



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO MICELIAR DEL HONGO (*Pleurotus Ostreatus*) EN ACICULA DE PINO, BAGAZO DE CAÑA Y BAGAZO DE MAÍZ.”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROPECUARIA**

**AUTOR:**

**Mercedes Maribel Córdova Ordóñez**

**DIRECTOR:**

**Dr. Juan Calderón Machuca**

**CUENCA - ECUADOR**

**2009**

## ***DEDICATORIA***

A mis padres e hijos, que con su cariño, respeto y admiración, han contribuido en la finalización de una meta más en mi vida, que me servirá de valiosa ayuda para obtener un bienestar propio y para mi familia.

## ***AGRADECIMIENTO***

Mi más profundo agradecimiento al Dr. Juan Calderón Machuca, Director de tesis, por su valiosa colaboración y el compartir sus conocimientos desinteresadamente para la ejecución de este trabajo.

Al Sr. Octavio Ochoa, quien compartió muchas horas de su tiempo, ayudando al desarrollo del presente proyecto.

Al Dr. Luis Carlos Rodríguez por su apoyo incondicional en la redacción y presentación del documento final.

A la Ing. Aída Cazar por su valiosa ayuda y oportunos consejos en la terminación exitosa de esta investigación.

A la Universidad del Azuay, por permitirme prepararme en sus claustros para avanzar en mi crecimiento personal.

## RESUMEN

En este trabajo se realizó un estudio comparativo de diversos sustratos en la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Se utilizaron tres tipos de sustratos, solos y en mezclas (acícula de pino, bagazo de caña y bagazo de maíz), adicionando un nutriente (maíz pelado y cocido), valorando la densidad, crecimiento micelial y producción. Los mejores resultados se obtuvieron con la mezcla entre bagazo de caña y bagazo de maíz, en una proporción de 50% de cada uno. La acícula de pino mostró no ser muy favorable, recomendando su uso en mezclas con otros sustratos hasta en un 25%. Se recomienda difundir este sistema de producción entre pequeños agricultores.

**ABSTRACT**

The aim of the present work was to compare the effectiveness of different substrates in the production of the edible fungus *Pleurotus ostreatus*. The substrates were prepared from pine leaves and steam and leaves from cane and corn. Mixtures were formulated with the addition of a nutritional source (cooked corn). Growth parameters were monitored to evaluate the density of micelle growth and production of the fungus. The substrate formulated with cane and corn steam and leaves (50:50) gave the best results for fungus production. Pine leaves were not effective for this purpose. These results can be applied in the production of this fungus at small and medium farmers.

**INDICE DE CONTENIDOS**

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Dedicatoria                                 | ii            |
| Agradecimientos                             | iii           |
| Resumen                                     | iv            |
| Abstract                                    | v             |
| Índice de contenidos                        | vi            |
| Índice de Fotos y Tablas                    | viii          |
| Índice de Anexos                            | ix            |
| <br>  |               |
| <b>Introducción</b>                         | <b>1</b>      |
| <br>  |               |
| <b>CAPÍTULO I: PRODUCCION DE LOS HONGOS</b> |               |
| <br>  |               |
| 1.1 Taxonomía y Morfología                  | 5             |
| 1.2 Cultivo sobre troncos cortados          | 13            |
| 1.3 Cultivo sobre tocones de madera         | 13            |
| 1.4 Cultivo sobre paja de cereales          | 13            |
| 1.5 Cultivo en bolsas                       | 14            |
| 1.6 Siembra                                 | 15            |
| <br>  |               |
| <b>CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS</b>    |               |
| <br>  |               |
| 2.1 Localización del ensayo                 | 16            |
| 2.2 Características ecológicas              | 16            |
| 2.3 Materiales y equipos de laboratorio     | 16            |
| 2.4 Metodología                             | 17            |
| 2.5 Espacios                                | 26            |
| 2.6 Medios de cultivo                       | 26            |
| 2.7 Variables a evaluar                     | 27            |

**CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> | <b>33</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                   | <b>35</b> |
| <b>ANEXOS</b>                         | <b>37</b> |

**ÍNDICE DE FOTOS Y TABLAS**

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Fotos 1 – 3: Pleurotus ostreatus   | 7             |
| Tabla 1: Composición química del Pleurotus ostreatus   | 8             |
| Tabla 2: Contenido de aminoácidos en Pleurotus ostreatus   | 9             |
| Foto 4: Cocción del maíz para obtener el nutriente   | 18            |
| Foto 5: Esterilización de los frascos con mote   | 19            |
| Foto 6: Esterilización de los frascos a 15 Atm. de presión   | 19            |
| Fotos 7 – 8: Siembra del micelio en los frascos con mote   | 20            |
| Fotos 9 – 10: Desarrollo del micelio en los frascos  | 20            |
| Foto 11: Preparación de los sustratos  | 20            |
| Foto 12: Calcha picada   | 20            |
| Foto 13: Bagazo de caña  | 21            |
| Foto 14: Acícula de pino   | 21            |
| Foto 15: Bagazo de maíz con acícula de pino  | 21            |
| Foto 16: Bagazo de caña con acícula de pino  | 21            |
| Foto 17: Bagazo de caña con bagazo de maíz   | 21            |
| Fotos 18 – 19: Enfundado de los sustratos  | 22            |
| Fotos 20 – 21: Pesado y cerrado de fundas  | 22            |
| Fotos 22 – 25: Esterilización de los sustratos   | 23            |
| Fotos 26 – 30: Siembra del micelio en los sustratos  | 24            |
| Fotos 31 – 32: Ubicación de las fundas en las perchas según sorteo   | 24            |
| Foto 33: Incubación de las fundas  | 25            |
| Fotos 34 – 38: Fructificación y cosecha  | 26            |
| Fotos 39 – 40: Peso de los hongos en fresco y en seco  | 26            |
| Tabla 3: Resumen de la densidad y crecimiento miceliar   | 29            |
| Tabla 4: Rendimiento de los diferentes tratamientos en peso fresco<br>y en peso seco   | 31            |
| Tabla 5: Promedio de los rendimientos de los sustratos solos y en mezclas,<br>en peso Fresco, sometidos a la prueba “t” de Student | 32            |

**ÍNDICE DE ANEXOS**

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Anexo 1: Crecimiento y densidad micelial en diferentes fechas del ensayo            | 38            |
| Anexo 2: Rendimiento de los diferentes tratamientos en peso fresco y en peso seco   | 40            |
| Anexo 3: Comparación del peso fresco con peso seco en los diferentes Sustratos      | 45            |
| Anexo 4: Análisis estadístico de los resultados, en base a la prueba "t" de Student | 49            |
| Anexo 5: Análisis económico de la producción de hongos                              | 49            |

Córdova Ordóñez Mercedes Maribel

Trabajo de graduación

Dr. Juan Calderón Machuca

Mayo del 2009

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO MICELIAR DE HONGOS  
(*Pleurotus ostreatus*) EN ACICULA DE PINO, BAGAZO DE CAÑA Y  
BAGAZO DE MAÍZ”**

**INTRODUCCIÓN**

Los hongos comestibles debieron tener gran importancia en la forma de vida y en el desarrollo de las sociedades cazadoras-recolectoras del período pre neolítico; en la literatura etnográfica mundial se encuentran evidencias sobre el consumo de hongos comestibles en América prehispánica, plasmadas en códices indígenas y en las descripciones de misioneros y soldados españoles del siglo XVI (Villareal & Pérez 1989).

Los primeros estudios europeos sobre hongos comestibles corresponden a Eurípides (485-406 a.C.), Teofrasto (372-283 a.C.) y Plinio (27-79 d.C.). En Roma, hacia el año 185 a.C. se refirió a los macromicetos como el maligno fermento de la tierra; también han sido llamadas excrecencias de la tierra y plantas bastardas (Rambotton 1949). (Citados por Cardona, F. 2001).

En el mundo actual se ha detectado una escasez de alimentos, cada vez más creciente, para la población humana. Ante esta situación, los científicos buscan la forma de reducir las deficiencias con la inclusión de otros productos no muy tradicionales.

Muchas han sido las investigaciones que han conducido a la introducción de nuevas alternativas que reemplacen los productos más comunes en las dietas alimenticias. Entre ellas ha tomado auge la producción de hongos comestibles, considerados como

productos de un buen valor nutricional, que inclusive puede suplir las necesidades de proteínas proporcionadas por la carne.

El hongo comestible *Pleurotus ostreatus* ha demostrado ser una fuente con alto valor nutricional, que brinda facilidades para su propagación y producción. Debido al poder de biodegradación que los hongos tienen sobre desechos agrícolas, pueden transformar estos en sus formas fructificantes que tienen una gran aceptación en el mercado consumidor.

Para la producción de hongos se han probado varios sustratos como el bagazo de caña y el bagazo de maíz con excelentes resultados. En esta búsqueda se han probado una serie de sustratos para establecer las posibilidades de crecimiento, así como para mejorar las condiciones de los sustratos planteados en diferentes trabajos de investigación en nuestro medio. (Calderón, J. 2002) (Alvarez, S. y Rivera, F. 2003) (Peña J, y Serrano, F. 2006).

Por esta razón paralelamente al desarrollo del curso de “Transferencia de tecnología del cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*”, dictado en la Universidad del Azuay bajo el auspicio del FUNDACYT, se han realizado ensayos preliminares empleando como sustrato acícula de pino, cuyos resultados han dado respuestas alentadoras por lo que se ve la necesidad de una evaluación que se presenta como justificativo de esta investigación.

