

AGR  
0641  
EJ 1

Hemeroteca

055025

**EVALUACION DE RESIDUOS DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*  
Jacq ) COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE *Pleurotus pulmonarius*  
EN EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA/CASANARE**

**XIOMARA ALEXANDRA RUIZ URUEÑA  
LUIS ARMANDO CONTRERAS GARCIA**

**DIRECTOR  
MARIA DEL ROSARIO SILVA HERRERA  
Biologa M Sc**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
VILLAVICENCIO  
2011**

**EVALUACION DE RESIDUOS DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*  
Jacq ) COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE *Pleurotus pulmonarius*  
EN EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA/CASANARE**

**XIOMARA ALEXANDRA RUIZ URUEÑA  
LUIS ARMANDO CONTRERAS GARCIA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar  
El titulo de Ingeniero Agronomo**

**DIRECTOR  
MARIA DEL ROSARIO SILVA HERRERA  
Biologa M Sc**

**CODIRECTOR  
NAYDU LOZADA RODRIGUEZ  
Ingeniera agronoma**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
VILLAVICENCIO  
2011**



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por enseñarme el verdadero sentido de la vida y por permitirme alcanzar otro objetivo de mi vida. A mis padres Agustín Ruiz Gutiérrez y Martha Cecilia Urueña, quienes me inculcaron valores, constancia, convicción y responsabilidad durante mi vida estudiantil y con su apoyo incondicional hicieron posible la culminación de mi carrera. A mi hermano Camilo Andrés Ruiz Urueña y mi prima María Fernanda Gómez Ruiz por mejorar mi estado de ánimo en momentos de estrés y lograr sonreír en situaciones difíciles. Finalmente a Carolina Gómez Ruiz, quien me ha ayudado y orientado en mi vida académica y laboral.



---

XIOMARA ALEXANDRA RUIZ URUEÑA

A mi familia, amigos y compañeros de estudio, principalmente a mi madre Ana Carlota García de Contreras, quien nunca ha perdido la fe en mí y siempre ha sido mi apoyo y ejemplo.



---

LUCHO CONTRERAS GARCIA

## AGRADECIMIENTOS

Concluir la presente tesis no hubiera sido posible sin la colaboración de muchas personas a quienes nos es grato presentar nuestro más sincero reconocimiento

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por las facilidades brindadas en la realización de este trabajo

A la UMATA (Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agrícola) seccional Villanueva, por facilitarnos sus instalaciones la asesoría y colaboración de su equipo técnico, factor importante en el desarrollo de esta tesis

Al director de la Extractora del Sur del Casanare (E S C ) Jhon Jairo Martínez de la Cruz, por aportar los subproductos empleados en la tesis, además de su interés y apoyo durante el desarrollo de este trabajo

A la directora María del Rosario Silva y codirectora Naidu Lozada Rodríguez, quienes con su exigencia interés asesoría y colaboración permitieron superar las dificultades que surgieron durante el desarrollo de la tesis, logrando un trabajo serio responsable e interesante

A nuestros asesores Nydia Carmen Carrillo y Eudoro Álvarez Cohecha por su interés colaboración y acertada dirección

A Jenny Carolina Rodríguez Acevedo, por su interés, colaboración, asesoría y apoyo incondicional en la realización de este trabajo

Al jefe de laboratorio de nutrición animal, María Ligia Roa Vega y al grupo de técnicos operativos de este por su colaboración y apoyo en la realización de las pruebas de laboratorio

A nuestros padres familiares, compañeros de estudio y amigos por habernos apoyado en nuestra carrera estudiantil

## TABLA DE CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCION	14
JUSTIFICACIÓN	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
4 OBJETIVOS	18
4 1 Objetivo general	18
4 1 2 Objetivos especificos	18
5 MARCO TEORICO	19
5 1 Generalidades de las setas	19
5 2 Propiedades nutricionales de las setas	21
5 3 Propiedades medicinales de las setas	22
5 4 Papel en la naturaleza de los hongos comestibles o setas	23
5 5 Origen y distribucion geografica del genero <i>Pleurotus sp</i>	24
5 6 Beneficios ambientales del genero <i>Pleurotus sp</i>	25
5 7 Proceso de produccion de <i>Pleurotus sp</i>	26
5 7 1 Seleccion del sustrato	26
5 7 2 Pasteurizacion del sustrato	26
5 7 3 Siembra	27
5 7 4 Incubacion	27
5 7 5 Fructificacion	28
5 7 6 Cosecha	28

5 8 Condiciones climaticas para el desarrollo de las setas	29
5 8 1 Temperatura	29
5 8 2 Concentracion de iones hidrogeno (pH)	29
5 8 3 Agua	29
5 8 4 Luz	30
5 9 Taxonomia de <i>Pleurotus pulmonarius</i>	30
5 10 Descripcion botanica de <i>Pleurotus pulmonarius</i>	31
5 11 Generalidades sobre el cultivo de palma de aceite ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq )	31
5 12 Beneficio de la palma de aceite ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq )	32
5 13 Caracteristicas de algunos subproductos de la palma de aceite ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq )	33
5 13 1 Tusa	34
5 13 2 Lodo	34
5 13 3 Ceniza	34
6 METODOLOGIA	35
6 1 Localizacion fisica	35
6 2 Esterilizacion de los sustratos	35
6 3 Siembra de los sustratos	36
6 4 Etapa de incubacion	36
6 5 Etapa de fructificacion	36
6 6 Cosecha	37
6 7 Condiciones climaticas del ensayo	37
6 8 Variables evaluadas	38
6 8 1 Contenido de proteina	38
6 8 2 Rendimiento	40
6 8 3 Eficiencia biologica	40

6 8 4 Precocidad	41
6 8 5 Sanidad del sustrato	41
6 9 Diseño experimental	41
6 9 1 Descripción de tratamientos	41
6 9 2 Análisis estadístico	42
7 RESULTADOS	43
7 1 Precocidad de los tratamientos	43
7 2 Producción de los tratamientos	44
7 3 Rendimiento	45
7 4 Eficiencia biológica	45
7 5 Contenido de proteína	46
8 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	47
8 1 Precocidad de los tratamientos	47
8 2 Rendimiento y eficiencia biológica de los tratamientos	47
8 3 Inocuidad de los tratamientos	49
8 4 Contenido de proteína	49
8 5 Viabilidad nutricional y económica	50
9 CONCLUSIONES	51
10 RECOMENDACIONES	53
11 BIBLIOGRAFIA	54

## LISTA DE TABLAS

	Pag
<b>Tabla N°1</b> Clasificación taxonomica de <i>P pulmonarius</i>	30
<b>Tabla N°2</b> Condiciones climaticas del sitio del proyecto	37
<b>Tabla N°3</b> Condiciones climaticas promedio del sitio del proyecto	37
<b>Tabla N°4</b> Analisis estadístico de precocidad de los tratamientos	44
<b>Tabla N°5</b> Analisis estadístico de producción de los tratamientos	44
<b>Tabla N°6</b> Analisis estadístico del rendimiento de los tratamientos	45
<b>Tabla N°7</b> Analisis estadístico de la eficiencia biológica de los tratamientos	45
<b>Tabla N°8</b> Analisis estadístico del porcentaje de proteína de los tratamientos	46
<b>Tabla N°9</b> Analisis mineralógico de los residuales (Ramos, 2007)	48

## LISTA DE FIGURAS

	Pag
<b>Figura N°1</b> Morfología de una seta	20
<b>Figura N°2</b> Distribucion de los tratamientos con sus repeticiones	42

## LISTA DE ANEXOS

	Pag
<b>Anexo I</b> Cronograma de actividades	58
<b>Anexo II</b> Costo total del proyecto	59
<b>Anexo III</b> Analisis de varianza	60
<b>Anexo IV</b> Tablas de datos de campo utilizadas para el analisis estadistico	66
<b>Anexo V</b> Contaminacion de los sustratos por <i>Trichoderma sp</i> y <i>Fusarium sp</i> dias despues de la siembra, para los tratamientos y las repeticiones del ensayo	68
<b>Anexo VI</b> Semilla con micelio y siembra de los sustratos con <i>P pulmonarius</i>	69
<b>Anexo VII</b> Etapa de incubacion de los tratamientos	70
<b>Anexo VIII</b> Aparicion y desarrollo de primordios	71
<b>Anexo IX</b> Setas de <i>P pulmonarius</i> aptas para cosecha	72
<b>Anexo X</b> Contaminacion por <i>Trichoderma sp</i> y <i>Fusarium sp</i>	73
<b>Anexo XI</b> Primordios de la segunda cosecha	74

## RESUMEN

Una de las actividades agrícolas principales en el municipio de Villanueva (Casanare) es el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) En donde en el proceso de beneficio se producen grandes cantidades de subproductos siendo los más abundantes la tusa y la fibra los cuales sino se implementa un plan de manejo pueden ser fuentes importantes de contaminación

Por lo anterior se emplearon diferentes proporciones de tusa y fibra para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus pulmonarius*. En la metodología se establecieron 5 tratamientos T1 (100% raquis), T2 (100% fibra), T3 (50% raquis + 50% fibra), T4 (75% raquis + 25% fibra) y T5 (75% fibra + 25% raquis), con un diseño de bloques completos al azar (BCA) con 4 repeticiones y el análisis de la información obtenida se realizó mediante el programa INFOSTAT versión 1.0 con comparación de medias por el método de Duncan ( $p < 0.05$ ). Las variables a evaluar fueron Aparición de los primordios (incubación) rendimiento, eficiencia biológica estado fitosanitario del sustrato y contenido de proteína

En los resultados obtenidos el tratamiento T1 presentó mayor precocidad, rendimiento y eficiencia biológica con valores de 13 días después de la siembra (dds) 29,50% y 43,38% respectivamente. En relación a la inocuidad del sustrato, se identificaron dos hongos *Trichoderma sp* y *Fusarium sp*, en donde el tratamiento T1 fue el que más tiempo se retrasó en evidenciar la presencia de estos patógenos. Mientras que el mayor contenido de proteína lo presentó el tratamiento T5 con un valor de 46,05%, siendo estadísticamente similar al tratamiento T3 con un valor de 45,95%

Todos los tratamientos complementan los requerimientos proteicos de una persona. Sin embargo en las variables evaluadas el mejor tratamiento fue el T1 (100% raquis) y el tratamiento T3 (50% raquis + 50% fibra)

**Palabras claves** *Pleurotus pulmonarius*, fibra, raquis, rendimiento, contenido de proteína

## ABSTRACT

One of the main agricultural activities in the municipality of Villanueva (Casanare) is the crop of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Where in the process of profit produce large amounts of byproducts, the most abundant, the cobs and fiber, which if it is implemented a management plan can be important sources of contamination

Therefore, we used different ratios of cobs and fiber for the cultivation of edible mushroom *Pleurotus pulmonarius*. The methodology established 5 treatments: T1 (100% rachis), T2 (100% fiber), T3 (50% + 50% fiber rachis), T4 (75% + 25% fiber rachis) and T5 (75% fiber + 25% rachis), with a design of a randomized complete block (RCB) with 4 replicates and analysis of information obtained was performed using the program INFOSTAT version 1.0 with comparison of means by the Duncan method ( $p < 0.05$ ). The variables assessed were: Emergence of the primordia (incubation), yield, biological efficiency, phytosanitary condition of the substrate and protein content.

In the results, treatment T1 had higher precocity, yield and biological efficiency values of 13 days after planting (dds), 29.50% and 43.38%, respectively. In relation to the safety of the substrate, we identified two fungi: *Trichoderma sp.* and *Fusarium sp.*, where T1 was the longest show was delayed in the presence of these pathogens. While the highest protein content was presented by T5 treatment with a value of 46.05% being statistically similar to T3 with a value of 45.95%.

All treatments complement the protein requirements of a person. However, in the variables assessed the best treatment was T1 (100% rachis) and T3 (50% + 50% fiber rachis).

