agroindustria de extracción de aceite de la palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), en los laboratorios de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La Eficiencia Biológica (EB) de estos tres subproductos, se comparó con la del testigo (pulpa de café) con un 144.57%EB, encontrándose que la fibra dio los mejores resultados, obteniendo en promedio 135.62%EB. Además de observar en las unidades experimentales donde se realizaron las mezclas, un comportamiento distinto para cada subproducto. La EB obtenida con el raquis sin mezclar fue en promedio de 78.31%EB, pero al momento de realizar la mezcla con fibra, se incremento a un 90.77%EB; sin embargo al mezclar el cuesco y la fibra la EB, bajó de un 95.45%EB para el cuesco sin mezclar a 75.87%EB en la mezcla. En las otras variables de respuesta se observó que con la fibra sin mezclar se obtuvieron, igualmente, el mayor número de carpóforos en las diferentes calidades. Sobre la base de los datos, se recomendó la fibra como el subproducto y sustrato más adecuado para la fase de fructificación de la cepa ECS 0112 del hongo *Pleurotus ostreatus*.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

En Guatemala únicamente existe información del crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, en pulpa de café, cacao, olote de maíz, lirio acuático y aserrín; por lo que se hace necesario el estudio del comportamiento de este hongo en otros desechos orgánicos vegetales que puedan sustentarlo como sustrato de producción, mismos que son abundantes en el País. La información obtenida será utilizada en la domesticación de especies saprófitas nativas.

Se utilizó raquis, cuesco y fibra de la palma africana, subproductos abundantes y de fácil adquisición en la costa sur (Suchitepéquez, Sur de San Marcos, Escuintla) en Alta Verapaz y Petén. En los materiales indicados y en pulpa de café como testigo, se hizo crecer la cepa de *Pleurotus ostreatus* ECS-0112 (de origen mexicano), previamente evaluada, con el fin de comparar los resultados obtenidos en el material proveniente de la palma africana y la pulpa de café como testigo con los reportados por la Escuela de la Frontera Sur, México, intentando mantener de esta manera la reproducibilidad del experimento. En Guatemala no existe una cepa propia de este hongo que esté caracterizada.

### 3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

En Guatemala, existen instaladas plantas extractoras de aceites vegetales que emplean como materia prima la fruta de la palma africana, y como subproductos resultan la fibra, el cuesco y el raquis constituidos todos ellos de lignocelulosa, aceites, albúminas, materias pépticas, azúcares y sales en diferentes proporciones. Esta constitución química permite suponer que son adecuados para el crecimiento de basidiomicetos saprófitos del tipo *Pleurotus*, hongos que contienen un porcentaje elevado de proteína vegetal en términos de materia seca.

Según Agroindustrias HAME, se produjeron 242,714.04 toneladas métricas de fruta para el año 1,999 implicando un peso aproximado del 50 por ciento de subproductos. Al utilizarse los desechos de esta agroindustria se evita contaminación ambiental pues, al constituirse en sustratos para el crecimiento de hongos son transformados a materia orgánica que puede ser incorporada al suelo sirviendo, en el peor de los casos, como acondicionador físico o ser utilizado como suplemento alimenticio en bovino productores de leche. Para asegurar una mayor rentabilidad en el cultivo de hongos, se recomienda que el sustrato de producción debe estar disponible en abundancia y que su costo no pase más allá del de transporte.

Finalmente, esta investigación generó información nueva y propia sobre el cultivo de hongos comestibles, la que puede aplicarse en la domesticación de hongos nativos en Guatemala.

#### 4. MARCO TEORICO

##### 4.1. ANTECEDENTES

Las publicaciones de prensa y la divulgación por televisión sobre el cultivo y comercialización de *Pleurotus ostreatus* motiva a las personas a iniciarse en esta actividad, sin embargo, muchas de ellas desisten porque al buscar información especializada sobre el tema, no está disponible en Guatemala. Por otro lado, las publicaciones no especializadas provocan falsas expectativas en los cultivadores novatos, pues suponen que el cultivo de estos hongos no ofrece dificultades.

El cultivo de hongos comestibles se inició en Guatemala en el año 1,955 con la introducción de champiñones (*Agaricus bisporus*), utilizando cepas de origen estadounidense. En el año 1,983 el laboratorio del Instituto Centroamericano de Investigación Tecnológica Industrial (ICAITI), realizó algunos estudios sobre cultivo de macromicetos comestibles. En el año de 1,986 principiaron las actividades de la primera planta productora de hongos a un nivel comercial en Guatemala (10).

En Guatemala no existen registros de todas las experiencias de personas particulares que se hayan dedicado o dediquen al cultivo doméstico o comercial de hongos comestibles.

## **4.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **4.2.1. GENERALIDADES DE LOS HONGOS**

Los hongos pertenecen al reino Fungi por lo que son organismos que forman un grupo diferente de los reinos vegetal o animal. Poseen células eucarióticas, son heterótrofos, portadores de esporas y carecen de clorofila y tejidos de conducción (12). Su forma de reproducción puede ser sexual o asexual, con base en su tamaño y forma de crecimiento se distinguen los hongos macroscópicos y los microscópicos. Dentro de estos últimos están comprendidos los mohos, las levaduras, los hongos de interés médico y los hongos fitopatógenos; dentro de los macroscópicos están considerados los hongos comestibles, los alucinógenos, los venenosos, etc.

En función de su forma de nutrición, los hongos se dividen en tres grandes grupos. Los saprófitos que se alimentan de materia orgánica muerta. Los parásitos, que se alimentan de materia orgánica viva y los simbioses (micorrizicos), que subsisten sólo en relación de mutua ayuda con otros organismos (12).

Los hongos se nutren a través de su pared celular. Tienen la capacidad de producir enzimas para degradar las moléculas de gran tamaño, como la celulosa y la quitina, que no pueden ser absorbidas hacia el interior de la célula. En la actualidad, gracias a las características de su metabolismo, muchos hongos son utilizados industrialmente para la producción de diferentes productos como antibióticos, productos químicos, entre otros. Los hongos son organismos que se reproducen en forma sexual o asexual por medio de esporas o conidias, poseen un micelio formado por hifas, cuyo conjunto es similar a una masa de hebras entrelazadas conteniendo núcleos bien definidos. (12).

### **4.2.2 BIOLOGIA Y REPRODUCCION**

Los hongos son organismos grandes o pequeños, algunos microscópicos, que carecen de clorofila y de tejidos conductores. La mayoría de las cien mil especies de hongos conocidos aproximadamente, son estrictamente saprófitas y viven sobre la materia orgánica muerta a la que descomponen. Alrededor de 50 especies de hongos producen enfermedades en el hombre y casi el mismo número ocasiona enfermedades en los animales, la mayoría de las cuales son enfermedades superficiales de la piel o de los apéndices. Más de 8,000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas. Todas las plantas son afectadas por algún tipo de hongo y cada uno de los hongos parásitos afecta a uno o más tipos de plantas. Algunos son parásitos obligados y otros no obligados (biótrofos) (3).

La reproducción es la formación de nuevos individuos con características típicas de la especie. Los hongos presentan la reproducción sexual y la asexual.

La reproducción asexual juega un papel muy importante en la propagación de la especie, debido a que produce un gran número de individuos y, además, porque se repite varias veces durante una misma estación (1). A un nivel comercial se utiliza la reproducción asexual para obtener una mejor producción, que sea uniforme y precoz, obteniendo semilla a un corto plazo y de buena calidad.

### **4.3 MACROMICETOS**

Los hongos macroscópicos o macromicetos tienen la misma forma de crecimiento vegetativo en forma de hifas y micelio que los hongos microscópicos; sin embargo, tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible, aéreo (carpóforo), que es propiamente lo que mucha gente identifica como hongo. El cuerpo fructífero se compone de micelio primario, micelio secundario, pileo o sombrero, contexto o carne, estípite o tallo, el himenio y las esporas, que pueden ser sexuales o asexuales (12).

Desde el punto de vista bioquímico y ecológico la importancia de los hongos radica en su sistema enzimático sumamente complejo, el cual les permite según la especie, degradar moléculas de alto peso molecular como la celulosa, la lignina, la quitina y los taninos, entre otros. Estas moléculas son normalmente difíciles de degradar *in vitro* por las vías química, enzimática o microbiana conocidas hasta ahora, sin embargo este sistema enzimático les permite degradar esos compuestos, para obtener energía para sus procesos vitales y metabolitos para su nutrición (12).

Las macromoléculas como la lignina y la celulosa, se encuentran normalmente en las formas vegetales y sus desechos. Su estructura química compleja les permite permanecer a la intemperie por largos periodos de tiempo sin ser degradados o sufrir mayores transformaciones. Los hongos al metabolizar estos compuestos adquieren una mayor importancia pues revalorizan un desecho orgánico. El estudio de estos organismos conduce, por lo tanto, al aprovechamiento eficaz del complejo sistema enzimático que poseen para fines alimenticios, médicos, industriales o ecológicos.

#### **4.3.1 ASPECTOS SOBRE HONGOS COMESTIBLES**

Existe en la naturaleza una gran diversidad de hongos comestibles. Hay diversos factores que pueden limitar esta cualidad en forma total o parcial. Entre estos factores están las sustancias venenosas que contienen algunos hongos, los que pueden inducir toxicidad parcial o la muerte en los humanos. Otro factor

que influye es su sabor, ya que algún hongo que aunque posea una consistencia adecuada y no sea tóxico si presenta un sabor desagradable, no tendrá usos alimenticios. Otro factor limitante es la consistencia de su carne; hay especies cuya consistencia es demasiado dura y fibrosa, esto hace que su asimilación sea difícil. Los hongos comestibles se encuentran agrupados en las clases Basidiomicetes y Ascomicetes (12).

#### 4.3.2 VALOR NUTRITIVO DE LOS HONGOS

Tradicionalmente se ha considerado a los hongos como un alimento de alta calidad, con sabor y textura apreciable y sobre todo de alto valor nutritivo (cuadro número 2). Actualmente, los hongos juegan un papel importante en la alimentación del hombre al igual que la carne, pescado, frutas y vegetales. El mayor constituyente en ellos es el agua, la cual es variable en cada especie, pero va del 70 por ciento al 95 por ciento, dependiendo de su consistencia. El mayor interés en el valor nutritivo de los hongos es la cantidad y calidad de la proteína. El contenido de proteína en promedio es de 3.5 a 4 por ciento en peso fresco y de 30 a 50 por ciento en peso seco. En comparación con el contenido de proteínas de otros alimentos, el de los hongos en fresco es el doble que el de los vegetales (excepto soja, frijoles y lentejas) y cuatro a doce veces mayor que el de las frutas (Cuadro 1), sin embargo, es inferior al de la carne, pescado, huevos y lácteos. Los hongos son ricos en vitaminas tiamina (B1.), ácido ascórbico (C), ácido nicotínico y pantoténico, riboflavina (B2) y vitamina K. La digestibilidad de la proteína de los hongos es un factor muy importante para determinar su valor dietético. Numerosos estudios en ratas y humanos muestran que entre el 71 y el 90 por ciento de la proteína de los hongos puede ser digerida mientras que la de la carne puede serlo en un 99 por ciento (12).

**Cuadro 1. Composición proximal de algunas especies de hongos comestibles (% peso seco). (12)**

Especie	Humedad*	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda	Cenizas
<i>Agaricus bisporus</i>	84.4	29.4	4.9	9.2	8.5
<i>Agaricus campestris</i>	89.7	33.2	1.9	8.1	8.0
<i>Auricularia sp.</i>	89.1	4.2	8.3	19.8	1.7
<i>Boletus edulis</i>	87.3	29.7	3.1	8.0	7.5
<i>Flammulina velutipes</i>	89.2	17.6	1.9	3.7	7.4
<i>Lentinus edodes</i>	90.0	15.5	6.5	7.7	5.4
<i>Pleurotus eous</i>	92.2	25.0	1.1	12.0	9.1
<i>Pleurotus florida</i>	91.5	27.0	1.6	11.5	9.3
<i>Pleurotus ostreatus</i>	82.3	20.5	1.9	8.1	8.0
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	90.1	26.6	2.0	13.3	6.5
<i>Volvariella diplasia</i>	90.4	28.5	2.6	17.4	11.5
<i>Volvariella volvacea</i>	89.1	25.9	2.4	9.3	8.8
<i>Cookenia sulcipes</i>	79.9	35.3	2.9	14.3	10.4

\* Porcentaje en peso fresco

**Cuadro 2. Contenido de algunos alimentos en porcentaje de peso fresco.  
The Netherlands S.F. (12)**

Alimento	Agua	Proteína	Carbohidratos	Minerales	Grasas	Valores energéticos. 1000g Gr en KJ. *
Hongos	90	3.5	0.3	4.5	1.0	105
Espinaca	93	2.2	0.3	1.0	1.9	63
Espárrago	95	1.8	0.1	2.7	0.6	84
Papa	75	2.0	0.1	21.0	1.1	356
Leche	87	3.5	3.7	4.8	0.7	260
Carne	68	18.0	13.0	0.5	0.5	792

\* 1 Kcal = 4.2 KJ

### 4.3.3. CARACTERISTICAS DEL GENERO *Pleurotus*

#### CLASIFICACION TAXONOMICA DEL HONGO *Pleurotus*

REINO	FUNGI
PHYLUM	BASIDIOMYCOTINA
CLASE	BASIDIOMYCETE
SUB-CLASE	HYMENOMYCETE
ORDEN	AGARICALES
FAMILIA	TRICHOLOMATACE
GENERO	PLEUROTUS
EPITETO ESPECIFICO	OSTREATUS

“El nombre de *Pleurotus* proviene del griego Pleurá o Pleurón que significa lado, costado o costilla y el sufijo latino -otus del griego otós, oreja con la designación latina -us que hace alusión a la forma de fructificación de este tipo de hongos los cuales se adhieren lateralmente a los troncos” (7).