La Universidad del Azuay dispone de laboratorios, debidamente equipados, donde se llevan adelante ensayos de diferente índole, y en este caso de hongos. La infraestructura permite comparar el rendimiento de diferentes sustratos y evaluar niveles de producción. Las experiencias logradas viabilizan esta alternativa biotecnológica, siendo necesario optimizar el proceso de producción en sus diferentes etapas.

Los resultados que se obtengan ayudarán a complementar la información existente sobre la producción de hongos a nivel comercial y a crear alternativas de trabajo productivo para pequeños agricultores.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Estudiar la factibilidad del cultivo de hongos *Pleurotus ostreatus* en residuos foliares del pino, en combinación y comparación con otros sustratos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la respuesta del crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en acículas de pino, comparada con los rendimientos en bagazos de caña y de maíz.
- Comparar el desarrollo micelial de *Pleurotus ostreatus* en acículas de pino con los rendimientos en bagazos de caña y de maíz, incluyendo una adición de un nutriente (maíz pelado y cocinado), en cada uno de los sustratos.

## CAPÍTULO I

### PRODUCCION DE LOS HONGOS

Cuando hablamos de los hongos, no imaginamos lo maravilloso y extenso que puede ser el reino de los hongos, si bien es cierto que su apariencia nos causa recelo, se debe a miedos fundados desde pequeños. Este mundo está más involucrado en nuestras vidas de lo que podemos imaginar, pues se encuentran en las levaduras del pan, en los quesos maduros, vinos, hasta medicinas como la penicilina que ha salvado millones de vidas. Así también, encontramos hongos causantes de pérdidas cuantiosas en la industria alimenticia y en cultivos agrícolas entre otros.

Antiguamente se discrepaba el reino al que pertenecían los hongos, no se sabía si era animal o vegetal, ahora sabemos que son de un reino totalmente distinto que es el Reino Fungi, donde existen numerosas y atractivas formas, que van desde pardos y opacos hasta colores fuertes y brillosos.

Los hongos al igual que las bacterias tienen el poder de acelerar la biodegradación sobre los desechos agrícolas y convertirlos posteriormente en abono, gracias al papel que desempeñan en los ecosistemas se obtiene un ambiente natural y un buen desarrollo de los bosques.

Según Zadrazil (1978), citado por Cardona, F. 2001, *Pleurotus ostreatus* se cultivó en varias partes de Europa desde 1900 haciendo parte de las “seis grandes” setas cultivadas: *Agaricus*, *Lentinula*, *Auricularia*, *Volvariella*, *Flammulina* y *Pleurotus*. Pero según García (1987), *Pleurotus ostreatus* no se cultivó en Europa hasta después de 1960, aunque desde antes se cosechaba para consumo, se recogían de los troncos de los árboles en descomposición que muchas veces se arrimaban a las viviendas donde se les proporcionaba condiciones para la producción de carpóforos. Posteriormente, su cultivo se inició en Francia, Hungría, Italia y Checoslovaquia sobre troncos que se incubaban en zanjas y luego se sometían a riegos para obtener los cuerpos fructíferos.

El cultivo de hongos comestibles no es una actividad muy explotada en Ecuador, por el desconocimiento de especies comestibles en la región, la falta de interés, así como por los hábitos alimenticios de la población y por el vacío en el potencial de las materias primas empleadas como sustratos. Esto se deriva de consultas realizadas a diversos niveles y en distintas zonas del país.

Los hongos se encuentran en troncos de sauce, cultivos de pino (introducido), etc. Las acículas de pino prestan las condiciones favorables para el crecimiento del género boletus. Esto abre la posibilidad del cultivo de otros géneros en sustrato a base de acícula.

En el mundo actualmente hay más de 50 especies de hongos comestibles, entre ellas los más cultivados son; el champiñón (*Agaricus bisporus*), el shiitake u hongo japonés (*Lentinula edodes*) y la Gírgola u hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Debido a la morfología y propiedades del hongo, consideramos apropiado el cultivo del género *Pleurotus* que pertenece al Orden *Agaricales*, de la familia *Pleurotaceae*. Entre tantas especies de este género creemos ideal para el estudio el *Pleurotus ostreatus* conocido también como hongo ostra, por su forma peculiar.

### 1.1 Taxonomía y morfología

|              |                  |
|--------------|------------------|
| Reino:       | Fungi            |
| Subreino:    | Fungi superior   |
| División:    | Basidiomycota    |
| Subdivisión: | Basidiomycotina  |
| Clase:       | Himenomycetes    |
| Orden:       | Agaricales       |
| Familia:     | Tricholomataceae |
| Género:      | Pleurotus        |

Entre las numerosas especies existentes, las más conocidas son *ostreatus*, *sajor-caju*, *florida*, *cornucopiae*, *eryngii*, *tuber regium*, *pulmonaris*, y *djamour* (Mendoza & Díaz

1981, Alexopoulos & Mims 1995, Pardo 1995, Área Metropolitana del Valle de Aburrá 2000).

*Pleurotus* es un hongo saprofito o parásito débil, descomponedor de madera; crece abundantemente sobre aliso, balso y arce, principalmente, en los valles de los ríos. La palabra *pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al píleo; *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Stamets & Chilton 1983).

*Pleurotus ostreatus* es un típico hongo agarical; a menudo se encuentra recubierto de una capa micelial en la base (Mendoza & Díaz 1981) y presenta carne delgada y blanca; al principio el píleo tiene forma de lengua y cuando madura adquiere forma de concha; las láminas son blancas o de color crema, en las cuales se disponen los basidios no tabicados con cuatro basidiosporas blanquecinas elípticas de 8-11 x 3-4 $\mu$ .

El píleo, donde se encuentran las lamelas o laminillas, es excéntrico cuando crece en superficies verticales y es central cuando crece en camas, de superficie lisa y brillante, y un poco viscosa en tiempo húmedo (Cadavid & Cardona 1996); el estípite es corto y excéntrico; las lamelas son blancas, decurrentes y espaciadas ampliamente; las esporas en masa son blanquecinas o de color gris-blanquecino. Posee regularmente de 4 a 13 cm de diámetro, aunque ocasionalmente puede presentar tamaños mayores de acuerdo a las condiciones de fructificación; la superficie superior presenta color variable según la intensidad de la luz, con tonos entre blanquecinos, grises o azulados, según sea la iluminación; su margen es suave, delgado, ondulado y ocasionalmente enrollado. Presenta pie corto de 2 a 3 cm de longitud por 1 a 2 cm de grueso, y fibras de color crema claro (Stamets & Chilton 1983, Cardona & Bedoya 1996). Citados por Cardona, F. 2001.

El sombrero puede alcanzar desde 50-150mm, de color castaño claro, gris blanquecino o gris azulado, de olor agradable. (Ver Fotos 1 a 3).

Los hongos son considerados saludables por su alto contenido en proteínas, vitaminas, minerales y su bajo contenido de ácidos grasos.



**Fotos 1 a 3:** Pleurotus ostreatus

Su valor nutricional puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales y del sustrato del que se alimente. También varía en fresco y en seco.

En la valoración se hallan concentraciones de vitamina B, C, minerales como el fósforo y potasio que están entre las principales sustancias para el buen funcionamiento del organismo humano.

En la siguiente tabla se muestran los valores porcentuales de los componentes de un *Pleurotus*:

**Tabla 1:** Composición química del *Pleurotus ostreatus*

|                  |               |
|------------------|---------------|
| Proteínas        | 2.8/100g      |
| Carbohidratos    | 4.5/100g      |
| Grasa            | 2.20%         |
| Fibra            | 0.80%         |
| Humedad          | 90.80%        |
| Fosforo          | 0.086%        |
| Cenizas          | 0.70%         |
| Calcio           | 0.001%        |
| Magnesio         | 0.15%         |
| Sodio            | 0.003%        |
| Potasio          | 0.39%         |
| Cobre            | 0.10%         |
| Hierro           | 1.72%         |
| Manganeso        | 0.10%         |
| Zinc             | 0.67%         |
| Valor energético | 31.91% / 100g |
| Digestibilidad   | 80%           |

Fuente: (Albertó, E. 2003)

Igualmente, en la tabla 2 se hace referencia al contenido de aminoácidos encontrados en el *Pleurotus ostreatus*, lo que nos da idea de la calidad proteica que tiene este hongo.

Adicionalmente a las características nutricionales, se han encontrado muchos reportes de las propiedades medicinales de los hongos, especialmente del *P. ostreatus*, como se resume, después de la tabla.

**Tabla 2:** Contenido de aminoácidos en *P. ostreatus* cepa INIREB-8 (mg/g de proteína N x 4,38)

| AMINOACIDOS       |        | Aminoácidos esenciales |       | Patrón Ref. FAO 1985 | Puntaje químico (%) |
|-------------------|--------|------------------------|-------|----------------------|---------------------|
| Ácido Aspártico   | 120,50 | Histidina              | 28,60 | 19                   | 150                 |
| Serina            | 48,36  | Treonina               | 51,25 | 34                   | 150                 |
| Á. Glutámico      | 211,33 | Tirosina               | 35,96 | 63                   | 57                  |
| Glicina           | 47,45  | Valina                 | 51,28 | 35                   | 146                 |
| Arginina          | 70,70  | Metionina              | 21,16 | 25                   | 84                  |
| Alanina           | 64,15  | Lisina Total           | 72,09 | 58                   | 92                  |
| Prolina           | 30,55  | Isoleucina             | 43,32 | 28                   | 154                 |
| Cistina           | 16,40  | Leucina                | 71,57 | 66                   | 108                 |
| Lisina disponible | 56,36  | Triptófano             | 19,61 | 11                   | 178                 |
| Feilalanina       | 51,10  |                        |       |                      |                     |

Fuente: Mayela *et al.* (1999)

Efectos antivirales: Los mismos mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA, y otras enfermedades de origen autoinmune como la Artritis reumatoide o el Lupus.

