



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**RESPUESTA DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* A DOS MÉTODOS DE
DESINFECCIÓN Y TRES SUSTRATOS DE CRECIMIENTO EN FORMA
VERTICAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

**AUTORES: JOAQUIN ANTONIO PEÑA BERNAL
FRANKLIN OSWALDO SERRANO MARTÍNEZ**

DIRECTOR: DR. JUAN CALDERÓN MACHUCA

**CUENCA – ECUADOR
2006**

DEDICATORIA

A mis padres Antonino y Socorro; hermanos, Lorena, Rosita y Alfonso, por el incentivo, apoyo incondicional y comprensión en todo los momentos vividos como estudiante, compañero y líder estudiantil.

Joaquín Antonio

DEDICATORIA

A mis padres Isidro y Victoria quienes me supieron dar todo el apoyo que necesité durante estos años de estudios universitarios, así como también a mis hermanos y amigos que me brindaron sus consejos cuando los necesité.

“Ser siempre: Hoy mejor que ayer y mañana mejor que nunca”

Franklin Oswaldo

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarnos salud y capacidad intelectual, a nuestros padres por ofrecernos la posibilidad de estudiar sin condición alguna. A la Facultad de Ciencia y Tecnología, a su personal administrativo, a nuestros profesores y de manera especial al Doctor Juan Calderón Machuca, Director de Tesis, por habernos sabido impartir conocimientos técnicos y valores de ética y moral, muy valiosos para nuestras vidas tanto personal como profesional. A todos nuestros compañeros y buenos amigos de la Universidad del Azuay, que con su confianza y lealtad han enriquecido el sentido de la amistad y trabajo por el bien común.

**Joaquín Antonio
Franklin Oswaldo**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Índice de Contenidos.....	v
Lista de Ilustraciones y Cuadros.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Introducción.....	1
Objetivos Específicos.....	3
Capítulo 1: Revisión de literatura.....	4
1.1 Clasificación Taxonómica.....	4
1.2 Características Generales de <i>Pleurotus ostreatus</i>	4
1.3 Propiedades Nutricionales.....	5
1.3.1 Carbohidratos.....	5
1.3.2 Proteínas.....	5
1.3.3 Lípidos.....	5
1.3.4 Vitaminas.....	6
1.3.5 Minerales.....	6
1.3.6 Valor Energéticos de las Setas.....	7
1.4 Propiedades Medicinales.....	7
1.4.1 Control del colesterol.....	7
1.4.2 Efecto antitumoral.....	8
1.4.3 Efecto antiviral.....	8
1.4.4 Efecto antiinflamatorio.....	9
1.4.5 Efecto hepatoprotector.....	9
1.4.6 Efecto antihipertensión.....	10
1.4.7 Efecto antioxidante.....	10
1.5 Sustratos.....	10
1.5.1 Cultivo en materiales de desecho de la agroindustria.....	11
1.5.1.1 Caña de azúcar.....	11

1.5.1.2 Maíz.....	12
1.6 Métodos de desinfección.....	14
1.6.1 Pasteurización o autoclavado.....	14
1.6.2 Peróxido de Hidrógeno.....	15
1.7 Producción.....	16
Capítulo 2: Materiales y métodos.....	19
2.1 Descripción de sitio de estudio.....	19
2.2 Trabajo de Laboratorio.....	19
2.2.1 Producción de semilla (micelio).....	19
2.2.2 Desinfección de sustratos.....	20
2.2.3 Siembra.....	23
2.3 Trabajo de campo.....	24
2.4 Toma de datos de hongos cosechados.....	26
2.5 Análisis estadístico.....	27
Capítulo 3: Resultados y Discusión.....	28
3.1 Resultados.....	28
3.1.1 Primera Cosecha.....	31
3.1.2 Segunda Cosecha.....	32
3.1.3 Tercera Cosecha.....	32
3.1.4 Todas las cosechas.....	33
3.1.5 Análisis Bromatológico y Microbiológico.....	33
3.2 Discusión.....	33
Conclusiones.....	41
Recomendaciones.....	42
Referencias bibliográficas.....	43
Anexos.....	45

Listado de Ilustraciones y Cuadros

Diagrama 1: Esquema de tratamientos y sustratos empleados en la reproducción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
Gráfico 1: Dispersión de micelio por todo el sustrato en la funda.....	24
Cuadro 1: Análisis ANDEVA de la variable peso primera cosecha.....	29
Cuadro 2: Análisis ANDEVA de la variable número de brotes primera cosecha.....	29
Cuadro 3: Análisis ANDEVA de la variable peso segunda cosecha.....	29
Cuadro 4: Análisis ANDEVA de la variable número de hongos segunda cosecha...	30
Cuadro 5: Análisis ANDEVA de la variable peso tercera cosecha.....	30
Cuadro 6: Análisis ANDEVA de la variable número de brotes tercera cosecha.....	30
Cuadro 7: Análisis ANDEVA de la variable número de hongos tercera cosecha.....	30
Cuadro 8: Análisis ANDEVA de la variable número de hongos total cosechas.....	31
Cuadro 9: Análisis ANDEVA de la variable número de brotes total cosechas.....	31
Tabla 1: Análisis ANDEVA. Comparación entre los seis tratamientos de producción del <i>P. ostreatus</i> para la primera, segunda y tercera cosecha y análisis total de las cosechas.....	36
Figura 1: Análisis ANDEVA. Primera cosecha; comparación del peso y número de brotes para seis tratamientos de producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	37
Figura 2: Análisis ANDEVA. Segunda cosecha; comparación del peso y el número de hongos para seis tratamientos de producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	38
Figura 3: Análisis ANDEVA. Tercera cosecha; comparación del peso, número de hongos y número de brotes para seis tratamientos de producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	39

Figura 4: Análisis ANDEVA del total de las cosechas; comparación del número de hongos y número de brotes para seis tratamientos de producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	40
Fotografía 1. Micelio del hongo en crecimiento.....	20
Fotografía 2. Adición de agua en fundas.....	21
Fotografía 3. Materiales para sellado de funda.....	21
Fotografía 4. Autoclave, fundas a ser desinfectas.....	21
Fotografía 5. Colocación de parche de gasa, para adición de peróxido de hidrógeno en contaminaciones puntuales.....	22
Fotografía 6. Calcha de maíz.....	23
Fotografía 7. Bagazo de caña.....	23
Fotografía 8. Sustrato en fundas de Polipropileno.....	23
Fotografía 9. Picado del material.....	23
Fotografía 10. Cámara de Flujo Laminar.....	24
Fotografía 11. Sala de incubación de las fundas sembradas.....	24
Fotografía 12. Brotación de primordios.....	25
Fotografía 13. Invernadero o galpón de producción del hongo.....	25
Fotografía 14. Adecuación del invernadero.....	25
Fotografía 15. Tumbado de plástico y equipo para tomar datos de temperatura y humedad.....	25
Fotografía 16. Descabezado de la funda.....	25
Fotografía 17. Cortes laterales de la funda.....	25
Fotografía 18. Cosecha de los hongos.....	26
Fotografía 19. Hongos cosechados.....	26
Fotografía 20. Toma de datos: Peso.....	26
Fotografía 21. Toma de datos: diámetro y altura.....	27
Fotografía 22. Toma de datos: número de brotes.....	27
Fotografía 23. Toma de datos: número de hongos cosechados.....	27
Fotografía 24. Fundas infectadas con el hongo <i>Aspergillus</i> sp.....	28

RESUMEN

Este estudio tiene como finalidad mejorar los rendimientos de *Pleurotus ostreatus*, disminuir costos de producción mediante la optimización de procesos de desinfección del sustrato y el aprovechamiento de espacios de cultivo.

Los métodos de desinfección fueron: pasteurización, autoclave a 121°C, durante una hora y el sumergido del sustrato durante una, 12 y 24 horas en H₂O₂ al 3% de concentración, en los sustratos de: bagazo de caña de azúcar 100%, calcha de maíz 100% y una mezcla 50-50% de ambos.

El método de desinfección más efectivo fue la pasteurización que determinó un 0% de contaminación inicial a diferencia de las fundas tratadas con H₂O₂ que presentaron 100% de contaminación con *Aspergillus sp.*

El mejor sustrato de crecimiento fue bagazo de caña de azúcar y calcha de maíz.

ABSTRACT

The aim of the present work is to improve the yield of *Pleurotus ostreatus* production, as well as to reduce the production cost by means of improvements of substrate disinfection, and culture surfaces.

There disinfection methods were evaluated: pasteurization, high pressure sterilization (121°C, 1 hour) and substrate immersion, at different time periods (1, 12 and 24 hrs) en a 3% hydrogen peroxide solution. The substrates used were: sugar cone stem (100%) corn stem (100%) and mixture of both substrates (proportion 1:1).

Pasteurization was the most effective disinfection method, reaching a starting contamination percentage of 0. The bags treated with hydrogen peroxide were contaminated with 100% *Aspergillus sp.*

The best growth substratum was sugar cone stem and corn stem.

Peña Bernal Joaquín
Serrano Martínez Franklin
Trabajo de Graduación
Dr. Juan Calderón Machuca
5 de Mayo 2006

**RESPUESTA DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* A DOS MÉTODOS DE
DESINFECCIÓN Y TRES SUSTRATOS DE CRECIMIENTO EN FORMA
VERTICAL**

INTRODUCCIÓN

Los hongos han sido vistos por el común de la gente como organismos perjudiciales para las actividades humanas, son muy recordados por su acción destructiva de estructuras de madera, tejidos, por el deterioro que causan a los alimentos y, de manera especial, por las infecciones que causan en animales y plantas. Sin embargo, su impacto positivo sobrepasa con creces los perjuicios que ocasionan, ya que muchos de ellos forman parte de la vida cotidiana, como por ejemplo las levaduras del pan, las levaduras que producen bebidas tales como el vino, el champagne y la cerveza; así como también, los hongos que son utilizados para elaborar ciertos tipos de quesos (Albertó, 1995).

Otro de los beneficios de los hongos es su capacidad de convertir desechos en alimento humano: generan productos medicinales, como la penicilina, gran cantidad de vitaminas como la Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Vitamina D y demás compuestos del complejo vitamínico B (Babitskatya et al 1999). Los hongos son pobres en grasa y colesterol; se han encontrado en diferentes partes del basidiocarpo proteínas enzimáticas que son capaces de inhibir los niveles de colesterol e indirectamente la arteriosclerosis, la formación de cálculos vesiculares y el crecimiento de células cancerígenas (Gunde y Cimerman, 1995).

Actualmente, existen más de 50 especies de hongos que pueden cultivarse entre las más importantes se encuentran el champiñón *Agaricus bisporus*, el shiitake u hongo japonés *Lentinula edodes* y, la gárgola u hongo ostra *Pleurotus ostreatus*. Es por esto que, en todo el mundo, el cultivo de hongos macroscópicos comestibles es ya una excelente alternativa en la producción de alimentos para el consumo y nutrición del hombre (Chang, 1993; Guzmán et al, 1993).

En los últimos años el cultivo de *P. ostreatus* ha sido una alternativa de producción que tiene un papel importante dentro del contexto de sustentabilidad; posee gran aceptación por ser un alimento apetecible, debido a su fragancia y sabor, nutritivo y con cualidades medicinales. Tecnológicamente, su producción es viable porque los procesos necesarios para su cultivo no son muy costosos ni complejos; además, permiten integrar componentes de desecho en la búsqueda de optimización de recursos, con lo que ofrece una actividad productiva rentable en condiciones industriales y ofrece ingresos adicionales a las familias dedicadas a su producción de manera doméstica.