En los países donde es común alimentarse con hongos es usual que el *Pleurotus ostreatus* sea uno de los hongos más consumidos según García Rolán (2). De color blanco a gris pardo-azulado, con el paso del tiempo el color va palideciendo hasta tomar un tono amarillo sucio, mide de 6-15cm de diámetro, dependiendo la edad, aunque pueden encontrarse ejemplares mucho más grandes. Tiene las esporas y láminas de pie corto y su contexto en ciertas ocasiones es ligeramente elástico, pero de buen sabor. Se cultivan algunas especies en forma comercial y es de las más deliciosas y atractivas para su consumo. Se trata de un hongo que, en su ambiente natural, crece sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera y destruyéndola.

El pileo (sombrero), o parte superior de la seta, es redondeado, con la superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose luego poco a poco. El borde está algo enrollado al principio. En su parte inferior el pileo presenta el himenio, constituido de unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde de aquél. Están esparcidas unas de otras y son anchas, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son de tamaño microscópico, oblongas, casi cilíndricas. Aunque no se distinguen a simple vista, cuando se depositan en masa forman una especie de polvillo harinoso denominado "esporada", de color blanco con cierto tono lila-grisáceo. La esporada se consigue fácilmente colocando un sombrero (sin pie) en su posición normal sobre un papel oscuro, durante unas horas. El pie (estípete) suele ser corto (indicador de su calidad) ligeramente duro, blanco al principio las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Su inserción suele ser algo lateral y su dirección ligeramente oblicua. Tanto su forma como su longitud depende mucho de la situación del hongo. Si crecen varios juntos, que suele ser lo más frecuente, formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles, los estípetes están unidos unos a otros, son cortos y están cerca del borde de los sombreros, que suelen tener forma de abanico o riñón (La figura 3 en anexo muestra las partes de un macromiceto). Pero si crecen aislados, sobre una superficie horizontal, el pie puede ser largo, central y el sombrero tiende a ser circular. La carne es blanca, de olor algo fuerte, tierna al principio y después correosa. Se suele encontrar en los bosques, sobre todo, en la base de árboles de hoja ancha (frondosos) a principios y finales de la época lluviosa. En sitios húmedos puede encontrarse también en otras épocas (Los carpóforos típicos se muestran en la figura 2 en anexo) (3).

El crecimiento de este género está supeditado a ciertos factores como son: la temperatura, la humedad del ambiente, la humedad del sustrato, el pH, las concentraciones de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y la luz. Las condiciones más adecuadas de estos factores dependen del tipo de desarrollo que se busca del hongo, si es para crecimiento de micelio o para propiciar la fructificación. El micelio de *Pleurotus* crece bien en un amplio rango de temperaturas que va desde arriba de 10°C hasta 40°C como límite superior, sin embargo, la temperatura más adecuada oscila alrededor de los 25°C para la mayoría de las especies.

Se sabe que la humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo. La falta de humedad ambiental inhibe su fructificación. La literatura reporta valores entre 60 y 95 por ciento para la mayoría de las especies de *Pleurotus* (12), sin embargo para el caso específico de *P. ostreatus* se ha observado que una humedad de 80 a 85 por ciento es mejor. Kaufert en 1,935 comprobó que el suministro de luz era necesario para promover la fructificación de *P. ostreatus*, sin embargo las primeras

recomendaciones sobre la cantidad de luz que se requería dieron lugar a confusiones porque la fructificación depende de la naturaleza de la fuente luminosa que se tenga. En general, los hongos requieren luz de longitudes de onda corta (cargado hacia el color azul del espectro). Si la luz se proporciona con lámparas fluorescentes, que son ricas en luz azul, se debe aportar en cantidad suficiente para que uno pueda leer material impreso (Aproximadamente 150-200 lux). La concentración de CO<sub>2</sub> es muy importante para el desarrollo de *Pleurotus*, se sugiere una concentración relativamente alta de 20-25 por ciento ya que es útil para propiciar el crecimiento del micelio. Sin embargo, concentraciones superiores al 60 por ciento inhiben la formación de primordios (12). Debido a esto, cuando se desea producir hongos de manera comercial, es necesario implementar un buen sistema de ventilación en la sala de fructificación, de tal manera que se retire constantemente el CO<sub>2</sub> formado por la respiración del propio hongo. Una ventilación deficiente se manifiesta en deformaciones del cuerpo fructífero. Esto puede ser un ligero alargamiento del estípite, la no formación del pileo o ambas cosas.

#### 4.3.4 CONSIDERACIONES ACERCA DEL GENERO *Pleurotus*

Resulta fundamental tener presente que se trabaja con un ser vivo, susceptible a cambios en la temperatura, humedad, ventilación y luz, entre otros; que son, precisamente, los factores ambientales más importantes que se debe considerar y controlar a lo largo del proceso de cultivo de los hongos. Las condiciones varían según la etapa del proceso y del hongo, por lo que es importante conocer las necesidades específicas de la especie a cultivar. Para el caso de *Pleurotus* los valores más adecuados de estos parámetros se detallan en el cuadro 3. Generalmente, el mantenimiento de estas condiciones para su producción semi o industrialmente requiere de la construcción de un invernadero.

**Cuadro 3. Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de *Pleurotus* (12).**

Factor	Crecimiento miceliar	Fructificación
Temperatura	25-33°C.	28°C.
Humedad relativa	Baja humedad	85%
Humedad del sustrato	70%	50%
pH del sustrato	6.0-7.0	6.5-7.0
Concentración de CO <sub>2</sub>	20-25% (aire normal)	< 0.6% (buena ventilación)
Luminosidad	Obscuridad	150-200 lux (suficiente para leer)

#### 4.3.5 INDICADORES DE PRODUCCION

**PORCENTAJE DE PRODUCCION:** Es definido por la eficiencia biológica (EB) en una unidad de tiempo (t). La eficiencia biológica es definida por el peso de hongos frescos producidos por unidad de peso del sustrato seco y expresada en porcentaje (PR). Es importante saber que el hongo emerge relativamente, según el tiempo, así que el ambiente y los factores genéticos pueden ser comparados y evaluados. Se han utilizado diferentes unidades de tiempo (horas, días, meses, años) que pueden usarse en el cálculo del PR. El grado de producción puede representarse por la expresión matemática siguiente.

$$PR = \%EB/t$$

**EFICIENCIA BIOLOGICA (EB):** La eficiencia biológica consiste en la producción de cuerpos fructíferos, es decir, la bioconversión de la energía y biodegradación del sustrato. Se expresa en porcentaje y la fórmula para obtenerla es la siguiente; es la relación entre la cosecha de hongos frescos y el peso seco del sustrato.

$$EB = \frac{\text{g de hongos frescos}}{\text{g de sustrato seco}} \times 100$$

La EB depende básicamente del tipo de sustrato a utilizar, en caso de *Pleurotus ostreatus* alrededor del 100 por ciento es considerada adecuada.

#### 4.4 CULTIVO Y SUSTRATOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCION DE *Pleurotus*

La producción de *P. ostreatus* consta de cinco etapas fundamentales que son:

##### a. La preparación del inóculo

Esta etapa se efectúa en condiciones de extremo cuidado en el laboratorio. Se refiere a la siembra y propagación del micelio del hongo a partir de micelio del contexto de un carpóforo fresco o a partir de un tubo inclinado que contenga la cepa original en buenas condiciones fisiológicas. La siembra se hace en cajas de Petri sobre agar papa dextrosa. Se incuba en obscuridad durante 8 días a 28°C aproximadamente.

##### b. Preparación del "inóculo primario"

Pasando el período de incubación del inóculo, el micelio se resiembra en un sustrato intermedio (maíz, sorgo, arroz, trigo.) en cantidad suficiente para que una vez desarrollado, la mezcla grano-hongo sea utilizada como semilla en la siembra del sustrato definitivo. Se busca en este caso una colonización más rápida y económica que optimice la fructificación del hongo.

Para la preparación del inóculo primario se utiliza generalmente como sustrato un grano que permita un crecimiento rápido del hongo y que dé facilidad para distribuirlo en el sustrato definitivo, cuando haya colonizado bien. No se deben utilizar los granos que se expenden comercialmente para siembra en el campo, ya que generalmente están protegidos con fungicidas. No existe para el caso de Guatemala un estudio amplio que indique qué o cuáles granos son más adecuados para la preparación del inóculo primario.

El grano que sea elegido como sustrato intermedio, se limpia, se hidrata en agua pura y limpia (durante 15 horas), se deja después escurrir para eliminar el exceso de agua, se pesa en porciones de 200 gramos y se coloca dentro de bolsas de polipapel. Posteriormente se esteriliza a 121°C durante 30 minutos y se dejan enfriar para después inocular.

El proceso de preparación del inóculo primario debe realizarse en un área aséptica, de preferencia cerrada y sin corrientes de aire con equipo esterilizado. Es recomendable la utilización de una cámara de flujo laminar o en su defecto dos o tres mecheros Bunsen o Meckler colocados de tal manera que originen una zona aséptica en el área de la mesa donde se trabajará. El material y equipo empleado (agujas de disección, bisturí y asas de platino) se esteriliza flameándolos en la llama del mechero y dejándolos enfriar antes de su uso. El hongo a utilizar es el micelio que se obtiene en el laboratorio en las cajas de Petri.

Teniendo el material y las instalaciones, el proceso a seguir es el siguiente:

- Con la ayuda de bisturí o navaja estéril, se cuadricula el micelio contenido en el cultivo de la caja de Petri, de tal manera que se obtienen porciones de más o menos 1 cm<sup>2</sup>.
- 1 ó 2 porciones del cultivo de la caja de Petri antes señaladas, se depositan entre los granos contenidos en cada una de las bolsas de polipapel, auxiliándose con una aguja de disección o asa de platino.
- A continuación se incuban las bolsas, a una temperatura de 28-30° C, en la obscuridad, hasta que el micelio cubra totalmente los granos, lo cual ocurre a los 15-21 días. En este período se realizan inspecciones continuas para detectar cualquier irregularidad, como contaminaciones, anaerobiosis o fructificación temprana. A cada porción preparada de esta forma se les llama "primario".

### **c. Manejo del sustrato**

**Fermentación:** La fermentación en este caso implica un proceso aeróbico y el sustrato debe ser tratado de la forma siguiente: se apilan los sustratos en un montículo y se cubren con un material plástico negro para poder mantener el calor y la humedad que favorecen las actividades enzimáticas de los

microorganismos, alcanzando una temperatura promedio de 50 a 55° C. En esta etapa del proceso, se presentan cambios en el pH, lo cual permitirá la adaptación de distintos microorganismos descomponedores de azúcares, dando origen a carbohidratos menos complejos y que a su vez generan proteínas, esto además trae los beneficios de disminuir las probabilidades de contaminación con hongos como *Penicillium*, debido a la baja concentración de azúcares, y la obtención de sustratos más blandos. Se recomienda remover los sustratos cada dos días para evitar una fermentación anaeróbica. El tiempo de fermentación puede variar de 3 a 5 días dependiendo del sustrato, en algunos casos, como el de los bagazos, se requiere un mínimo de 10 días.

**Hidratación:** La hidratación, se realiza básicamente en sustratos secos como pajas, rastrojos, desechos de algodón, papel, aserrín y pulpas deshidratadas. En caso de que presenten segmentos muy grandes o largos, como el caso de las pajas, es necesario reducir su tamaño a segmentos de aproximadamente 3 a 5 cm. lo cual permite una mayor retención de humedad y un fácil manejo del sustrato. Las técnicas generalmente utilizadas son dos: remojo en agua, que consiste en sumergir por espacios de 20 horas porciones de sustrato colocadas en canastas de malla metálica, absorbiendo aproximadamente un 70 por ciento de humedad; y la adición de agua y formación de pilas, en la que el sustrato se coloca en el piso del área de preparación, se extiende y se aplica agua hasta cerca del 80 por ciento, se cubre con un plástico y se deja por una noche. Al siguiente día estará listo para la siembra.