**Key words:** *Pleurotus pulmonarius*, fiber, rachis, yield, protein content

## INTRODUCCION

El cultivo de hongos comestibles se conoce aproximadamente hace 200 años, inicialmente en la China, el cual es su mayor productor. Actualmente se han unido a este tipo de actividades económicas muchos países de Latinoamérica y Europa (Benavides *et al* 2009), cultivando las especies más comerciales de hongos comestibles también conocidos como setas entre las que se encuentran los géneros *Agaricus sp* (Champiñón), *Pleurotus sp* (Hongos ostra) y *Lentinula sp* (Shiitake u hongo japonés)

La importancia de las setas radica en sus propiedades nutricionales y medicinales, debido a su alto contenido en proteínas, fibra, vitaminas y carbohidratos, con bajo contenido de grasas fundamental para una buena dieta alimenticia. Estudios bromatológicos realizados por la Universidad de Caldas y el Bienestar Familiar demuestran que pueden llegar a obtener un contenido de proteína cercano al 34% (en base seca), cuya calidad proteínica es alrededor del 72%, indicando una alta asimilación de nutrientes por parte del organismo humano.

También constituyen una excelente alternativa para programas de seguridad alimentaria, debido a sus bajos costos de producción, alto contenido proteico y su obtención en grandes cantidades en un corto lapso de tiempo (Ochoa, 2007) además estos hongos pueden desarrollarse en una gran variedad de sustratos lignocelulósicos (Sanchez y Royse, 2001; Chang y Miles 2004)

Debido a estas características, las Setas han sido implementadas en programas de agricultura urbana, cuyo objetivo es mejorar la calidad alimenticia de los habitantes de escasos recursos ya que los materiales para los sustratos se pueden conseguir de forma abundante y gratuita como por ejemplo el aserrín (proveniente de maderas no ácidas), pulpa de café, bagazo de caña de azúcar

soca de flores viruta de madera, residuos de platano y subproductos de palma de aceite entre otros

Uno de los cultivos de mayor importancia en la region de los Llanos Orientales es la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq), el cual durante su proceso de beneficio genera altas cantidades de desechos (racimos, efluentes, lodos etc) que pueden ser fuentes de contaminacion y representan altos costos de manejo y disposicion final

La aplicacion directa en campo de estos desechos se dificulta debido a los altos volumenes de material transportado, y puede ocasionar inmovilizacion de nutrientes y anaerobiosis si se realiza formando capas gruesas del material. Ademas, las capas de racimos vacios pueden constituir un sustrato para diferentes plagas como ratas, mosca de los establos (*Stomoxys calcitrans*) y *Mosca domestica* entre otros, poniendo en peligro la salud de animales y personas (Torres et al 2004)

Por lo tanto el objetivo con el que se pretende desarrollar este trabajo es evaluar residuos de palma de aceite como alternativa para el sustrato del cultivo de *Pleurotus pulmonarius*, en busqueda del aprovechamiento de estos subproductos los cuales se encuentran de forma abundante en el medio y son de facil acceso. criterios basicos en la seleccion de sustratos para cultivar estas especies y desarrollar programas de seguridad alimentaria

## JUSTIFICACION

El cultivo de hongos comestibles o setas se ha venido incrementando en los últimos años a nivel mundial gracias a sus propiedades nutricionales y medicinales, su alto contenido de fibra, vitaminas, carbohidratos y proteínas, cuya eficiencia es superior a las fuentes de proteína animal con bajo contenido de grasas. Por consiguiente las setas se convierten en una fuente alimenticia importante para la dieta humana, y por sus costos de producción bajos, son razón por la cual pueden ser implementados en programas de seguridad alimentaria.

Dentro de las especies comerciales se encuentra el género *Pleurotus sp*, que posee diversas enzimas que ayudan a la descomposición de residuos agrícolas, especialmente los que poseen altos contenidos de lignina. Esta actividad se desarrolla con mayor eficiencia en comparación con la de otras especies de setas.

Una de las principales actividades económicas del municipio de Villanueva (Casanare) es el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq*), en donde el proceso de beneficio ocasiona grandes cantidades de subproductos que pueden ser aprovechados en este cultivo a un costo elevado siendo una fuente de contaminación ambiental.

Por lo tanto, es necesario evaluar si los subproductos provenientes del beneficio de la palma de aceite pueden ser empleados como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus pulmonarius* al proporcionar las condiciones y requerimientos necesarios para su desarrollo. Este desarrollo se verá reflejado en su contenido proteico, que determinará su valor nutricional para consumo humano, factor clave para desarrollar proyectos de seguridad alimentaria.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los hongos comestibles o "setas", han adquirido una gran importancia en el mercado internacional, dado a sus múltiples propiedades nutricionales y medicinales que los convierten en una fuente alimenticia ideal en la dieta humana siendo el género *Pleurotus sp* uno de los más importantes y *P pulmonarius* una de las especies más reconocidas. Este género es conocido además por poseer una mayor eficiencia en la descomposición de materia orgánica, rica en materiales linocelulolíticos provenientes de diferentes residuos agrícolas.

Dentro de este tipo de materiales se encuentran algunos subproductos provenientes del beneficio del cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq), los cuales se producen en altas cantidades y se convierten en una fuente de contaminación importante, y cuyo manejo tiene un costo elevado para su aprovechamiento en el mismo cultivo.

Por consiguiente es necesario realizar estudios acerca del aprovechamiento de los subproductos de palma de aceite, que pueden ser una alternativa para el cultivo de hongos comestibles, en este caso *P pulmonarius*, debido a que estos residuos tienen un alto contenido de nutrientes y lignina, el cual se encuentra asociado a la cantidad y calidad de proteína, que es un factor importante para el desarrollo de programas de seguridad alimentaria.

## 4 OBJETIVOS

### 4 1 Objetivo general

- Evaluar los subproductos del proceso de beneficio del cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq ) como sustrato para la producción de *Pleurotus pulmonarius* en el municipio de Villanueva/Casanare

### 4 1 2 Objetivos específicos

- Establecer cual proporción de subproductos de palma de aceite presenta el mayor rendimiento y calidad nutricional para el cultivo de *P pulmonarius*
- Determinar y analizar el contenido de proteína de *P pulmonarius* cultivado en los subproductos de palma de aceite
- Calcular la eficiencia biológica, rendimiento y precocidad de *P pulmonarius* en los residuos de palma de aceite
- Realizar un estudio sanitario al hongo *P pulmonarius* y al sustrato (subproductos de palma de aceite)
- Evaluar la viabilidad nutricional y económica del cultivo de *P pulmonarius* sobre los residuos de palma de aceite para el desarrollo de programas de seguridad alimentaria

## 5 MARCO TEORICO

### 5.1 Generalidades de las setas

Los hongos constituyen un grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares que se alimentan mediante la absorción directa de nutrientes. Los alimentos se disuelven mediante enzimas que secretan los hongos, después se absorben a través de la fina pared de la célula y se distribuyen por difusión simple en el protoplasma (Silva *et al* 2010)

Además, Los hongos son esenciales para la naturaleza, dada su capacidad para mineralizar toda clase de materia orgánica con lo que contribuyen al equilibrio de los ciclos biogeoquímicos<sup>1</sup>

El hongo formado con su sombrero y su pie, tiene la función de producir las estructuras de reproducción llamadas esporas cuya misión es perpetuar la especie

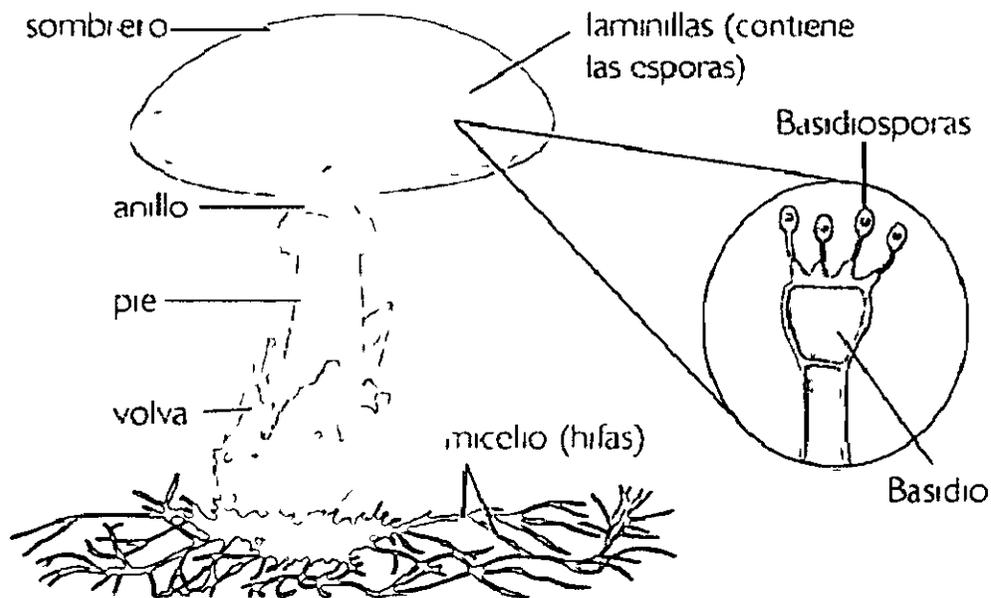
Estas esporas se forman en la cara inferior del sombrero en unas laminillas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta el borde del sombrero. Un hongo o cuerpo fructífero representa para el micelio lo que un fruto para un árbol<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> <http://www.monografias.com/trabajos45/hongos/hongos.shtml>

<sup>2</sup> Gaitán Hernández R, Salmones D, Pérez Merlo R, Mata G. MANUAL PRACTICA DEL CULTIVO DE SETAS. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología A.C. Xalapa Veracruz, México. 56 pp.

Figura N°1 Morfología de una seta<sup>3</sup>



Los hongos en general son conocidos por su forma de paraguas con un sombrero mas o menos circular y un eje o pie que lo sostiene, pero para el caso de las setas este pie es mas lateral que centrico por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja de hecho a este hongo tecnicamente se le denomina *Pleurotus*, termino que deriva del griego pleura o pleuron, costado o lado y del latin otus, oreja (Gaitan Hernandez *et al* 2006)

Ademas, son los organismos mas adaptables en la naturaleza ya que tienen gran capacidad de responder a condiciones adversas y sus ciclos de vidas son mas diversificados Su papel principal es el de actuar como organismos saprofitos reciclando materia organica<sup>4</sup>

<sup>3</sup>[http://co.kalipedia.com/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200704/17/delavida/20070417klpcnavid\\_35EesSCO.png](http://co.kalipedia.com/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200704/17/delavida/20070417klpcnavid_35EesSCO.png)

<sup>4</sup> <http://www.elergonomista.com/botanica/funqi.htm>

## 5.2 Propiedades nutricionales de las setas

El cultivo de hongos comestibles se ha convertido en una práctica alrededor del mundo por la habilidad de crecer en un amplio rango de temperaturas utilizando varios sustratos. Así mismo, el interés de los consumidores por adquirir productos libres de fertilizantes, conservantes y otros productos químicos, así como con una alta proporción de proteínas y otros nutrientes, convierten a estos hongos en un alimento apetecido y con una creciente demanda<sup>5</sup>

Los hongos del género *Pleurotus sp* son ricos en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales, además de que posee un bajo contenido de grasas. Presenta entre el 57 y 61% de carbohidratos en base a su peso seco, 26% de proteína y un contenido de fibra del 11.9% (Gaitan-Hernandez *et al* 2006). Además, se ha encontrado fuera de los ya mencionados buenas cantidades de zinc, cobre y magnesio. Una proporción media de hierro y manganeso (Ochoa, 2007)

Sin embargo, el contenido de proteína de especies como *P. ostreatus* se relaciona significativamente con el contenido de nitrógeno del sustrato, mientras que los minerales se concentran fuertemente en los cuerpos fructíferos. Los cuales son una excelente fuente de proteína de buena calidad, esto debido a que en su contenido, están presentes todos los aminoácidos esenciales, y son especialmente ricos en lisina y leucina que no se encuentra en muchos alimentos con cereales. Sus niveles de lípidos son bajos, pero la relación de ácidos grasos saturados a insaturados es baja, cerca de 2.0-4.5:1<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> [http://www.bdigital.unal.edu.co/2792/1/107407\\_2010.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/2792/1/107407_2010.pdf)

<sup>6</sup> Breene W N. Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. En: Journal of Food Protection. 1990. Vol. 53(10): 883-894.