En Ecuador no se ha valorado la potencialidad ecológica y económica de muchos residuales agrícolas o agroindustriales, que en la mayoría de los casos son quemados o arrojados a los basureros, quebradas, ríos, etc., sin ningún tratamiento previo, lo que contribuye de esta manera a la degradación del ecosistema. Entre las ventajas que ofrece el cultivo de hongos del género *Pleurotus* se destacan: su cultivo en climas tropicales, la simplicidad en la tecnología de producción y la posibilidad de utilizar una amplia gama de sustratos orgánicos, entre ellos, subproductos agrícolas e industriales como la paja de arroz, el bagazo de caña, la pulpa de café, los residuales del cacao, maíz y el pasto seco, entre otros (Bermúdez et al 1994).

El objetivo general de la presente investigación es mejorar los rendimientos de *Pleurotus ostreatus* y disminuir los costos de producción a través de la optimización de los métodos de desinfección del sustrato y el aprovechamiento de los desechos en los diferentes procesos productivos, como es el caso del maíz y la caña de azúcar, por ser éstos cultivos de importancia en la provincia del Azuay. Además de aportar con nuevos avances en el manejo del hongo y de los recursos con los que cuenta el

sector agropecuario del país, para mejorar las condiciones de vida y asegurar la calidad alimentaria, como un complemento más en la dieta diaria.

Objetivos Específicos

Evaluar el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* mediante el cultivo en forma vertical en los sustratos: calcha de maíz, bagazo de caña, mezcla de los sustratos (50 – 50%).

Determinar la efectividad de los dos métodos de desinfección: peróxido de hidrógeno y pasteurización.

Establecer las condiciones para el aprovechamiento de los desechos de maíz y caña de azúcar destinándolos al cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

CAPÍTULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Clasificación Taxonómica

Súper Reino: Eukaryota

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Clase: Homobasidiomycetes

Subclase: Hymenomycetes

Orden: Apyllophorales

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *ostreatus*

Fuente: Cardona, Luis. “Anotación acerca de la bromatología y el cultivo del Hongo *Pleurotus Ostreatus*”. 2001

1.2 Características Generales de *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus, hongo ostra, es un hongo superior macroscópico carnoso, perteneciente al grupo de las setas comestibles, que se asemeja a una ostra -de ahí su nombre común-, también es conocido con los nombres de gírgola, seta de ostra, agerita, pleurota en forma de ostra. Es de color variable entre gris blanquecino a gris azulado, marrón o blanco. Posee esporas blancas, su sombrero de forma de abanico puede alcanzar entre 50 a 150 mm de diámetro en ejemplares adultos (García, 1997). El pie suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Pueden crecer de forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles (www.infoagro.com/forestales/setas.asp). Posee la batería enzimática que permite utilizar cualquier substrato vegetal sin necesidad de realizar una fermentación previa (Albertó 1995).

1.3 Propiedades nutricionales

En general, las especies pertenecientes al género *Pleurotus* resultan particularmente interesantes desde el punto de vista nutricional en función de su contenido de proteína (27 - 48%) en seco, lípidos (2 - 8 %), niveles tolerables de ácidos nucleicos y por la presencia, además, de vitaminas, minerales, fibra dietética, beta glucanos y compuestos con actividad antioxidante (Bermúdez et al 1994).

1.3.1 Carbohidratos

En particular *P. ostreatus* tiene un contenido elevado de carbohidratos de 57% y 14% de fibra cruda, de los cuales el 47% es fibra dietética. Dentro de los carbohidratos que contienen dichos hongos se encuentran pentosas, hexosas, sacarosa, alcohol azúcares, azúcares-ácidos, metil-pentosas y amino azúcares como la quitina (López y Alvarado, 1994).

1.3.2 Proteínas

Los cuerpos fructíferos o setas de los *Pleurotus* son una excelente fuente de proteína de buena calidad. Esto, debido a que en su contenido están presentes todos los aminoácidos esenciales, donde los que predominan son la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 y 30% aunque puede llegar a ser hasta del 40% (Gunde y Cymerman, 1995).

1.3.3 Lípidos

Aunque la fracción de lípidos en este tipo de hongo es poco significativa debido a su escasa cantidad, de 3 al 5% de lípidos en peso seco, *P. ostreatus* contiene desde mono, di y triglicéridos, esteroides, esterolésteres y fosfolípidos, siendo el Ergosterol el más importante. Sin embargo, hay que mencionar que los ácidos grasos son

predominantemente insaturados, de fácil digestión y de naturaleza hipolipidémica (López y Alvarado, 1994).

1.3.4 Vitaminas

Todos los hongos suelen ser una buena fuente de tiamina (Vitamina B1), riboflavina (Vitamina B2), niacina, biotina y ácido ascórbico (Vitamina C). En el caso de *P. ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra entre 4,8 y 7,8 mg 100 g⁻¹, el de riboflavina 4,7 a 4,9 mg 100g⁻¹ y la niacina 55 a 109 mg 100g⁻¹, todo en peso seco (López, 1995).

Los contenidos de ácido ascórbico (Vitamina C) son muy altos, de 36 hasta 58 mg 100g⁻¹ de su peso seco, por lo que pueden ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales. Pueden ser utilizados en el tratamiento del escorbuto, la diabetes, hipoglucemia, cáncer, etc. (Chang et al, 1998). Por otro lado, el contenido de ergosterol es transformado en vitamina D por acción de los rayos de luz UV al ser deshidratados al sol; por lo que las setas deshidratadas de esta forma, son una buena fuente de esta vitamina, muy importante para la absorción de calcio, sobretodo del fosfato de calcio fundamental para el buen desarrollo de huesos y dientes (Chang et al, 1998).

1.3.5 Minerales

Los hongos absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados, por lo general contienen buena cantidad de fósforo y potasio. En el caso de *Pleurotus* se han encontrado buenas cantidades de zinc, cobre, magnesio y fósforo, y una proporción media de hierro, manganeso y potasio (Albertó, 1995).

El calcio, aluminio y sodio se ha encontrado en pequeñas cantidades. También contiene trazas de fósforo, arsénico y mercurio (López y Alvarado, 1994).

1.3.6 Valor energético de las setas

De acuerdo a López y Alvarado (1994) la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* en muestra fresca establece:

Proteínas: 2,8/100 g
Carbohidratos: 4,5/100 g
Grasa: 2,2 %
Fibra: 0,8 %
Humedad: 90.80 %
Fósforo: 0,086 %
Calcio: 0,001 %
Magnesio: 0,15 %
Sodio 0,003 %
Cenizas: 0,70 %

1.4 Propiedades medicinales:

A continuación se detallan algunas propiedades medicinales que presenta este hongo.

1.4.1 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 y aumenta la relación fosfolípidos-colesterol, lo que 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,1991).

Por otro lado, en los cuerpos fructíferos del *P. 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).

1.4.2 Efecto antitumoral

Recientes investigaciones han demostrado que algunas variedades de hongos comestibles, entre ellas *P. ostreatus*, contienen cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral. Es decir que se ha comprobado a nivel de laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores además de prevenir la formación de estos. Seguramente, el mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que posteriormente destruyen las células cancerosas sin ocasionar efectos colaterales al enfermo (Gunde y Cymerman, 1995).

1.4.3 Efecto antiviral

“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” (Gunde y Ciderman 1999).

1.4.4 Efecto antiinflamatorio

Pleurotus sp., posee también propiedades antiinflamatorias. Se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos 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*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cornucopiae* (Gunde y Ciderman 1999). Se ha reportado que estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas.

Otras sustancias importantes con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de las especies de *Pleurotus*. Estos compuestos aromáticos volátiles, compuestos de carbonos en su estructura molecular, son los que originan el aroma y sabor característico que distinguen al hongo ostra. Dichas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (Babitskatya et al 1999).

1.4.5 Efecto hepatoprotector

Babitskatya y colaboradores (1999) realizaron experimentos con ratas de laboratorio a las que se suministró setas deshidratadas en un 2% con una dieta rica en grasa, durante seis meses. Se demostró que bajaron 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 que las ratas que consumieron setas de *Pleurotus* lograron una protección de la estructura hepática de hasta un 40%.

1.4.6 Efecto antihipertensión

Babitskatya et al (1999) aseguran que la disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por sí sólo 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 elemento y las setas no son ninguna excepción.

También se ha demostrado que la ingesta de setas permite una mejor absorción de elementos a nivel intestinal, esto se da debido a la presencia de metaloproteínas.

1.4.7 Efecto antioxidante

Los hongos de la pudrición blanca, hongos que crecen en troncos de madera, a los que pertenecen los *Pleurotus*, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (Babitskatya y colaboradores ,1999).

1.5 Sustratos

Este hongo, a diferencia de los champiñones, no requiere sustratos compostados ya que degrada y se alimenta de la celulosa y la lignina presente en desechos vegetales, de los que extraen azúcares simples y minerales necesarios para su desarrollo. Cabe destacar que los hongos tienen un amplio rango de sustratos y su selectividad depende de los nutrientes disponibles en cada uno, de la actividad microbiana, su capacidad de aireación, acidez, agua entre otros.

Los sustratos dependiendo de su dimensión deberán ser picados a un tamaño que permitan su manipulación y la desinfección deberá realizarse antes de la siembra para evitar posibles contaminaciones. Las gírgolas pueden cultivarse tanto en sustratos artificialmente formulados como sobre troncos.

Para su producción en sustratos artificiales, en términos generales, se utilizan tanto desechos agrícolas-ganaderos como desechos industriales. En general, los sustratos una vez acopiados deben llevar un proceso de preparación hasta que se encuentren listos para la siembra.

La selección de los sustratos se debe a dos criterios: primero, en base a los rendimientos que se pretenden obtener. Segundo, debido a la disponibilidad de los mismos, un sustrato puede ser muy bueno, pero si está muy lejos del cultivo, seguramente los gastos de flete superarán los beneficios esperados. Para que el cultivo sea rentable es necesario que la materia prima sea de bajo costo.

1.5.1 Cultivo en materiales de desecho de la agroindustria

Muchos materiales de desecho pueden ser utilizados para el cultivo de hongos, entre ellos figuran residuos de la industria cervecera, como la malta; desechos de industria azucarera, como el bagazo de caña de azúcar; desechos de la industria del café, desechos de la producción de maíz, etc.

1 5.1.1 Caña de azúcar

Pertenece a la familia Poaceae (gramíneas), *Saccharum officinarum* L., también llamada caña de Castilla, caña dulce o cañamiel, constituye el cultivo de mayor importancia mundial, desde el punto de vista de la producción azucarera. Es originaria de Nueva Guinea y llegó a América Latina en 1493 en el segundo viaje de Cristóbal Colón (Enciclopedia Práctica de Agricultura y la Ganadería, 2000)

En la actualidad, en el mundo existen aproximadamente 19,5 millones de hectáreas sembradas que dan un rendimiento de 61 ton ha⁻¹ al año. La producción asciende a alrededor de 1 193 millones de toneladas de biomasa. (Enciclopedia Práctica de Agricultura y la Ganadería 2000)

En el Ecuador, el rendimiento anual medio de la caña de azúcar es de 63 553 kg ha⁻¹ que proviene de una superficie sembrada de 106 000 has. El 60% de mencionada

área es propiedad de Cañicultores y el 40% de Ingenios. Las zonas de cultivo se encuentran ubicadas en las Provincias de Guayas, Azuay, Cañar, Los Ríos, Imbabura y Loja, siendo la provincia del Guayas, en la Cuenca Baja del Río Guayas, el lugar donde se concentra el 92% de la producción con una extensión de 49 951 hectáreas de cultivo.

El valle de Yunguilla, ubicado en el cantón Santa Isabel de la provincia del Azuay, a una altura de 1 550 m s.n.m en la cuenca baja del Río Jubones, es un emporio de la producción de caña de azúcar de forma artesanal. Se calcula que cada año se siembran cerca de 1 500 hectáreas de cañaverales, de los que se extrae el jugo de la caña (guarapo), con la que se elabora aguardiente y panela. Este proceso se realiza en 60 molineras del cantón y da trabajo de forma directa a más de 500 familias.