**Pasteurización:** La pasteurización es una actividad de suma importancia. Su función es la de eliminar o inhibir la mayor cantidad de organismos que puedan competir con el hongo en la utilización del sustrato. Para lograrlo, se calienta agua suficiente para que cubra la totalidad del lote a pasteurizar, cuando el agua alcance una temperatura de 90°C como mínimo, se agrega el sustrato (ya embolsado) y se mantiene a esa temperatura durante un mínimo de 45 minutos.

#### **d. Siembra e Incubación**

Existen varias técnicas para realizar el cultivo de *P. ostreatus*. Entre éstos se encuentran: el proceso de túnel, el cultivo en contenedores, el cultivo en bloques prensados y cultivo en sacos.

El cultivo en sacos o bolsas, técnica que se utilizará para realizar la etapa de fructificación de esta investigación, se realiza en bolsas de plástico transparente, el tamaño de la misma depende de la experiencia y de los requisitos del cultivador o productor. No debiendo utilizar bolsas de color opaco o negras porque tienen el inconveniente de no dejar ver el crecimiento del micelio sobre el sustrato y tampoco se puede

observar si aparece algún moho contaminante u otro problema. Las bolsas a utilizar deberán ser nuevas, para evitar contaminaciones, siendo recomendable revisarlas para que no presenten perforaciones, algún desperfecto o que estén sucias.

La siembra se debe llevar a cabo en un área aséptica destinada para ello, el personal debe estar provisto de ropa limpia, con mascarillas, cofia y de preferencia guantes estériles y la puerta del local debe permanecer cerrada durante el proceso para evitar corrientes de aire.

El sustrato primario (inóculo primario) se coloca dentro de las bolsas que contienen el sustrato definitivo, alternando las capas de sustrato. Al terminar la siembra, la bolsa se cierra por medio de un nudo, teniendo cuidado de eliminar el aire del interior.

La incubación es una de las etapas más importantes, porque es cuando el hongo se propaga en el sustrato previo a su fructificación y su posterior cosecha. Por lo que se debe realizar en un local donde la luz sea mínima o en completa oscuridad, colocando los sustratos en anaqueles, debe mantenerse una temperatura de 28°C durante 15-21 días. Durante la incubación, 3-5 días después de haber realizado la siembra, se hacen perforaciones perfectamente distribuidas sobre toda la superficie de la bolsa que se ha sembrado, eso es para permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo. Se observa cada bolsa para poder evaluar el buen crecimiento del micelio o la posible presencia de contaminantes. Las bolsas que presenten contaminantes como manchas amarillas, verdes o naranjas, se retiran inmediatamente del medio.

#### **e. Fructificación**

Fructificación o cosecha es el último paso en el cultivo del hongo *P. ostreatus*, y se da bajo condiciones controladas, este proceso se lleva a cabo después de la incubación cuando el micelio ya crecido ha formado una superficie blanco-algodonosa que cubra totalmente el sustrato (pastel) y está lo suficientemente compactado. En presencia de luz se elimina la bolsa de polietileno para permitir la aparición de cuerpos fructíferos y pasar la masa hongo-sustrato formada, a la sala de fructificación.

Se recomienda que sólo dos cosechas sean tomadas en cuenta para determinar la eficiencia biológica del sustrato debido a que en una tercera o cuarta cosecha, los cuerpos fructíferos son de menor tamaño. Los primeros primordios dan inicio al proceso de fructificación al cuarto o quinto día y generalmente se originan en los lugares cercanos a las aberturas de las bolsas.

La sala de fructificación debe presentar algunas características que son importantes para el buen desarrollo de los carpóforos, siendo estas: un área amplia, dedicada solamente a la fructificación del hongo; buena ventilación, control de temperatura y de iluminación. Las condiciones ambientales requeridas en la sala de fructificación se encuentran indicadas en el cuadro 4.

**Cuadro 4: Condiciones ambientales en la sala de fructificación**

Humedad del sustrato	50 por ciento
pH del sustrato	6.5-7.0
Humedad relativa	85-90 por ciento
Temperatura	26-28°C
Luz	La suficiente para leer
Ventilación	4-6 veces el volumen de la sala/hora

La ventilación tiene como objetivo eliminar el CO<sub>2</sub> generado por la respiración del hongo y renovarlo por aire oxigenado. Una ventilación insuficiente propicia la acumulación de CO<sub>2</sub> y el exceso de ventilación produce un resecamiento del sustrato. Una acumulación baja de CO<sub>2</sub> puede inhibir el desarrollo de los cuerpos fructíferos o propiciar el crecimiento deforme de estos. Se recomienda mantener una ventilación en el cuarto de fructificación, de tal manera que el volumen de aire en dicho cuarto sea renovado de 4-6 veces cada hora (En la figura 1 en anexo se observan carpóforos con estípite largo, condición que es indeseable).

Será necesario aplicar riegos en el cuarto de fructificación para aumentar la humedad y evitar el resecado del sustrato. Los riegos deberán hacerse de preferencia por medio de pulverización hacia el ambiente, también se podrán efectuar riegos directos hacia el sustrato, sin embargo el chorro de agua debe ser suave para no dañar los cuerpos fructíferos. Una humedad inferior al 80 por ciento será negativa para la formación de carpóforos.

Dos días después de haber llevado los pasteles a la sala de fructificación y de haber eliminado la bolsa de polietileno, comenzarán a aparecer los primordios, es decir, los primeros cuerpos fructíferos. Cuatro días después los primordios se habrán desarrollado bien, cubriendo la totalidad de la superficie del pastel, y estarán en madurez comercial y listos para ser cosechados.

Para cosechar se debe esperar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, sin permitir que el borde del píleo comience a enrizarse, la cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo o bisturí

estéril, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato, de abajo hacia arriba sin dañar el sustrato, todos los cuerpos fructíferos frescos que se obtengan en un pastel, se pesan y se calcula la eficiencia biológica.

Para la producción de *Pleurotus* se han utilizado una gran variedad de sustratos, tales como: troncos de árboles, serrín, desechos orgánicos, en fresco o fermentados. También se han probado en otros países diversas mezclas con muy buenos resultados. El sustrato que se usa para producir los cuerpos fructíferos debe ser un material cuyo precio sea mínimo o se reduzca al costo de transporte. Debe ser de disponibilidad amplia y bien definida, aunque no necesariamente constante. La elección del sustrato es uno de los factores claves que se debe optimizar para tener una rentabilidad competitiva. Los desechos varían durante el año, por lo que es común trabajar con diferentes sustratos, según se tenga disponibilidad en cada época.

La pulpa de café representa alrededor del 40 por ciento del peso del fruto fresco. Debido a la posibilidad de conservarla seca, la pulpa de café es un sustrato que se puede utilizar todo el año para la producción de hongos. También se puede utilizar mezclada con otros materiales como pajas. La pulpa de café ha sido reportada como uno de los sustratos más apropiados para la producción de *Pleurotus*. Puede ser utilizada en fresco, sin embargo se recomienda fermentarla durante 5 días, lo cual se hace apilándola en montones de aproximadamente 1m de diámetro y 50-60cm de altura. Se tapa el montón así preparado con un plástico. Se debe voltear diariamente. Con la pulpa fermentada se han alcanzado rendimientos biológicos bastante elevados. La pulpa también puede ser deshidratada al sol inmediatamente después de sacarla del pulpero (hasta un 8 por ciento de humedad). Así se puede conservar hasta 2 años. Para usar la pulpa que se ha secado, se sumerge durante 1 hora para hidratarla y se pasteuriza después durante 40 minutos, la pulpa fermentada se pone directamente a pasteurizar sin remojar.

La cáscara de cacao se encuentra disponible en las regiones tropicales y representa un 74 por ciento del peso total del fruto fresco. Este material puede ser utilizado en fresco, pero, puesto que es necesario fracturarla para disminuir el tamaño de partícula, se recomienda secarla primero y después quebrarla para obtener pedazos de 3-5cm de tamaño. En cáscara de cacao el *Pleurotus* crece más rápido que sobre pulpa de café, sin embargo su rendimiento es inferior. Después de deshidratadas y quebrarlas, las fracciones de cáscara se hidratan y se pasteurizan durante 40 minutos.

El bagazo de caña es producido durante la zafra y los rendimientos biológicos reportados en otros países, al utilizar este sustrato puro son bajos, del orden del 15 por ciento, al dejar fermentar el bagazo

durante 15 días aumenta el rendimiento hasta 30 por ciento y si se usa mezclado con pulpa de café aumenta hasta un 100 por ciento (12).

#### 4.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Los principales problemas a que se puede enfrentar el productor de hongos son básicamente las contaminaciones, la presencia de plagas y las enfermedades.

##### 4.5.1 CONTAMINACIONES

Las contaminaciones son el resultado de una mala pasteurización o de deficiencias en el manejo o en la siembra del material en proceso. Durante la incubación son muy frecuentes las contaminaciones, que pueden deberse a la falta de limpieza de los locales de incubación o a orificios por donde pueden entrar el aire y sus microbios, los insectos y otros animales. Las contaminaciones disminuyen notablemente si se pone un esmerado empeño en trabajar bajo condiciones de asepsia rigurosa y si se verifica que los tratamientos de esterilización del grano para inóculo primario y la pasteurización del sustrato sean efectuados rigurosamente. Los cuartos de incubación, siembra y fructificación deben ser frecuentemente lavados, limpiados, desinfectados con cloro, alcohol, u otro material. Para este fin se debe diseñar un programa de limpieza y asepsia que permita prevenir las contaminaciones.

##### 4.5.2 PRESENCIA DE PLAGAS

Según García Rollan (2) el cultivo de setas como *Pleurotus* lleva pocos años realizándose por ello las plagas y enfermedades que le atacan son pocas aún. Entre los insectos que se han observado causando daño están: los colémbolos y dípteros. Se presentan en ocasiones invasiones de ácaros, que resisten la pasteurización. En México, se han reportado plagas de insectos variados que se enumeran en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Entomofauna observada durante el cultivo de *Pleurotus*.**

ORDEN	FAMILIA
Coleoptera	Staphylinidae
Coleoptera	Chrysomelidae
Coleoptera	Tenebrionidae
Coleoptera	Endomychilidae
Diptera	Mycetophilidae
Diptera	Stratiomyidae
Diptera	Drosophylidae

Algunos de estos insectos pueden reducir el rendimiento o la calidad de los hongos, ya que además suelen alimentarse de las esporas, de las láminas o inclusive del contexto mismo del hongo, al cual perforan y le hacen túneles y galerías. También pueden ser agentes de contaminación de otros hongos y bacterias.

Por otra parte se han observado algunas especies de Lepidópteros aún no identificados que en su fase larval afectan principalmente el estípite del hongo, el cual barrenan y sus daños no presentan síntomas externos, por lo que se convierten en plagas de importancia económica.

Algunos insectos depositan sus huevecillos en la madera de los anaqueles. Al eclosionar, las larvas se introducen al sustrato, sobre todo durante la incubación, después de haber perforado las bolsas. Las larvas se comen entonces el sustrato, el hongo y contaminan con otros hongos el pastel.

En estos casos es necesaria la limpieza constante de anaqueles y paredes con jabón y cloro para matar huevos y larvas. Para el control de estas plagas e insectos asociados, se recomienda el aislamiento de los locales y la colocación de trampas. Dos trampas que funcionan muy bien son: 1) tiras de polietileno untadas de aceite comestible y colocadas a través de los estantes o, 2) recipientes plásticos o de vidrio con un líquido atrayente como cerveza o miel de cacao, a la cual se le pone en la boca un embudo con el orificio muy pequeño, de tal manera que el insecto pueda entrar pero no salir. Existen trampas comerciales para insectos voladores. Otra forma adecuada resulta mezclando insecticidas con alimento atrayente. Es posible usar los insecticidas para uso ambiental y como un último recurso las fumigaciones con piretroides, un remedio muy eficaz es el uso de aspersiones de infusión de raíz de flor de muerto (*Tagetes erecta*).

#### 4.5.3 ENFERMEDADES BIOTICAS

Las enfermedades bióticas son las causadas por bacterias del género *Pseudomonas* y hongos inferiores patógenos o competidores, fitoplasmas o virus, los géneros de hongos patógenos que se reportan son los siguientes: *Fusarium*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Aleuria*, *Verticillium*, *Dactylium*, *Eladobotryum*, *Hypomyces*, *Trichoderma*; sin embargo este tipo de enfermedades no es común en los hongos, o al menos no han sido reportadas como importantes desde el punto de vista económico para el cultivo (2).

#### 4.5.4 ENFERMEDADES ABIOTICAS

Este tipo de enfermedades, es causado por falta de nutrientes específicos para el desarrollo de los hongos o por las variaciones ambientales del entorno donde se cultiva el hongo.

En este sentido los principales problemas se presentan por efecto de: una deficiencia en la ventilación, lo que influye directamente en la concentración de CO<sub>2</sub>, en variaciones en la humedad relativa o en los efectos del exceso o falta de luminosidad.