Se ha encontrado que el micelio del *Pleurotus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la Zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (Nada, Shokukin, 1998).

El alto contenido del ácido glutámico en muchos hongos comestibles, que es un aminoácido que se sabe tiene un efecto estimulante del sistema inmunológico, se

encuentra en concentraciones particularmente altas en las setas y en una forma natural del glutamato monosódico (MSG por sus siglas en inglés) es una sal que se utiliza para dar realce a diferentes tipos de alimentos y platillos.

Efecto antiinflamatorio: Tienen también propiedades antiinflamatorias, se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa, y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fungicida y antibiótica, estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus japonicus* (Yoon et al., 1995), *Pleurotus ostreatus* (Noda Sokukin) y *P. Cornucopiae* ((Yoshida et al., 1994). Se ha reportado que estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas.

Otras importantes sustancias con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de las especies de *Pleurotus* o Setas, estos son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular, y son las moléculas que originan el aroma y sabor característico 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 (Beltrán García et al., 1997).

Control del colesterol: Se ha demostrado a nivel experimental con ratas de laboratorio que el consumo frecuente de setas disminuye el nivel de ácidos grasos en sangre y el colesterol en el hígado, por otro lado en estos experimentos se detectó un aumento en la relación fosfolípidos-colesterol lo cual sugiere un efecto antiaterogénico favorable, es decir que puede ayudar a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares lo cual también podría ocurrir en seres humanos (Bobek et al., 1990. Opletal et al., 1997).

Por otro lado, en los cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus*, se ha encontrado en forma natural una sustancia que baja el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés) de la sangre de nombre Lovastatin o Lovastatina cuyo uso ha sido aprobado en los Estados Unidos por la FDA y que se utiliza como principio activo de diferentes medicamentos recetados

comúnmente por los médicos para el tratamiento de la hipercolesterolemia, el más conocido de estos es el Mevacor. (Gunde y Cymerman, 1995). Por otro lado, las setas contienen también Mevinolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMG CoA reductasa principal enzima responsable en la biosíntesis del colesterol.

Efecto hepatoprotector: En otros experimentos que se realizaron con ratas de laboratorio a las que se suministró setas deshidratadas en un 2%, con una dieta rica en grasa, durante 6 meses, se demostró que lograron bajar los niveles de colesterol y triglicéridos en un 65-80%, en comparación con las ratas control. A nivel histológico se encontró que el depósito de grasa en el hígado era mucho menor con lo que se puede hablar también de un efecto hepatoprotector. Este efecto fue probado posteriormente en ratas sometidas a una dieta con alcohol etílico (ratas borrachas), y el resultado de los estudios demostró en las ratas que consumieron Pleurotas (setas) lograron una protección de la estructura hepática de hasta el 40%.

Efecto antihipertensión: Además de que la disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si solo tiende a hacer que la presión arterial disminuya, se sabe también que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertensión arterial, casi todos los hongos comestibles son ricos en este mineral y las setas no son ninguna excepción. También se ha demostrado que la ingesta de setas, permite una mejor absorción de minerales a nivel intestinal, esto debido a la presencia de metaloproteínas (Hobbs C, 1996)

Efecto antioxidante: Los hongos de la pudrición blanca, (hongos que crecen en troncos de madera) a los que pertenecen los *Pleurotus* o setas, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes, o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (Capich y Shashkina, 1992).

La forma más frecuente de consumo de estas setas es en fresco, después de limpiadas y guisadas o preparadas de otras maneras.

No es infrecuente la existencia de particulares que las cuecen con sal, las meten en frascos cerrados herméticamente, al baño María, y las conservan hasta el momento en que las van a consumir, en cuyo caso las aderezan adecuadamente.

También algunas personas las desecan mediante el procedimiento de colgarlas ensartadas en hilos en sitios con calor (cocinas); una vez desecadas, aguantan meses. Después son hidratadas para su preparación y consumo.

Es recomendable consumir individuos jóvenes porque la carne tiende a ser un poco dura en los ejemplares más desarrollados.

Tiene necesidad de un tiempo de cocción más prolongado que el que hace falta en muchas otras especies. (INFOAGRO.COM - Portal líder en agricultura)

Varios han sido los sustratos utilizados para el cultivo de hongos como son los de origen animal: estiércol de caballo, vaca, gallina, pollo, cerdo, combinados con sustratos lignocelulolíticos como son pajas de trigo, cebada, etc., o de origen vegetal: bagazo de caña de azúcar, paja de cebada, papel reciclado, rastrojo de amaranto, tusa de maíz, aserrín, etc.

Algunos métodos se han observado y probado con diferentes resultados, resumiéndoles en:

- **Artificiales:** Se han utilizado para este cultivo desechos agrícolas, especialmente pajas de cereales, residuos de cosecha de maíz, bagazo de caña, aserrín y aditivos. Todos estos sustratos han sido previamente esterilizados y enfundados.
- **Naturales:** Se han encontrado sobre troncos, en restos de hojas y ramas. Es decir son cultivos abiertos.

El cultivo de este hongo es posible realizarlo con diferentes técnicas, pero en todas ellas lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado), incubarlo a 20-25° C, mientras se tiene envuelto

el plástico y, por último, mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos y frescos, generalmente a, menos de 15° C, hasta que salgan las setas.

Así durante los años se han ido sucediendo distintos tipos de sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, entre los que destacan:

### **1.2 Cultivo sobre troncos cortados**

Troncos de maderas blandas de menos de 50 cm, en los que se inocula el micelio (colocándolo en orificios o en la superficie del corte); se tienen unos meses en una zanja cubierta y cuando ya ha prendido el hongo, se sacan y se colocan en sitios húmedos, con la base algo enterrada.

El cultivo sobre este sustrato es bastante fácil y no requiere instalaciones complicadas, pero requiere el corte de árboles y por tanto una reforestación de la masa forestal. La producción de setas dura pocos años, obteniéndose unos rendimientos de entre 100 y 150 kg por metro cúbico de madera.

### **1.3 Cultivo sobre tocones de madera**

Los tocones de árboles pueden aprovecharse para cultivar *Pleurotus ostreatus*, con la ventaja de que el propio hongo se encargará de atacar a la madera y en pocos años la dejará blanda, lo que facilitará la eliminación del tocón.

La siembra del micelio en el tocón se realiza a los pocos meses de la tala del árbol. Para ello se realizan unos agujeros con una barrena o taladro en diversos puntos del tocón, o algunos surcos con una sierra, con cierta inclinación hacia arriba y adentro, para evitar que se llenen de agua con la lluvia. Después se rellenan de micelio y se cubren con tiras de papel engomado opaco.

Otra forma de siembra consiste en cortar una rodaja del tocón con una motosierra. Se extiende el micelio sobre la superficie nueva y se cubre con la rodaja de madera, sujetándola con unos clavos. El borde se sella con papel engomado. (GARCÍA-ROLLÁN, M. 1991)

#### **1.4 Cultivo sobre paja de cereales**

Es el método que proporciona mayores rendimientos. Consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato preparado a base de paja, incubarlo a unos 25° C y luego tenerlo en un sitio fresco, húmedo, ventilado e iluminado.

Se han realizado pruebas preliminares sembrando el *Pleurotus ostreatus*, en las camas de acícula, con resultados halagadores. En ellas se han encontrado ventajas de rápido crecimiento, posiblemente debido a la aireación del sustrato y a la poca contaminación del medio por el bajo contenido de nutrientes de asimilación directa por parte de hongos contaminantes.

La acícula de pino es una materia que no se la utiliza y que perjudica a los suelos, acidificándolos e impermeabilizando la capa superficial del mismo, volviéndolos inservibles. Es un material que no tiene costo, que se lo puede encontrar fácilmente en los bosques y que puede dar lugar a un reciclaje que dé beneficios económicos.

De los resultados reportados se puede indicar que en cultivos intensivos, con instalaciones especiales, se han obtenido de 15 a 40 Kg de hongos frescos por cada 100 Kg de sustrato húmedo, siendo la producción continua.

Los cultivos abiertos no requieren de instalaciones complicadas pero la producción no es continua y puede ser destinado solo para el consumo familiar por el bajo rendimiento.

#### **1.5 Cultivo en bolsas**

Los substratos artificiales deben ser pasteurizados antes de su siembra para evitar posibles contaminaciones.

De un modo artesanal, pero no por eso menos efectivo, se puede lograr una pasteurización mediante la "cocción" de la paja por inmersión en agua caliente. Un tratamiento de inmersión en agua caliente a 80°C por dos horas es suficiente.

La inmersión se puede hacer en un tanque con agua caliente, colocando la paja dentro de un canasto de metal o bien en una bolsa de polipropileno (bolsas de papas modernas).

## **1.6 Siembra**

El sustrato se inocula con lo que comúnmente se denomina "semilla" o micelio; el cual consiste en granos de trigo estériles, cuya superficie se encuentra cubierta por hifas del hongo en cuestión.