Finalmente, su valor alimenticio proporciona una gran cantidad de vitaminas tales como la Tiamina (B1) Riboflavina (B2) vitamina (D) y demas compuestos en el complejo de la vitamina (B), comparandose con la carne de pollo y el huevo con la ventaja de que son pobres en grasa y colesterol (Kalberer, 1974)

### **5 3 Propiedades medicinales de las setas**

El consumo frecuente de algunos tipos de hongos podria beneficiar la salud humana especialmente en la prevencion de enfermedades ocasionada por malos habitos alimenticios. Las setas poseen propiedades probioticas, lo cual se refiere a que ayudan al organismo a combatir las enfermedades restaurando el equilibrio natural, haciendo que el sistema inmunologico funcione correctamente para eliminar a los agentes externos que pudieran desequilibrar la salud. Ademias su versatilidad y buen sabor permiten que sean utilizadas en cualquier estilo culinario.

Estudios realizados han demostrado que algunas variedades comestibles de hongos entre los que se encuentra el genero *Pleurotus sp*. Contienen cantidades importantes de polisacaridos de estructura molecular compleja que poseen una importante capacidad antitumoral capaz de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores y prevenir su formacion. Lo anterior es atribuido a que los polisacaridos actuan como potenciadores de las celulas de defensa que posteriormente destruyen las celulas cancerigenas sin ocasionar efectos colaterales<sup>7</sup>

Ademias se ha encontrado que el micelio de *Pleurotus sp* contiene una mezcla de diferentes polisacaridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas sustancias similares a fitohormonas que se

---

<sup>7</sup> [http://www.ftb.com/hr/45/45\\_238.pdf](http://www.ftb.com/hr/45/45_238.pdf)

sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (Nada, Shokukin, 1998)

Otras importantes sustancias con actividad antibiotica son los componentes aromaticos volatiles que caracterizan a la mayoria de especies de *Pleurotus sp* o setas, estos son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular, y son las moleculas que originan el aroma y sabor caracteristico que distingue a este tipo de hongos, estas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (Beltran Garcia *et al* 1997)

Por otro lado las setas contienen tambien Meviolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMGCoA reductasa principal enzima responsable en la biosintesis del colesterol Ayudando a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevencion de posibles enfermedades cardiovasculares

Ademas de que la disminucion del contenido de colesterol en el plasma sanguineo por si solo tiende a hacer que la presion arterial disminuya, se sabe tambien que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertension arterial, casi todos los hongos comestibles son ricos en este mineral y las setas no son ninguna excepcion (Gregory *et al*, 2007)

#### **5 4 Papel en la naturaleza de los hongos comestibles o setas**

Algunos hongos comestibles, como los del genero *Pleurotus sp* , tienen la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina ademas de la hemicelulosa y la celulosa Estos tipos de hongos son considerados como agentes primarios de descomposicion porque son capaces de utilizar los desechos de las plantas en su

forma natural sin que hayan sido sujetas a algun proceso de degradacion bioquimica o microbiologica<sup>8</sup>

La utilizacion de los materiales lignocelulosicos como fuente para la produccion de hongos comestibles representa una amplia posibilidad biotecnologica para la obtencion de alimento humano partiendo por lo general de materia prima de desecho de bajo costo<sup>9</sup> Segun Valencia y Garin los materiales lignocelulosicos estan constituidos esencialmente por celulosa (45 a 60%), hemicelulosa (15 a 20%) y lignina (10 a 30%)

### **5.5 Origen y distribucion geografica del genero *Pleurotus* sp**

Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos mas numerosos en la Tierra despues de los insectos. En efecto, se calcula que hay mas de 1 500 000 especies de hongos, por lo que su impacto en el medio ambiente es enorme.

El conocimiento de los hongos es milenario y su estudio sistematizado esta todavia por desarrollar. Ademas solamente hay unas decenas de especies que son usadas con fines gastronomicos o medicinales, por lo tanto las especies que son comercializadas en el mundo no superan un de docenas (Ochoa 2007).

La variedad de hongos del genero *Pleurotus* sp comenzo a cultivarse en los Estados Unidos en el año 1900 y en Mexico en 1974. Sin embargo, China presenta el consumo mas alto y en Europa paises como España e Italia han desarrollado grandes industrias para la produccion de setas. Cuyo origen en este

---

<sup>8</sup> López Cruz J A. Relación entre la actividad de las enzimas lacasas y la maduración de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*. México 2001. 109 pp. Trabajo de grado (Magister en Biología experimental). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División de Ciencias biológicas de la salud.

<sup>9</sup>[http://chm.pops.int/Portals/0/docs/Responses\\_on\\_Annex\\_E\\_information\\_for\\_endosulfan/Mexico\\_081229\\_OGE6734L%20-%20UMFAAC\\_INGIND\\_ANEXO\\_2.pdf](http://chm.pops.int/Portals/0/docs/Responses_on_Annex_E_information_for_endosulfan/Mexico_081229_OGE6734L%20-%20UMFAAC_INGIND_ANEXO_2.pdf)

continente remonta desde inicios del siglo XX, empleando como sustrato tocones y troncos<sup>10</sup>

## **5.6 Beneficios ambientales del genero *Pleurotus sp***

Diferentes estudios indican que las cepas del genero *Pleurotus sp* poseen la capacidad de degradar compuestos contaminantes. Dicha alternativa resulta interesante ya que podría contribuir a la restauración de suelos y efluentes contaminados con productos recalcitrantes. La actividad metabólica de las cepas que pertenecen a este genero ha sido probada con resultados prometedores por la producción de enzimas y en la degradación de compuestos recalcitrantes (Bezalel et al 1996, 1997, Guillen-Navarro et al 1998)

Se ha demostrado que insecticidas como el endosulfan es degradado cuando *P. ostreatus* crece en un medio líquido que lo contiene<sup>11</sup> y que existen varias cepas que son capaces de crecer tanto en medio líquido como en medio sólido con el insecticida presente. En contacto con un sustrato que contiene endosulfan, *P. pulmonarius* es capaz de crecer, degradar el insecticida y fructificar (Hernandez et al 2006, Mendoza Orozco 2006)

Además se está experimentando el empleo de *Pleurotus sp* en la biodegradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos y ya se ha demostrado su capacidad para

---

<sup>10</sup> <http://www.ipicyt.edu.mx/storage/ipicyt/materialbiblioteca/030078BaenaGonzalez.pdf>

<sup>11</sup> Escobar V M, Nieto M G, Sánchez J E y Cruz L. 2002. Effect of endosulfan on mycelial growth of *Pleurotus ostreatus* and *Auricularia fuscusuccinea* in liquid culture. In Sanchez J E, Huerta G, Montiel E (eds) *Mushroom Biology and Mushroom Products. Proceedings of the fourth International Conference*. Universidad Autónoma del Estado de México, Cuernavaca. 399-408

degradar pireno, benzoantroceno y benzopireno, y podría ser promisorio para solucionar problemas de derrames petroleros<sup>12</sup>

## **5 7 Proceso de producción de *Pleurotus sp***

### **5 7 1 Selección del sustrato**

Para cultivar setas, se requiere de un sustrato que es el material que aprovechan los hongos para su alimentación. Deben ser materiales lignocelulósicos que están presentes en grandes cantidades en los residuos o subproductos agrícolas, de un 60-70% de celulosa y 15% de lignina. Se utilizan diversos materiales, dependiendo de su disposición en la región (Lopez 2001)

### **5 7 2 Pasteurización del sustrato**

El sustrato se debe preparar de tal manera que permita el crecimiento selectivo rápido y robusto del *Pleurotus sp* y retarde el de sus competidores. La pasteurización tiene la función de disminuir los organismos nocivos (contaminantes) que pueden competir con el hongo por espacio y nutrientes.

El método de 'pasteurización' con inmersión en agua caliente ha sido utilizado ampliamente y consiste en sumergir el sustrato en agua entre 70 - 80 °C, durante una hora (No se debe meter el sustrato mientras no alcance esa temperatura). Temperaturas inferiores a 55 °C son insuficientes y mayores a 85 °C predisponen al sustrato a contaminarse<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup>Wolter M, Zadrazil F, Martens R & Bahadır M. 1997. Degradation of eight highly condensed polycyclic aromatic hydrocarbons by *Pleurotus sp* Florida in solid straw substrate. Appl Microbiol Biotechnol Berlin Alemania Springer Verlag 48(3) 398-404

<sup>13</sup>[http://www.micotec.cl/Pasteurizacion\\_vs\\_Esterilizacion.pdf](http://www.micotec.cl/Pasteurizacion_vs_Esterilizacion.pdf)

### **5 7 3 Siembra**

La siembra es el proceso que consiste en mezclar el micelio del hongo con el sustrato dentro de la bolsa de polietileno transparente. En esta área se requiere de una mesa con características que faciliten enfriado. Debe ser un espacio con mínimas corrientes de aire para prevenir la contaminación del sustrato.

Se utilizan bolsas de plástico transparentes como contenedores del sustrato que mantienen la humedad y el intercambio gaseoso, así como protegen el micelio del hongo en su interior. Se recomienda mínimo calibre 200 para que tenga suficiente resistencia para contener el sustrato y permita la salida de las fructificaciones sin problemas. Calibres mayores de 300 pueden dificultar la fructificación.

Pueden usarse bolsas de 60 x 90 cm en explotaciones pequeñas, son más recomendables de 50 x 70 cm o 40 x 60 cm debido a que la bolsa grande puede sobrecalentarse si la temperatura del lugar de incubación es elevada. A la bolsa se le hace un nudo en la parte basal, para que al sembrar la bolsa se vaya llenando y quedando en la parte de abajo redonda y sea más fácil su manejo y también se desinfecta con un algodón impregnado con alcohol.

### **5 7 4 Incubación**

Las bolsas ya incubadas se colocan en cajas de cartón o estantes, en lugares cerrados y oscuros, por espacio de 15 a 20 días, hasta que aparezcan los primordios de los hongos. Durante este período de tiempo la semilla del hongo se desarrolla invadiendo la paja poco a poco, tornándose esta de color blanquecino hasta que toda la paja termina completamente blanca, e inicia la formación de los

primordios de los hongos, siendo estos el lugar donde saldrán las setas. Este es el momento preciso en el cual deberán de pasarse al área de fructificación<sup>14</sup>

### **5 7 5 Fructificación**

A los dos o tres días de haber aparecido el primordio se nota como se diferencia un pequeño estipite y una cabecita como de alfiler, en este momento se considera como un fruto y no como un primordio. La temperatura de fructificación varía según la especie y la variedad, generalmente entre los 15 y 20°C pero las variedades tropicales de *Pleurotus sp*, fructifican bien entre 20-28°C

### **5 7 6 Cosecha**

No todas las bolsas producen al mismo tiempo, hay diferencias de dos a cuatro días entre ellas pero un 60% sí produce al mismo tiempo. La primera cosecha se realiza de 25 al 30 después de la siembra, dependiendo de las condiciones climáticas

Para cosechar se debe observar que las setas alcancen el mayor tamaño posible y este totalmente extendido (madurez fisiológica), succulento y bien definido etapa en la cual contiene todos los elementos básicos que conforman el estado nutricional del producto. No se debe permitir que el borde comience doblarse hacia arriba porque pierde calidad, se deshidrata y además se propicia la diseminación de esporas. El tamaño varía según la especie y variedad utilizada (Gaitan-Hernandez *et al* 2006)

---

<sup>14</sup><http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Produccion%20de%20Hongos%20Seta.pdf>

En la cosecha, las setas se pueden cortar manualmente o con alguna navaja y colocarlos en charolas para su manejo. Generalmente es posible realizar una segunda cosecha de 12 a 15 días después del primer corte, una tercera cosecha a los 20 días siguientes y hasta una cuarta cosecha.