El exceso de CO<sub>2</sub>, produce que los hongos desarrollen estípetes más largos o carpóforos poco o nada desarrollados. La falta de humedad, además de reducir el rendimiento, afecta el desarrollo de los carpóforos, los cuales pueden presentar deformaciones. La iluminación produce variaciones en la pigmentación de los carpóforos. Cuando la humedad es excesiva, de tal manera que moja demasiado los cuerpos fructíferos, estos presentan un aspecto blando, aguado y amarillento (12).

## 4.6 PALMA AFRICANA

### 4.6.1 ASPECTOS GENERALES

La palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq.*) es una especie perenne considerada como una de las fuentes principales de aceite vegetal cultivada por su alta productividad, con rendimiento aproximado de 4 a 5 toneladas por hectárea por año.

La inflorescencia pistilada es un racimo globoso que alcanza generalmente una longitud de 30 cm, cubierta al principio por dos espatas coriáceas y protegida en la base por cinco o diez brácteas duras y puntiagudas que llegan a medir hasta 15 cm de largo. El racimo es sostenido por un pedúnculo corto y fuerte, y lleva al centro un raquis esférico, en el que van insertadas numerosas ramillas o espigas cada una con varias flores. En la base de cada flor hay una bráctea dura y aguda que envuelve no sólo la flor pistilada, sino también los rudimentos de flores estaminadas no funcionales.

La inflorescencia estaminada está formada por un eje central erecto y delgado del que salen numerosas ramillas o espigas llamadas dedos. Estas son cilíndricas y largas, de cinco a veinte centímetros de longitud, que terminan en un ápice duro y punteado. Está cubierta al igual que la inflorescencia pistilada por dos espatas coriáceas. En general, una inflorescencia femenina puede tener de 2,000 a 2,500 flores pistiladas de las cuales 1,000 a 1,500 llegan a convertirse en frutos.

El fruto (figura 4 en anexo) es una drupa sésil, ovoide cuyo color externo cambia de acuerdo al cultivar. Es de color verdoso o negro rojizo en la parte superior; la inferior es siempre amarilla. El exocarpo es liso, duro y brillante. El mesocarpo es una masa amarillenta de parénquima rico en aceite, cruzado por fibras y haces vasculares. Contiene de un 45 a 50 por ciento de su peso en aceite, un 15 a 20 por ciento de

fibras solubilizadas en agua, albúminas, materias pécticas, azúcares y sales. El endocarpo protege la almendra, la cual consta de capas de endospermo aceitoso. La consistencia y grosor del endocarpo es una característica varietal.

Los subproductos son la fibra, cuesco y raquis, de los cuales parte de ellos es utilizado para la caldera. El cuesco es muy útil en las vías de comunicación de la plantación, es buen combustible y puede reemplazar al carbón mineral o convertirse en carbón activado. El raquis quemado en condiciones de oxígeno controlado produce una ceniza que contiene hasta 25 por ciento de potasio y demás elementos menores que pueden ser utilizados en la plantación (8).

#### 4.6.2 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA PALMA AFRICANA.

El cuesco: es el nombre que se le da al pericarpio del fruto a nivel de campo, sin embargo, para fines técnicos podrá utilizarse el término pericarpio. Forma parte de la pared del fruto y está constituido principalmente de tres capas, que son el epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

El raquis: es el eje central de la inflorescencia de la palma y sostiene el racimo de frutos al tallo de la planta.

La fibra: esta constituida por células más largas que las esclereidas, en general tienen los extremos puntiagudos y paredes gruesas secundarias, en el caso de las fibras del fruto de palma africana puede decirse que son fibras extraxilares, que conforman el mesocarpio del fruto de la palma. Las propiedades físicas y químicas de los subproductos de la palma africana se resumen en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Propiedades físicas y químicas de los subproductos de la palma Africana que se utilizaron en esta investigación.**

SUB PRODUCTO	pH	DENSIDAD APARENTE	COLOR*		% DE HUMEDAD
			SECO	HUMEDO	
CUESCO	5.5	0.2557g/ml	Café oscuro	Negro	8.7
RAQUIS	8.4	0.0666g/ml	Café oscuro	Amarillento oscuro	58
FIBRA	5.9	0.0614g/ml	Amarillento oscuro	Grisáceo oscuro	9.1

\*se utilizó la tabla de colores Munsell.

Fuente: el autor

## **5 MARCO DE REFERENCIA**

### **5.1 LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO**

El experimento en la etapa de fructificación del hongo, se realizó en el laboratorio de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad de Guatemala, dentro del Campus Central de la Ciudad Universitaria zona 12 y la fase de laboratorio, se realizó en el Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y en los laboratorios de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía. Según el INSIVUMEH, la Ciudad Universitaria se localiza geográficamente en las coordenadas: 14°35'11" latitud norte y 90°35'58" longitud oeste, y a una altitud media de 1,502 msnm. Se registró una humedad relativa del 85-90 por ciento y una temperatura máxima de 24° C y una mínima de 16° C.

## 6 OBJETIVOS

### 6.1 GENERAL

Evaluar el comportamiento del cuesco, raquis y fibra de palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq*) como sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (ECS-0112)

### 6.2 ESPECIFICOS

- 6.2.1 Determinar la eficiencia biológica de los diferentes tratamientos.
- 6.2.2 Cuantificar los cuerpos fructíferos por unidad experimental.
- 6.2.2 Clasificar las diferentes calidades de cuerpos fructíferos basado en el tamaño del carpóforo.
- 6.2.3 Determinar el mejor subproducto para la producción del hongo.

## 7 HIPOTESIS

El rendimiento en peso (eficiencia biológica) del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, será mayor en los tratamientos de raquis, sin mezclar

El rendimiento en peso (eficiencia biológica) del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* será mayor en aquellos tratamientos donde haya presencia de raquis mezclado

## 8 METODOLOGIA

### 8.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó el cuesco, raquis y fibra de palma Africana como sustratos, sin mezclar y mezclados en una proporción de 1:1. La pulpa de café sirvió como sustrato testigo y la cepa utilizada fue *Pleurotus ostreatus* ECS-0112 (7).

Clave del Cepario de ECOSUR, (El colegio de la Frontera Sur Tapachula México)	Genero y especie	Procedencia	Clave original	EFICIENCIA BIOLÓGICA EN %
ECS-0112	<i>Pleurotus ostreatus</i>	México D:F:	UAM-3	85

### 8.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Debido a que las condiciones donde se realizó el experimento fueron homogéneas y no se observó ningún tipo de gradiente que indujera variación en los tratamientos, se utilizó un diseño completamente al azar con 7 tratamientos y 7 repeticiones. En total fueron de 49 unidades experimentales. Cada unidad experimental constó de una bolsa de 2,300 g. (5 lbs) de sustrato seco. El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

DONDE:

$Y_{ij}$  = Respuesta del rendimiento de hongos obtenidos en la j-ésima repetición y en el i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Media general del rendimiento

$\alpha_i$  = Efecto asociado al sustrato

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

### 8.3 TRATAMIENTOS

Los tratamientos que se estudiaron en este experimento se detallan en los cuadros 7 y 8 descripción de los tratamientos y distribución de las unidades experimentales.

**Cuadro 7. Descripción de los tratamientos.**

No.	Descripción	Código
1	Raquis	A
2	Cuesco	B
3	Fibra	C
4	Mezcla Raquis + Cuesco	D
5	Mezcla Raquis + Fibra	E
6	Mezcla Cuesco + Fibra	F
7	Pulpa de café	G

**Cuadro 8. Distribución de las unidades experimentales.**

Tratamientos	Repeticiones						
	1	2	3	4	5	6	7
A	E	D	B	C	E	F	G
B	G	A	E	G	B	C	R
C	F	E	C	E	C	D	F
D	A	B	G	A	A	G	B
E	C	G	F	D	G	B	C
F	D	C	D	F	D	A	E
G	B	F	A	B	F	E	D

### 8.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 8.4.1 PROCEDIMIENTO Y MATERIALES UTILIZADOS

- El micelio se obtuvo de un carpóforo representativo, utilizando un bisturí estéril.
- Se inocularon 4 porciones de micelio en 1 caja de Petri conteniendo PDA como medio de cultivo (agar papa dextrosa), se realizó dicha inoculación dentro de una cámara de flujo laminar.
- Se repitió este procedimiento en 24 cajas de Petri más.
- Se incubaron las 25 cajas a una temperatura promedio de 28° C, en una incubadora microbiológica ubicada en LAMIR, por un lapso de 3 semanas.

- Cuando el inóculo proveniente del carpóforo estuvo listo, se procedió a hidratar las semillas de sorgo (*Sorghum vulgare*) y se colocaron 200 g de las mismas, en bolsas de polipapel.
- El sorgo se autoclaveó a 15 PSI (libras de presión) durante 30 minutos, y se dejó que alcanzara la temperatura ambiente.
- Dentro de una cámara de flujo laminar y con un bisturí estéril se cuadrículó el agar en trozos de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> de superficie.
- Ya teniendo el sorgo (*Sorghum vulgare*) autoclaveado y el agar cuadrículado, se procedió a inocularlo dentro de una campana de flujo laminar, colocando 2 cuadritos de 1 cm<sup>2</sup> agar por bolsa de 200 g. Estas bolsas se cerraron procurando compactar el inóculo primario.
- Las 49 bolsas inoculadas se incubaron durante 21 días a una temperatura promedio de 28° C, en oscuridad, propiciando que el micelio cubriera totalmente los granos.
- Finalizado este período, los sustratos (subproductos) se fermentaron durante 5 días y se hidrataron durante 2 días, luego se pasteurizaron dentro de costales de manta, en toneles de agua hirviendo, durante 1 hora, se escurrió y dejó enfriar a temperatura ambiente.
- Al finalizar el período de incubación del primario y teniendo ya preparadas las bolsas de 2300 g. (5 lbs.) de sustrato, se procedió a realizar la siembra final, para lo que se utilizaron bolsas transparentes de polietileno de 25 lbs. conteniendo el sustrato final. La siembra se realizó en los laboratorios de la Subárea Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía.
- Las 49 bolsas sembradas se colocaron en una incubadora microbiológica en oscuridad con una temperatura promedio de 28° C, así se mantuvieron durante un período de 21 días.
- Al tercer día de sembradas las bolsas, se perforaron con una tablilla estéril de clavos, procurando perforar unos 800 agujeros en promedio por bolsa, distribuidos en toda la superficie.
- Al finalizar este período, se observó un crecimiento micelial abundante y que formó una superficie blanco-algodonosa sobre el sustrato final suficientemente compactado. Se retiraron las bolsas y se

colocaron en la sala de fructificación de conformidad con lo previsto en el diseño, para su fructificación

- En esta etapa se controló la aireación y el riego para evitar el resecado del sustrato. Cuatro días después de haber iniciado la fase de fructificación, se observó el surgimiento de los primordios, y luego al sexto día los carpóforos alcanzaron el grado de madurez totalmente realizando la cosecha. La segunda cosecha se dio a los 15 días después de reposo.
- Luego de realizada la cosecha se efectuaron las mediciones por variable en estudio, tomando el peso fresco de los hongos en gramos al momento del corte para obtener la eficiencia biológica. Después de medida las masas se hizo el recuento de carpóforos totales y de carpóforos de primera, segunda y tercera calidad. El esquema número 1 en anexo, muestra el proceso desde el pesado del sustrato a la cosecha del hongo.

### **3.5 VARIABLES EN ESTUDIO**

Para poder determinar la Eficiencia Biológica de los subproductos de la palma africana, se evaluó las siguientes variables cuantitativas:

#### **3.5.1 Peso en gramos de hongos frescos producidos por unidad de peso de sustrato seco:**

Al momento de observar una madurez y un máximo tamaño alcanzado por los carpóforos, se procedió a realizar el corte de los racimos desde la base de los mismos, se pesaron en una balanza monoplato, previamente identificados dentro de una bolsa de nylon. Luego de realizar dichas mediciones, se calculó el porcentaje de Eficiencia Biológica, para cada unidad experimental.

#### **3.5.2 Número total de carpóforos por unidad experimental.**

Esta variable, puede considerarse como una expresión relacionada con la Eficiencia Biológica. Al momento de haber realizado el cálculo de los pesos, se procedió a realizar el recuento de cuerpos fructíferos por unidad experimental.

### **8.5.3 Número de carpóforos de primera calidad.**

Cada racimo cosechado por unidad experimental fue desmembrado en hongos individuales, distribuyéndolos en las tres calidades. Posteriormente, se realizaron las mediciones longitudinales de los carpóforos con una regla graduada. Debido que no existe una tabla de calidades que estandarice los tamaños, se clasificaron los hongos de primera, como aquellos que alcanzaron longitudes mayores a los 6 cm.

### **8.5.4 Número de carpóforos de segunda calidad.**

Los hongos que se incluyeron dentro de esta calidad fueron aquellos carpóforos que lograron longitudes entre los 4 cm. y 6 cm.