Bagazo de caña es el nombre con que se conoce en el medio ecuatoriano al desecho del tallo de la caña de azúcar, una vez que ha sido molido y triturado en los trapiches para la extracción de su jugo y elaboración de subproductos. En la mayoría de las explotaciones convencionales, el bagazo es usado como medio de combustión para el proceso de elaboración de alcohol y panela, a diferencia de los Ingenios, en donde se lo utiliza como materia prima para procesos de compostaje. También, es quemado y sus cenizas sirven como fertilizante para los suelos de cultivo. En la actualidad, se está pensando en usar el bagazo en técnicas de producción de biogas.

El peso aproximado de la biomasa de la caña de azúcar por metro cuadrado en el cantón es de 11,81 Kg. Al extraer su jugo, para la elaboración de subproductos, se presenta una pérdida de peso de 4,09 Kg, correspondiente al 35%. El material sobrante, desecho agrícola –bagazo-, de peso promedio de 7,72 Kg corresponde al 65%. Por lo que, una hectárea de caña de azúcar genera aproximadamente 77 200 Kg de bagazo.

1.5.1.2 Maíz

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido y gran capacidad productiva adaptada a las más diversas condiciones de clima y suelo, perteneciente a la familia Poaceae, su nombre científico es *Zea mays* L. Constituye, después del trigo y el

arroz, el cultivo más importante del mundo en la alimentación humana y animal. También es conocido con los nombres abatí, canguil, capi, caucha, cuatemil, choclo, choglio, gua, guate, malajo, milho, zara. (Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería 2000)

En el Ecuador se comenzó a usarlo como cultivo en el período Formativo Temprano (3 000 AC) en las culturas Valdivia, Las Vegas, Chorrera, Challuabamba, Monjashuaico y Cotocollao.

Hasta nuestros días, la biodiversidad y los sistemas agrícolas tradicionales del maíz se han mantenido casi inalterados, jugando un papel cultural muy importante en las comunidades rurales de la Sierra, Costa y Amazonía.

El sistema agrícola tradicional lo comprenden maíz, fréjol y zambo; el maíz aporta con el soporte mecánico que el fréjol necesita y el fréjol fija nitrógeno en el suelo, mejorando su calidad. De ésta forma, los cultivos no presentan problemas de plagas y constituyen alimentos complementarios para la dieta campesina.

El maíz no es únicamente la base de la alimentación indígena, sino también de la alimentación ritual y festiva. El maíz sirve para todo: para celebrar un nacimiento o un entierro, para elaborar la chicha de las grandes fiestas, para brindar maíz tostado a los visitantes, etc. El grano maduro tostado y preparado como mote (maíz cocido) es el sustento diario de muchas familias. Los tallos secos, también llamados en conjunto calcha de maíz, son empleados para hacer chozas, como cortinajes, para alimentar el ganado vacuno y a los cuyes, también para combustibles y abono. Los cutules, pucones o emboltorios de la mazorca se utilizan hasta hace poco en el arreglo de los castillos. El pelo del choclo se emplea para hacer infusiones diuréticas www.accionecologica.org/descargas/alertas.html

Económicamente, a nivel mundial se estima que la superficie cosechada es de 140 millones de hectáreas, con una producción de 557 millones de toneladas. En el Ecuador, la producción para el año 2004 fue de 540 mil toneladas de maíz duro, en una superficie de 213,9 miles de hectáreas, con un rendimiento de 2,5 toneladas por hectárea; y, de maíces amiláceos o suaves y semiduros es de 87,9 mil toneladas para

el mismo año, en una superficie cosechada de 150,4 miles de hectáreas, con un rendimiento de 0,6 toneladas por hectárea (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Comunidad Andina, Secretaria General Proyecto, 4.27.63 Estadística en www.comunidadandina.org/estadisticas).

La producción de maíz en el Azuay, se destina en un gran porcentaje para el auto consumo, quedando así la calcha para la alimentación de los animales o como abono para el suelo.

En un ensayo realizado para conocer el peso por metro cuadrado en la variedad del maíz forrajero *Aychazara*, que tiene una densidad de siembra de 80 cm en surco por 20 cm entre planta, el peso por metro cuadrado fue de 5,45 Kg de peso fresco (biomasa). Al ser secado de forma natural presentó una pérdida de 2,6 Kg. El material sobrante presentó un peso aproximado de 2,85 Kg que representa el 52,29%. Es decir, que una hectárea de maíz genera aproximadamente 28 500 Kg de calcha.

1.6 Métodos de desinfección

El sustrato una vez preparado debe "limpiarse" desde el punto de vista biológico, para que cuando sea sembrado con el hongo a cultivar no compita con otros microorganismos. Generalmente se realizan tratamientos térmicos.

1.6.1 Pasteurización o Autoclavado

El proceso de desinfección del sustrato por pasteurización, usando el autoclave, sirve para eliminar los microorganismos presentes, tales como bacterias, mohos y levaduras, mediante la aplicación de altas temperaturas durante un período de tiempo determinado. Se estima que cada gramo de sustrato posee cerca de 2 billones de microorganismos, que si no se eliminan, tendrán una ventaja competitiva con el micelio del hongo (Valencia del Toro 1995).

El método busca destruir semillas, insectos, parásitos, hongos, etc., que no deben desarrollarse sobre el sustrato. De esta manera se obtiene un sustrato limpio desde

el punto de vista biológico y totalmente disponible para el micelio del hongo a sembrar.

La temperatura y el tiempo de desinfección varían en los sitios y el tipo de sustrato. En general se emplean temperaturas de 120°C en el núcleo durante 1 o 2 horas.

1.6.2 Peróxido de Hidrogeno

Según Wayne, 2000 con el compuesto químico peróxido de hidrógeno (H_2O_2), se puede preparar los cultivos en aserrín sin esterilizar a presión ni los sustratos en masa ni los suplementos; incluso, se puede hacer sin calentar el sustrato. Para hacer esto, los cultivos crecen en bolsas de basura ordinarias (puestas en el interior de cajas) directamente del empaque o en baldes de plástico rehusables con tapas.

“El peróxido de Hidrogeno agregado mantiene a los cultivos alejados de la condición anaerobia, su mecanismo de acción se debe a la efervescencia que produce, ya que la ruptura del peróxido por el micelio del hongo libera oxígeno que destruye los microorganismos matando los contaminantes sin estimular nuevas cepas resistentes. El burbujeo de la solución cuando entra en contacto con los tejidos y ciertas sustancias químicas, expulsa restos tisulares fuera del conducto. Se puede utilizar paja y similares materiales drenables, las virutas de madera, las cáscaras de semillas, o ciertos materiales leñosos porosos compatibles con peróxido de Hidrogeno, como pellets combustibles de madera (el aserrín hecho en la forma de pellets secos y duros), paja pelletizada, leños compuestos, pulpa de papel y cartón limpio” (Wayne, 2000).

Con sustrato en masa, actualmente la proporción de éxito en la prevención de la contaminación es alrededor del 99%.

En Wayne (2000)... “El peróxido de Hidrogeno mata esporas de hongos, de manera que se puede hacer crecer los cultivos en agar en el mismo cuarto que se usa para fructificar los hongos, aún cuando los hongos produzcan una alta carga de esporas. Es una sustancia barata, inodora, no-volátil, no alérgica, de baja toxicidad, no irritante, estable, fácilmente disponible, fácil de manejar, dispensable

mecánicamente, completamente biodegradable y ambientalmente benigno”. Aunque, para el humano puede también ser tóxico si se ingiere, si se inhala o por contacto con la piel o los ojos. Los riesgos que se pueden sufrir por peróxido de hidrogeno son: por ingestión, serios daños gastrointestinales; por inhalación: irritación severa de las vías respiratorias; por contacto: irritación y descoloramiento pasajero de la piel y el cabello. En soluciones concentradas puede causar graves quemaduras de la piel y ampollas.

1.7 Producción

P. ostreatus se produce industrialmente como alimento, como productor de enzimas lignolíticas y como agente de bioremediación en procesos de descontaminación de materiales ricos en compuestos fenólicos, entre otras aplicaciones (Pisabarro, 1998).

Se trata de un cultivo limpio y de reconversión ecológica, ya que, libre de productos químicos, transforma la calcha de maíz o el bagazo de caña en un alimento de alto valor proteico, que sirve como alimento humano.

En el cultivo de hongos a bajo costo, por lo general, se ejerce poco control sobre las condiciones del medio (temperatura, humedad, ventilación, luz, oscuridad, etc). Entre más factores del medio se puedan controlar, más costos se tendrán que incorporar a la inversión para el cultivo. Los cultivos son más estables y más productivos cuando el lugar de cultivo presenta mejores condiciones como aire acondicionado, riego, etc. Sin embargo, las condiciones de cultivo caseras son baratas (aunque dependientes de las condiciones del medio) y son productivas a bajo nivel, suficiente para autoconsumo y comercialización del excedente.

A nivel de producción casera se puede ejercer también cierta regulación sobre los factores del medio, por ejemplo: la temperatura se puede regular abriendo ventanas y puertas para que la temperatura baje y permita además una ventilación. La humedad y temperatura pueden ser reguladas simultáneamente aplicando agua al suelo.

Los hongos producidos deben tener una apariencia robusta con un pie lo más corto posible (buenas condiciones de cultivo) y su olor a anís dulce. La producción comienza entre los 15 a 25 semanas desde que se mezcló el micelio activado con el sustrato.

Existen varias formas de producción de hongos comestibles, usando troncos, camas, fundas o bloques de diferentes tipos de sustratos. La producción en fundas o bloques requiere necesariamente de una importante inversión en la compra de un autoclave industrial y el equipamiento de los recintos de cultivo, ya que demanda tener mayores cuidados y supervisión calificada tanto en los procesos de cultivo como en la instalación de equipos.

La producción en fundas es mucho mayor y más rentable, ya que es homogénea y garantiza una mayor cantidad y calidad de producto constante, que permite la entrada al mercado formal nacional o internacional (Martínez, 1990). Cada funda deberá producir un mínimo de 1 kilogramo en total. No se producen todos los hongos de una sola vez, se pueden presentar unas tres (o más) producciones separadas por períodos de más o menos 10 días.

Algunos autores recomiendan sólo aprovechar la producción hasta la tercera cosecha pues conforme pasa el tiempo se producen malos olores y la atracción de insectos puede poner en peligro el resto de la producción y la contaminación del espacio de cultivo (López, 1995).

Entre algunas de las ventajas de la producción de hongos, se tiene que representan la forma más eficiente de conversión de desechos vegetales en alimento; el alimento obtenido es considerado una comida agradable y deliciosa debido a su textura y sabor. La eficiencia por unidad de superficie (hectárea) y por unidad de tiempo es superior comparada a las fuentes animales de proteína. Además, el residuo producido puede ser utilizado de numerosas formas tales como producción de biogas, producción de papel o cartón, en la producción de lombricompost y alimento animal, etc.

Para una buena producción del hongo es necesario seguir las siguientes etapas:

- **Preparación del sustrato:** consiste en la mezcla y el humectado de la materia prima.
- **Pasteurización:** es el proceso mediante el cual se eliminan organismos competidores. Consiste en someter al sustrato a un tratamiento térmico.
- **Siembra:** Proceso mediante el cual se ponen en contacto el inóculo (semilla) con el sustrato.
- **Incubación:** etapa durante la cual el hongo coloniza el sustrato y crece vegetativamente.
- **Inducción:** etapa en la cual se cambian las condiciones ambientales para lograr la formación de fructificaciones.
- **Cosecha:** producción y recolección de las fructificaciones.
- **Comercialización:** conservación y venta del producto.