## **5.8 Condiciones climáticas para el desarrollo de las setas**

### **5.8.1 Temperatura**

La incubación tarda de 22 a 30 días y es necesario que la temperatura en el sitio de incubación permanezca de 23 a 24 °C (Granados, 2004). Mientras que en la etapa de fructificación se debe manejar una temperatura de 16 – 18 °C (Archila 2004).

### **5.8.2 Concentración de iones hidrógeno (pH)**

Las respuestas de los hongos al pH son en gran medida por otros factores no relacionados, sin embargo, en el laboratorio muchos hongos crecen en un intervalo de pH de 4.5 a 8.0, y muestran un amplio intervalo del pH óptimo de 5.5 a 7.5<sup>15</sup>.

### **5.8.3 Agua**

El área de incubación debe mantener una humedad relativa de 70 a 80% y en el área de fructificación se debe aumentar la humedad relativa de un 80 a 93% para inducir la formación de cuerpos fructíferos<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/221/1/236T0002.pdf>

<sup>16</sup> <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>

## 5 8 4 Luz

La parte visible del espectro (longitudes de onda entre 380 y 700 nm ) tiene poco efecto, hasta donde se sabe, en el crecimiento vegetativo de los hongos aunque puede tener efectos importantes en la esporulacion (Donoso 1999)

La radiacion ultravioleta en la region de 200 – 300 nm Tiene efectos mucho mas pronunciados en el crecimiento vegetativo Esta radiacion produce mutaciones y daño letal al resultar afectado el DNA (Ochoa 2007)

## 5 9 Taxonomia de *Pleurotus pulmonarius*

A continuacion se menciona la clasificacion taxonomica del hongo *Pleurotus pulmonarius*<sup>17</sup>

**Tabla N°1** Clasificacion taxonomica de *P. pulmonarius*

<b>Reino</b>	Fungi
<b>Division</b>	Basidiomycota
<b>Clase</b>	Agaricomycetes
<b>Orden</b>	Agaricales
<b>Familia</b>	Tricholomataceae
<b>Genero</b>	<i>Pleurotus</i>
<b>Especie</b>	<i>P. pulmonarius</i>

<sup>17</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Pleurotus>

### **5 10 Descripción botánica de *Pleurotus pulmonarius***

*Pleurotus pulmonarius* tiene en el pileo una extensión lateral menor de 10 (aprox 13 cm) la superficie es lisa el pileo puede crecer en forma solitaria o en racimo, de color blanco, blanquecino u ocre pálido o casi violáceo el estípote más excentrico que lateral

Estructuras como la lamelula (pequeña lamina que no se extiende a todo lo largo desde el margen del pileo hasta el estípote), el contexto (tejido fibroso que constituye la carne o cuerpo del pileo y del estípote del basidiocarpo) y algunas veces la superficie del pileo, desarrolla manchas amarillentas cuando el hongo está seco El hongo tiene un olor parecido al anís El tamaño promedio de esporas es de  $9.15 (^+ 0.6) \times 3.8 (^+ 0.2) \mu\text{m}$  (Lopez, 2001)

### **5 11 Generalidades sobre el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq)**

Dentro de las plantas oleaginosas la de mayor rendimiento en toneladas métricas de aceite por hectárea en el mundo, es la Palma de Aceite, conocida también como Palma Africana por ser nativa de la región del Golfo de Guinea de dicho continente Si bien es utilizada por el hombre en su alimentación desde hace 5000 años, ha sido recientemente —unos 80 años— que se ha expandido enormemente su cultivo en los trópicos húmedos del Asia Sur Oriental y de América<sup>18</sup>

En comparación con otras especies oleaginosas, la palma de aceite tiene un rendimiento por hectárea varias veces superior así, para producir lo que rinde una

---

<sup>18</sup> [http://www.fedepalma.org/document/2009/monografia\\_palma\\_aceite.pdf](http://www.fedepalma.org/document/2009/monografia_palma_aceite.pdf)

hectarea de palma, se necesita sembrar 10 Ha de soya, o 9 Ha de girasol o 15 Ha de mani<sup>19</sup>

La razón de ser del cultivo de esta especie es naturalmente la obtención del aceite de palma, que es un producto muy versátil y tiene una amplia gama de usos dentro de sus múltiples aplicaciones. Ofrece condiciones de comportamiento más favorables que las de otros aceites y grasas. Ejemplos su mayor resistencia a las altas temperaturas es muy apreciada en la industria de las frituras, en la elaboración de los productos grasos (sólidos) comestibles para los que no necesita hidrogenación.

Además, el grado de rusticidad de la Palma Aceitera, permite a esta especie la adaptación a una amplia gama de condiciones agro ecológicas con diversidad de suelos, dentro del marco ambiental del trópico húmedo.

### **5.12 Beneficio de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq )**

En cuanto a la extracción de aceite crudo de palma y palmiste, esta etapa se inicia una vez realizada la cosecha, para evitar el deterioro de los frutos maduros, por tal motivo se requiere la focalización de las plantas dentro o muy cerca de la plantación.

Para la extracción del aceite se realizan los siguientes pasos<sup>20</sup>

- 1 Recepción
- 2 Esterilización
- 3 Desfrutación

---

<sup>19</sup> [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_palma.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_palma.pdf)

<sup>20</sup> <http://www.galeon.com/palmaplastico/procesopalma.pdf>

- 4 Digestion
- 5 Prensado
- 6 Clarificación
- 7 Aceite crudo o rojo de palma
- 8 Almendras
- 9 Aceite de palmiste
- 10 Torta de palmiste

Durante el proceso de extracción del aceite de palma aceitera se obtienen tres residuales, el primero que queda después de la esterilización de los frutos ya que en esta etapa queda la fibra en el segundo paso posterior a la desfrutación se obtiene la tusa o raquis y finalmente se obtiene el lodo como tercer residual que se puede utilizar de manera directa como bio-abono en el cultivo de palma del sector

### **5.13 Características de algunos subproductos de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq )**

En el proceso de beneficio del fruto de palma de aceite se generan varios subproductos de interés técnico y económico para la planta de beneficio y el cultivo de palma de aceite. Estos son Tusas o racimos vacíos generados luego del desfrutado de los racimos frescos de palma, Fibra resultante del prensado del fruto, Cuesco proveniente del rompimiento de la nuez, Cenizas producidas por la quema de fibra y cuesco en las calderas y Efluentes líquidos que van al sistema de tratamiento de aguas. A continuación se mencionan las características principales de algunos subproductos mencionados anteriormente<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> CENIPALMA. Aprovechamiento de subproductos del proceso de beneficio de fruto de palma de aceite. Protocolo técnico. Versión 04. 01 de marzo de 2011.

### **5 13 1 Tusa**

Material lignocelulosico con 60-65% de humedad y 1-2,5% de aceite vegetal impregnado producto de la separacion fisica (desfrutado de racimos) de los frutos y su soporte natural - raquis (estructura que soporta en las inflorescencias de la palma de aceite los foliolos y las espiguillas) Sus principales componentes son polisacaridos, celulosa, glucano y xilano en aproximadamente 66% y polimeros como lignina 12%

### **5 13 2 Lodo**

Producto del tratamiento en lagunas de oxidacion de los efluentes liquidos generados en la planta de beneficio, se generan lodos estabilizados que se acumulan en el fondo de dichos sistemas de tratamiento de aguas residuales Debido a su efecto sobre la reduccion de la capacidad del sistema de tratamiento de efluentes, es necesario retirar dichos lodos del fondo de las lagunas Una vez retirados los lodos estabilizados y considerando el importante contenido de nutrientes, su aprovechamiento en el cultivo es muy relevante

### **5 13 3 Ceniza**

Producto resultante de la combustion de fibra y cuesco en la caldera de las plantas de beneficio para produccion de vapor y electricidad, con alto contenido de potasio y silice El uso de las cenizas en el sector palmicultor se ha enfocado a complementar los procesos de produccion de compost, debido a sus importantes contenidos de potasio (Yang, et al 2008)

## **6 METODOLOGIA**

### **6 1 Localizacion fisica**

El proyecto se llevo a cabo en las instalaciones de la UMATA (Unidad Municipal de Asistencia Tecnica Agricola) Ubicada en el municipio de Villanueva, situado al sur del departamento de Casanare, sobre la parte baja del piedemonte El cual se encuentra localizado sobre los 300 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura promedio de 25.7 °C, siendo los meses de enero a marzo los mas calurosos la temporada de lluvias se presenta a partir del mes de abril, prolongandose hasta octubre, de acuerdo con la estacion del IDEAM Huerta La Grande (Reforestadora de la costa)

### **6 2 Esterilizacion de los sustratos**

La tusa y la fibra se recolectaron en la Extractora del Sur del Casanare (E S C ) ubicada en la plantacion Palmar del Oriente, cerca al municipio de Villanueva La cepa se obtuvo de la empresa CHAMPIFUNGI, la cual es reconocida a nivel nacional en la distribucion de especies de Orellana, garantizando su origen y su calidad Posteriormente, se peso mediante una balanza digital la cantidad total de los materiales empleados de acuerdo a la proporcion de cada uno de los tratamientos agregandole a cada uno 410 gr de salvado y 990 ml de melaza diluida en agua con el objetivo de proporcionar una fuente energetica para el desarrollo del hongo Empacando el sustrato de cada tratamiento en bolsas de polietileno negra dejandolas inmersas en agua caliente durante un tiempo de 5 horas

### **6 3 Siembra de los sustratos**

Para bajar la temperatura de los sustratos de cada tratamiento se regaron con agua potable fría sin superar su capacidad de campo. Luego, se adicionó cal dolomita hasta obtener un pH con un valor aproximado de 6, que fue medido con cinta indicadora de pH. Después, se procedió a inocular el sustrato con el hongo en una cantidad de 50 gr por bolsas plásticas transparentes de 500 gr empleando rodajas de tubo de PVC con un ancho de 2 cm, toalla de tela y bandas de caucho para sujetar la parte superior de las bolsas con el objetivo de permitir el intercambio gaseoso durante el proceso de incubación del hongo. Además, se ubicaron las bolsas de acuerdo a su disposición en el diseño experimental y se midieron las variables climáticas mediante un higrómetro digital que fue empleado durante todo el proceso.

### **6 4 Etapa de incubación**

Posteriormente, se colocaron plásticos de polietileno negro de calibre 5' en las ventanas y puertas del lugar con el objetivo de cubrir todas las entradas de luz y proporcionar condiciones de penumbra en la etapa de incubación. En este período, el micelio fue invadiendo poco a poco el sustrato hasta que este adquirió una coloración blanca.

### **6 5 Etapa de fructificación**

Esta etapa se caracteriza por la aparición de los primordios, para lo cual fue necesario proporcionar condiciones de semipenumbra al retirar completamente algunos de los plásticos de polietileno negro de las ventanas del lugar para la entrada de luz. Después, mediante un bisturí se realizaron cortes por debajo de los primordios para permitir el desarrollo de las futuras setas.

## 6.6 Cosecha

El momento de la cosecha llega cuando el sombrero del hongo se ha abierto completamente y toma una forma plana. Además, debe cosecharse antes de que los bordes de la sombrilla empiecen a curvarse hacia arriba y tomen la forma de un plato. Las setas fueron cortadas con un bisturí, evitando arrancar trozos del sustrato porque puede generar daños en el mismo y disminución en las cosechas posteriores.