En esta operación, se mezcla el sustrato y la semilla lo más homogéneamente posible. Es conveniente emplear "semilla" en una proporción de 2-3 % peso en peso (mezclar 2 kg de semilla cada 100 kg de sustrato húmedo). Es importante no realizar la siembra hasta que el sustrato este frío o al menos a 25°C ya que a mayor temperatura el micelio puede morir. Para ello se puede colocar el sustrato en una mesa, bolsa o tolva. En esta etapa se debe prevenir la aparición de contaminaciones trabajando con ropa limpia y en lugares sin corrientes de aire que transporten polvo. Al cabo de unos días, el micelio comienza a crecer sobre el sustrato.

Después de la siembra el micelio no requiere mayores cuidados, debe estar en una habitación oscura con temperatura controlada. Inmediatamente después de descender la temperatura del ambiente y comenzar con el foto período se deben hacer tajos, u orificios sobre la bolsas negras para que el micelio reciba el estímulo de la luz. Es en esos orificios donde se desarrollará la fructificación.

## **CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Localización del ensayo**

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad del Azuay, que se encuentra en la parroquia Huayna Capac, en el laboratorio de Micro propagación que cuenta con un invernadero que tiene un área de 36 m<sup>2</sup>, ubicados en la facultad de Ciencia y Tecnología.

### **2.2 Características ecológicas**

Se encuentra ubicado a 2.540 m.s.n.m., con una temperatura promedio anual de 17° C, y una precipitación de entre 600 – 1000 mm, y una humedad relativa del 65%.

### **2.3 Materiales y equipos de laboratorio**

- Balanza Analítica
- Balanza técnica
- Incubadora
- Autoclaves
- Trituradora de desechos agrícolas
- Cámara de flujo laminar
- Cámara de siembra
- Cámara de crecimiento
- Invernadero
- Cocina ( quemadores)
- Mechero
- Caldero
- Pinzas
- Bisturí
- Agar papa

- Cajas Petri
- Guantes
- Mascarillas
- Mandil
- Frascos
- Alcohol
- Formaldehído
- Peróxido de hidrógeno
- Agua, azúcar
- Gasas
- Ligas
- Anillos de tubo de PVC
- Tijeras
- Papel Aluminio
- Fundas de polietileno
- Estantes
- Materias primas: Calcha de Maíz, Bagazo de Caña, Acículas de pino, Maíz pelado y cocido (nutriente).

## **2.4 Metodología**

En términos generales se realizaron las siguientes actividades:

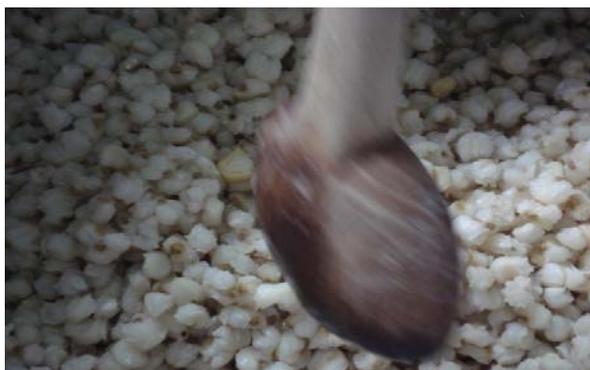
1. Obtención de semilla a partir de esporas aisladas sobre papel filtro estéril.
2. Reproducción de micelio sobre maíz pelado y cocido.
3. Esterilización de los frascos con mote, por 1 hora y media a 15 atmósferas de presión.
4. Siembra de micelio en cámara de flujo laminar en los frascos con el mote.
5. Preparación de los sustratos.
6. Enfundado.
7. Esterilización de sustratos mediante vapor a 5 psi de presión adicionando peróxido de hidrógeno al 3% en las fundas.
8. Siembra del micelio en las fundas con los respectivos sustratos.
9. Incubación de las fundas a 21 grados centígrados.

10. Fructificación y cosecha en cámara aislada.
11. Pesado de producto y valoración de rendimientos.
12. Análisis estadísticos a niveles de significación de 0.05 y 0.01.

Una breve explicación de las actividades en el proceso se describe a continuación:

Obtención de semilla a partir de esporas aisladas sobre papel filtro estéril: Esta acción se realizó meses antes de la iniciación del proyecto, quedando lista la semilla, en un medio nutritivo e ideal para su crecimiento que es el agar papa.

Reproducción de micelio sobre maíz pelado y cocido: Esto se llevó a cabo en el laboratorio de Micro propagación. Una vez aisladas las esporas procedimos a cocinar el mote que es el nutriente para el desarrollo del micelio. (Ver foto 4)



**Foto 4:** Cocción del maíz para obtener el nutriente

Esterilización de los frascos con mote, por 1 hora y media a 15 atmósferas de presión:

Esto se hace con el fin de mantener la higiene y poder controlar los niveles de contaminación. (Ver fotos 5 y 6)



**Foto 5:** Esterilización de los frascos con mote

La olla debe ser destapada en un cuarto desinfectado para evitar contaminaciones; por olla entran alrededor de 80 frascos de mote; cada frasco contiene 250 gramos aproximadamente.



**Foto 6:** Esterilización de frascos a 15 atmósferas de presión

Siembra de micelio en cámara de flujo laminar en los frascos con el mote: En este paso hay que mantener un estricto control con la higiene para evitar que se dañe la semilla y perder todo el trabajo. (Ver fotos 7 y 8)





**Fotos 7 y 8:** Siembra del micelio en los frascos con mote

De dos a tres semanas demora en cubrirse el micelio en el frasco. (Ver fotos 9 y 10)



**Fotos 9 y 10:** Desarrollo del micelio en los frascos

Preparación de los sustratos: En el campo se recolectaron y prepararon los sustratos necesarios para el desarrollo del trabajo. (Ver fotos 11 a 14)



**Foto 11:** Preparación de los sustratos



**Foto 12:** Calcha picada



**Foto 13:** Bagazo de caña



**Foto 14:** Acícula de pino

Mezclas: Se realizaron en proporción de 50-50%, utilizando siempre 2 sustratos. (Ver fotos 15 a 17)



**Foto 15:** Bagazo de maíz con acícula



**Foto 16:** Bagazo de caña con acícula



**Foto 17:** Bagazo de caña con bagazo de maíz

Enfundado: Se procede a colocar el sustrato de acuerdo a los tratamientos establecidos en el diseño. Por funda se pesó 500 Kgm de sustrato y se adicionó una libra de nutriente (mote). (Ver fotos 18 a 21)



Fotos 18 y 19: Enfundado de los sustratos



Fotos 20 y 21: Pesado y cerrado de fundas

Esterilización de sustratos mediante vapor a 5 psi de presión adicionando peróxido de hidrógeno al 3% en las fundas: En las fundas con sustrato se adicionó una libra de maíz cocido, más 1 litro de agua con el peróxido de hidrógeno. En la acícula de pino solo se utilizó  $\frac{1}{2}$  litro de agua. (Ver fotos 22 a 25)





**Fotos 22 a 25:** Esterilización de los sustratos

Siembra del micelio en las fundas con los respectivos sustratos: La siembra del micelio en las fundas también se hace en un cuarto esterilizado y dentro de la cámara de flujo para evitar contaminaciones con otras esporas que dañen el cultivo. (Ver fotos 26 a 30)





**Fotos 26 a 30:** Siembra del micelio en los sustratos

Aplicación de un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con 9 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento (cada una de 6 muestras): Este diseño se aplicó de acuerdo a las características del ensayo y para obtener suficientes repeticiones para evaluar racionalmente la investigación. Una vez realizado el sorteo de las respectivas fundas, se ubicaron en las perchas existentes en el laboratorio. (Ver fotos 31 y 32)



**Fotos 31 y 32:** Ubicación de las fundas en las perchas según sorteo

Incubación de las fundas a 21 grados centígrados: Se debe mantener una temperatura de 21°C durante la fase de llenado del micelio en las fundas, esto demora alrededor de 70 a 90 días para los primeros brotes de producción. (Ver foto 33)



**Foto 33:** Incubación de las fundas

Fructificación y cosecha en cámara aislada: Después de la incubación se producen nódulos que son los que dan paso a la formación de los hongos que luego fueron cosechados. (Ver fotos 34 a 38)





**Foto 34 a 38:** Fructificación y cosecha

Pesado de producto y valoración de rendimientos: Luego del pesado en fresco de los hongos, se someten a un proceso de deshidratación para obtener el peso en seco y establecer la comparación de rendimientos. (Ver foto 39 y 40)



**Fotos 39 y 40:** Peso de los hongos en fresco y en seco

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico utilizando el proceso de pequeñas muestras (t de Student) para determinar si existían diferencias significativas entre tratamientos a los niveles de 0.05 y 0.01.

## 2.5 Espacios

El Laboratorio de Micro propagación donde se realizó este trabajo, contempla los siguientes espacios:

- Zona de preparación de medios de cultivo.
- Zona de propagación.
- Zona de preparación de sustratos.

- Zona de cultivo.

## 2.6 Medios de cultivo

Para el proceso de reproducción del micelio se empleó maíz pelado y cocido (considerado como el nutriente **n**); para la fase de cultivo, se utilizaron calcha de maíz, bagazo de caña de azúcar, acícula de pino (en estado puro) y mezclas de 50 – 50 de dos componentes como sustratos de experimentación.