### **8.5.5 Número de carpóforos de tercera calidad.**

En esta categoría, se incluyeron los carpóforos con longitudes menores a los 4 cm.

Las calidades de los carpóforos, se ven determinados por varios factores, sin embargo en esta investigación, se tomaron datos cuantitativos como el diámetro para poder realizar una clasificación de los hongos en base a su tamaño. Esto debido que en nuestro país se comercializa con base en el peso de racimos obtenidos por bloque o por pastel, así económicamente se puede obtener una mayor rentabilidad, al saber en cual sustrato pueden obtener los carpóforos de mayor tamaño. Es importante aclarar que en este proceso de investigación, se esperó a que los carpóforos alcanzaran su máximo tamaño sin enrizarse (volteo de las orillas hacia arriba)

## **8.6 ANALISIS ESTADISTICO**

Para realizar el análisis de la información que se obtuvo, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para cada variable en estudio. La variable que presentó significancia se sometió a una prueba de contrastes ortogonales, para poder determinar las diferencias entre tratamientos con un 0.05 de significancia y establecer una diferencia estadística entre cada uno de los subproductos de palma africana utilizados como sustratos. En el caso de las variables de respuesta número de carpóforos totales, de primera, segunda y tercera calidad, los datos se transformaron por medio del Ln del dato, debido que presentaban efectos multiplicativos.

Con el objetivo de observar el comportamiento de los diferentes sustratos, se realizó una prueba de contrastes ortogonales:

### I. SUBGRUPOS.

1. Testigo contrastado tratamientos
2. Tratamientos simples contrastado mezclados
3. Raquis y cuesco contrastado fibra
4. Raquis contrastado cuesco
5. Mezcla de raquis + cuesco contrastado con las mezclas raquis + fibra y cuesco + fibra
6. Mezcla de raquis + fibra contrastado con la mezcla de cuesco + fibra

### II. DEFINICIÓN DE LAS SUBHIPOTESIS.

Ho.	$TA+TB+TC+TD+TE+TF=TG$	Ha.	$TA+TB+TC+TD+TE+TF \neq TG$
Ho	$TA+TB+TC=TD+TE+TF$	Ha.	$TA+TB+TC \neq TD+TE+TF$
Ho	$TA+TB = TC$	Ha.	$TA+TB \neq TC$
Ho	$TA = TB$	Ha.	$TA \neq TB$
Ho	$TD = TE+TF$	Ha.	$TD \neq TE+TF$
Ho	$TE=TF$	Ha	$TE \neq TF$

### III. TABLA DE ORTOGONALIDAD.

	A	B	C	D	E	F	G
Contraste							
$A+B+C+D+E+F=G$	1	1	1	1	1	1	-6
$A+B+C=D+E+F$	1	1	1	-1	-1	-1	0
$A+B=C$	1	1	-2	0	0	0	0
$A=B$	1	-1	0	0	0	0	0
$D=E+F$	0	0	0	2	-1	-1	0
$E=F$	0	0	0	0	1	-1	0

## 9 RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizó el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en los distintos subproductos derivados de la agroindustria de la palma africana, utilizados como sustrato en la etapa de fructificación del hongo. Los datos obtenidos de las mediciones realizadas, se presentan en los cuadros 9 a 14.

La influencia del sustrato a utilizar en la etapa de fructificación del hongo, se refleja en el rendimiento en peso obtenido en cada tratamiento, por lo que la eficiencia biológica es un indicador de la producción que permite determinar si un sustrato es o no adecuado para el cultivo de éste. El mayor peso promedio en gramos se obtuvo con la fibra sin mezclar, lográndose obtener 3,119.46 g; en tanto el menor peso se obtuvo en la mezcla de raquis y cuesco, con un promedio de 1,739.79 g. El comportamiento observado del hongo en la fibra contra los demás sustratos, fue el mismo, es decir mayores rendimientos. En el caso de la variable peso de hongos por unidad experimental fue, para el cuesco de 2,195.51 g, en tanto las mezclas dieron un menor peso de hongos. En el caso de la mezcla de raquis y fibra se obtuvo 2,007.74 g, indicando un mejor rendimiento del raquis al ser mezclado con la fibra. La mezcla de cuesco y fibra proporcionó 1,745 g, disminuyendo la producción de ambos subproductos al ser mezclados. En los tratamientos donde se mezclaron el cuesco y el raquis, se cosechó en promedio 1,739.79 g, siendo el sustrato con el más bajo rendimiento. El raquis como sustrato, influye grandemente en el rendimiento de los otros subproductos, en una forma negativa, ya que disminuye el potencial productivo de los otros subproductos. Los resultados de todos los tratamientos y repeticiones se reportan en el cuadro 9.

**Cuadro 9. Peso en gramos de hongos frescos producidos por unidad de peso de sustrato seco.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII	PROMEDIO
RAQUIS	1,667.5	1,913.6	1,851.5	1,840	1,803.2	1,738.8	1,794	1,801.23
CUESCO	2,129.8	2,113.8	2,129.8	2,254	2,081.5	2,352.9	2,106.8	2,195.51
FIBRA	2,707.1	2,500.1	2,423.4	3,139.5	3,875.5	3,174	4,006.6	3,119.46
R + C	1,552.5	1,752.6	1,830.8	1,886	1,621.5	1,731.9	1,803.2	1,739.79
R + F	1,897.5	2,861.2	2,208	1,863	1,738.8	1,961.9	2,083.8	2,087.74
C + F	1,660.6	1,725	2,070	1,568.6	1,616.9	1,955	1,619.2	1,745.04
Pulpa de café	2,658.8	2,950.9	4,123.9	3,243	3,109.6	3,686.9	3,502.9	3,325.14

El mayor porcentaje de eficiencia biológica se obtuvo en la fibra, con un promedio de 135.62, y las menores con las mezclas de raquis y cuesco con 75.64 por ciento y 75.87 por ciento con la mezcla de cuesco y fibra, mostrando una separación del 60 por ciento entre la fibra como mejor sustrato y las mezclas como los peores sustratos, doblando prácticamente la EB del hongo en la fibra. Los otros tratamientos al no llegar al

100 por ciento de EB, no se discuten, ya que se consideran no adecuados para el cultivo del hongo. El porcentaje de EB reportado por ECOSUR es del 85 por ciento para la pulpa de café, en tanto en el presente estudio se logró obtener un porcentaje de 144.57 por ciento, superando por mucho la eficiencia reportada en México. El cuadro 10 incluye la totalidad de los resultados obtenidos en esta variable.

**Cuadro 10. Porcentajes de Eficiencia Biológica.**

REPETICION TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	V	VII	PROMEDIO
RAQUIS	72.5	83.2	80.5	80	78.4	75.6	78	78.31
CUESCO	92.6	100.6	92.6	98	90.5	102.3	91.6	95.45
FIBRA	117.7	108.7	105.8	136.5	168.5	138	174.2	135.62
R + C	67.5	76.2	79.6	82	70.5	75.3	78.4	75.64
R + F	82.5	124.4	96	81	75.6	85.3	90.6	90.77
C + F	72.2	75	90	68.2	70.3	85	70.4	75.87
Pulpa de café	115.6	128.3	179.3	141	135.2	160.3	152.3	144.57

El mayor número de cuerpos fructíferos (ver cuadro 3 en anexo) se obtuvo en las unidades experimentales donde se utilizó la fibra como sustrato, cosechando en promedio 863 carpóforos, mientras que con el raquis se logró en promedio 243 carpóforos, lo que representa una diferencia de 620 cuerpos fructíferos reflejando también un mayor porcentaje de Eficiencia Biológica. En el cuesco se cosecharon en promedio 466 cuerpos fructíferos; mientras que con las mezclas se obtuvieron en promedio 566 para raquis y cuesco, 364 en raquis y fibra, y 315 en cuesco y fibra. En el caso de la mezcla de raquis y fibra, se incrementó el número de carpóforos al momento de mezclar la fibra; mientras que al mezclar la fibra con el cuesco, disminuyó. Lo cual indica que la mezcla de los sustratos repercute en el comportamiento del hongo haciendo variar el número de cuerpos fructíferos de un tratamiento a otro. El cuadro 11 incluye los valores del cuadro 3, de anexo transformados a logaritmo natural con la finalidad de normalizar los datos.

**Cuadro 11. Carpóforos totales.**

REPETICION TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	5.33272	5.62040	5.53339	5.53339	5.43808	5.53339	5.43808
CUESCO	6.02587	6.39359	6.07993	6.13123	5.84354	6.46770	5.90808
FIBRA	6.60123	6.49375	6.22654	6.82437	7.00670	6.82437	7.08674
R + C	5.70044	5.53339	5.53339	5.62040	5.43808	5.62040	5.62040
R + F	5.84354	6.22654	5.90808	5.77455	5.62040	5.84354	5.96871
C + F	5.53339	5.62040	6.02587	5.43808	5.62040	5.90808	5.96871
Pc.	6.53669	6.74641	7.08674	6.94216	6.87316	7.00670	7.04752

Datos transformados por la forma Ln.

El mayor número de carpóforos (ver cuadro 5 en anexo) de primera calidad se obtuvieron con la fibra con un promedio de 108, seguido por el cuesco y la mezcla de raquis y fibra con un promedio similar de 78 cuerpos fructíferos. Los tratamientos con menores carpóforos de primera calidad fueron las mezclas de cuesco y fibra y raquis con cuesco con 62. El raquis produjo en promedio 52 cuerpos fructíferos, indicando que el raquis se comporta como un sustrato no adecuado para el cultivo del hongo y que para aumentar tanto la eficiencia biológica del mismo y el número de carpóforos totales necesita ser mezclado con la fibra. El cuadro 12 presenta los datos normalizados del cuadro 5 de anexo.

**Cuadro 12. Número de carpóforos de primera calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	3.13549	4.23411	3.82864	3.82864	4.23411	4.23411	3.82864
CUESCO	4.23411	4.52179	4.23411	4.23411	4.52179	4.52179	4.23411
FIBRA	4.92725	4.92725	4.52179	4.52179	4.92725	4.23411	4.52179
R + C	4.23411	3.82864	3.82864	4.52179	3.82864	4.52179	3.82864
R + F	4.52179	4.52179	4.52179	4.23411	4.23411	4.23411	4.23411
C + F	3.82864	4.23411	4.23411	3.82864	3.82864	4.52179	4.23411
Pc.	4.74493	4.92725	4.52179	4.92725	4.74493	4.23411	4.52179

Datos transformados por la forma Ln

El mayor número de cuerpos fructíferos de segunda calidad (ver cuadro 7 en anexo) por unidad experimental, se obtuvo igualmente con la fibra; lo cual da una mayor seguridad en su uso, logrando en promedio una producción de 190 hongos, comparado con 82 obtenidos con la mezcla de raquis y cuesco. Como puede observarse, la menor producción de cuerpos fructíferos no se dio siempre en el raquis, pero sí influyó en la baja producción al mezclarse con los otros subproductos. En este caso el cuesco produjo en promedio 144 cuerpos fructíferos y al mezclarse con la fibra y el raquis bajo el número. Esto mismo se observa igualmente en las otras variables medidas. En los tratamientos donde se hicieron mezclas, se obtuvo en promedio 111 para la mezcla raquis y fibra, observando igualmente que el número se incrementó al mezclar la fibra, para la mezcla de cuesco y fibra se obtuvo un promedio de 101, bajando bruscamente el número de cuerpos fructíferos producidos por el cuesco sin mezclar. Esta tendencia puede observarse en el cuadro 13, que contiene los datos normalizados del cuadro 7 de anexo.

**Cuadro 13. Número de carpóforos de segunda calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	4.74493	4.23411	4.23411	4.74493	4.23411	4.52179	4.23411
CUESCO	5.08140	5.08140	5.08140	5.21494	4.74493	4.92725	4.52179
FIBRA	5.43808	5.21494	4.92725	5.90808	5.08140	4.92725	4.74493
R + C	4.74493	4.52179	4.23411	4.23411	4.52179	4.23411	4.23411
R + F	4.92725	4.92725	4.74493	4.52179	4.23411	4.74493	4.74493
C + F	4.23411	4.23411	5.08140	3.82864	4.92725	4.92725	4.52179
Pc.	5.43808	5.70044	4.92725	5.21494	4.92725	4.92725	4.74493

Datos transformados por la forma Ln.

Al igual que con las otras variables (ver cuadro 9 en anexo), la fibra produjo 565 hongos de tercera calidad. En promedio puede decirse que es bueno; sin embargo afecta el rendimiento en peso, ya que si se compara el peso unitario de un hongo de primera clase con uno de tercera, este disminuye grandemente. En esta variable el raquis produjo solamente 105 hongos de tercera calidad en promedio. Los otros tratamientos produjeron 243 para el cuesco, 174 en la mezcla de raquis y fibra, 151 para la mezcla de cuesco y fibra. Igualmente puede observarse que al mezclar la fibra con el raquis, se mejoran los rendimientos del raquis y también se observa que el cuesco disminuye su rendimiento. En consecuencia, el desarrollo del hongo se ve afectado por las mezclas, comportamiento igualmente observado en todas las variables en estudio. El cuadro 17 muestra los valores normalizados del cuadro 9 de anexo.