Los requerimientos fisiológicos básicos, de laboratorio, para una buena producción de *P. ostreatus*, son los siguientes:

- **Luz:** En general, requieren el equivalente a un Foto-período entre 9 y 12 hs, la intensidad de la luz debe ser baja.
- **Humedad:** Generalmente es alta, no debe bajar del 70%, el valor ideal es entre 82% y 90%.
- **Temperatura:** Es variable según la etapa del cultivo. La temperatura de incubación varía entre 25-30°C, la de inducción y fructificación entre 15-20°C.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del sitio de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Micro Propagación e Invernadero de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, localizado en la parroquia Huayna Capac de la ciudad de Cuenca.

El sector donde se encuentran las instalaciones del estudio se ubica a 2 540 m s.n.m., posee una temperatura promedio anual de 17° C, la precipitación anual varía de 600 a 1 000 mm y tiene un 65% de humedad relativa.

2.2 Trabajo de laboratorio

La primera, segunda y cuarta fase de la investigación, correspondiente a la fase de laboratorio, consistió en la reproducción de micelio, siembra y toma de datos del hongo cosechado, respectivamente. Esta fase se realizó entre los meses de Julio del 2004 y Marzo del 2005, en el Laboratorio de Micropropagación de la Universidad del Azuay. La tercera fase, que corresponde al trabajo de campo, se detalla más adelante, en el numeral 2.3.

2.2.1 Reproducción de semilla (micelio)

Al igual que Calderón 2002, para la reproducción de la semilla (micelio) se utilizó como sustrato maíz cocido (mote). Se colocaron alrededor de 60 g del sustrato en frascos de vidrio para su esterilización en el autoclave a 15 psi (lbs pulg⁻²) y una temperatura de 121°C, por aproximadamente 45 minutos, para así disminuir los riesgos de contaminación que pudieren ocasionar organismos presentes en el sustrato. Se realizó el mismo proceso hasta completar un total de 1 000 frascos de vidrio (Fotografía 1).



Fotografía 1. Micelio del Hongo en crecimiento

Una vez esterilizados los medios de cultivo se realizó la siembra del micelio en la Cámara de Flujo Laminar, bajo condiciones asépticas. Los frascos sembrados pasaron a la sala de incubación del Laboratorio, por un tiempo aproximado de 10 días, hasta la obtención del frasco lleno de micelio.

2.2.2 Desinfección de sustratos

Los métodos de desinfección usados fueron: autoclave y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). Para la realización del ensayo se utilizaron 240 fundas, 120 para cada tratamiento.

Cada tratamiento de desinfección tuvo 4 repeticiones de 10 unidades o fundas cada una, por sustrato. A continuación se muestra un diagrama de ilustración de los tratamientos (sustratos y desinfección).

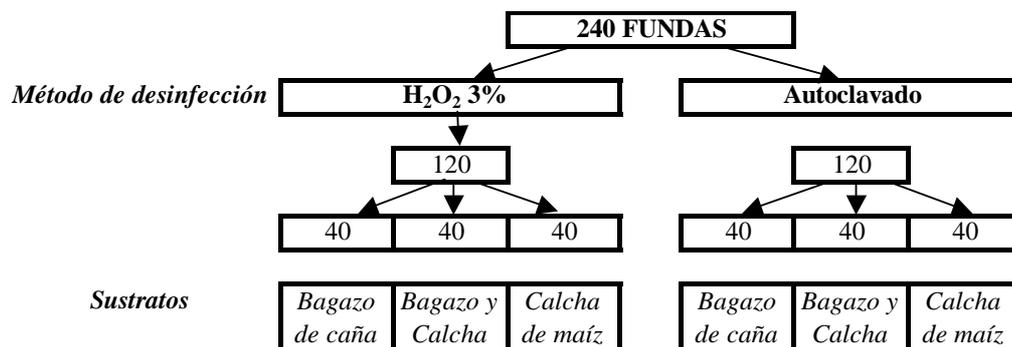


Diagrama 1. Esquema de tratamientos y sustratos empleados en la reproducción de *Pleurotus ostreatus*.

Las 120 fundas que se sometieron al proceso de pasteurización, fueron adicionadas aproximadamente un litro de agua con el fin de humedecer el sustrato y con ello facilitar la desinfección (Fotografía 2). Luego, se procedió a sellarlas con anillos de tubo de pvc, dentro de este un tapón de gasa, recubierto con papel aluminio y asegurados con una liga de plástico (Fotografía 3), antes de ser sometidas al autoclavado a una presión de 15 psi (lbs pulg⁻²) y una temperatura de 121°C, por aproximadamente una hora (Fotografía 4).



Fotografía 2. Adición de agua en fundas



Fotografía 3. Materiales para sellado de funda
(Anillo de PVC, gasa, liga, papel aluminio)



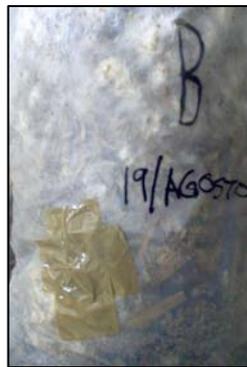
Fotografía 4. Autoclave, fundas a ser desinfectadas.

El sustrato restante seco de las 120 fundas, fue sumergido en peróxido de hidrógeno por H₂O₂, al 3% de concentración durante varios tiempos: una, 12 y 24 horas.

Debido a los resultados desfavorables obtenidos con respecto a la desinfección mediante peróxido de hidrógeno, se realizaron paralelo a ésta investigación dos ensayos más: el primero, en el que se usaron soluciones de 6 y 9% de H₂O₂ para desinfectar sustrato por inmersión; y, el segundo que combinó los métodos de pasteurización (autoclavado) y la inoculación de peróxido de hidrógeno, H₂O₂, al 50% (150 volúmenes) para controlar contaminaciones puntuales en las fundas de experimentación; tomando en cuenta que durante los procesos investigativos, siempre aparecen nuevas interrogantes a experimentar, de las que se pueden obtener

resultados interesantes, y que el objeto final de las investigaciones es aportar con nuevas experiencias aplicables a mejorar los procesos dados.

Para el segundo ensayo, se aplicó el mismo procedimiento de autoclavado a las fundas, que luego fueron sembradas y selladas bajo un sistema análogo que las anteriores (con los anillos de tubo pvc, tapón de gasa, papel aluminio y liga). Durante el proceso de incubación, se controlaron brotes de contaminación puntual por medio de tres inoculaciones de 15 ml de peróxido de hidrógeno al 50%, a través de un parche ubicado a un lado de la funda (Fotografía 5).



Fotografía 5. Parche de gasa para adición de H₂O₂ en contaminaciones puntuales.

Los tratamientos utilizados para el crecimiento del hongo *P. ostreatus*, en la presente investigación se detallan a continuación:

Tratamientos	Sustratos y Desinfección
T1	Bagazo de caña (100%) - Pasteurización.
T2	Bagazo de caña (50%) - Calcha de maíz (50%) - Pasteurización.
T3	Calcha de maíz (100%) - Pasteurización.
T4	Bagazo de caña (100%) – Sumergido en H ₂ O ₂ al 3%.
T5	Bagazo de caña (50%) – Calcha de maíz (50%) - Sumergido en H ₂ O ₂ al 3%.
T6	Calcha de maíz (100%) - Pasteurización y Sumergido en H ₂ O ₂ al 3%.
TE1	Bagazo de caña (100%) - Pasteurización y H ₂ O ₂ al 50%.
TE2	Bagazo de caña (50%) - Calcha de maíz (50%) - Pasteurización y H ₂ O ₂ al 50%.
TE3	Calcha de maíz (100%) - Pasteurización y H ₂ O ₂ al 50%.

TE1, TE2, TE3 corresponden al segundo ensayo de la experimentación paralela al diseño de tesis.

2.2.3 Siembra

Para la fase de siembra, los sustratos empleados fueron: calcha de maíz al 100% (Fotografía 6), bagazo de caña de azúcar al 100% (Fotografía 7) y una mezcla de ambos al 50-50% (Calderón 2002), en fundas de polipropileno de alta densidad de 70 cm de alto por 35 cm de ancho, con aproximadamente un kilo de peso seco (Fotografía 8). Todos los sustratos fueron picados en una picadora de uso agrícola para luego ser enfundados (Fotografía 9). En total se sembraron 240 fundas, como corresponde al diseño de tesis, y 120 fundas más del segundo ensayo de la experimentación adicional paralela.



Fotografía 6. Calcha de maíz



Fotografía 7. Bagazo de caña



Fotografía 8. Sustratos en fundas de Polipropileno de alta densidad



Fotografía 9. Picado del material

Una vez preparados los medios de cultivo, se realizó la siembra del micelio. Se usaron tres frascos de micelio cortado (aproximadamente 180 g) para cada funda, el mismo que se dejaba caer por los lados internos de la funda hasta llegar a lo más profundo (Gráfico 1), la finalidad de este procedimiento es dar la facilidad a la semilla del hongo para crecer, ya que crece mejor de forma ascendente por la búsqueda de oxígeno que descendente, para lograr un crecimiento homogéneo por todo el sustrato.



Gráfico 1. Dispersión de micelio por todo el sustrato en la funda

La siembra se realizó en la Cámara de Flujo Laminar del laboratorio (Fotografía 10), cuidando de no infectar el material; para ello, se usaron mecanismos de desinfección como el flameo del instrumental utilizado, uso de mandil, mascarillas, etc. Luego de la siembra y cierre de las fundas, pasaron a la sala de incubación (Fotografía 11), en donde permanecieron por un lapso de ocho semanas hasta alcanzar la fructificación del hongo (presencia de primordios), estado en el que pasaron al invernadero.



Fotografía 10. Cámara de Flujo Laminar.



Fotografía 11. Sala de incubación

2.3 Trabajo de campo

Terminada la segunda fase de laboratorio, después de la incubación, cuando las fundas presentaron micelio y los primeros brotes (primordios) (Fotografía 12), se realizó la fase de campo en el invernadero de la Facultad de CCTT, que posee un área cerrada de 40 m² y, fue adecuado con estantería (cerchas) y un espacio para la colocación de las fundas en producción. Además, se adecuó un tumbado y accesos de plástico, con el fin de mantener una temperatura promedio de 19°C y una humedad relativa de aproximadamente 61%; así como también se controló la entrada de insectos (Fotografía 13, 14, 15).



Fotografía 12. Brotación de primordios.



Fotografía 13. Invernadero o galpón de producción del Hongo



Fotografía 14. Adecuación del invernadero.



Fotografía 15. Tumbado de plástico y equipo para tomar datos de temperatura y humedad.

En el invernadero se realizó el descabezado de las fundas, acción de sacar el tapón de pvc, gasa, aluminio y liga y, de cortar al ras la funda con el sustrato (Fotografía 16). Las fundas fueron ubicadas de forma vertical en las cerchas. Se realizaron también cortes laterales a las fundas para permitir el crecimiento de brotes (Fotografía 17). Las primeras cosechas se realizaron después de dos o tres semanas de efectuado el descabezado. Se contabilizó la producción de hongos, para cada funda en tres cosechas, durante el tiempo de dos meses (Fotografía 18).



Fotografía 16. Descabezado de la funda



Fotografía 17. Cortes laterales en la funda



Fotografía 18. Cosecha de los Hongos.

En el invernadero se controló la humedad con dos riegos diarios, uno en la mañana y otro en la tarde. Además, en ocasiones que se usaba el autoclave se utilizaba el vapor producido por este, dejándolo pasar por una manguera al invernadero. También se dio humedad por medio de un vaporizador; el vapor se introdujo por una tubería, por todo el invernadero, distribuyéndolo de manera uniforme.

El control de dípteros se realizó con Piretrina o Cipermetrina en dosis de 0,5 – 1 ml / litro de agua.

2.4 Toma de datos de hongos cosechados.

En la última fase de laboratorio y de investigación, las mediciones que se realizaron a los hongos cosechados de cada funda fueron: peso, diámetro, altura, número de brotes y número de hongos por cosecha (Fotografía 19, 20, 21, 22, 23).



Fotografía 19. Hongos cosechados.