El experimento tuvo una duración aproximada de 8 meses, desde el aislamiento de esporas hasta la cosecha inicial (más o menos la producción de 2 meses).

Los tratamientos se identificaron de acuerdo al sustrato en estudio, de la siguiente manera:

- **T1:** Acícula de pino.
- **T2:** Bagazo de maíz.
- **T3:** Bagazo de caña.
- **T4:** Acícula de pino + nutriente (maíz pelado y cocinado).
- **T5:** Bagazo de maíz + nutriente (maíz pelado y cocinado).
- **T6:** Bagazo de caña + nutriente (maíz pelado y cocinado).
- **T7:** Acícula de pino (50%) + Bagazo de maíz (50%) + nutriente.
- **T8:** Acícula de pino (50%) + Bagazo de caña (50%) + nutriente.
- **T9:** Bagazo de maíz (50%) + Bagazo de caña (50%) + nutriente.

En cada muestra de los tratamientos se aplicaron 240 gramos de micelio por  $\frac{1}{2}$  kilogramo de sustrato. El nutriente que se utilizó en los tratamientos T4 a T9 fue el maíz pelado y cocido (con azúcar) en una proporción de una (1) libra por muestra (funda).

Como cada estante tenía 4 niveles, no se utilizó el nivel superior y solo se trabajó en los 3 niveles subsiguientes para ubicar las repeticiones, siendo el nivel más alto de 6 estantes para la repetición 1, el nivel intermedio de los 6 estantes para la repetición 2 y el nivel inferior de los mismos estantes para la repetición 3. En cada estante y nivel se

colocaron 9 muestras al azar (1 por tratamiento) debidamente identificadas, dando un total de 162 muestras.

## **2.7 Variables a evaluar**

Durante el periodo de investigación se tomaron los datos correspondientes al crecimiento miceliar cada 15 días para determinar el progreso en cada uno de los sustratos. Igualmente, se hizo el análisis de producción por peso para valorar la actividad biológica, durante 2 cosechas.

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos por Calderón (2002), Álvarez y Rivera (2003), Peña y Serrano (2006), fueron tomados como referencia del proceso de crecimiento y rendimiento sobre acículas de pino, empleando adicionalmente Peróxido de hidrógeno en la desinfección del sustrato. La metodología utilizada en el desarrollo de este trabajo tiene fundamento científico experimental, que contiene una relación teórica práctica.

Como se indicó, en el desarrollo de este trabajo se aplicó un diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (BCA), con 9 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento y 6 muestras (fundas) por repetición, dando un total de 162 fundas, que fueron ubicadas aleatoriamente en los estantes centrales del laboratorio de Biotecnología, en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay. Los datos recopilados durante el ensayo se encuentran en los correspondientes anexos.

Las medidas que se tomaron referentes a la densidad y crecimiento, en todo el tiempo que duró la investigación (Ver Anexo 1), dieron los resultados en promedio, que se observan en la Tabla 3:

**Tabla 3:** Resumen de la densidad y crecimiento micelial a los 65 días de siembra

|           | C.M.* | D.** | C.M.* | D.** | C.M.* | D.** | C.M.*<br>Promedio | D.**<br>Promedio |
|-----------|-------|------|-------|------|-------|------|-------------------|------------------|
| A         | 2     | 4    | 2     | 4    | 2     | 4    | 2                 | 4                |
| B         | 4     | 4    | 4     | 4    | 4     | 4    | 4                 | 4                |
| C         | 4     | 4    | 4     | 3    | 4     | 4    | 4                 | 4                |
| A + n     | 4     | 4    | 4     | 4    | 4     | 4    | 4                 | 4                |
| B + n     | 4     | 4    | 4     | 4    | 4     | 3    | 4                 | 4                |
| C + n     | 3     | 3    | 3     | 3    | 3     | 4    | 3                 | 3                |
| A + C + n | 4     | 3    | 4     | 4    | 3     | 4    | 4                 | 4                |
| A + B + n | 4     | 4    | 4     | 4    | 4     | 4    | 4                 | 4                |
| C + B + n | 4     | 4    | 4     | 4    | 3     | 4    | 4                 | 4                |

A = Acícula de pino. B = Bagazo de caña. C = Bagazo de maíz. n = nutriente

\*Crecimiento miceliar: Se consideró de acuerdo al llenado de la funda, así:

- 1 corresponde a  $\frac{1}{4}$  de funda.
- 2 corresponde a  $\frac{1}{2}$  de funda.
- 3 corresponde a  $\frac{3}{4}$  de funda.
- 4 corresponde al llenado total de la funda.

\*\*Densidad miceliar: Se tomó en cuenta el desarrollo de las estructuras fungosas

- 1 = 25% DSA Desarrollo de una fina capa algodonosa.
- 2 = 50% la capa algodonosa presenta un aspecto más compacto.
- 3 = 75% comienzan a evidenciarse las estructuras fungosas.
- 4 = 100% se presenta un micelio blanco con formación de nódulos.

Como puede verse, el sustrato Acícula de pino mostró un deficiente crecimiento miceliar con respecto a los demás tratamientos, posiblemente debido a que el sustrato no proporciona un medio adecuado para el desarrollo del micelio, produciéndose nódulos a partir de la tercera semana de siembra, mientras el bagazo de maíz más el nutriente se comportó en forma intermedia. En los demás tratamientos el crecimiento fue completo.

Por tanto, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que los diferentes sustratos se comportan de manera similar en la reproducción del *Pleurotus ostreatus*. Sin embargo, podría afirmarse que el sustrato más pobre es la Acícula, pudiéndose potenciar con la mezcla con otro sustrato.

Haciendo referencia a los rendimientos obtenidos en peso fresco y en peso seco, se procedió a tomar los datos correspondientes (Ver Anexo 2), los cuales arrojaron los resultados promedios que se muestran en la Tabla 4:

**Tabla 4:** Rendimiento de los diferentes tratamientos, en peso fresco y en peso seco

| Tratamiento | Sustrato | Peso Fresco<br>(P.F.) (grs.) | Peso Seco<br>(P.S.) (grs.) | %<br>P.S./P.F. |
|-------------|----------|------------------------------|----------------------------|----------------|
| T1          | A        | -                            | -                          | -              |
| T2          | C        | 36.68                        | 6.39                       | 17.4           |
| T3          | B        | 39.01                        | 5.05                       | 12.9           |

|           |                  |       |       |      |
|-----------|------------------|-------|-------|------|
| <b>T4</b> | <b>A + n</b>     | 27.26 | 5.29  | 19.4 |
| <b>T5</b> | <b>C + n</b>     | 48.75 | 8.83  | 18.1 |
| <b>T6</b> | <b>B + n</b>     | 44.40 | 9.24  | 20.8 |
| <b>T7</b> | <b>A + C + n</b> | 33.17 | 7.70  | 23.2 |
| <b>T8</b> | <b>A + B + n</b> | 25.85 | 6.35  | 24.6 |
| <b>T9</b> | <b>B + C + n</b> | 63.53 | 10.68 | 16.8 |

A = Acícula de pino. B = Bagazo de caña. C = Bagazo de maíz. n = nutriente

Hay que aclarar que el tratamiento **T1** (Acícula de pino sola), no se mostró como un medio adecuado para la fructificación del micelio, ya que en apenas 2 de las 18 fundas preparadas se pudo observar un desarrollo, con rendimientos productivos muy bajos. Por tanto, este tratamiento no fue considerado para el análisis final, por la poca disponibilidad de las repeticiones.

Como puede verse, los mejores resultados se obtuvieron con las mezclas donde intervinieron bagazo de caña (**B**) y/o bagazo de maíz (**C**) más el nutriente (**n**), siendo el más productivo el que conjugaba en su mezcla **B + C + n**; mientras, los de menor producción fueron aquellos que contenían dentro del sustrato acícula de pino. Los sustratos **B** y **C**, se comportaron en forma intermedia.

Lo anterior corrobora lo que otros investigadores habían encontrado, en el sentido de que el bagazo de caña y el bagazo de maíz son, hasta ahora, los mejores sustratos para la producción de hongos, debido quizás al contenido de azúcares y a la retención de humedad que impulsa al desarrollo del micelio y a una mayor producción.

Es importante anotar que al adicionar un nutriente (**n**) a los sustratos estos se potencializaron, ya que es notorio su incremento en la producción con respecto a los sustratos puros.

En cuanto a los rendimientos en peso seco, es decir después de haberse deshidratado el producto fresco, se puede indicar que hay una fluctuación entre un 12.9 y un 24.6% del peso fresco, manteniéndose una tendencia similar a lo anotado sobre la producción, en general. (Ver Anexo 3).

Para corroborar o rechazar lo manifestado en los puntos anteriores, se procedió a realizar un análisis estadístico de pequeñas muestras, utilizando la prueba “t de Student”, a niveles de significación de 0.05 y 0.01. (Ver Anexo 4). Para el efecto, se reunieron los resultados obtenidos donde participaban cada uno de los sustratos, solos o en mezclas, considerando el peso fresco.

Los resultados correspondientes pueden observarse en la Tabla 5, a continuación:

**Tabla 5:** Promedio de los rendimientos de los sustratos solos o en mezclas, en peso fresco, sometidos a la prueba “t”

| SUSTRATOS | A     | B     | C     |
|-----------|-------|-------|-------|
| + A       | -     | 25.85 | 33.17 |
| + n       | 27.26 | 44.40 | 48.75 |
| + B       | 25.85 | 39.01 | 63.53 |
| + C       | 33.17 | 63.53 | 36.68 |

A = Acícula de pino. B = Bagazo de caña. C = Bagazo de maíz. n = nutriente

Según el análisis estadístico, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos que incluyeron Bagazo de caña (**B**) con los que tuvieron dentro del sustrato la Acícula de pino (**A**).