## 6.7 Condiciones climáticas del ensayo

Las condiciones climáticas promedio durante el proyecto fueron las siguientes:

**Tabla N°2** Condiciones climáticas del sitio del proyecto

Etapa	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Humedad relativa mínima (%)
Siembra	28.9	24.2	94	79
Incubación	28.9	22.6	95	79
Fructificación	28.9	22.6	96	77
Cosecha	30.5	22.6	96.5	70.5

**Tabla N°3** Condiciones climáticas promedio del sitio del proyecto

Etapa	Temperatura promedio	Humedad relativa promedio
Siembra	27	87
Incubación	25	87
Fructificación	26	87
Cosecha	27	84

## **6 8 Variables a evaluadas**

### **6 8 1 Contenido de proteina**

Se calculo de acuerdo al protocolo de Determinacion de Nitrogeno Total por Microkjeldalh cuyo procedimiento es mencionado a continuacion, con base en el siguiente planteamiento

El alimento esta constituido por dos componentes organicos

- a) Elementos nitrogenados
- b) Elementos no nitrogenados

Dicho nitrogeno puede proceder de proteina y de nitrogeno no proteico como aminos, amidas y urea

Para determinar la proteina se parte de dos hipotesis

- a) Que todo el nitrogeno presente en la muestra es de origen proteico, lo cual no es exacto
- b) Que las proteinas tienen nitrogeno en proporcion de un 16% de su peso molecular

Reactivos

- Acido sulfurico concentrado (98%) Grado reactivo
- Mezcla catalizadora
- Hidroxido de sodio al 40%
- Acido borico al 4%
- Acido clorhidrico 0 1N
- Indicador mixto
- Agua destilada

## Materiales y equipos

- Balon kjeldalh de 100 ml
- Dosificadores de 2.5 ml , 5 ml , 7 ml y 40 ml
- Erlenmeyer de 50 ml
- Microbureta
- Equipo de micro kjeldalh
- Balanza analitica

## Procedimiento

- 1) Se peso 0.1 gr de muestra y se envolvió en un papel colocandolo despues dentro del balon kjeldalh
- 2) Se agrego 0.9 gr de mezcla catalizadora
- 3) Se adiciono 2.5 ml de acido sulfurico
- 4) Se sometio a digestion en el equipo kjeldalh, cuya solucion va de color negro carbon hasta dar una coloracion verde cristalina momento en el que retiramos el balon
- 5) Se dejo enfriar y se le agrego 40 ml de agua destilada
- 6) En un Erlenmeyer de 50 ml , se agrego 5 ml de acido borico al 4% mas dos gotas de indicador mixto y se coloco en la parte final del destilador kjeldalh
- 7) Solo cuando se ha realizado el paso anterior se le agrego al balon kjeldalh 3 granallas de zinc + 7 ml de hidroxido de sodio (NaOH) al 40% y se pone a destilar
- 8) La solucion que esta en el Erlenmeyer vira de un color rojo azul cuando empieza a recibir el amonio
- 9) Se dejo que esta llegara a un volumen de 30 ml y se retiro el Erlenmeyer dejando alli otro con agua destilada
- 10) Se titulo dicha solucion con HCL 0.1 N, hasta que viro nuevamente a color rojo
- 11) Se preparo un blanco

12) Finalmente, se tomo el dato del volumen gastado de HCL en la titulacion para hacer los calculos

Calculos

$$\% \text{ de Nitrogeno en la muestra} = \frac{T - B \times N - 0.014 \times 100}{S}$$

- T = ml de acido clorhidrico gastado en la titulacion de la muestra
- B = ml de acido clorhidrico gastado en el blanco
- N = Normalidad del HCL (0.1 N)
- S = Peso de la muestra
- 0.014 = Peso de miliequivalentes del N en gramos

$$\text{Porcentaje de proteina de la muestra} = \% \text{ de N} \times 6.25$$

### **6.8.2 Rendimiento**

Definido como la relacion en porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato humedo

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato humedo}} \times 100$$

### **6.8.3 Eficiencia biologica**

Definida como la relacion en porcentaje del peso fresco del hongo y el peso seco del sustrato

$$\text{Eficiencia biologica} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato seco}} \times 100$$

#### **6 8 4 Precocidad**

Definido como el tiempo que transcurre entre el día de la incubación y el día en que aparecen los primeros carpóforos o Primordios

#### **6 8 5 Sanidad del sustrato**

Se evaluó la inocuidad del sustrato en relación a la aparición de enfermedades que serán identificadas en el laboratorio de la Universidad de los Llanos

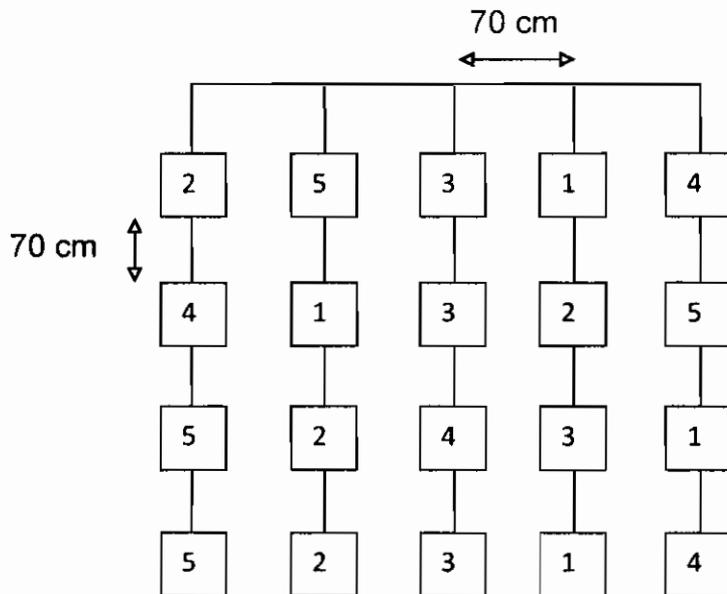
#### **6 9 Diseño experimental**

##### **6 9 1 Descripción de tratamientos**

El proyecto se ejecutó en bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, mencionados a continuación

- **Tratamiento 1** 100% raquis
- **Tratamiento 2** 100% fibra
- **Tratamiento 3** 50% de raquis + 50% de fibra
- **Tratamiento 4** 75% de raquis + 25% de fibra
- **Tratamiento 5** 75% de fibra + 25% de raquis

**Figura N°2** Distribucion de los tratamientos con sus repeticiones



### **6 9 2 Analisis estadistico**

El analisis de la informacion se realizo por el programa estadistico Infostat version 1 0 mediante analisis de varianza por comparacion de medias por el metodo de Duncan con nivel de significancia ( $p < 0.05$ )

## 7 RESULTADOS

### **7.1 Precocidad de los tratamientos**

El tratamiento T4 (75% raquis y 50% fibra) presento una menor precocidad iniciando la aparicion de los primordios a los 14,50 dds. Observandose diferencias estadisticamente significativas con los demas tratamientos evaluados T1 (100% raquis), T2 (100% fibra), T3 (50% raquis y 50%fibra) y T5 (75% fibra y 25% raquis), los cuales iniciaron la etapa de fructificacion entre los 12.50 y 13.00 dds.

Se observa que el tratamiento T4 presento un retraso en la produccion de la primera cosecha (18,00 dds) siendo similar estadisticamente con los tratamientos T1 (17,00 dds) y T5 (17,00 dds). Ademas, presenta diferencias significativas con los tratamientos T2 (15,75 dds) y T3 (15.50 dds). En la segunda cosecha se observa que el tratamiento T4 (27,25 dds) presenta diferencias significativas con el tratamiento T2 (21,50 dds) y siendo estadisticamente similar con los demas tratamientos T1 (24,50 dds), T3 (24,75 dds) y T5 (28.75 dds).

Sin embargo el tratamiento T2 (100% fibra) presento mayor precocidad en la primera (15,75 dds) y segunda cosecha (21,50 dds) en relacion a los demas tratamientos evaluados siendo estadisticamente similar a los tratamientos T1 y T3 en las dos cosechas.

**Tabla N°4** Analisis estadistico de precocidad de los tratamientos\*

Tratamiento	Variable	Aparicion de los primordios	Primera cosecha (dds )	Segunda cosecha (dds )
1	100% Raquis	13,00 a	17,00 ab	24,50 ab
2	100% Fibra	12,75 a	15,75 a	21,50 a
3	50% Raquis + 50% Fibra	12,50 a	15,50 a	24,75 ab
4	75% Raquis + 25% Fibra	14,50 b	18,00 b	27,25 b
5	75% Fibra + 25% Raquis	12,50 a	17,00 ab	28,75 b

\*Letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$  por comparación de medias del metodo de Duncan

### **7.2 Produccion de los tratamientos**

En el tratamiento T1 (100% raquis) se observo la mayor produccion total con un valor de 147,50 gr , siendo estadisticamente similar al tratamiento T3 (114,50 gr ) y presentando diferencias significativas con los tratamientos T2 (102,00 gr ) T4 (96,75 gr ) y T5 (91,00 gr )

En relacion a la segunda cosecha, en el tratamiento T1 se presento el mayor valor con 52,50 gr siendo estadisticamente similar al tratamiento T3 (38,75 gr ) y al tratamiento T4 (34,50 gr ), con diferencias significativas en el tratamientos T2 (18,75 gr ) y el tratamiento T5 (20,75 gr ) Finalmente, en la primera cosecha el tratamiento T1 tambien presento la mayor produccion con un valor de 105,50 gr Sin embargo, todos los tratamientos son estadisticamente similares

**Tabla N°5** Analisis estadistico de produccion de los tratamientos\*

Tratamiento	Variable	Produccion 1 <sup>ra</sup> cosecha (gr )	Produccion 2 <sup>da</sup> cosecha (gr )	Produccion total (gr )
1	100% Raquis	105,50 a	52,50 b	147,50 b
2	100% Fibra	87,00 a	18,75 a	102,00 a
3	50% Raquis + 50% Fibra	83,50 a	38,75 ab	114,50 ab
4	75% Raquis + 25% Fibra	62,25 a	34,50 ab	96,75 a
5	75% Fibra + 25% Raquis	70,25 a	20,75 a	91,00 a

\*Letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$  por comparacion de medias del metodo de Duncan

#### 7.4 Rendimiento

Para la variable de rendimiento el tratamiento 1 presento el mayor valor de 29,50%, el cual es similar estadísticamente al tratamiento 3 (22,90%) y se observan diferencias significativas con los tratamientos 2 (20,40%), 4 (19,35%) y 5 (18,20%)

**Tabla N°6** Analisis estadístico del rendimiento de los tratamientos\*

Tratamiento	Variable	Rendimiento (%)
1	100% Raquis	29,50 b
2	100% Fibra	20,40 a
3	50% Raquis + 50% Fibra	22,90 ab
4	75% Raquis + 25% Fibra	19,35 a
5	75% Fibra + 25% Raquis	18,20 a

\*Letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$  por comparación de medias del método de Duncan

#### 7.4 Eficiencia biológica

Para la variable de eficiencia biológica en el tratamiento 1 se observo el mayor valor con un porcentaje del 43,38% presentando diferencias significativas con los demás tratamientos

**Tabla N°7** Analisis estadístico de la eficiencia biológica de los tratamientos\*

Tratamiento	Variable	Eficiencia biológica (%)
1	100% Raquis	43,38 b
2	100% Fibra	26,84 a
3	50% Raquis + 50% Fibra	26,63 a
4	75% Raquis + 25% Fibra	24,19 a
5	75% Fibra + 25% Raquis	20,68 a

\*Letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$  por comparación de medias del método de Duncan

### **7.5 Contenido de proteína**

Para la variable del contenido de proteína el tratamiento 5 presentó el mayor valor con 46,05%, el cual es similar estadísticamente al tratamiento 3 (45,95%) y se observan diferencias significativas con los tratamientos 1 (41,47%), 4 (40,87%) y 2 (40,38%)

**Tabla N°8** Análisis estadístico del porcentaje de proteína de los tratamientos\*

<b>Tratamiento</b>	<b>Variable</b>	<b>Contenido de proteína (%)</b>
1	100% Raquis	41,47 a
2	100% Fibra	40,38 a
3	50% Raquis + 50% Fibra	45,95 b
4	75% Raquis + 25% Fibra	40,87 a
5	75% Fibra + 25% Raquis	46,05 b

\*Letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$  por comparación de medias del método de Duncan

## 8 DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### **8 1 Precocidad de los tratamientos**

La etapa de incubacion comprende el periodo transcurrido desde la siembra y finaliza hasta la aparicion del primer primordio. De acuerdo a las experiencias de Granados, 2004 el periodo promedio de incubacion de *Pleurotus sp* se encuentra en un rango de 15 a 20 dias, con temperaturas que oscilan entre 20 – 28 °C

Durante el proyecto todos los tratamientos presentaron una precocidad mayor comenzando la etapa de fructificacion a los 13 dias despues de la siembra (dds) con una temperatura promedio de 27 °C (Ver tabla N° 4). La precocidad de los tratamientos, puede deberse a que la temperatura acelera el metabolismo de las celulas debido a que interviene en la actividad enzimatica del hongo. En relacion a la primera cosecha se observo que todos los tratamientos presentaron uniformidad con una diferencia maxima de tiempo de 5 dias. Comenzando a cosechar a partir de los 16 dds de acuerdo a los siguientes criterios: coloracion café oscura y sombrero en forma plana de las setas. Con base a la informacion mencionada, posiblemente la temperatura que acelero la etapa de incubacion y fructificacion influyo en obtener una cosecha temprana.