**Cuadro 14. Número de carpóforos de tercera calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	4.23411	4.92725	4.92725	4.52179	4.52179	4.52179	4.74493
CUESCO	5.21494	5.84354	5.33272	5.33272	4.92725	6.02587	5.33272
FIBRA	5.90808	5.84354	5.62040	6.13123	6.69084	6.56948	6.89669
R + C	4.74493	4.74493	4.92725	4.74493	4.52179	4.74493	5.08140
R + F	4.74493	5.62040	5.08140	5.08140	4.92725	5.08140	5.33272
C + F	4.92725	4.92725	5.21494	4.92725	4.52179	4.92725	5.43808
Pc.	5.84354	6.02587	6.87316	6.56948	6.56948	6.79906	6.84907

Datos transformados por la forma general Ln.

### 9.1 ANALISIS ESTADISTICO

Para comparar los diferentes resultados obtenidos en cada una de las variables en estudio, se realizó un análisis de varianza y de contraste ortogonales a las variables en estudio que presentaron diferencia estadística. A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos del análisis estadístico efectuado para cada una de las variables medidas.

**Cuadro 15. Resumen de las tablas de Andeva**

Variable	Fc	Pr > F
Peso en gramos de hongos frescos producidos por unidad de peso de sustrato seco	25.56*	0.0001
Número de carpóforos totales	51.77*	0.0001
Número de carpóforos de primera calidad	7.81*	0.0001
Número de carpóforos de segunda calidad	7.54*	0.0001
Número de carpóforos de tercera calidad	32.02*	0.0001

REFERENCIA: \* = SIGNIFICANCIA.

Al realizar el análisis de Varianza respectivo (cuadro 15), se encontraron diferencias significativas para las variables en estudio, al reportarse valores de probabilidad inferiores al nivel crítico de 0.05 ( $Pr > F = 0.0001$ ). De acuerdo al análisis de varianza realizado, se observa que el rendimiento del hongo en peso fresco en gramos es afectada por el sustrato utilizado en la etapa de fructificación y es la que determina el rendimiento expresado en porcentaje de Eficiencia Biológica. Además nos indica que los sustratos no pueden ser sustituidos, ya que cada uno influye de manera distinta en el desarrollo micelial y el crecimiento de cuerpos fructíferos sobre el sustrato. Se observa también diferencias estadísticas en las otras variables tomadas en cuenta durante esta investigación. Por lo anterior se procedió a realizar el análisis de contrastes ortogonales para todas la variables medidas que se encuentran en el cuadro 16.

**Cuadro 16. Resumen de los datos obtenidos en el análisis de contrastes ortogonales.**

VARIABLE	VARIABLE 1		VARIABLE 2		VARIABLE 3		VARIABLE 4		VARIABLE 5	
	Fc	Pr > F								
Testigo contrastado tratamientos	73.34*	0.0001	136.88*	0.0001	13.85*	0.0006	11.07*	0.0018	89.44*	0.0001
Simplex contrastado combinados	22.12*	0.0001	36.75*	0.0001	2.14NS	0.1511	10.04*	0.0029	20.01*	0.0001
A+B vrs C	49.65*	0.0001	95.36*	0.0001	17.00*	0.0002	11.19*	0.0017	59.53*	0.0001
A vrs B	3.87NS	0.0557	33.87*	0.0001	9.57*	0.0035	9.73*	0.0033	19.66*	0.0001
D vrs E+F	1.20NS	0.2787	5.8*	0.0205	1.30NS	0.2611	2.34NS	0.1333	2.9NS	0.0960
E vrs F	3.4NS	0.0722	1.99NS	0.1661	3.04NS	0.0885	0.84NS	0.3638	0.61NS	0.4404

REFERENCIA \* = SIGNIFICANCIA, NS = NO ES SIGNIFICATIVO

En este experimento los factores como el pH, concentración de bióxido de carbono, humedad relativa, no fueron tomados en cuenta, ya que las comparaciones se basaron únicamente en las características macroscópicas de los sustratos y de los cuerpos fructíferos del hongo.

De los contrastes ortogonales se colige que:

- El testigo contrastado con los subproductos de la palma africana presenta una diferencia estadística significativa, al reportarse valores de probabilidad inferiores al nivel crítico de 0.05 ( $Pr > F = 0.0001$ ) para las

variables peso total de carpóforos, número total de carpóforos y número de carpóforos de tercera calidad, en tanto las variables hongos de segunda y tercera reportan un ( $Pr>F=0.0006$  y  $0.0018$  respectivamente): indicando que el desarrollo del hongo y el porcentaje de EB son diferentes en la pulpa de café y en los subproductos de la palma. Esto muestra que el rendimiento, en peso y expresado en porcentaje de EB, es mayor en pulpa de café.

Referente a las variables de calidad, el mayor número de carpóforos de primera calidad (de acuerdo al tamaño) se obtuvieron con la pulpa de café.

- Los subproductos simples contrastados con subproductos mezclados, muestran una diferencia significativa para las variables peso de carpóforos, número de carpóforos totales, hongos de segunda y tercera calidad, debido a que se reportan valores de probabilidad inferiores al nivel crítico de 0.05 ( $Pr>F=0.0001$  y  $0.0029$ ), señalando un comportamiento diferente para cada sustrato de la palma africana en los resultados para las diferentes variables, indicando que los sustratos simples dan mejor rendimiento en peso y mejor porcentaje de EB que al trabajarlos mezclados. Así también, el número de carpóforos de primera calidad se incrementó, en tanto la variable número de carpóforos de segunda calidad, estadísticamente, no muestra diferencia al reportarse un valor superior al nivel crítico de 0.05 ( $Pr>F=0.1511$ ). Debido que cada subproducto tiene propiedades físicas y químicas que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de los cuerpos fructíferos del hongo al momento de ser mezclados.

- El contraste de raquis o cuesco contra fibra, evidencian diferencias estadísticas en todas las variables medidas al reportarse valores de probabilidad inferiores al nivel crítico de 0.05 ( $Pr>F=0.0001$ ,  $0.0002$ ,  $0.0017$ ); lo que refleja un mejor comportamiento del hongo en los tratamientos de fibra, subproducto que supera por mucho a los otros subproductos. La comparación del comportamiento de los tres subproductos permite afirmar que la fibra se constituye en un sustrato adecuado para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, asumiéndose que se debe a las condiciones de pH (muy cercano al ideal) y a la menor densidad aparente, que le permite al sustrato ser mas suelto, con mayor aireación y retención de humedad.

- El contraste de raquis versus cuesco no muestra diferencia estadística para la variable peso de carpóforos al reportarse un valor de probabilidad superior al del nivel crítico de 0.05 ( $Pr>F=0.0557$ ); además, los dos tratamientos tienen porcentajes de EB abajo del 100 por ciento, aunque, para las otras variables sí se observa una diferencia estadística, sin embargo ambos subproductos no pueden ser considerados para la etapa de fructificación del hongo si se piensa tener un rendimiento alto.

- El contraste de la mezcla raquis y cuesco, comparado con las mezclas de raquis y fibra y la mezcla de cuesco y fibra, dio diferencia significativa en la variable número de carpóforos totales, al reportarse un valor de probabilidad inferior al nivel crítico de 0.05 ( $P_{r>F}=0.0205$ ). En tanto dieron un resultado estadísticamente no significativo en las otras variables ya que se reportan valores de probabilidad superiores al nivel crítico de 0.05 ( $P_{r>F}=0.2787, 0.2611, 0.1333, 0.0960$ ) por lo que se pueden esperar rendimientos similares en estos tratamientos, con una baja producción del hongo en estos subproducto mezclados. El cuesco y el raquis son subproductos que afectan directamente el rendimiento de la fibra, la cual baja su eficiencia biológica (a menos del 100 por ciento) al ser mezclado con ambos sustratos. Es por ello que no pueden ser mezclados ambos subproductos.

- El contraste de la mezcla raquis y fibra contra la mezcla de cuesco y fibra, estadísticamente no existe diferencia entre ambos tratamientos ya que se reportan valores de probabilidad inferiores al nivel crítico de 0.05 para todas las variables ( $P_{r>F}=0.0722, 0.1661, 0.0885, 0.3638, 0.4404$ ). Debido a esto se pueden esperar similares resultados con ambos tratamientos, infiriéndose que la influencia de la fibra en los otros subproductos no mejora en forma significativa los rendimientos de raquis y cuesco.

## 10 CONCLUSIONES

- 10.1 El mejor de los subproductos de palma africana para la producción de hongos del tipo *Pleurotus* es la fibra.
- 10.2 Se obtuvo el mayor número de carpóforos de primera, segunda y tercera calidad en los tratamientos de fibra, siguiéndole en número el cuesco y por último el raquis.
- 10.3 Las mezclas proporcionaron porcentajes de eficiencia biológica menores al 100 por ciento, por lo que no se consideran adecuados para el cultivo del hongo.
- 10.4 Las hipótesis planteadas se rechazan debido que al confrontarla con los resultados obtenidos, se logró una mejor EB en los tratamientos constituidos únicamente con fibra, comportamiento igualmente observado para las otras variables en estudio.
- 10.5 La pulpa de café sigue siendo el mejor sustrato para la producción del hongo *P. ostreatus*

## 11 RECOMENDACIONES

- 11.1 Utilizar la fibra de palma africana en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* ECS-0112, debido que le sigue en eficiencia biológica a la pulpa de café.
- 11.2 No utilizar el cuesco y el raquis de palma africana como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*.
- 11.3 Efectuar estudios donde se agregue pulpa de café al cuesco y al raquis, con la intención de medir el efecto sobre el probable incremento de la EB de estos sustratos.

## 12 BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G.N. 1995. Fitopatología. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. 2ed. México, DF., Limusa. 830p.
2. GARCIA ROLLAN, M. 1998. Cultivo de setas y trufas. 3ed. España, Mundi-Prensa. 217p.
3. GARCIA ROLLAN, M. 1985. Nuevas técnicas de cultivo del *Pleurotus ostreatus* Hojas Divulgadoras (España) no. 8: 1-20.
4. GODOY MENDEZ, C.R. 1997. Cultivo de una cepa mejicana de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato aserrín de caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz. Tesis Químico Biólogo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 59p.
5. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA. Tarjetas de registros climáticos de la estación experimental del INSIVUMEH de los años 1999. Guatemala.  
  
Sin publicar
6. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de zonas de vida de la República de Guatemala a nivel de Reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000. 4h.
7. HUERTA PALACIOS, G.H. et al. s.f. Hongos tropicales. Chiapas, Tapachula, México, El Colegio de la Frontera Sur 1p.
8. IICA. 1983. Guía técnica para el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*). Nicaragua, Estación Experimental El Recreo. 40p.
9. LEAL, L.H. 1985. El cultivo del champiñón y otros macromicetos comestibles. In: Perspectiva de la Biotecnología en México. México, CONACYT, Fundación Barrios Sierra. p.235-257.
10. LEON, R. DE. et al. 1998. Planta productora de hongos comestibles en Guatemala. Rev. Mex. Mic. 4:297-301.
11. MAIREN LEON, E.A. 1994. Estudio del efecto en el rendimiento de cuatro diferentes sustratos sobre tres cepas comerciales del hongo comestible SHIITAKE (*Lentinula edodes* (Berck) Plegier) bajo condiciones ambientales naturales en el municipio de Tecpan, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70p.
12. SANCHES VASQUEZ, J. E. 1994. Producción de hongos comestibles. México, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 109p.