Igual situación se presentó entre los tratamientos que incluyeron Bagazo de maíz (**C**) con los que tenían Acícula de pino (**A**). Es decir, hay diferencias significativas entre ellos.

Mientras tanto, los resultados indican que los tratamientos que tuvieron dentro de sus sustratos al Bagazo de caña (**B**) y al Bagazo de maíz (**C**) no presentaron diferencias estadísticas, siendo los más productivos.

Estos resultados confirman lo anotado anteriormente donde se manifiesta que tanto el Bagazo de caña (**B**), como el Bagazo de maíz (**C**) son los mejores sustratos para la producción del *Pleurotus ostreatus*, siendo su mezcla la más productiva.

La acícula de pino, siendo un sustrato bastante económico, deja mucho que desear con respecto a los otros sustratos investigados, debido muy posiblemente a sus condiciones estructurales que no le permiten la retención de humedad ni de nutrientes, semejando a la arena sin presencia de microporos para la retención. Por ello, muestra los más bajos rendimientos.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al finalizar este trabajo podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los hongos comestibles presentan características organolépticas y nutritivas que los hacen un componente importante de la dieta alimenticia y con usos medicinales. Para su producción a nivel de finca, se adaptan a múltiples sustratos, los mismos que pueden combinar elementos presentes en la finca como son los desechos de cosecha y residuos orgánicos.
2. En este ensayo se probaron tres sustratos base (Acícula de pino, bagazo de caña y calcha de maíz), los mismos que fueron mezclados con maíz pelado y cocido (como nutriente), generando seis sustratos adicionales.
3. Una vez analizados los resultados de las variables: crecimiento y densidad miceliar, producción en fresco y en seco, se determinó que el tratamiento T9 (Bagazo de caña + calcha de maíz + nutriente) es el que alcanza los mejores rendimientos para las variables analizadas.
4. El tratamiento que menor rendimiento alcanzó es el de Acículas de pino, que si bien favorece el desarrollo inicial del micelio, no reúne las condiciones nutritivas para garantizar el crecimiento del hongo en este sustrato.
5. De acuerdo al análisis económico, esta actividad podría generar una plaza de trabajo fija y una a tiempo parcial, dando una ganancia neta de unos U.S. \$ 420.00 por cosecha/mes. (Ver Anexo 5).

Las recomendaciones que se derivan del presente trabajo son:

1. La utilización de la acícula de pino hasta en un 25% en mezclas con los sustratos más eficientes, proporciona aireación a la mezcla; de esta manera se obtendría humedad, energía y aireación, dando mejores condiciones para la expansión del micelio.

2. Para la preparación de cualquier sustrato es imprescindible el uso de maíz pelado y cocido (mote), insumo que ha demostrado su eficiencia como nutriente para el desarrollo óptimo de este hongo.
3. Es importante que se consolide la transferencia de esta tecnología a los pequeños agricultores, quienes en sus fincas tienen los componentes o sustratos (Bagazo de caña, calcha de maíz, acículas de pino) para desarrollar una actividad productiva de bajo impacto ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Bibliograficas:

- ALBERTÓ, E. Producción de Hongos Comestibles: Cultivo de *Pleurotus Ostreatus*. Buenos Aires.
- ALVAREZ, S. y RIVERA, F. 2003. Respuesta del Hongo *Pleurotus ostreatus* a Tres Sustratos de Crecimiento y Dos Niveles de Fertilización Química en Invernadero. Universidad del Azuay. Cuenca, 2003.
- CALDERÓN J. 2002 **Título del artículo** REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY N° 29.
- CARDONA, F. 2001 Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. En: CRÓNICA FORESTAL Y DEL MEDIO AMBIENTE No. 16, 2001. Medellín, Colombia.
- GARCÍA-ROLLÁN, M. 1991. Cultivo de setas y trufas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 174 pp.
- MAROTO, J.V. 1995. Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- MEDINA, T., ALVARADO, D. y DÍAZ, M. 1999. Producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*; un ensayo preliminar. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Edo. de México.
- PEÑA, J. y SERRANO, F. 2006. Respuesta del Hongo *Pleurotus ostreatus* a Dos Métodos de Desinfección y Tres Sustratos de Crecimiento en Forma Vertical. Universidad del Azuay. Cuenca, 2006.
- RAMOS, I. 1999. Cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre materiales residuales de cacao previa fermentación en estado sólido.
- RUSH W. 2000. Cultivando Hongos de Manera Fácil (*Cultivo de Hongos en el Hogar con Peróxido de Hidrógeno*). Volumen I-II. Registro de propiedad literaria 2000.

**Referencias Electrónicas:**

- <http://www.infoagro.com/forestales/setas2> **El Cultivo Industrial De Las Setas.htm**, , 05 de mayo de 2008.
- [www.leben.com.mx/p\\_propiedades.htm](http://www.leben.com.mx/p_propiedades.htm) **El cultivo de los hongos.** 10 de mayo de 2008.
- (<http://www.geocities.com/Rainforest/Andes/1930/cultivo.html>), **Las setas.** 08 de mayo de 2008.
- <http://verne.cuao.edu.co> **Múltiples sustratos en hongos.** 18 de mayo de 2008.

**Anexo 1**  
**Crecimiento y densidad miceliar en diferentes fechas del ensayo**

|       | FECHA    | GRUPO 3 |       | GRUPO 8 |       | GRUPO 9 |       |
|-------|----------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|       |          | CREC.   | DENS. | CREC.   | DENS. | CREC.   | DENS. |
|       | 21/11/08 |         |       |         |       |         |       |
| A     |          | 1       | 1     | 1       | 2     | 1       | 2     |
| B     |          | 2       | 2     | 2       | 2     | 3       | 2     |
| C     |          | 3       | 2     | 3       | 2     | 1       | 2     |
| A+n   |          | 3       | 2     | 3       | 2     | 2       | 2     |
| B+n   |          | 3       | 2     | 2       | 2     | 1       | 2     |
| C+n   |          | 2       | 2     | 2       | 2     | 1       | 2     |
| A+C+n |          | 3       | 2     | 2       | 2     | 1       | 2     |
| A+B+n |          | 3       | 2     | 3       | 2     | 1       | 2     |
| C+B+n |          | 3       | 2     | 3       | 2     | 1       | 2     |
|       | 28/11/08 |         |       |         |       |         |       |
| A     |          | 1       | 4     | 1       | 4     | 1       | 4     |
| B     |          | 4       | 2     | 4       | 2     | 4       | 2     |
| C     |          | 3       | 2     | 4       | 2     | 4       | 2     |
| A+n   |          | 3       | 2     | 4       | 3     | 4       | 2     |
| B+n   |          | 3       | 2     | 3       | 3     | 3       | 2     |
| C+n   |          | 2       | 2     | 2       | 2     | 2       | 2     |
| A+C+n |          | 3       | 2     | 3       | 2     | 3       | 2     |
| A+B+n |          | 3       | 2     | 4       | 2     | 4       | 3     |
| C+B+n |          | 3       | 2     | 3       | 2     | 3       | 2     |
|       | 05/12/08 |         |       |         |       |         |       |
| A     |          | 2       | 4     | 1       | 4     | 1       | 4     |
| B     |          | 4       | 4     | 4       | 2     | 4       | 4     |
| C     |          | 4       | 3     | 4       | 2     | 4       | 3     |
| A+n   |          | 4       | 3     | 4       | 3     | 4       | 3     |
| B+n   |          | 4       | 3     | 3       | 3     | 3       | 2     |
| C+n   |          | 3       | 2     | 2       | 2     | 2       | 2     |
| A+C+n |          | 4       | 2     | 4       | 2     | 3       | 2     |
| A+B+n |          | 4       | 2     | 4       | 2     | 4       | 4     |
| C+B+n |          | 3       | 2     | 4       | 2     | 3       | 2     |
|       | 12/12/08 |         |       |         |       |         |       |
| A     |          | 2       | 4     | 2       | 4     | 1       | 4     |
| B     |          | 4       | 4     | 4       | 3     | 4       | 4     |
| C     |          | 4       | 3     | 4       | 2     | 4       | 3     |
| A+n   |          | 4       | 3     | 4       | 4     | 4       | 3     |

|           |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|---|---|
| B + n     | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| C + n     | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| A + C + n | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 |
| A + B + n | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| C + B + n | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 19/12/08  |   |   |   |   |   |   |
| A         | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| B         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| C         | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| A + n     | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| B + n     | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| C + n     | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| A + C + n | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| A + B + n | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| C + B + n | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 05/01/09  |   |   |   |   |   |   |
| A         | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| B         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| C         | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| A + n     | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| B + n     | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| C + n     | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| A + C + n | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| A + B + n | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| C + B + n | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |

A = Acícula de pino. B = Bagazo de caña. C = Bagazo de maíz. n = nutriente

#### DENSIDAD Y CRECIMIENTO MICELIAR

Para establecer el crecimiento y densidad micelial, se estableció la siguiente escala:

##### DENSIDAD MICELIAR

- 1= 25% DSA Desarrollo de una fina capa algodonosa
- 2= 50% la capa algodonoso presenta un aspecto más compacto
- 3= 75% comienza a evidenciarse las estructuras fungosas
- 4= 100% se presenta un micelio blanco con formación de nódulos