Fotografía 20. Toma de datos: Peso



Fotografía 21. Toma de datos: diámetro y altura



Fotografía 22. Toma de datos: número de brotes



Fotografía 23. Toma de datos: número de hongos cosechados

2.5 Análisis estadísticos

Todas las variables fueron analizadas con un ANDEVA y el test de contraste DUNCAN al 5% de error con el Programa MSTATC, de análisis estadístico generado por la Universidad de Michigan.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

De los métodos de desinfección del sustrato que fueron la pasteurización y el sumergido de los sustratos en peróxido de hidrógeno H_2O_2 , al 3% de concentración durante varios tiempos: una, 12 y 24 horas, se determinó que:

El proceso de pasteurización o autoclavado fue eficiente en un 100% en el control de la contaminación del sustrato, en comparación con el peróxido de hidrógeno, en sus diferentes tiempos de sumergimiento. Las fundas sometidas a pasteurización no presentaron ningún tipo de contaminación inicial, aunque durante los procesos de incubación y fase de campo se presenciaron 12 fundas, correspondientes al 10%, con señales de contaminación por el hongo *Aspergillus* sp., del género *Ascomycetes* contaminantes, de coloración verdosa (Fotografía 24)



Fotografía 24. Fundas infectadas con el hongo *Aspergillus* sp.

Las fundas sometidas al tratamiento de desinfección con peróxido de hidrógeno o agua oxigenada (H_2O_2), al 3% de pureza en los diferentes tiempos, no presentaron resultados significativos para el estudio, puesto que se obtuvo una contaminación del 100% del sustrato de las fundas desde las primeras etapas de la investigación, igual que en el caso anterior, con el hongo *Aspergillus* sp.

Debido a la contaminación total con la solución al 3% de H_2O_2 , se realizó un primer ensayo de desinfección del sustrato por inmersión con 6 y 9% de concentración del peróxido de hidrógeno. Si bien se obtuvo una desinfección total del sustrato, evitando contaminación en las fundas, la semilla no progresó con la colonización.

Para el segundo ensayo de la experimentación paralela, se utilizaron 120 fundas más que fueron tratadas con el proceso de autoclave y aplicación de peróxido de hidrógeno al 50% en las fases de crecimiento y desarrollo del hongo para controlar contaminaciones puntuales, debido a la presencia de microorganismos en el área de propagación, durante dichos procesos.

En el análisis estadístico ANDEVA, $p < 0.05$, presentó diferencias significativas para las siguientes variables:

- **Peso y número de brotes en la primera cosecha.**

Cuadro 1. Análisis ANDEVA de la variable peso primera cosecha.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	52903,45	17634,484	1,07	0,3895
Tratamientos	5	405853,15	81170,629	4,95	0,0071
Error	15	246131,84	16408,789		

Coefficiente de Variación	22,48%
----------------------------------	--------

Cuadro 2. Análisis ANDEVA de la variable número de brotes primera cosecha.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	2447	815,667	1,19	0,3459
Tratamientos	5	30949,83	6189,967	9,06	0,0004
Error	15	10252,5	683,5		

Coefficiente de Variación	22,47%
----------------------------------	--------

- **Peso y número de hongos para la segunda cosecha.**

Cuadro 3. Análisis ANDEVA de la variable peso segunda cosecha.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	22816,88	7605,628	0,35	0,7889
Tratamientos	5	1455633,78	291126,76	13,44	0,0000
Error	15	324882,21	21658,814		

Coefficiente de Variación	20,86%
----------------------------------	--------

Cuadro 4. Análisis ANDEVA de la variable número de hongos segunda cosecha.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	3108,5	1036,167	2,19	0,1313
Tratamientos	5	11104,5	2220,9	4,7	0,0088
Error	15	7087,5	472,5		

Coefficiente de Variación	22,82%
----------------------------------	---------------

- **Peso, número de brotes y número de hongos en la tercera cosecha, y**

Cuadro 5. Análisis ANDEVA de la variable peso tercera cosecha.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	71679,76	23893,252	2,37	0,1111
Tratamientos	5	1664799,07	332959,81	33,08	0,0000
Error	15	150997,69	10066,512		

Coefficiente de Variación	13,78%
----------------------------------	---------------

Cuadro 6. Análisis ANDEVA de la variable número de brotes tercera cosecha.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	2939,12	979,708	1,08	0,3878
Tratamientos	5	63094,21	12618,842	13,9	0,0000
Error	15	13616,63	907,775		

Coefficiente de Variación	14,18%
----------------------------------	---------------

Cuadro 7. Análisis ANDEVA de la variable número de hongos tercera cosecha.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	1644,33	548,777	1,16	0,3582
Tratamientos	5	21670	4334	9,16	0,0004
Error	15	7097,67	473,178		

Coefficiente de Variación	20,82%
----------------------------------	---------------

- **Número de hongos y número de brotes para el análisis de todas las cosechas.**

Cuadro 8. Análisis ANDEVA de la variable número de hongos total cosechas.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	6646,12	2215,375	1,12	0,3715
Tratamientos	5	89382,71	17876,542	9,05	0,0004
Error	15	29621,13	1974,742		

Cuadro 9. Análisis ANDEVA de la variable número de brotes total cosechas.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Repeticiones	3	22447,46	7482,486	1,29	0,3152
Tratamientos	5	352736,71	70547,342	12,13	0,0001
Error	15	87247,79	5816,519		

Coefficiente de Variación	14,60%
----------------------------------	--------

3.1.1 Primera Cosecha

Los resultados obtenidos para la primera cosecha determinaron que el tratamiento TE2 alcanzó el mayor peso, con un promedio de 767,4 gramos; seguido de los T2, T3, TE1 y TE3 cuyas medias fueron 681; 626,1; 485,9 y 446,2 gramos respectivamente; siendo T1 el que logró el menor promedio con 413 gramos (Tabla 1, Fig. 1).

Con respecto al número de brotes, TE3 resultó el tratamiento más favorable con una media de 180 brotes; el segundo lugar lo ocupó TE1 con valores de 135,3, seguido de los T3, TE2 y T2, que alcanzaron valores de 121,5; 105,8 y 88, respectivamente. El último lugar en el análisis estadístico lo ocupó T1 con un media de 67,5 número de brotes por funda (Tabla 1, Fig. 1).

3.1.2 Segunda Cosecha

TE2 alcanzó el mayor peso con una media de 1058 gramos, seguido de los tratamientos T2 y T3 con medias de 930,2 y 734,7. A continuación TE3 con valores de 673 gramos y TE1 con 524,6; y por último T1 con una media de 312 gramos (Tabla 1, Fig. 2).

Para la variable del número de hongos los tratamientos T2, T3, TE2, TE3 alcanzaron la mayor media, que fue de valores de 118. 114,8; 105, 95,25 respectivamente. A continuación TE1 con una media de 83,5. En el último grupo se ubicó T1 con un promedio de 54,75 hongos por funda (Tabla 1, Fig. 2).

3.1.3 Tercera Cosecha

En la variable peso, al igual que en la primera y segunda cosecha, TE2 y T3 ocuparon la media más alta correspondiente a 1059 y 1039 gramos. Le siguieron TE3 y T2 con valores de 781, 5 y 666,3; el último grupo estuvo conformado por TE1 con una media de 447,9 y T1 con 374,8 gramos (Tabla 1, Fig. 3).

Los tratamientos que alcanzaron, estadísticamente, el mayor número de hongos cosechados fueron T3 con 138,8; seguido de TE3 y TE2 con medias de 123,3 y 129,5 respectivamente. A continuación T2 con valores de 102,8 y TE1 con 79,75; y por último, T1 con una media de 53 número de hongos por funda (Tabla 1, Fig. 3).

El número de brotes marcó estadísticamente tres grupos definidos; el primero conformado por los tratamientos TE2, TE1, TE3 y T3 con medias de 253,3; 249; 244 y 243 respectivamente. El segundo grupo definido por T2 con valores de 166,5 y el último T1 con una media de 119 números de brotes (Tabla 1, Fig. 3).

3.1.4 Todas las cosechas

El análisis estadístico de todas las cosechas juntas, dio como significativo las variables número de brotes y número de hongos.

Para el número de hongos, se definieron dos grupos: el primero, con medias de 330,8; 303; 286,8 y 284,5 correspondientes a los tratamientos T3, TE2, TE3 y T2; y el segundo, TE1 y T1 con medias de 205,8 y 154, respectivamente (Tabla 1, Fig. 4).

Para el número de brotes se establecieron tres grupos: el primero conformado por los TE3, TE1, T3 y TE2 con promedios de 641,3; 630; 569,3 y 563,5, respectivamente. A continuación T2 con una media de 431 y por último T1 con un valor de 298,3 número de brotes por fundas (Tabla 1, Fig. 4).

3.1.5 Análisis Bromatológico y Microbiológico

Los análisis bromatológicos y microbiológicos realizados demuestran que los hongos de este estudio, se encuentran dentro de los rangos y parámetros establecidos en las normas que se estipulan para el consumo humano de alimentos. Los valores obtenidos para porcentaje (P/P) de proteína bruta, fibra cruda y grasas corresponden a los valores de 26,7; 16,55 y 2,9 respectivamente (Anexo 1).

3.2 Discusión

El 10% de contaminación presentado durante los procesos de incubación para las fundas que sólo se sometieron a pasteurización, posiblemente tuvo origen en la manipulación del material frente a la Cámara de Flujo Laminar.

La desinfección por inmersión en peróxido de hidrógeno al 3%, difiere de lo aseverado por Wayne (2000) que afirma que con soluciones de peróxido de hidrógeno al 3% se logra un alto porcentaje de desinfección de los sustratos en donde se va a cultivar el hongo, así como para el blanqueado de las setas.

Sin embargo, Manzano et al 2004 asegura que la mayoría de los suplementos de nitrógeno crudos de textura fina (como salvado, harina de maíz, harina de semilla de algodón, entre otros), debido a un bajo contenido de enzimas para desdoblar el peróxido, aún necesitan ser cocinados o esterilizados a presión antes de ser tratados con peróxido; lo que sugiere que la contaminación se debe a que el sustrato crudo, posee pocas enzimas degradadoras de peróxido, y que se necesita un previo cocido de la materia a donde van a ser sembrado el micelio.

En el primer ensayo paralelo a la propuesta inicial de tesis, que experimentó la inmersión de los sustratos en soluciones de peróxido de hidrógeno al 6 y 9%, no se obtuvo colonización del micelio. Se estima que el peróxido residual es el causante de la muerte del micelio del hongo.

Para el segundo ensayo, que combinó la pasteurización con la aplicación de agua oxigenada al 50% para control puntual de las contaminaciones, el tratamiento en que se mezcló el bagazo de caña de azúcar y la calcha de maíz, en proporciones iguales, dio el resultado más representativo. Para TE2 se representó en las variables de peso (en la primera, segunda y tercera cosecha) y número de brotes (en la tercera cosecha), mientras que para T2 en la variable número de hongos (segunda cosecha), lo que, en total, representa a cinco de las nueve variables analizadas. Este acontecimiento quizá se deba al aporte de nutrientes que da la caña de azúcar y la calcha de maíz, especialmente carbohidratos y fibras; y, de los óptimos resultados de los procesos de autoclave en la desinfección inicial del sustrato. Además, se considera que el éxito de TE2 se podría deber a la adición de H_2O_2 , aunque si bien se quema el lugar donde se inocula la sustancia, se produce liberación de oxígeno en toda la funda de experimentación, lo que permite un mayor rendimiento en el crecimiento de los hongos; y también a que los sustratos, ya previamente cocidos, poseen mayor número de enzimas degradadoras del hidrógeno libre de la sustancia (Manzano et al 2004).

El tratamiento que usó 100% calcha de maíz ocupó el segundo lugar, con cuatro de las nueve variables analizadas, lo que indica que la cantidad de nutrientes que posee la calcha de maíz son plenamente digeridos por el hongo.