### **8 2 Rendimiento y eficiencia biologica de los tratamientos**

De acuerdo al trabajo realizado por Ramos, 2007 en donde se evaluo *Pleurotus ostreatus* var Florida en sustratos con diferente proporcion de subproductos de palma de aceite se concluyo que el rendimiento oscilo entre el 19 – 39,66% mientras que la eficiencia biologica estuvo en un rango entre 22,3 – 82%. Las condiciones climaticas durante este estudio fueron: La temperatura de crecimiento oscilo entre 25 – 28 °C, humedad relativa del 75% y un pH de 6,6. De acuerdo a los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo investigativo el rendimiento se encuentra entre 18,20 – 29,5% (Ver tabla N°6) y la eficiencia

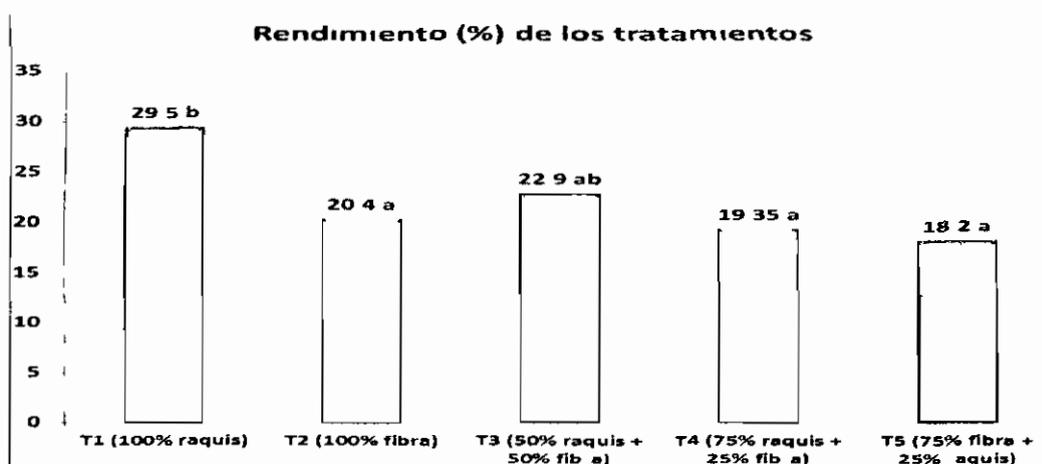
biologica entre 20,68% y 43,38% (Ver tabla N°7), bajo las siguientes condiciones climaticas Temperatura de 27 °C, una humedad relativa del 87% y un pH de 6, aproximadamente Sin embargo, el tratamiento T1 presento la mayor eficiencia biologica y rendimiento con un valor del 29,5% y 43,38%, estos resultados posiblemente se pueden presentar porque el valor nutricional del raquis es mayor que el de la fibra proporcionando una mayor oferta de elementos que se puede reflejar en estas variables

**Tabla N°9 Analisis mineralogico de los residuales (Ramos, 2007)**

Subproducto	K (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	S (mg/Kg)
Raquis	1 03 x 10 <sup>4</sup>	2 5 x 10 <sup>4</sup>	0 38 x 10 <sup>4</sup>	2901	4 3	34	31	0 08
Fibra	0 63 x 10 <sup>4</sup>	2 81 x 10 <sup>4</sup>	0 25 x 10 <sup>4</sup>	1511	99	21	23	0 08

En comparacion de los resultados presentados por Ramos, 2007, los resultados obtenidos en este trabajo para las variables de rendimiento y eficiencia biologica fueron inferiores Esto debido posiblemente a las variaciones de las condiciones climaticas de la zona y el potencial de la especie evaluada

**Grafica N°1 Rendimiento (%) de los tratamientos\***



\*Letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas con un valor de p< 0 05 por comparacion de medias del metodo de Duncan

### **8 3 Inocuidad de los tratamientos**

Se presentaron dos especies de hongos contaminantes a partir de los 15 dds *Fusarium sp* y *Trichoderma sp* , identificados en el laboratorio de microbiología de la Universidad de los Llanos. La identificación de los patógenos coincidió con la aparición y desarrollo de primordios para la segunda cosecha.

Este tipo de patógenos, en especial *Trichoderma sp* , presentan una mayor adaptabilidad al medio, compitiendo de forma más agresiva por nutrientes, luz y espacio, debido a que produce toxinas y antibióticos que retrasan el crecimiento micelial de *Pleurotus sp* , favorece su desarrollo aún más al modificar el nivel de pH hasta valores de 4-5. Según Stolzer y Grabbe, 1991, a diferencia de la mayoría de hongos competidores, las especies de *Trichoderma* no dependen exclusivamente de los nutrientes solubles fácilmente disponibles, ya que también son capaces de descomponer la celulosa de sustrato.

### **8 4 Contenido de proteína**

Debido a la actividad enzimática de los hongos del género *Pleurotus sp* , los sustratos empleados en su cultivo deben tener un alto contenido de componentes lignocelulósicos, siendo los más importantes la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. De los cuales depende el contenido de proteína, ya que son fuentes principales de carbono y nitrógeno.

En consecuencia a lo anterior, se observó que la diferencia en el contenido de proteína está dada por la proporción de los sustratos evaluados. Evidenciando los mayores valores en los tratamientos 3 (50% raquis + 50% fibra) y 5 (75% fibra + 25% raquis).

### **8 5 Viabilidad nutricional y economica**

La cantidad de sustrato requerido en una produccion familiar de *Pleurotus pulmonarius* no es superior a 5 Kg si se utilizara un sustrato a base de subproductos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq ) De acuerdo a esto el proceso es economico y ademas facil de implementacion por lo tanto es asequible

El alto contenido de proteinas del hongo comestible *P pulmonarius*, puede complementar los requerimientos proteicos de un nucleo familiar de escasos recursos Debido a la facilidad de la obtencion de materias primas para su produccion

## 9 CONCLUSIONES

- Se evaluaron las diferentes proporciones de subproductos de palma de aceite como sustrato para el cultivo de *P. pulmonarius* observando que el mayor rendimiento es el tratamiento 1 (100% raquis) con un valor de 29,50% y una producción total de 147,50 gr (Ver tabla N°6 y N°5)
- Se determinó por medio de los cálculos de eficiencia biológica y rendimiento, que el tratamiento 1 (100% raquis) presentó los mayores valores con 43 38% y 29 50%, respectivamente (Ver tabla N°7 y N°6)
- Se determinó por observación que el inicio de la aparición de los primordios (incubación) comenzó a partir de los 13 dds. En el tratamiento T1 (100% raquis) tratamiento T2 (100% fibra), tratamiento T3 (50% raquis + 50% fibra) y el tratamiento T5 (75% fibra y 25% raquis), mientras que el tratamiento T4 (75% raquis y 25% fibra) comenzó a partir de los 15 dds (Ver tabla N°4)
- Se realizó un estudio fitosanitario del sustrato para el cultivo de *P. pulmonarius*, en donde se identificaron los patógenos *Fusarium sp* y *Trichoderma sp* en el laboratorio de microbiología de la Universidad de los Llanos. Detectando su aparición a partir de los 15 dds, fecha que coincidió con la aparición de los primordios de la segunda cosecha
- Se determinó por medio del método de Microkjeldahl que el mayor contenido de proteína fue presentado por los tratamientos T3 (50% raquis + 50% fibra) y T5 (75% fibra y 25% raquis). Esto puede deberse a la variación

de la relacion C/N que influye directamente en el contenido de nitrogeno extraido por el hongo

- Se establecio que aunque el tratamiento T1 (100% raquis) fue el que presento la mayor produccion eficiencia biologica y precocidad siendo estadisticamente similar al tratamiento T3 (50% raquis + 50% fibra)
- Se determino que los contenidos de proteina en todos los tratamientos suplen las necesidades proteicas promedio de una persona Razon por la cual se concluye que los mejores tratamientos son el T1 (100% raquis) y T3 (50% raquis + 50% fibra)

## 10 RECOMENDACIONES

- Seguir con los trabajos de investigación en el cultivo de *Pleurotus pulmonarius*, evaluando sustratos de acuerdo al análisis bromatológico con el objetivo de obtener información nutricional más detallada para futuros programas de seguridad alimentaria
- Evaluar metodologías para la esterilización del sustrato, con el objetivo de disminuir los riesgos de contaminación que ocasionan pérdidas en la producción
- Realizar estudios complementarios del cultivo de *P. pulmonarius* sobre la evaluación de otros tipos y proporciones de sustratos para obtener producciones mayores y de buena calidad nutricional
- Implementar un sistema de riego que permita utilizar optimamente el recurso hídrico, teniendo en cuenta que la frecuencia de riego de sustratos a base de subproductos de palma de aceite es superior
- Evaluar la infraestructura y distribución de las bolsas con el sustrato, para determinar el uso eficiente del espacio y su influencia en los componentes de rendimiento e inocuidad y calidad del *P. pulmonarius*
- Se recomienda elegir los sustratos evaluados acorde a la disponibilidad del material ya que todos tienen buenos contenidos de proteína que pueden complementar los requerimientos de una persona

## BIBLIOGRAFIA

- Silva R , Fritz C , Cubillos J , Diaz M , Utilizacion de desechos de podas del arbolado urbano como sustrato para la produccion de hongos comestibles (Shiitake) en la comuna de La Pintana (en linea) Disponible en [http://www.forestaluchile.cl/shiitake/Manual%20Producci%C3%B3n%20de%20hongos%20comestibles\\_2010.pdf](http://www.forestaluchile.cl/shiitake/Manual%20Producci%C3%B3n%20de%20hongos%20comestibles_2010.pdf) [Citado el 3 de julio del 2011]
- Gaitan Hernandez R Salmones D , Perez Merlo R , Mata G , Manual practica del cultivo de setas Aislamiento siembra y produccion Instituto de Ecologia A C Xalapa, Veracruz, Mexico 2006 56 pp
- Granados, S 2004 Orellana Sajor Manual cultivo de setas comestibles tropicales Armenia Colombia
- Ramos Ochoa, G *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de palma aceitera como importante fuente proteica para la dieta humana (en linea) Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/221/1/236T0002.pdf> [Citado el 3 de julio del 2011]
- Hernandez Corredor, R , Lopez Rodriguez, C Evaluacion del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca (en linea) Disponible en <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf> [Citado el 3 de julio del 2001]
- Donoso, C Influencia de la Luz en la Composicion Lipidica y Proteica del *Pleurotus ostreatus* var florida Riobamba 1999 pp 24 Tesis Magister en Biotecnologia Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela de Ciencias Quimicas
- Suarez Arango C , Obtencion in vitro de micelio de hongos comestibles shiitake (*Lentinula edodes*) y orellanas (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) a partir de aislamientos de cuerpos fructiferos, para la produccion de semilla (en linea) Disponible en

[http://www.bdigital.unal.edu.co/2792/1/107407\\_2010.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/2792/1/107407_2010.pdf) [Citado el 4 de julio del 2011]