##### CRECIMIENTO

- ¼ de la funda
- ½ de la funda
- ¾ de la funda
- Funda completa

**Anexo 2**  
**Rendimiento de los diferentes tratamientos, en peso fresco y en peso seco**

| A + n     | peso fresco | peso seco  | A + n       |       |
|-----------|-------------|------------|-------------|-------|
| 3005      |             | 5,24       | Peso fresco | 27,26 |
| 8019      |             | 7,97       | Peso seco   | 5,29  |
| 5025      |             | 1,96       |             |       |
| 6003      | 27,82       | 10,96      |             |       |
| 5027      | 35,1        | 6,02       |             |       |
| 7009      |             | 4,28       |             |       |
| 9021      |             | 3,41       |             |       |
| 2021      | 15,15       | 2,36       |             |       |
| 8008      | 25,42       | 4,51       |             |       |
| 8019      | 19          | 4,76       |             |       |
| 1004      | 41,1        | 6,7        |             |       |
| Media     | 27,265      | 5,28818182 |             |       |
|           |             |            |             |       |
| A + C + n |             |            | A + C + n   |       |
| 2004      |             | 13,86      | Peso fresco | 33,17 |
| 5024      |             | 13,98      | Peso seco   | 7,70  |
| 4007      |             | 13,34      |             |       |
| 4008      | 25,57       | 9,33       |             |       |
| 5024      | 21,81       | 5,74       |             |       |
| 4007      | 14,09       | 10,88      |             |       |
| 2023      |             | 7,97       |             |       |
| 4017      |             | 9,96       |             |       |
| 8001      |             | 18,03      |             |       |
| 5026      |             | 8,44       |             |       |
| 8016      | 89,5        | 8,16       |             |       |
| 9018      | 21,7        | 2,84       |             |       |
| 9018      | 26,4        | 6,35       |             |       |
| 1018      | 37,28       | 12,24      |             |       |
| 8001      | 18,4        | 2,8        |             |       |
| 8016      | 21,9        | 2,55       |             |       |
| 2004      | 26,3        | 4          |             |       |
| 5015      | 26          | 3,3        |             |       |
| 4007      | 30          | 3,51       |             |       |
| 4008      | 48,8        | 5,02       |             |       |

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| 1018  | 26,9       | 5,23       |
| 2023  | 66,35      | 8,38       |
| 8016  | 15,26      | 2,28       |
| 6018  | 47,6       | 6,6        |
| Media | 33,1682353 | 7,69958333 |

## B + n

|       |        |            |
|-------|--------|------------|
| 3013  |        | 15,53      |
| 8018  |        | 10         |
| 8020  | 25,23  | 6,08       |
| 9002  | 23,1   |            |
| 8013  |        | 12,19      |
| 4012  |        | 8,26       |
| 1021  | 18,06  | 14,5       |
| 3001  |        | 11,49      |
| 8018  | 16,37  | 8,503      |
| 3001  | 59,88  | 19,05      |
| 8020  | 10,63  | 6,84       |
| 1020  | 93,79  | 15,81      |
| 1027  | 22,1   | 5,95       |
| 2003  | 107,51 | 13,1       |
| 4025  | 30,75  | 2,97       |
| 4018  | 21     | 2,39       |
| 5009  | 30,8   | 3,6        |
| 2003  | 51,17  | 4,78       |
| Media | 44,4   | 9,24521429 |

## B + n

|             |       |
|-------------|-------|
| Peso fresco | 44,40 |
| Peso seco   | 9,24  |

## B

|       |            |       |
|-------|------------|-------|
| 7019  | 94,8       |       |
| 5016  | 38,12      | 18,6  |
| 4004  | 42,4       |       |
| 6008  | 36,01      | 9,65  |
| 2009  | 39,9       | 5,2   |
| 4003  | 37         | 9,65  |
| 4003  | 35,4       | 4,2   |
| 5001  | 46,5       | 3,8   |
| 6006  | 58,2       | 6,4   |
| 6008  | 11,3       | 2,77  |
| 2009  | 20         | 3,34  |
| 1024  | 24,3       | 2,72  |
| 6006  | 23,26      | 2,76  |
| media | 39,0146154 | 5,049 |

## B

|             |       |
|-------------|-------|
| Peso fresco | 39,01 |
| peso seco   | 5,05  |

|           |          |            |             |       |
|-----------|----------|------------|-------------|-------|
| C + B + n |          |            | C + B + n   |       |
| 8015      |          | 9,9        | Peso fresco | 63,53 |
| 6014      |          | 17         | Peso seco   | 10,68 |
| 3017      |          | 1,8        |             |       |
| 8015      | 95,9     | 10,7       |             |       |
| 9001      | 37,39    | 7,66       |             |       |
| 5022      | 34,79    | 10,91      |             |       |
| 6012      | 150,52   | 17,1       |             |       |
| 8015      | 18,15    | 13,08      |             |       |
| 5022      | 86       | 15,17      |             |       |
| 4011      | 67,9     | 25,85      |             |       |
| 1003      | 136,35   | 22,95      |             |       |
| 6012      | 34,73    | 11,84      |             |       |
| 9023      | 30       | 7,7        |             |       |
| 8010      | 90       | 10         |             |       |
| 6014      | 100,3    | 10         |             |       |
| 9001      | 62,2     | 11,3       |             |       |
| 4024      | 51,06    | 8,7        |             |       |
| 7013      | 124,2    | 14,3       |             |       |
| 5019      | 83       | 11,34      |             |       |
| 5022      | 19,1     | 2,08       |             |       |
| 1003      | 41       | 5,82       |             |       |
| 1014      | 70       | 10,13      |             |       |
| 5021      | 26,7     | 3,84       |             |       |
| 3024      | 58,2     | 10,9       |             |       |
| 6014      | 18,32    | 2,36       |             |       |
| 4011      | 26       | 4,38       |             |       |
| 1022      | 63       | 11,6       |             |       |
| media     | 63,53375 | 10,6818519 |             |       |
| A + B + n |          |            | A + B + n   |       |
| 8003      |          | 8,64       | Peso fresco | 25,85 |
| 2010      |          | 12,3       | Peso seco   | 6,35  |
| 8003      | 10,83    | 3,03       |             |       |
| 1026      |          | 10,22      |             |       |
| 4014      | 53,9     | 8,17       |             |       |
| 6015      | 34,1     | 11,05      |             |       |
| 5008      | 33,6     | 8,45       |             |       |
| 3004      | 15,72    | 6,6        |             |       |
| 1026      | 29,46    | 5,75       |             |       |
| 9025      | 45,2     | 7,62       |             |       |
| 3006      | 21       | 4,2        |             |       |
| 6013      | 17,8     | 2,22       |             |       |

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| 3021  | 20,4       | 2,45       |
| 4014  | 38,1       | 4,6        |
| 6015  | 27         | 3,63       |
| 1025  | 18,4       | 3,64       |
| 6023  | 27         | 3,34       |
| 6023  | 14,58      | 8,7        |
| 6001  | 17,59      | 2,35       |
| 6001  | 14,88      | 1,14       |
| 6001  |            | 15,22      |
| media | 25,8564706 | 6,34857143 |

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| C     |            |            |
| 1009  |            | 9,9        |
| 2016  |            | 10,33      |
| 4014  |            | 12,06      |
| 1002  | 78,98      | 9,15       |
| 2016  |            | 9,81       |
| 9012  | 39,4       | 9,49       |
| 3023  | 53,2       | 6,39       |
| 6024  | 47,23      | 11,55      |
| 8009  | 15,74      | 7,07       |
| 2001  | 32         | 5,2        |
| 7025  | 30,82      | 4,53       |
| 6024  | 19,7       | 1,8        |
| 3002  | 35         | 6          |
| 2016  | 23,3       | 5,06       |
| 1002  | 28,3       | 3          |
| 2001  | 25,1       | 2,1        |
| 7025  | 55         | 5,53       |
| 3023  | 10,75      | 1,36       |
| 5007  | 28,6       | 3,9        |
| 4007  | 14         | 1,33       |
| 6002  | 86,5       | 8,6        |
| Media | 36,6835294 | 6,38857143 |

|             |       |
|-------------|-------|
| C           |       |
| Peso fresco | 36,68 |
| Peso seco   | 6,39  |

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| C + n |       |       |
| 6007  | 25,99 | 14,63 |
| 2018  | 72,11 | 21,93 |
| 4001  | 80,4  | 18,88 |
| 6019  | 125,1 | 18,28 |
| 6007  | 27,3  | 3,65  |
| 4001  | 16,27 | 1,84  |
| 3026  | 32,1  | 3,78  |

|             |       |
|-------------|-------|
| C + n       |       |
| Peso fresco | 48,75 |
| Peso seco   | 8,83  |