Al igual que el caso anterior, la pasteurización inicial y la aplicación de agua oxigenada durante los procesos de incubación mejoran el rendimiento en la producción de *P. ostreatus*.

Por el contrario, T1 alcanzó los menores valores de productividad, lo que podría deberse a que el bagazo de caña de azúcar por su textura fibrosa y dura no tiene buena retención de agua, pudiéndose observar que la concentración de agua se da en la base de la funda.

Los factores que pudieron haber influido en el crecimiento de número de brotes son temperatura y humedad, que fueron controlados en la fase de crecimiento. Aunque todas las fundas se encontraron en el mismo sitio de crecimiento, las condiciones del sustrato también jugaron un papel importante en la producción de brotes de hongos.

De igual forma, cabe indicar que durante el proceso de crecimiento no todos los brotes siguieron su desarrollo, es decir que los brotes contabilizados no siempre se reflejan en hongos cosechados al final de la producción, debido a que durante el proceso algunos de ellos se secaron y fueron desechados.

Comparando los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos y bromatológicos con la literatura, se demuestra que el producto final se encuentra dentro de los rangos de valores establecidos; por lo que podría ser incorporado a la dieta diaria. Los altos valores de fibra cruda que presentaron los hongos son debido a que las muestras tomadas al azar fueron enviadas con el cuerpo íntegro del hongo, es decir: con el talo que es rico en fibra y el carpóforo.

Tabla 1. Análisis ANDEVA. Comparación entre los seis tratamientos de producción del hongo *P. ostreatus* para la primera, segunda, tercera cosecha y el análisis total entre las cosechas.

Análisis	Variables	Tratamientos					
		T1 (S1D1)	T2 (S2D1)	T3 (S3D1)	TE1 (S1D2)	TE2 (S2D2)	TE3 (S3D2)
<i>Primera cosecha</i>	Peso	413 d	681 ab	626,1 abc	485,9 bcd	767,4 a	446,2 cd
	Número de brotes	67,5 d	88 cd	121,5 bc	135,3 b	105,8 bcd	180 a
<i>Segunda cosecha</i>	Peso	312,6 d	930,2 ab	734,7 bc	524,6 cd	1058 a	673 c
	Número de hongos	54,75 b	118 a	114,8 a	83,5 ab	105,3 a	95,25 a
<i>Tercera Cosecha</i>	Peso	374,8 c	666,3 b	1039 a	447,9 c	1059 a	781,5 b
	Número de hongos	53 d	102,8 bc	138,8 a	79,75 cd	129,5 ab	123,3 ab
	Número de brotes	119 c	166,5 b	243 a	249 a	253,3 a	244 a
<i>Total</i>	Número de hongos	154 b	284,5 a	330,8 a	205,8 b	303 a	286,8 a
	Número de brotes	298,3 c	431 b	569,3 a	630 a	563,5 a	641,3 a

T= Tratamientos. S=Sustrato. S1= Bagazo de caña de azúcar, S2=Calcha de maíz, S3=Bagazo de caña de azúcar - Calcha de maíz. D=Desinfección. D1=Pasteurización, D2=Pasteurización + Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂) al 50%. Las letras a,b,c representan diferencias significativas a $p < 0,05$ (n=40).

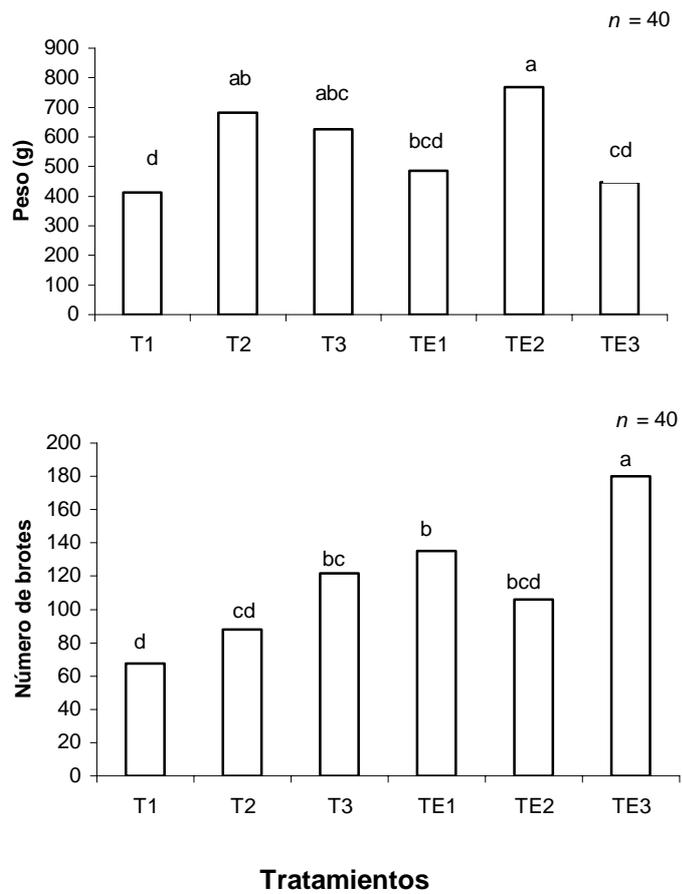


Figura 1. Análisis ANDEVA. Primera cosecha; comparación del peso y el número de brotes para seis tratamientos de producción del hongo *P. ostreatus*. **T1**=Bagazo de caña de azúcar + Pausterización. **T2**=Bagazo de caña de azúcar - Calcha de maíz + Pausterización. **T3**=Calcha de maíz + Pausterización. **TE1**=Bagazo de caña de azúcar + Pasteurización + H₂O₂ al 50%. **TE2**=Bagazo de caña - Calcha de maíz + Pasteurización + H₂O₂ al 50%. **TE3**=Calcha de maíz + Pasteurización + H₂O₂ al 50%. Las letras a, b, c representan la significancia de $p < 0,05$.

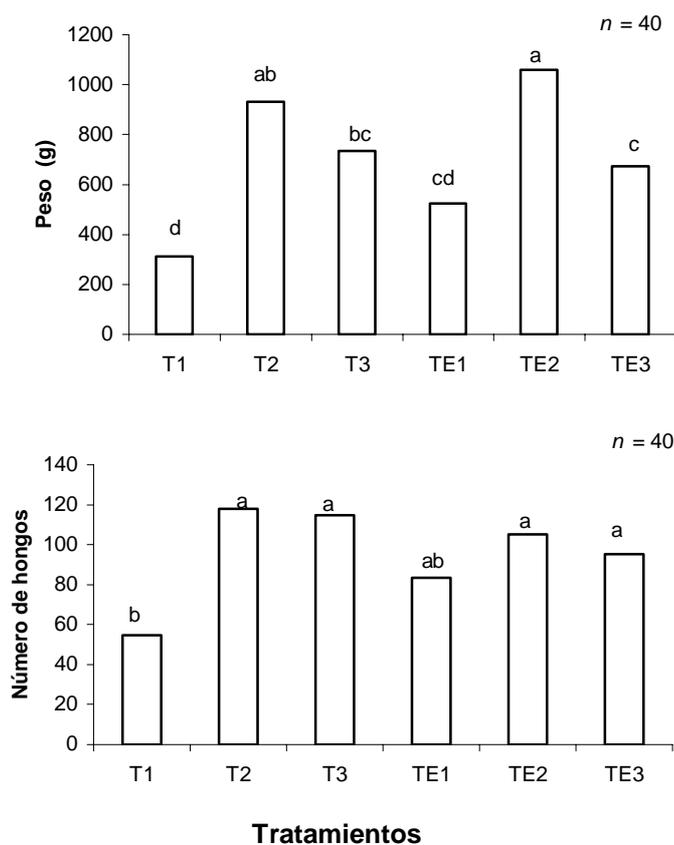


Figura 2. Análisis ANDEVA. Segunda cosecha; comparación del peso y el número de hongos para seis tratamientos de producción del hongo *P. ostreatus*. **T1**=Bagazo de caña de azúcar + Pausterización. **T2**= Bagazo de caña de azúcar - Calcha de maíz + Pausterización. **T3**= Calcha de maíz + Pausterización. **TE1**=Bagazo de caña de azúcar + Pausterización + H₂O₂ al 50%. **TE2**=Bagazo de caña - Calcha de maíz + H₂O₂ al 50%. **TE3**=Calcha de maíz + H₂O₂ al 50%. Las letras a, b, c representan la significancia de $p < 0,05$.

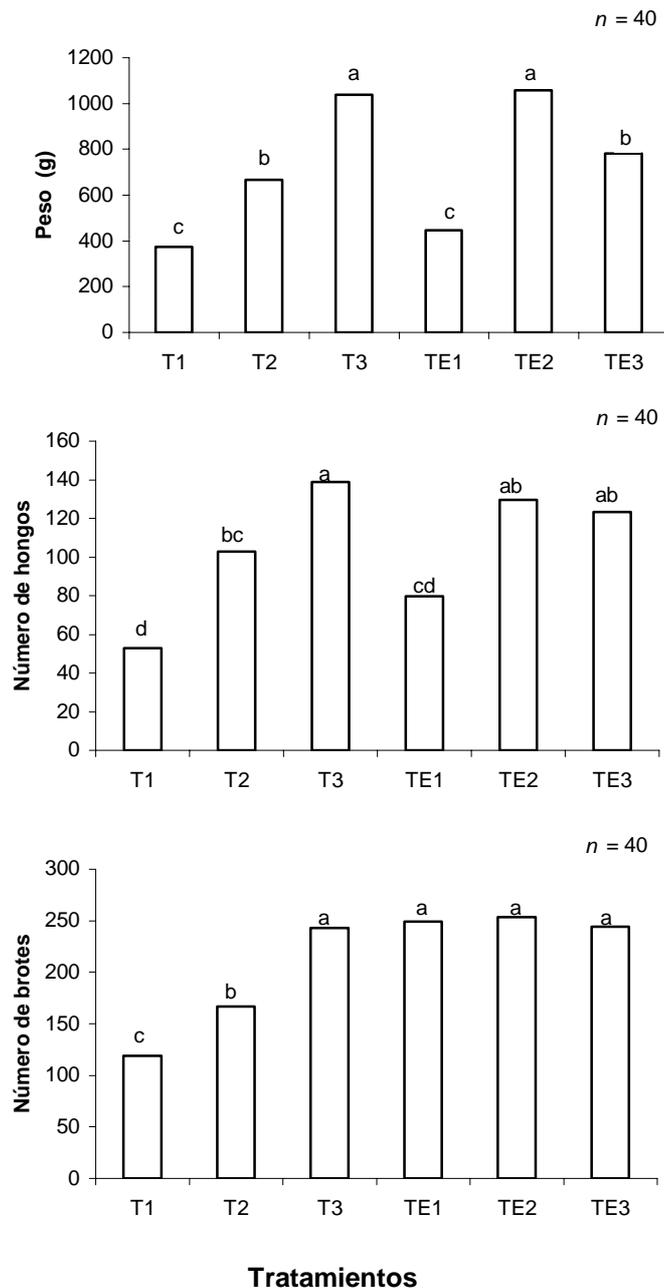


Figura 3. Análisis ANDEVA. Tercera cosecha; comparación del peso, número de hongos y número de brotes para seis tratamientos de producción del hongo *P. ostreatus*. **T1**=Bagazo de caña de azúcar + Pausterización. **T2**= Bagazo de caña de azúcar - Calcha de maíz + Pausterización. **T3**=Calcha de maíz + Pausterización. **TE1**=Bagazo de caña de azúcar + Pasteurización + H₂O₂ al 50%. **TE2**=Bagazo de caña de azúcar - Calcha de maíz + Pasteurización + H₂O₂ al 50%. **TE3**=Calcha de maíz + Pasteurización + H₂O₂ al 50%. Las letras a, b, c representan la significancia de $p < 0,05$.