V.O.B.O.  
*Petrucci*

**13 ANEXO**

## ALGORITMO DE LA ENTRADA A SAS.

OPTIONS NODATE;

DATA DOS;

INPUT REP TRAT VR1 VR2 VR3 VR4 VR5;

VR2T=LOG(VR2);

VR3T=LOG(VR3);

VR4T=LOG(VR4);

VR5T=LOG(VR5);

CARDS;

1	1	1667.5	207	23	115	69
1	2	2129.8	414	69	161	184
1	3	2707.1	736	138	230	368
1	4	1552.5	299	69	115	115
1	5	1897.5	345	92	138	115
1	6	1660.6	253	46	69	138
1	7	2658.8	690	115	230	345
2	1	1913.6	276	69	69	138
2	2	2113.8	598	92	161	345
2	3	2500.1	661	138	184	345
2	4	1752.6	253	46	92	115
2	5	2861.2	506	92	138	276
2	6	1725	276	69	69	138
2	7	2950.9	851	138	299	414
3	1	1851.5	253	46	69	138
3	2	2129.8	437	69	161	207
3	3	2423.4	506	92	138	276
3	4	1830.8	253	46	69	138
3	5	2208	368	92	115	161
3	6	2070	414	69	161	184
3	7	4123.9	1196	92	138	966
4	1	1840	253	46	115	92
4	2	2254	460	69	184	207
4	3	3139.5	920	92	368	460
4	4	1886	276	92	69	115
4	5	1863	322	69	92	161
4	6	1568.6	230	46	46	138
4	7	3243	1035	138	184	713
5	1	1803.2	230	69	69	92
5	2	2081.5	345	92	115	138
5	3	3875.5	1104	138	161	805
5	4	1621.5	230	46	92	92
5	5	1738.8	276	69	69	138
5	6	1616.9	276	46	138	92
5	7	3109.6	966	115	138	713
6	1	1738.8	253	69	92	92
6	2	2352.9	644	92	138	414
6	3	3174	920	69	138	713
6	4	1731.9	276	92	69	115
6	5	1961.9	345	69	115	161
6	6	1955	368	92	138	138
6	7	3686.9	1104	69	138	897
7	1	1794	230	46	69	115
7	2	2106.8	368	69	92	207
7	3	4006.6	1196	92	115	989
7	4	1803.2	276	46	69	161
7	5	2083.8	391	69	115	207
7	6	1619.2	391	69	92	230
7	7	3502.9	1150	92	115	943

```

PROC PRINT;
RUN;
PROC GLM;
  CLASS TRAT;
  MODEL VR1 VR2T VR3T VR4T VR5T=TRAT;
  MEANS TRAT/TUKEY;
  CONTRAST "G vrs TRAT" TRAT 1 1 1 1 1 1 -6;
  CONTRAST "A+B+C vrs D+E+F" TRAT 1 1 1 -1 -1 -1 0;
  CONTRAST "A+B vrs C" TRAT 1 0 0 0 0 -1 0;
  CONTRAST "A vrs B" TRAT 0 1 0 0 -1 0 0;
  CONTRAST "D vrs E+F" TRAT 0 0 1 -1 0 0 0;
  CONTRAST "E vrs F" TRAT 0 0 0 0 1 -1 0;
  OUTPUT OUT=RES R=RES1 RES2 RES3 RES4 RES5;
RUN;
PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=RES;
  VAR RES1 RES2 RES3 RES4 RES5;
RUN;

```

General Linear Models Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	7	1 2 3 4 5 6 7

Number of observations in data set = 49

The SAS System

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	18560578.441224	3093429.740204	25.60	0.0001
Error	42	5075623.405714	120848.176327		
Corrected Total	48	23636201.846939			

R-Square	C.V.	Root MSE	VR1 Mean
0.785261	15.22422	347.63224293	2283.4163265

The SAS System

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR2T

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	12.80314916	2.13385819	51.77	0.0001
Error	42	1.73104303	0.04121531		
Corrected Total	48	14.53419219			
	R-Square	C.V.	Root MSE		VR2T Mean
	0.880899	3.349987	0.20301554		6.06018908

The SAS System

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR3T

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	3.53579794	0.58929966	7.81	0.0001
Error	42	3.16734544	0.07541299		
Corrected Total	48	6.70314338			
	R-Square	C.V.	Root MSE		VR3T Mean
	0.527484	6.382352	0.27461425		4.30271207

The SAS System

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR4T

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	4.55721399	0.75953566	7.54	0.0001
Error	42	4.23343059	0.10079597		
Corrected Total	48	8.79064457			
	R-Square	C.V.	Root MSE		VR4T Mean
	0.518416	6.675323	0.31748380		4.75608132

The SAS System

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR5T

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	21.98026695	3.66337782	32.02	0.0001
Error	42	4.80475302	0.11439888		
Corrected Total	48	26.78501997			
	R-Square	C.V.	Root MSE	VR5T Mean	
	0.820618	6.281017	0.33822904	5.38494106	

## The SAS System

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR1

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
G VS TRAT	1	8862419.011	8862419.011	73.34	0.0001
A+B+C VS D+E+F	1	2672916.694	2672916.694	22.12	0.0001
A+B VS C	1	6000523.215	6000523.215	49.65	0.0001
A VS B	1	468114.286	468114.286	3.87	0.0557
D VS E + F	1	145553.720	145553.720	1.20	0.2787
E VS F	1	411051.515	411051.515	3.40	0.0722
		SAS			80

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR2T

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
G VS TRAT	1	5.64161975	5.64161975	136.88	0.0001
A+B+C VS D+E+F	1	1.51479072	1.51479072	36.75	0.0001
A+B VS C	1	3.93027235	3.93027235	95.36	0.0001
A VS B	1	1.39577019	1.39577019	33.87	0.0001
D VS E + F	1	0.23885009	0.23885009	5.80	0.0205
E VS F	1	0.08184606	0.08184606	1.99	0.1661
		SAS			81

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR3T

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
G VS TRAT	1	1.04422722	1.04422722	13.85	0.0006
A+B+C VS D+E+F	1	0.16128556	0.16128556	2.14	0.1511
A+B VS C	1	1.28168198	1.28168198	17.00	0.0002
A VS B	1	0.72143044	0.72143044	9.57	0.0035
D VS E + F	1	0.09785831	0.09785831	1.30	0.2611
E VS F	1	0.22931443	0.22931443	3.04	0.0885

SAS

82

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR4T

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
G VS TRAT	1	1.11593061	1.11593061	11.07	0.0018
A+B+C VS D+E+F	1	1.01167279	1.01167279	10.04	0.0029
A+B VS C	1	1.12788825	1.12788825	11.19	0.0017
A VS B	1	0.98052528	0.98052528	9.73	0.0033
D VS E + F	1	0.23623244	0.23623244	2.34	0.1333
E VS F	1	0.08496461	0.08496461	0.84	0.3638
SAS					83

## General Linear Models Procedure

Dependent Variable: VR5T

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
G VS TRAT	1	10.23139164	10.23139164	89.44	0.0001
A+B+C VS D+E+F	1	2.28920071	2.28920071	20.01	0.0001
A+B VS C	1	6.80980004	6.80980004	59.53	0.0001
A VS B	1	2.24868398	2.24868398	19.66	0.0001
D VS E + F	1	0.33179023	0.33179023	2.90	0.0960
E VS F	1	0.06940035	0.06940035	0.61	0.4404
SAS					84

**Cuadro 1. Peso en gramos de hongos frescos producidos por unidad de peso de sustrato seco.**

REPETICION TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII	PROMEDIO
RAQUIS	1,667.5	1,913.6	1,851.5	1,840	1,803.2	1,738.8	1,794	1,801.23
CUESCO	2,129.8	2,113.8	2,129.8	2,254	2,081.5	2,352.9	2,106.8	2,195.51
FIBRA	2,707.1	2,500.1	2,423.4	3,139.5	3,875.5	3,174	4,006.6	3,119.46
R + C	1,552.5	1,752.6	1,830.8	1,886	1,621.5	1,731.9	1,803.2	1,739.79
R + F	1,897.5	2,861.2	2,208	1,863	1,738.8	1,961.9	2,083.8	2,087.74
C + F	1,660.6	1,725	2,070	1,568.6	1,616.9	1,955	1,619.2	1,745.04
Pc.	2,658.8	2,950.9	4,123.9	3,243	3,109.6	3,686.9	3,502.9	3,325.14

**Cuadro 2. Porcentajes de Eficiencia Biológica.**

REPETICION TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	V	VII	PROMEDIO
RAQUIS	72.5	83.2	80.5	80	78.4	75.6	78	78.31
CUESCO	92.6	100.6	92.6	98	90.5	102.3	91.6	95.45
FIBRA	117.7	108.7	105.8	136.5	168.5	138	174.2	135.62
R + C	67.5	76.2	79.6	82	70.5	75.3	78.4	75.64
R + F	82.5	124.4	96	81	75.6	85.3	90.6	90.77
C + F	72.2	75	90	68.2	70.3	85	70.4	75.87
Pc.	115.6	128.3	179.3	141	135.2	160.3	152.3	144.57

**Cuadro 3. Carpóforos totales.**

REPETICION TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	207	276	253	253	230	253	230
CUESCO	414	598	437	460	345	644	368
FIBRA	736	661	506	920	1104	920	1196
R + C	299	253	253	276	230	276	276
R + F	345	506	368	322	276	345	391
C + F	253	276	414	230	276	368	391
Pc.	690	851	1196	1035	966	1104	1150

**Cuadro 4. Carpóforos totales.**

REPETICION TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	5.33272	5.62040	5.53339	5.53339	5.43808	5.53339	5.43808
CUESCO	6.02587	6.39359	6.07993	6.13123	5.84354	6.46770	5.90808
FIBRA	6.60123	6.49375	6.22654	6.82437	7.00670	6.82437	7.08674
R + C	5.70044	5.53339	5.53339	5.62040	5.43808	5.62040	5.62040
R + F	5.84354	6.22654	5.90808	5.77455	5.62040	5.84354	5.96871
C + F	5.53339	5.62040	6.02587	5.43808	5.62040	5.90808	5.96871
Pc.	6.53669	6.74641	7.08674	6.94216	6.87316	7.00670	7.04752

Datos transformados por la forma Ln.

**Cuadro 5. Número de carpóforos de primera calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	23	69	46	46	69	69	46
CUESCO	69	92	69	69	92	92	69
FIBRA	138	138	92	92	138	69	92
R + C	69	46	46	92	46	92	46
R + F	92	92	92	69	69	69	69
C + F	46	69	69	46	46	92	69
Pc.	115	138	92	138	115	69	92

**Cuadro 6. Número de carpóforos de primera calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	3.13549	4.23411	3.82864	3.82864	4.23411	4.23411	3.82864
CUESCO	4.23411	4.52179	4.23411	4.23411	4.52179	4.52179	4.23411
FIBRA	4.92725	4.92725	4.52179	4.52179	4.92725	4.23411	4.52179
R + C	4.23411	3.82864	3.82864	4.52179	3.82864	4.52179	3.82864
R + F	4.52179	4.52179	4.52179	4.23411	4.23411	4.23411	4.23411
C + F	3.82864	4.23411	4.23411	3.82864	3.82864	4.52179	4.23411
Pc.	4.74493	4.92725	4.52179	4.92725	4.74493	4.23411	4.52179

Datos transformados por la forma Ln

**Cuadro 7. Número de carpóforos de segunda calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	115	69	69	115	69	92	69
CUESCO	161	161	161	184	115	138	92
FIBRA	230	184	138	368	161	138	115
R + C	115	92	69	69	92	69	69
R + F	138	138	115	92	69	115	115
C + F	69	69	161	46	138	138	92
Pc.	230	299	138	184	138	138	115

**Cuadro 8. Número de carpóforos de segunda calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	4.74493	4.23411	4.23411	4.74493	4.23411	4.52179	4.23411
CUESCO	5.08140	5.08140	5.08140	5.21494	4.74493	4.92725	4.52179
FIBRA	5.43808	5.21494	4.92725	5.90808	5.08140	4.92725	4.74493
R + C	4.74493	4.52179	4.23411	4.23411	4.52179	4.23411	4.23411
R + F	4.92725	4.92725	4.74493	4.52179	4.23411	4.74493	4.74493
C + F	4.23411	4.23411	5.08140	3.82864	4.92725	4.92725	4.52179
Pc.	5.43808	5.70044	4.92725	5.21494	4.92725	4.92725	4.74493

Datos transformados por la forma Ln.

**Cuadro 9. Número de carpóforos de tercera calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	69	138	138	92	92	92	115
CUESCO	184	345	207	207	138	414	207
FIBRA	368	345	276	460	805	713	989
R + C	115	115	138	115	92	115	161
R + F	115	276	161	161	138	161	207
C + F	138	138	184	138	92	138	230
Pc.	345	414	966	713	713	897	943

**Cuadro 10. Número de carpóforos de tercera calidad.**

REPETICIÓN TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	VII
RAQUIS	4.23411	4.92725	4.92725	4.52179	4.52179	4.52179	4.74493
CUESCO	5.21494	5.84354	5.33272	5.33272	4.92725	6.02587	5.33272
FIBRA	5.90808	5.84354	5.62040	6.13123	6.69084	6.56948	6.89669
R + C	4.74493	4.74493	4.92725	4.74493	4.52179	4.74493	5.08140
R + F	4.74493	5.62040	5.08140	5.08140	4.92725	5.08140	5.33272
C + F	4.92725	4.92725	5.21494	4.92725	4.52179	4.92725	5.43808
Pc.	5.84354	6.02587	6.87316	6.56948	6.56948	6.79906	6.84907

Datos transformados por la forma general Ln.



Figura 1. Los hongos que crecen sobre una superficie horizontal son de menor calidad.

Figura 2. Los hongos que crecen en las superficies verticales tienen mayor calidad.  
como y tamaño, y son de mejor calidad.



**Figura 2.** Los ejemplares que salen en las superficies verticales, tienen el pie más corto y lateral, y son de mejor calidad.