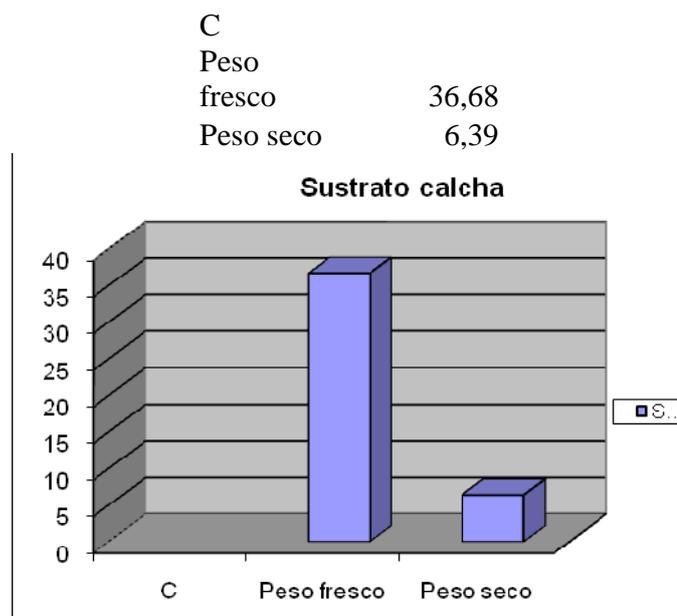
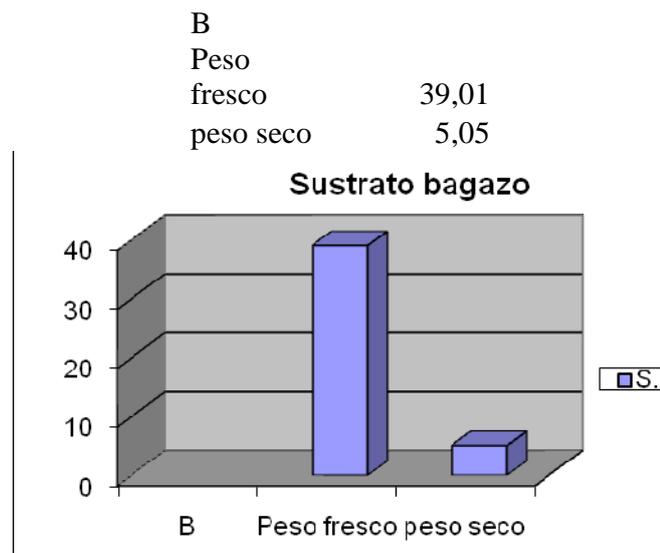
|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| 1012  | 14,1       | 1,74       |
| 1011  | 43         | 8,25       |
| 6019  | 43,1       | 7,08       |
| 5013  | 70         | 9,24       |
| 3026  | 14,18      | 2,11       |
| 5003  | 16,5       | 1,8        |
| 6004  | 102,4      | 10,4       |
| Media | 48,7535714 | 8,82928571 |

A

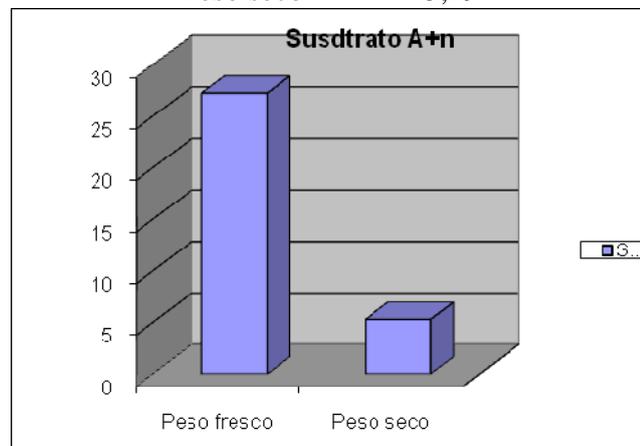
|      |      |      |
|------|------|------|
| 2006 | 4,69 | 2,04 |
| 2006 | 15,7 | 2,37 |

A = Acícula de pino. B = Bagazo de caña. C = Bagazo de maíz. n = nutriente

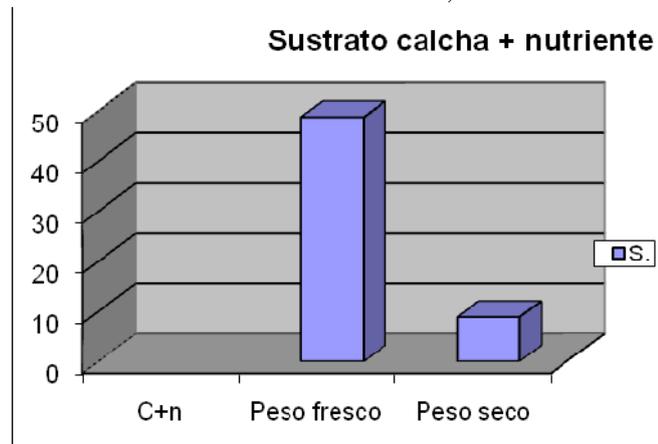
**Anexo 3**  
**Comparación del peso fresco con peso seco en los diferentes sustratos (gráficos)**



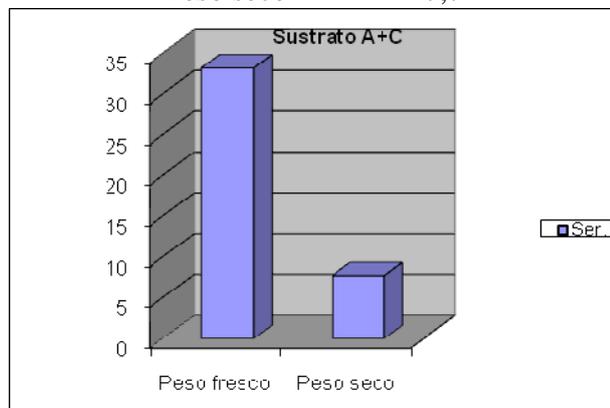
A + n  
Peso fresco 27,26  
Peso seco 5,29



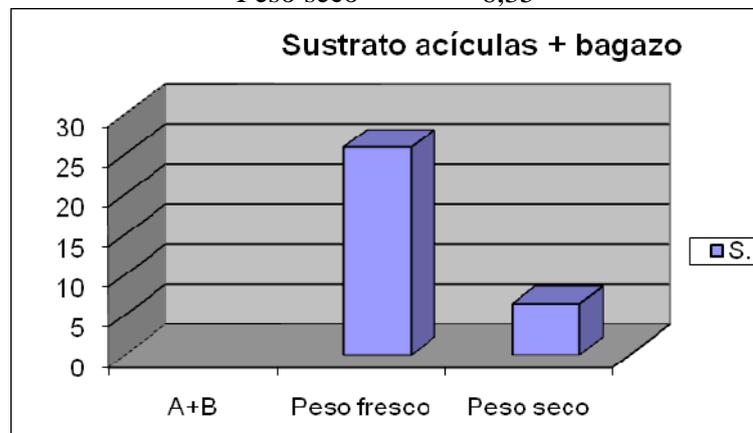
C + n  
Peso fresco 48,75  
Peso seco 8,83



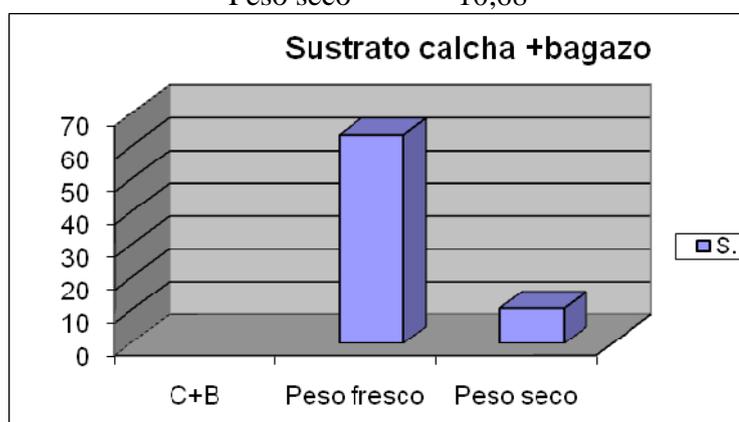
A + C + n  
 Peso fresco 33,17  
 Peso seco 7,7



A + B + n  
 Peso fresco 25,85  
 Peso seco 6,35



C + B + n  
Peso  
fresco 63,53  
Peso seco 10,68



**Anexo 4**  
**Análisis estadístico de los resultados en base a la prueba “t” de Student**

$t_{t .95} = 1,64$  para más de 120 grados de libertad.

$t_{t .99} = 2.33$  para más de 120 grados de libertad.

$t_c (\mathbf{A B}) = 7.62$  para 124 grados de libertad.

$t_c (\mathbf{A C}) = 10.02$  para 142 grados de libertad.

$t_c (\mathbf{B C}) = 0.43$  para 142 grados de libertad.

$t_t$  = Valor de la t de tabla.

$t_c$  = Valor de la t calculada.

**Anexo 5**  
**Análisis Económico de la Producción de Hongos**

| <b>INSUMOS</b>                    | <b>COSTOS U.S.D.</b> |
|-----------------------------------|----------------------|
| Bagazo de caña                    | 50                   |
| Bagazo de maíz                    | 25                   |
| Acícula de pino                   | 25                   |
| Maíz pelado                       | 35                   |
| Gas                               | 20                   |
| Electricidad                      | 10                   |
| Agua                              | 5                    |
| Varios                            | 10                   |
| Mano de obra                      | 200                  |
| <b>TOTAL COSTOS</b>               | <b>380</b>           |
|                                   |                      |
| <b>Producción</b>                 | 40 kg/mes            |
| <b>Precio de venta (U.S.D.)</b>   | 20/kg                |
| <b>Total Ingreso/mes (U.S.D.)</b> | 800                  |
| <b>Ganancia neta/mes (U.S.D.)</b> | <b>420</b>           |