- Breene, W N Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms En Journal of Food Protection 1990 Vol 53(10) 883-894
- Kalberer P P 1974 The cultivation of *Pleurotus ostreatus* experiment to elucidate the influence of different culture conditions on the crop yield Mush Sci 9 653-661
- Gregori, A Svagelj M Pohleven J Cultivation Techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp (en línea) Disponible en <http://www.ftb.com.hr/45/45-238.pdf> [Citado el 5 de Julio del 2011]
- Lopez Cruz, J A Relacion entre la actividad de las enzimas lacasas y la maduración de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* Mexico 2001, 109 pp Trabajo de grado (Magister en Biología experimental) Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa División de Ciencias biológicas de la salud
- Sanchez J E , Orozco G M , Hernandez Rodriguez D , Nieto M G y Marquez F J El sustrato degradado por *Pleurotus pulmonarius* para la degradación del insecticida endosulfan (en línea) Disponible en [http://chm.pops.int/Portals/0/docs/Responses\\_on\\_Annex\\_E\\_information\\_for\\_endosulfan/Mexico\\_081229\\_OGE6734L%20-%20UMFAAC\\_INGIND\\_ANEXO\\_2.pdf](http://chm.pops.int/Portals/0/docs/Responses_on_Annex_E_information_for_endosulfan/Mexico_081229_OGE6734L%20-%20UMFAAC_INGIND_ANEXO_2.pdf) [Citado el 5 de julio de 2011]
- Baena Gonzalez, A , Aprovechamiento del Bagazo del Maguey Verde (*Agave salmiana*) de la Agroindustria del Mezcla en San Luis Potosí para la Producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) (en línea) Disponible en <http://www.ipicyt.edu.mx/storage-sipicyt/materialbiblioteca/030078BaenaGonzalez.pdf> [Citado el 5 de julio del 2011]
- Wolter, M , Zadrazil F , Martens R & Bahadır, M 1997 Degradation of eight highly condensed polycyclic aromatic hydrocarbons by *Pleurotus* sp

Florida in solid straw substrate Appl Microbiol Biotechnol Berlin Alemania Springer Verlag, 48(3) 398-404

- Escobar, V M , Nieto M G , Sanchez, J E y Cruz, L 2002 Effect of endosulfan on mycelial growth of *Pleurotus ostreatus* and *Auricularia fuscusuccinea* in liquid culture In Sanchez JE, Huerta G Montiel E (eds) *Mushroom Biology and Mushroom Products Proceedings of the fourth International Conference* Universidad Autonoma del Estado de Mexico Cuernavaca 399-408
- Bezalel, L , Hadar, Y y Cerniglia C E 1996 Mineralization of polycyclic aromatic hidrocarbons by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus* Applied and Environmental Microbiology 62 292-295
- Bezalel, L Hadar Y y Cerniglia, C E 1997 Enzymatic mechanisms involved in phenanthrene degradation by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus* Applied and Environmental Microbiology 63, 2495-2501
- Guillen-Navarro, G K , Marquez-Rocha F J y Sanchez-Vazquez J E 1998 Produccion de biomasa y enzimas ligninolíticas por *Pleurotus ostreatus* en cultivo sumergido Rev Iberoam Micol 15 302-306
- Cisterna Lagos, C Esterilizacion Vs Pasteurizacion de sustratos de cultivo (en linea) Disponible en [http://www.micotec.cl/Pasteurizacion\\_vs\\_Esterilizacion.pdf](http://www.micotec.cl/Pasteurizacion_vs_Esterilizacion.pdf) [Citado el 7 de julio del 2011]
- Secretaria de Agricultura Ganaderia Desarrollo Rural Pesca y Alimentacion (SAGARPA) Produccion de hongos seta (*Pleurotus ostreatus*) (en linea) Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Produccion%20de%20Hongo%20Seta.pdf> [Citado el 7 de julio del 2011]
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Pleurotus>
- Comision Veracruzana de Comercializacion Agropecuaria Monografia de la palma de aceite (en linea) Dsiponible

en [http://www.fedepalma.org/document/2009/monografia\\_palma\\_aceite.pdf](http://www.fedepalma.org/document/2009/monografia_palma_aceite.pdf)  
[Citado el 7 de julio del 2011]

- [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual/ciencia/tec\\_palma.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/ciencia/tec_palma.pdf)
- Amatller Perez, G R , Davila Napoles A G Procesamiento de aceite rojo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq) para consumo humano en frituras (en linea) Disponible en <http://www.galeon.com/palmaplastico/procesopalm.pdf>
- Torres R , Acosta Garcia, A y Chinchilla C Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera En Revista Palmas 2004 Vol 25(2) 377-387
- CENIPALMA Aprovechamiento de subproductos del proceso de beneficio de fruto de palma de aceite Protocolo tecnico Version 04 01 de marzo de 2011
- Stolzer S and K Grabbe 1991 Mechanisms of substrate selectivity in the cultivation of edible fungi Mushroom Sci 13(1) 141-146

## ANEXOS

### ANEXO I Cronograma de actividades

Descripcion de la actividad	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Adecuacion del sitio	X								
Recoleccion del sustrato		X							
Esterilizacion del sustrato		X							
Siembra del hongo en el sustrato		X							
Labores de mantenimiento		X	X	X	X	X			
Seguimiento y recoleccion de datos		X	X	X	X	X			
Incubacion del hongo en el sustrato (20 dds)					X				
Aparicion de los primeros primordios					X				
Primera cosecha						X			
Prueba de determinacion de proteina (laboratorio)						X			
Organizacion y analisis estadistico de los resultados							X		
Elaboracion del documento final							X	X	X

## ANEXO II Costo total del proyecto

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Micelio <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Kg)	Kg	1	\$ 9 000,00	\$ 9 000,00
Empaque y embalaje micelio	Kg	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Envio Interrapidísimo pago de contado en remitente micelio	Unidad	1	\$ 4 700,00	\$ 4 700,00
Detergente en polvo	Kg	1	\$ 4 750,00	\$ 4 750,00
Clorox	Unidad	2	\$ 2 020,00	\$ 4 040,00
Esponja abrasiva	Paquete (2 unid )	1	\$ 1 800,00	\$ 1 800,00
Higrotermometro digital (ncluido pilas)	Unidad	1	\$ 60 000,00	\$ 60 000,00
Envio Efecty pago de contado en remitente higrotermometro	Unidad	1	\$ 4 700,00	\$ 4 700,00
Bolsas plasticas para basura	Paquete (10 unid )	1	\$ 2 900,00	\$ 2 900,00
Cinta de enmascarar	Unidad	2	\$ 5 535,00	\$ 11 070,00
Plastico de polietileno negro calibre 5"	m	12	\$ 4 500,00	\$ 54 000,00
Alcohol antiseptico	Unidad	2	\$ 2 550,00	\$ 5 100,00
Bolsas plasticas transparentes	Unidad	1	\$ 3 500,00	\$ 3 500,00
Tubo PVC 2 pulg	m	1	\$ 2 600,00	\$ 2 600,00
Cabuya	Unidad	1	\$ 2 500,00	\$ 2 500,00
Bisturi	Unidad	1	\$ 2 000,00	\$ 2 000,00
Bandas de caucho	Paquete (70 unid )	1	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00
Toalla de tela para cocina	Paquete (6 unid )	1	\$ 4 350,00	\$ 4 350,00
Cal dolomita	Kg	2	\$ 1 500,00	\$ 3 000,00
Melaza	Kg	3	\$ 1 000,00	\$ 3 000,00
Salvado	Kg	3	\$ 800,00	\$ 2 400,00
Agua potable para riego	Garrafon (20 Lt )	5	\$ 2 000,00	\$ 10 000,00
Envase spray para riego	Unidad	1	\$ 2 500,00	\$ 2 500,00
Esterilizacion de los sustratos	Jornal	1	\$ 35 060,00	\$ 35 060,00
Adecuacion del lugar, siembra y montaje	Jornal	3	\$ 35 060,00	\$ 105 180,00
Abertura de las bolsas (Apacion de los primordios)	Jornal	1	\$ 35 060,00	\$ 35 060,00
Riego de los sustratos	Jornal	5	\$ 35 060,00	\$ 175 300,00
Cosecha	Jornal	2	\$ 35 060,00	\$ 70 120,00
Disposicion de los residuos	Jornal	1	\$ 35 060,00	\$ 35 060,00
Prueba de determinacion de nitrogeno total por Microkjeldalh	Unidad	19	\$ 18 000,00	\$ 342 000,00
Transporte interno V/nueva	Pasaje	60	\$ 2 000,00	\$ 120 000,00
Transporte V/nueva V/cio	Pasaje	10	\$ 15 000,00	\$ 150 000,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1 267 390,00</b>

### ANEXO III Analisis de varianza

#### Analisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Aparicion de los pri	20	0,60	0,37	6,71

#### Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	13,75	7	1,96	2,56	0,0730
Tratamiento	11,20	4	2,80	3,65	0,0361
Repeticion	2,55	3	0,85	1,11	0,3837
Error	9,20	12	0,77		
Total	22,95	19			

Test Duncan Alfa 0,05

Error 0,7667 gl 12

Tratamiento	Medias	n	
Tratamiento 5	12,50	4	A
Tratamiento 3	12,50	4	A
Tratamiento 2	12,75	4	A
Tratamiento 1	13,00	4	A
Tratamiento 4	14,50	4	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Test Duncan Alfa 0,05

Error 0,7667 gl 12

Repeticion	Medias	n	
Repeticion 3	12,60	5	A
Repeticion 4	13,00	5	A
Repeticion 2	13,00	5	A
Repeticion 1	13,60	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Primera cosecha (dds	20	0,66	0,47	5,91

#### Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	22,95	7	3,28	3,39	0,0308
Tratamiento	16,80	4	4,20	4,34	0,0211
Repeticion	6,15	3	2,05	2,12	0,1509
Error	11,60	12	0,97		
Total	34,55	19			

Test Duncan Alfa 0,05

Error 0,9667 gl 12

Tratamiento	Medias	n	
Tratamiento 3	15,50	4	A
Tratamiento 2	15,75	4	A

Tratamiento 5	17,00	4	A	B
Tratamiento 1	17,00	4	A	B
Tratamiento 4	18,00	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Test Duncan Alfa 0,05

Error 0,9667 gl 12

Repeticion	Medias	n	
Repeticion 3	16,20	5	A
Repeticion 4	16,40	5	A
Repeticion 2	16,40	5	A
Repeticion 1	17,60	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Segunda cosecha (dds	20	0,55	0,28	12,73

Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	149,65	7	21,38	2,05	0,1306
Tratamiento	124,30	4	31,08	2,99	0,0633
Repeticion	25,35	3	8,45	0,81	0,5115
Error	124,90	12	10,41		
Total	274,55	19			

Test Duncan Alfa 0,05

Error 10,4083 gl 12

Tratamiento	Medias	n		
Tratamiento 2	21,50	4	A	
Tratamiento 1	24,50	4	A	B
Tratamiento 3	24,75	4	A	B
Tratamiento 4	27,25	4		B
Tratamiento 5	28,75	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Test Duncan Alfa 0,05

Error 10,4083 gl 12

Repeticion	Medias	n	
Repeticion 2	23,60	5	A
Repeticion 4	25,20	5	A
Repeticion 1	26,00	5	A
Repeticion 3	26,60	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Produccion 1ra cosec	20	0,24	0,00	42,66

Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	4706,50	7	672,36	0,55	0,7792
Tratamiento	4428,70	4	1107,18	0,91	0,4881
Repeticion	277,80	3	92,60	0,08	0,9716
Error	14573,70	12	1214,48		
Total	19280,20	19			

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 1214 4750 gl 12

Tratamiento	Medias	n	
Tratamiento 4	62,25	4	A
Tratamiento 5	70,25	4	A
Tratamiento 3	83,50	4	A
Tratamiento 2	87,00	4	A
Tratamiento 1	105,50	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 1214 4750 gl 12

Repeticion	Medias	n	
Repeticion 1	78,40	5	A
Repeticion 2	78,60	5	A
Repeticion 3	82,20	5	A
Repeticion 4	87,60	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Produccion 2da coseca	20	0,54	0,28	44,82

**Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	3118,05	7	445,44	2,03	0,1343
Tratamiento	3074,70	4	768,68	3,50	0,0408
Repeticion	43,35	3	14,45	0,07	0,9770
Error	2632,90	12	219,41		
Total	5750,95	19			

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 219,4083 gl 12

Tratamiento	Medias	n		
Tratamiento 2	18,75	4	A	
Tratamiento 5	20,75	4	A	
Tratamiento 4	34,50	4	A	B
Tratamiento 3	38,75	4	A	B
Tratamiento 1	52,50	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 219 4083 gl 12