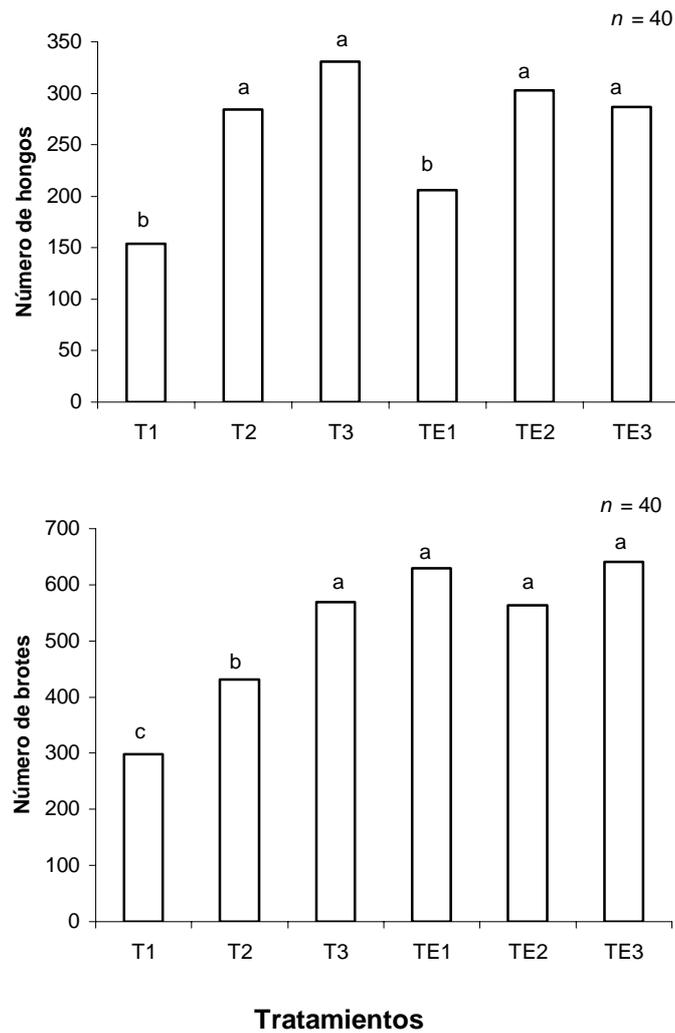


Figura 4. Análisis ANDEVA del total de las cosechas; comparación del número de hongos y número de brotes para seis tratamientos de producción del hongo *P. ostreatus*. **T1**=Bagazo de caña de azúcar + Pausterización. **T2**= Bagazo de caña - Calcha de maíz + Pausterización. **T3**=Calcha de maíz + Pausterización. **TE1**=Bagazo de caña de azúcar + Pasteurización + H₂O₂ al 50%. **TE2**=Bagazo de caña de azúcar - Calcha de maíz + H₂O₂ al 50%. **TE3**=Calcha de maíz + H₂O₂ al 3%. Las letras a, b, c representan la significancia de p 0,05.

CONCLUSIONES

El cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* u hongo ostra ha sido masivamente popularizado en el ámbito mundial, siendo un producto de gran demanda en los mercados, por su agradable sabor, valor nutricional y facilidad de producción. Por ello y aprovechando las necesidades de generar propuestas alternativas de producción que mejoren las condiciones de vida de los agricultores y permitan la optimización de desechos de los procesos de industrialización agropecuaria, se usaron como sustratos el bagazo de caña de azúcar y calcha de maíz.

La presente investigación demostró que los sustratos de crecimiento empleados, bagazo de caña 100%, calcha de maíz 100% y bagazo de caña y calcha de maíz 50-50%, son de buen uso para el cultivo del hongo seta, resultando óptimo, la mezcla de los dos tipos de sustratos por presentar los hongos cosechados un mejor desarrollo, crecimiento y valor nutricional dentro de los parámetros establecidos. Además, económicamente, la adquisición de los sustratos es recomendable debido a su bajo costo, ya que se los encuentra en el medio como material de desecho abaratando, de ésta forma, los costos de producción y optimizando recursos que puedan generar nuevos réditos económicos.

Con respecto a la desinfección del sustrato se concluye que el método de pasteurización, por medio del autoclave, presentó resultados óptimos y un mínimo porcentaje de contaminación, que se atribuye a los procesos de manipulación que demanda la siembra del hongo en el sustrato. Por el contrario, las fundas sumergidas en peróxido de hidrogeno al 3% presentaron contaminación total, por lo que se infiere que el método no funciona para controlar contaminaciones iniciales.

Para el ensayo experimental paralelo, en el que se sometieron los sustratos al proceso de autoclavado y adición de peróxido de hidrogeno al 50%, para controlar brotes de contaminación, se concluye que es necesario la desinfección primaria por cocción, al hervor o pasteurización, seguida de la adición de agua oxigenada que a mas de controlar la contaminación, acelera el proceso de desarrollo del micelio al compensar la demanda de oxigeno en la fase de crecimiento.

RECOMENDACIONES

Por ser este estudio de gran valía y de aporte tecnológico en el sector agro productivo, por la optimización de ciertos recursos de explotaciones agropecuarias en la zona austral, se recomienda:

Continuar con la fase de transferencia de tecnología, estableciendo producciones piloto a nivel de comunidades, para validar los resultados obtenidos en ésta investigación.

El uso del tratamiento TE2, que tuvo de sustrato bagazo de caña de azúcar y calcha de maíz (50-50%), pasteurización y control de contaminaciones puntuales con peróxido de hidrógeno al 50% durante el proceso de incubación, por ser el que le da al hongo mayores rendimientos.

Manejar minuciosamente las condiciones de humedad, temperatura y luminosidad en la fase de crecimiento y producción del hongo para garantizar calidad y rendimiento de hongos.

Considerar en otra investigación todas las cosechas que se puede obtener en un ciclo de producción de *P. ostreatus.*, hasta agotar el sustrato.

Experimentar la desinfección del sustrato realizando primero, un precocido del mismo y luego la aplicación de peróxido de hidrógeno en la fase de inoculación.

Dar continuidad a esta investigación o similares, experimentando otro tipo de sustratos, como los desechos vegetales de las cacaoteras y bananeras, así como otros métodos de desinfección y manejo de las variables que incidan directamente en la productividad de *P. ostreatus.*

Socializar esta tecnología en instituciones encargadas de impulsar el desarrollo productivo, con el fin de buscar financiamiento para la ejecución de un proyecto productivo de setas.

Referencias bibliográficas

ALBERTÓ, E. Manual práctico para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Buenos Aires, Argentina. 1995.

ALVAREZ, S., y RIVERA F. Respuesta del hongo *Pleurotus ostreatus* a tres sustratos de crecimiento y dos niveles de fertilización química en invernadero. Trabajo de Graduación. Cuenca, Azuay. Universidad del Azuay. 2003.

BABITSKATYA, V.G., et al. Some Biologically Active Substances from Medicinal Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) P.Kumm.(Agaricomycetidae). Int J of Med Mushrooms. 1999. Vol. 1(4) :345-349.

BERMÚDEZ, R.C., TRABA J.A., VERDECIA M.J., y GROSS P. Producción de *Pleurotus* sp. cfr. *florida* sobre residuales de la agroindustria cafetalera en Cuba. Micol. Neotrop. Apl. 7: 47-50. 1994.

BOBEK P., et al. Cholesterol lowering effect of the mushroom *Pleurotus ostreatus* in hereditary hypercholesterolemic rats. Ann Nutr Metab 35(4):191-195. 1991

CALDERÓN, J. Micropropagación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* para la promoción del cultivo regional; un ensayo preliminar. Cuenca, Ecuador. 2002. Universidad Verdad. N° 29.

CARDONA, L. Anotación acerca de la bromatología y el cultivo del Hongo *Pleurotus ostreatus*. 2001.

CHANG, S.T. Mushroom and mushroom biology. Hong Kong. Chang, S.H; J.A Buswell & P.G. Miles (Eds). Genetics and Breeding of Edible Mushrooms, Gordon & Breach Science Publishers Amsterdam. 1- 13. 1993.

CRESPO, M. Cultivo comercial del Champiñón. Buenos Aires, Argentina. Editorial Albatros Saci. 1989.

ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE AGRICULTURA Y LA GANADERÍA. España. Editorial Océano. 2000

GARCÍA, M. Cultivo de setas y trufas. Madrid. Mundi Prensa. 1997. 217 pp.

GUZMÁN, G., MATA G., SALMONES D., SOTO-VELASCO C. GUZMÁN-DÁVALOS L. El cultivo de los hongos comestibles con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. IPN. México D.F. 1993.

GUNDE, N. y CIMERMAN, A. *Pleurotus* fruiting bodies contain the inhibitor of 3-hydroxy-3-Methylglutaryl-Coenzyme a Reductase—Lovastatin. *Experimental Mycology* 19: 1-6. 1995.

LÓPEZ, A. Cultivo de Setas. Guía Ilustrada Alternativa Alimenticio de la Economía Familiar. Programa Nacional de Promoción de Cultivo de Hongos Comestibles. Universidad Veracruzana, México. 1995

MANZANO, M et al. Hongos de la podredumbre blanca con capacidad ligninolítica y acción decolorante sobre el violeta de cristal. Facultad de Biología, Universidad de La Habana. *Revista Biología*. 2004. Vol. 18, No. 2, 2004.

MARTÍNEZ, D., MORALES P., y SOBAL M. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o paja de cebada. 1990. *Micol. Neotrop. Apl.* 3: 49-52.

LOPEZ, A., y ALVARADO J. El valor nutritivo de los hongos. México. Notas Técnicas 15. Universidad Veracruzana. Centro de Genética Forestal. 1994.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG), COMUNIDAD ANDINA, SECRETARIA GENERAL PROYECTO, 4.27.63 Estadística en www.comunidadandina.org/estadisticas

PISABARRO, A. Departamento de producción Agraria, Universidad Pública de Navarra, 31006 Pamplona. 1998.

VALENCIA DEL TORO, G. Análisis químico proximal del hongo comestible *Pleurotas ostreatus* cultivado en pasto. México. 1995.

WAYNE R. Cultivando Hongos de Manera Fácil, Cultivo de Hongos en el Hogar. Con Peróxido de Hidrógeno. 2000.

CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES. Laboratorio de Micología y Cultivo de Hongos Comestibles en www.iib.unsam.edu.ar Por

INFOAGRO [WWW.user](http://www.user) survey. (n.d.).Retrieved Diciembre 18, 2005, from <http://www.infoagro.com/forestales/setas.asp>

ACCION ECOLOGICA [WWW.user](http://www.user) survey. (n.d.).Retrieved SEPTIEMBRE 23, 2005, from <http://www.accionecologica.org/descargas/alertas.html>

ANEXOS

Anexo 1: Examen Bromatológico.

Anexo 2: Examen Microbiológico.

Anexo 3: Tabla de costos de Producción *Pleurotus ostreatus*.

Anexo 4: Análisis económico comparativo.

Anexo 5: Cuadros de datos.

ANEXO 1



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

Laboratorio de Análisis Bromatológico

Nº 0681

Resultado de Análisis

ANALISIS DE: HONGO PLEUROTUS OSTREATUS

SOLICITADO POR: SR. JOAQUIN PEÑA BERNAL

NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1) FECHA: 23 MARZO/2006

PROCEDENCIA: MUESTRA ENTREGADA EN ESTE LABORATORIO POR SOLICITANTE

Nº DE MUESTRA:	PLEUROTUS OSTREATUS	CALCULO EN		
Humedad, % P/P	12,68	EN BASE SECA		
Cenizas % P/P	8,44	9,67		
Fibra cruda % P/P	14,45	16,55		
Grasa % P/P	2,53	2,9		
Glúcidos totales % P/P	38,59	44,19	(CALCULO POR DIFERENCIA)	
Proteína bruta, (% N x 6,25) % P/P	23,31	26,7		
Acidez titulable, como: % P/P				
pH				
Sólidos solubles, % P/P (°BRIX)				
Otros:				
Ca en mg/100 g	81,37	93,2		

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
UNIVERSIDAD DE CUENCA
LABORATORIO DE ANALISIS

VALOR DEL ANALISIS: \$ 56 DOLARES

f)
ANALISTA

DR. ROLANDO VALDIVIESO V.
NOMBRE

ANEXO 2

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

DRA. CECILIA PALACIOS O.
BIOQUIMICA FARMACEUTICA. ESP. EN LA UNIVERSIDAD DE BOLOGNA.ITALIA.