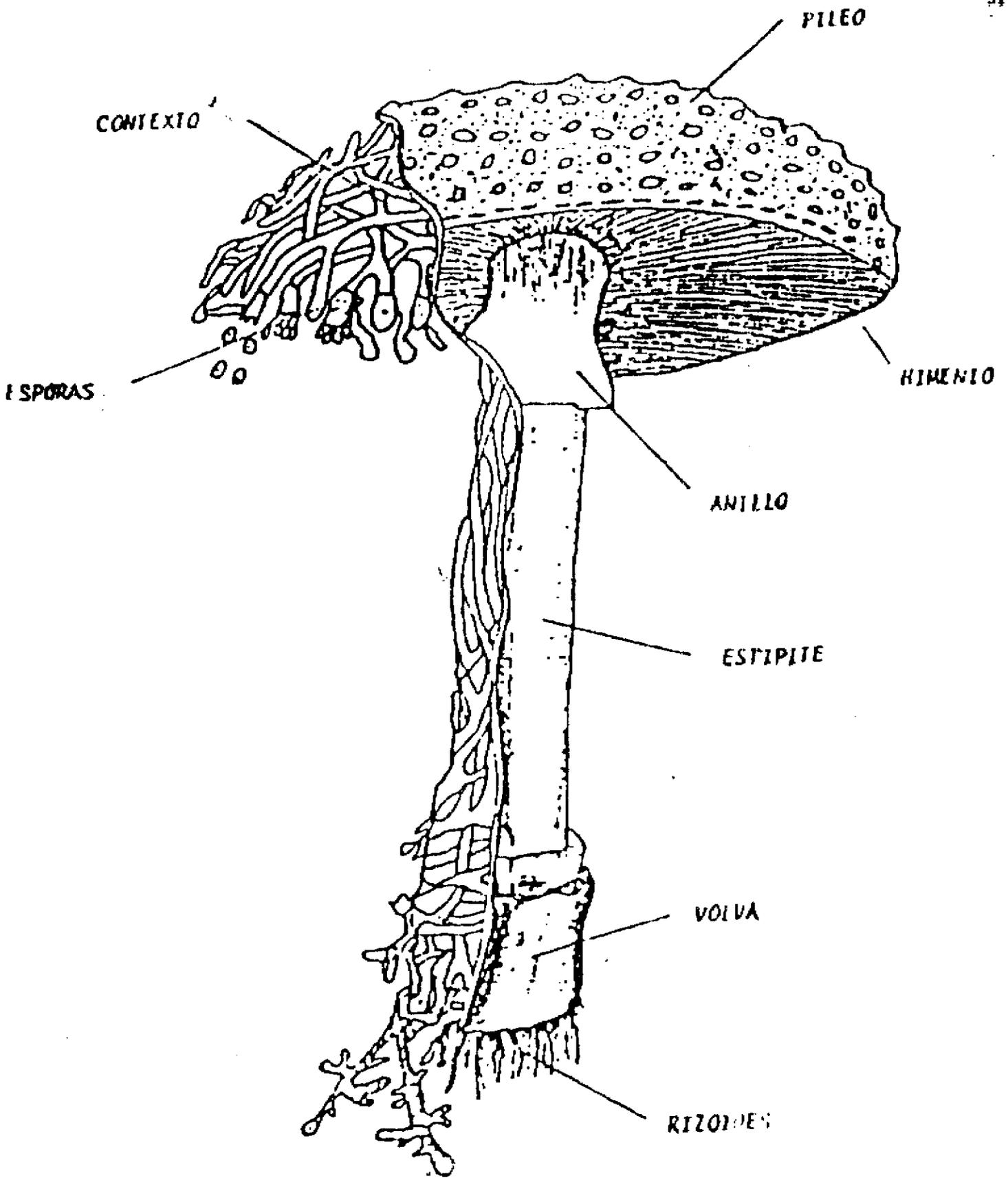


FIGURA 3. PARTES DE UN MACROMICETO

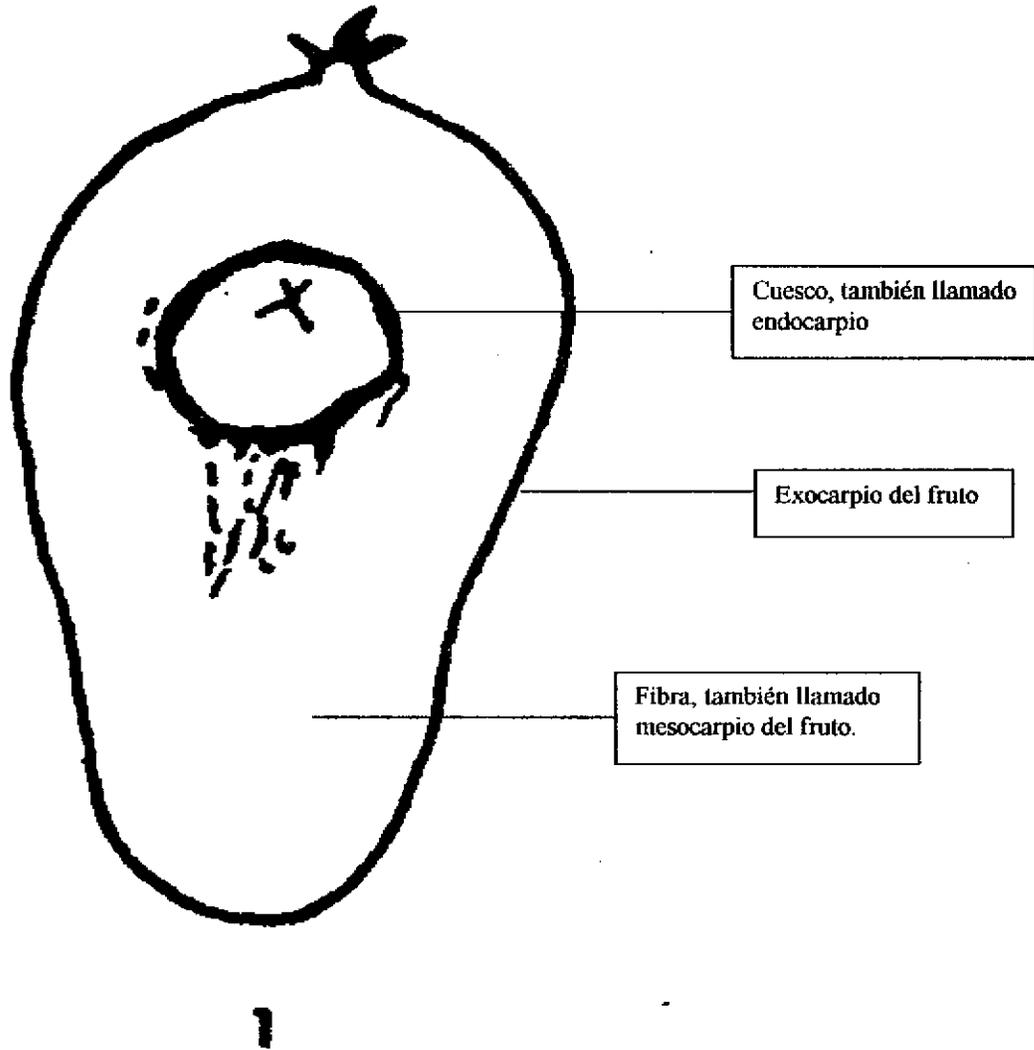
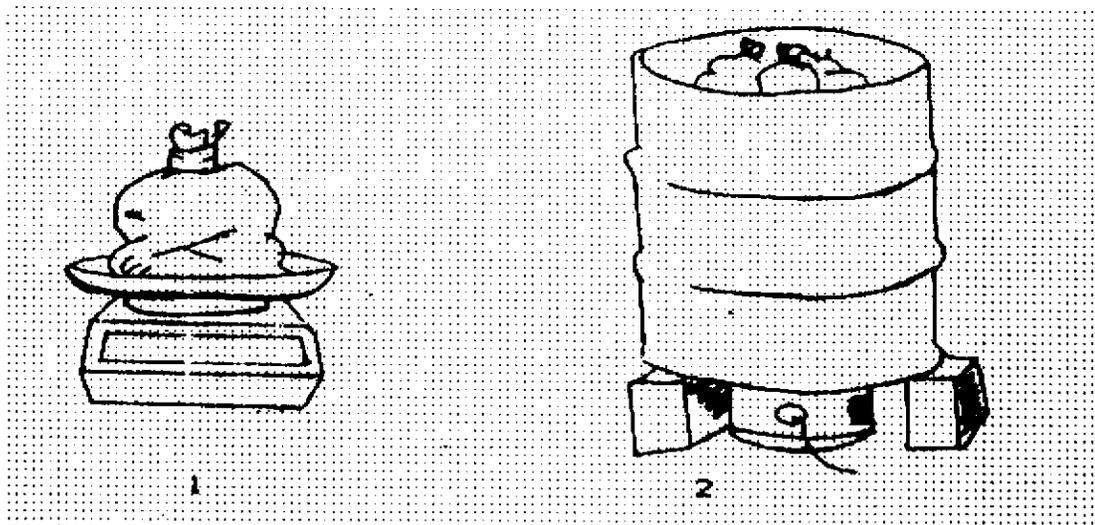


Fig. 4 Fruto de la palma africana y sus partes.

# ESQUEMA I. EL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*

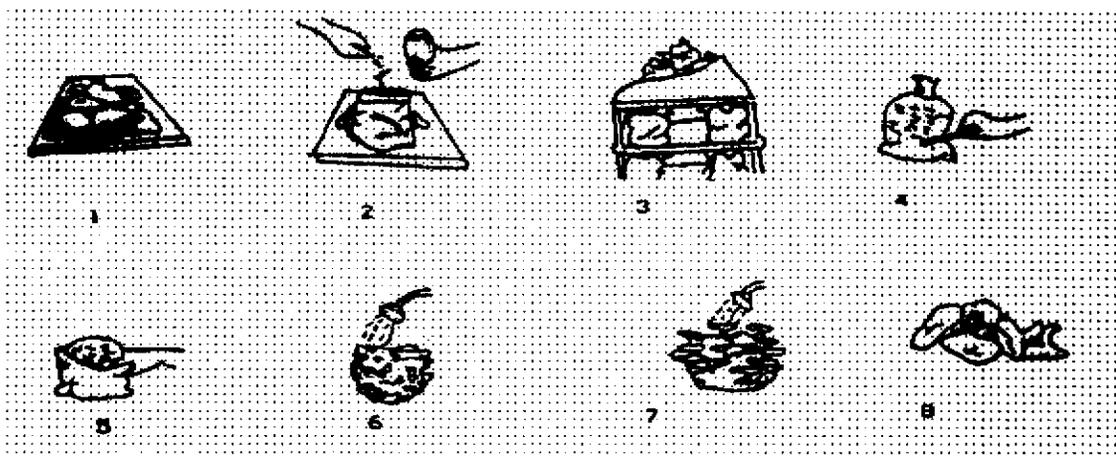
## PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

1. Pesado del sustrato
2. Pasteurización



## SIEMBRA, INCUBACIÓN Y COSECHA

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enfriamiento</li> <li>2. Siembra</li> <li>3. Incubación de sustratos inoculados</li> <li>4. Perforación de las bolsas plásticas (respiración micelial)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Bolsa totalmente colonizada</li> <li>6. Aparición de primordios (Eliminación de las bolsas)</li> <li>7. Hongos totalmente desarrollados</li> <li>8. Cosecha de hongo</li> </ol> |
|---|---|





FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

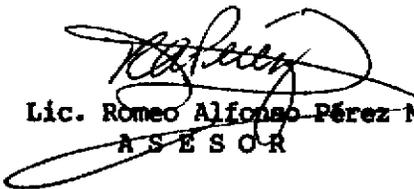
LA TESIS TITULADA: "CULTIVO DEL HONGO Pleurotus ostreatus EN SUBPRODUCTOS LIGNOCELULOSICOS DERIVADOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA AFRICANA (Elaeis guineensis Jacq.)"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: DANNY FAVIAN GIRON DE LEON

CARNET No: 9319179

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Carlos René Fernández Pérez  
Lic. Julio G. Chinchilla Vettorazzi  
Inga. Agra. Myrna E. Herrera Sosa

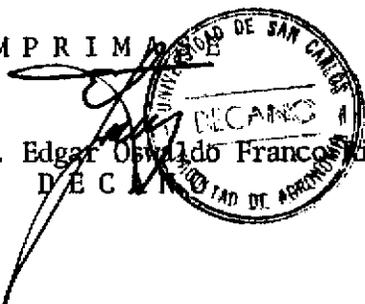
El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
Lic. Romeo Alfonso Pérez Morales  
A S E S O R

  
Dr. Ariel Abderramán Ortiz I.  
DIRECTOR I.I.A.



IMPRIMADO

  
Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
D E C

AAOL/Oscar E.  
cc. Archivo  
Control Académico  
IIA.