Repeticion	Medias	n	
Repeticion 4	31,40	5	A
Repeticion 1	32,40	5	A
Repeticion 3	33,00	5	A
Repeticion 2	35,40	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Produccion total (gr)	20	0,48	0,18	24,76

**Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	8288,75	7	1184,11	1,59	0,2301
Tratamiento	8105,80	4	2026,45	2,72	0,0805
Repeticion	182,95	3	60,98	0,08	0,9687
Error	8955,80	12	746,32		
Total	17244,55	19			

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 746 3167 gl 12

Tratamiento	Medias	n		
Tratamiento 5	91,00	4	A	
Tratamiento 4	96,75	4	A	
Tratamiento 2	102,00	4	A	
Tratamiento 3	114,50	4	A	B
Tratamiento 1	147,50	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 746,3167 gl 12

Repeticion	Medias	n	
Repeticion 2	107,80	5	A
Repeticion 1	107,80	5	A
Repeticion 4	110,60	5	A
Repeticion 3	115,20	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento ( $\epsilon$ )	20	0,48	0,18	24,76

**Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	331,55	7	47,36	1,59	0,2301
Tratamiento	324,23	4	81,06	2,72	0,0805
Repeticion	7,32	3	2,44	0,08	0,9687
Error	358,23	12	29,85		
Total	689,78	19			

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 29,8527 gl 12

Tratamiento	Medias	n		
Tratamiento 5	18,20	4	A	
Tratamiento 4	19,35	4	A	
Tratamiento 2	20,40	4	A	
Tratamiento 3	22,90	4	A	B
Tratamiento 1	29,50	4		B

**Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)**

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 29,8527 gl 12

Repetición	Medias	n	
Repetición 2	21,56	5	A
Repetición 1	21,56	5	A
Repetición 4	22,12	5	A
Repetición 3	23,04	5	A

**Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Eficiencia biológica	20	0,67	0,48	25,31

**Cuadro de Analisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1248,88	7	178,41	3,47	0,0286
Tratamiento	1229,30	4	307,32	5,97	0,0070
Repetición	19,59	3	6,53	0,13	0,9424
Error	617,73	12	51,48		
Total	1866,61	19			

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 51,4772 gl 12

Tratamiento	Medias	n		
Tratamiento 5	20,68	4	A	
Tratamiento 4	24,19	4	A	
Tratamiento 3	26,63	4	A	
Tratamiento 2	26,84	4	A	
Tratamiento 1	43,38	4		B

**Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)**

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 51,4772 gl 12

Repetición	Medias	n	
Repetición 1	27,16	5	A
Repetición 2	27,67	5	A
Repetición 4	28,85	5	A
Repetición 3	29,69	5	A

**Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A <sub>j</sub>	CV
Porcentaje de protei	20	0,65	0,44	6,56

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	174,71	7	24,96	3,15	0,0393
Tratamiento	126,89	4	31,72	4,00	0,0275
Repetición	47,82	3	15,94	2,01	0,1664
Error	95,19	12	7,93		
Total	269,90	19			

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 7,9328 gl 12

Tratamiento	Medias	n	
Tratamiento 2	40,38	4	A
Tratamiento 4	40,87	4	A
Tratamiento 1	41,47	4	A
Tratamiento 3	45,95	4	B
Tratamiento 5	46,05	4	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

**Test Duncan Alfa 0,05**

Error 7,9328 gl 12

Repetición	Medias	n	
Repetición 3	41,42	5	A
Repetición 2	41,97	5	A
Repetición 1	42,93	5	A
Repetición 4	45,45	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

## ANEXO IV

Tablas de datos de campo utilizadas para el análisis estadístico de los datos

Tratamiento	Repetición	Apertura de los primordios (dds)	Primera cosecha (dds)	Segunda cosecha (dds)	Producción 1 <sup>ra</sup> cosecha (gr)
Tratamiento 1	Repetición 1	13	19	28	66
Tratamiento 1	Repetición 2	14	17	25	54
Tratamiento 1	Repetición 3	12	16	25	122
Tratamiento 1	Repetición 4	13	16	20	180
Tratamiento 2	Repetición 1	13	16	17	83
Tratamiento 2	Repetición 2	13	16	17	87
Tratamiento 2	Repetición 3	13	16	26	79
Tratamiento 2	Repetición 4	12	15	26	99
Tratamiento 3	Repetición 1	13	16	27	95
Tratamiento 3	Repetición 2	11	14	20	102
Tratamiento 3	Repetición 3	12	15	26	57
Tratamiento 3	Repetición 4	14	17	26	80
Tratamiento 4	Repetición 1	15	18	28	90
Tratamiento 4	Repetición 2	15	18	27	75
Tratamiento 4	Repetición 3	14	18	28	65
Tratamiento 4	Repetición 4	14	18	26	19
Tratamiento 5	Repetición 1	14	19	30	58
Tratamiento 5	Repetición 2	12	17	29	75
Tratamiento 5	Repetición 3	12	16	28	88
Tratamiento 5	Repetición 4	12	16	28	60

Tratamiento	Repetición	Producción 2 <sup>da</sup> cosecha (gr)	Producción total (gr)	Rendimiento (%)	Eficiencia biológica (%)
Tratamiento 1	Repetición 1	38	104	20 80	30 59
Tratamiento 1	Repetición 2	85	139	27 80	40 88
Tratamiento 1	Repetición 3	45	167	33 40	49 12
Tratamiento 1	Repetición 4	42	180	36 00	52 94
Tratamiento 2	Repetición 1	15	83	16 60	21 84
Tratamiento 2	Repetición 2	15	102	20 40	26 84
Tratamiento 2	Repetición 3	15	94	18 80	24 74
Tratamiento 2	Repetición 4	30	129	25 80	33 95
Tratamiento 3	Repetición 1	60	155	31 00	36 05
Tratamiento 3	Repetición 2	31	102	20 40	23 72
Tratamiento 3	Repetición 3	40	97	19 40	22 56
Tratamiento 3	Repetición 4	24	104	20 80	24 19
Tratamiento 4	Repetición 1	23	113	22 60	28 25
Tratamiento 4	Repetición 2	30	105	21 00	26 25
Tratamiento 4	Repetición 3	45	110	22 00	27 50
Tratamiento 4	Repetición 4	40	59	11 80	14 75
Tratamiento 5	Repetición 1	26	84	16 80	19 09
Tratamiento 5	Repetición 2	16	91	18 20	20 68
Tratamiento 5	Repetición 3	20	108	21 60	24 55
Tratamiento 5	Repetición 4	21	81	16 20	18 41

Tratamiento	Repeticion	Porcentaje de proteína (%)
Tratamiento 1	Repeticion 1	43 91
Tratamiento 1	Repeticion 2	41 46
Tratamiento 1	Repeticion 3	40 27
Tratamiento 1	Repeticion 4	40 22
Tratamiento 2	Repeticion 1	38 02
Tratamiento 2	Repeticion 2	39 31
Tratamiento 2	Repeticion 3	36 70
Tratamiento 2	Repeticion 4	47 50
Tratamiento 3	Repeticion 1	48 41
Tratamiento 3	Repeticion 2	44 05
Tratamiento 3	Repeticion 3	46 22
Tratamiento 3	Repeticion 4	45 13
Tratamiento 4	Repeticion 1	39 75
Tratamiento 4	Repeticion 2	40 87
Tratamiento 4	Repeticion 3	37 09
Tratamiento 4	Repeticion 4	45 78
Tratamiento 5	Repeticion 1	44 55
Tratamiento 5	Repeticion 2	44 18
Tratamiento 5	Repeticion 3	46 82
Tratamiento 5	Repeticion 4	48 64

## ANEXO V

Contaminación de los sustratos por *Trichoderma sp* y *Fusarium sp* días después de la siembra, para los tratamientos y las repeticiones del ensayo

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición (Bloque)</b>	<b>Días después de la siembra (dds)</b>
1 (100% raquis)	1	19
	2	19
	3	18
	4	19
2 (100% fibra)	1	18
	2	17
	3	17
	4	16
3 (50% raquis + 50% fibra)	1	16
	2	18
	3	18
	4	17
4 (75% raquis + 25% fibra)	1	17
	2	16
	3	16
	4	18
4 (75% fibra + 25% raquis)	1	19
	2	15
	3	18
	4	16

## ANEXO VI



Semilla con micelio de *Pleurotus pulmonarius*.



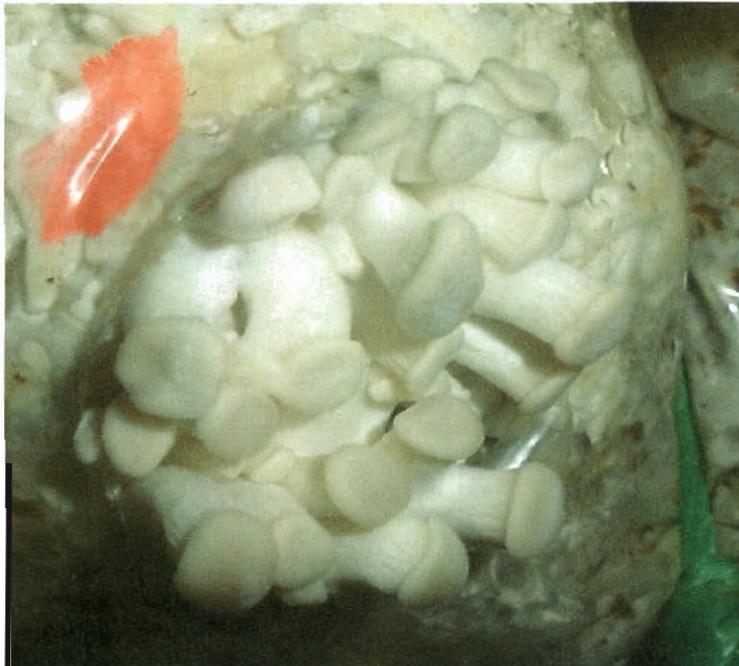
Siembra de los sustratos con *P. pulmonarius*.

## ANEXO VII



Etapa de incubación de los tratamientos.

## ANEXO VIII



Aparición y desarrollo de los primordios.

ANEXO IX



Setas de *P. pulmonarius* aptas para cosecha.

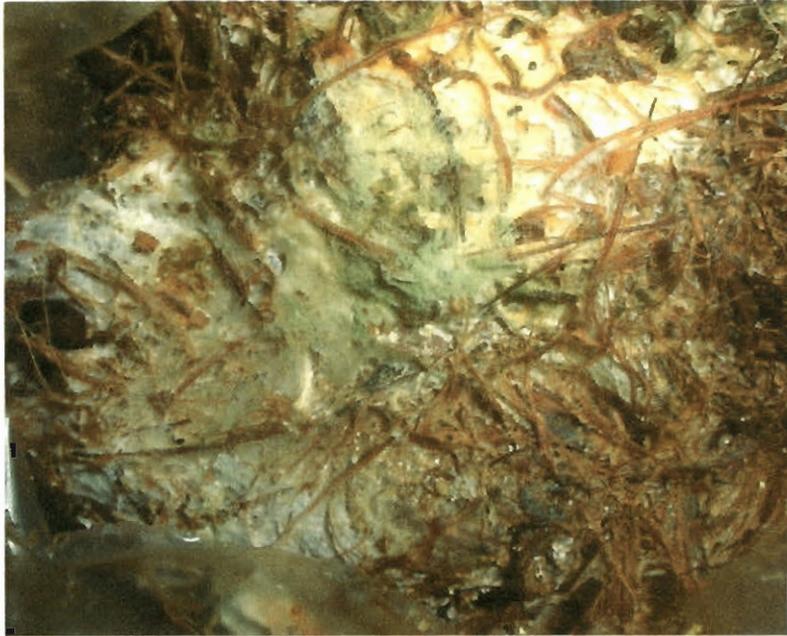
## ANEXO X



Contaminación por *Trichoderma* sp.



Contaminación por *Fusarium* sp.



Contaminación por *Trichoderma* sp. y *Fusarium* sp.

### ANEXO IX



Primordios de la segunda cosecha.