DIRECCIÓN: Av. El Paraíso y 12 de Abril. Ed. Rubí. primer piso
TELEFONO: 886880

FECHA DE INICIO : 03-mar-05

FECHA DE TERMINO : 10-mar-05

CLIENTE: Sr. Joaquin Peña

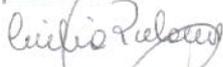
ESPECIFICACION DE LAS MUESTRAS:

TIPO DE MUESTRA: HONGOS COMESTIBLES

FECHA DE FABRICACIÓN:

DETERMINACIÓN:	MUESTRA B	MUESTRA BC	MUESTRA C
Recuento de Bacterias totales ufc/g	130000	200000	80000
Recuento de Coliformes totales ufc/g.	1000	29000	15000
Recuento de Coliformes fecales ufc/g.	ausencia	ausencia	ausencia
Recuento de Hongos ufc/g	4000	1500	3800

Responsable.



Dra. Cecilia Palacios O.

Dra. Cecilia Palacios O.

LABORATORIO CLINICO

ANEXO 3

Tabla de costos de Producción *Pleurotus ostreatus*.

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO FINAL	COSTO POR CICLO
Maíz	1	quintal	10	10	10
Fundas de Plástico	240	fundas	0,05	12,00	12
Bagazo de caña	10	quintal	3,00	30,00	30
Calcha de maíz	10	quintal	2,00	20,00	20
Alambre # 14 flexible	20	metros	0,35	7,00	2,33
Combustible	30	cilindros	2,00	60,00	20
Electrodos	5	libras	2,30	11,50	3,83
Malla	36	metros	2,08	75,00	25
Cierra	1	unidades	3,00	3,00	1
Tubo pvc	20	metros	1,00	20,00	6,66
Ligas	1	paquete	0,5	0,5	0,50
Cinta adhesiva	2	rollo	3,00	6,00	2
Pinzas	2	unidades	2,00	4,00	1,33
Bomba de mochila	1	unidades	50,00	50,00	16,66
Peroxido de hidrogeno	35	litros	1,43	50,00	16,66
Generador de vapor	1	unidades	120,00	120,00	40
Invernadero	20	metros	100,00	2000,00	100
Transporte	1	unidad	20,00	20,00	20
Agua	20	metro	0,44	8,80	8,8
Luz	200	KWH	0,10	20,00	20
ALQUILER					
Ollas de presión	2	unidad	5,00	10,00	10
Cámara F. Laminar	1	unidad	27,00	27,00	27
Envases de vidrio	960	frasco	0,02	19,20	19,2
Cocina	1	unidad	8,00	8,00	8
Picadora	1	unidad	7,00	7,00	7
Termohidrómetro	1	unidad	10,00	10,00	10
Balanza de precisión	1	unidad	10,00	10,00	10
SUBTOTAL					440,81
IMPREVISTOS 10%					44,08
TOTAL					484,89

Para identificar cual de los tratamientos es el más económico, se tomó en cuenta los costos fijos, dividido para 3 ciclos de cultivo, debido a que se realizó una amortización para un año de vida económica de los materiales, no así del invernadero que se lo considera por el tipo de estructura con una vida útil de por lo menos 20 años.

COSTO DE PRODUCCION POR CICLO

TRATAMIENTO	FUNDA	GAS	H2O2	# DE FUNDAS	TOTAL
T1 (S1D1)	1,98	0,16		40	85,6
T2 (S2D1)	1,94	0,16		40	84
T3 (S3D1)	1,9	0,16		40	82,4
T4 (S1 D2)	0	0	0	40	0
T5 (S2D2)	0	0	0	40	0
T6 (S3D2)	0	0	0	40	0
TE1 (S1D1)	1,98	0,16	0.13	40	90,8
TE2 (S2D1)	1,94	0,16	0.13	40	89,2
TE3 (S3D1)	1,9	0,16	0.13	40	87,6

TE1, TE2, TE3, corresponden al segundo ensayo de la experimentación paralela al diseño de tesis.

Cabe recalcar que dentro del valor de la funda están incluidos todos los costos de amortización de los materiales utilizados para la producción de los hongos, no así el costo de mano de obra

Como se puede ver por el # de fundas no existe una mayor diferencia dentro de los costos de producción de las fundas de los diferentes tratamientos.

ANEXO 4

ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS POR 20 m² DE INVERNADERO

Tratamiento	Producción	Beneficio Bruto	Costos de producción	Beneficio neto
T1 (S1D1)	4402	44.02	85,6	-41.58
T2 (S2D1)	9110	91.10	84	+7.1
T3 (S3D1)	9665	96.65	82,4	+14.25
T4 (S1D2)	0	0	0	0
T5 (S2D2)	0	0	0	0
T6 (S3D2)	0	0	0	0
TE1 (S1D2)	5834	58.34	90,8	-32.46
TE2 (S2D2)	11538	115.38	89,2	+26.18
TE3 (S3D2)	7512	75.12	87,6	-12.48

TE1, TE2, TE3, corresponden al segundo ensayo de la experimentación paralela al diseño de tesis.

Cabe indicar que el precio de venta por Kg. de hongo en fresco fue de 10 Dólares.

Una vez realizado el análisis económico comparativo de la producción dentro del invernadero podemos notar que el TE2 es el mas rentable (29.34%), no así el T3 que produce un beneficio considerable pero no excelente (17.29%), mientras que el T2 produce un beneficio bajo (8.45%).

El T1, TE1 y TE3 no producen ningún beneficio por lo que son descartados para posteriores ensayos.

Cabe recalcar que los datos tomados para la investigación como para su análisis económico se lo realizo hasta la tercera cosecha.

ANEXO 5

PESO DE LOS HONGOS PRIMERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	509,19	422,89	317,66	402,46	1652,2	413,05
T2	647,63	814,32	608,51	653,53	2723,99	681,00
T3	308,47	919,68	588,04	688,37	2504,56	626,14
T4	584,48	428,26	415,17	515,64	1943,55	485,89
T5	602,24	809,14	812,1	846,06	3069,54	767,39
T6	483,39	459,29	467,11	375,08	1784,87	446,22
SUMATORIA	3135,4	3853,58	3208,59	3481,14		
MEDIA	522,57	642,26	534,77	580,19		

PESO DE LOS HONGOS SEGUNDA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	340,1	340	287,48	282,8	1250,38	312,60
T2	967,91	973,23	950,38	829,42	3720,94	930,24
T3	676,2	766,38	790,71	705,5	2938,79	734,70
T4	541,63	510,08	588,3	458,37	2098,38	524,60
T5	918,27	844,25	951,1	1519,14	4232,76	1058,19
T6	658,96	723,38	552,8	756,67	2691,81	672,95
SUMATORIA	4103,07	4157,32	4120,77	4551,9		
TOTAL	683,85	692,89	686,80	758,65		

PESO DE LOS HONGOS TERCERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	327,2	418,25	445,02	308,62	1499,09	374,77
T2	616,32	727,01	708,52	613,19	2665,04	666,26
T3	1022,46	1059,04	1102,29	973,05	4156,84	1039,21
T4	445,07	466,96	498,1	381,66	1791,79	447,95
T5	1109,85	1336,87	825,1	963,67	4235,49	1058,87
T6	894,54	855,84	561,37	724,19	3035,94	758,99
SUMATORIA	4415,44	4863,97	4140,40	3964,38		
TOTAL	735,91	810,66	690,07	660,73		

TOTAL DE PESOS DE LOS HONGOS					
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	TOTAL
T1	4863,97	1181,14	1050,16	993,88	8089,15
T2	2231,86	2514,56	2267,41	2096,14	9109,97
T3	2007,13	2745,1	2481,04	2366,92	9600,19
T4	1571,18	1405,3	1501,57	1355,67	5833,72
T5	2630,36	2990,26	2588,3	3328,87	11537,79
T6	2036,89	2038,51	1581,28	1855,94	7512,62

PESO DE LOS HONGOS EN LAS TRES COSECHAS

DIAMETRO DE LOS HONGOS EN LAS TRES COSECHAS

PROMEDIOS DIAMETROS PRIMERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	TOTAL
T1	7,61	5,63	5,51	5,24	23,99	6,00
T2	5,41	4,84	5,51	6,23	21,99	5,50
T3	4,51	7,3	5,7	5,39	22,9	5,73
T4	6,89	6,07	8,77	7,07	28,8	7,20
T5	5,19	5,49	5,6	6,2	22,48	5,62
T6	4	4,01	5,61	5,37	18,99	4,75
SUMATORIA	33,61	33,34	36,7	35,5		
TOTAL	5,60	5,56	6,12	5,92		

PROMEDIOS DIAMETROS SEGUNDA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	TOTAL
T1	5,64	5,61	5,37	4,29	20,91	5,23
T2	6,76	5,18	6,5	6,4	24,84	6,21
T3	5,39	5,54	5,34	4,6	20,87	5,22
T4	4,87	5,36	6,72	5,2	22,15	5,54
T5	7,98	6,02	5,46	6,33	25,79	6,45
T6	6,29	6,71	5,17	7,11	25,28	6,32
SUMATORIA	36,93	34,42	34,56	33,93		
TOTAL	6,16	5,74	5,76	5,66		

PROMEDIOS DIAMETROS TERCERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	TOTAL
T1	6,22	5,89	4,77	4,79	21,67	5,42
T2	5,47	5,2	4,49	5,18	20,34	5,09
T3	5,2	5,01	5,16	5,04	20,41	5,10
T4	5,56	4,29	4,84	5,3	19,99	5,00
T5	5,63	6,2	5,49	5,61	22,93	5,73
T6	5,47	5,15	5,57	6,23	22,42	5,61
SUMATORIA	33,55	31,74	30,32	32,15		
TOTAL	5,59	5,29	5,05	5,36		

PROMEDIO DE LOS DIAMETROS DE LOS HONGOS					
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	TOTAL
T1	6,49	5,71	5,22	4,77	22,19
T2	5,88	5,07	5,50	5,94	22,39
T3	5,03	5,95	5,40	5,01	21,39
T4	5,77	5,24	6,78	5,86	23,65
T5	6,27	5,90	5,52	6,05	23,73
T6	5,25	5,29	5,45	6,24	22,23

DE HONGOS EN LAS TRES COSECHAS

# DE HONGOS PRIMERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	37	42	52	54	185	46,25
T2	51	100	60	44	255	63,75
T3	70	91	66	82	309	77,25
T4	47	43	18	62	170	42,50
T5	55	65	85	68	273	68,25
T6	96	67	59	51	273	68,25
SUMATORIA	356	408	340	361		
MEDIA	59,33	68,00	56,67	60,17		

# DE HONGOS SEGUNDA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	50	60	37	72	219	54,75
T2	93	132	144	103	472	118,00
T3	100	126	120	113	459	114,75
T4	82	84	70	98	334	83,50
T5	55	89	110	167	421	105,25
T6	84	111	89	97	381	95,25
SUMATORIA	464	602	570	650		
MEDIA	77,33	100,33	95,00	108,33		

# DE HONGOS TERCERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	35	48	73	56	212	53,00
T2	85	103	142	81	411	102,75
T3	138	155	139	123	555	138,75
T4	60	97	90	72	319	79,75
T5	124	149	110	135	518	129,50
T6	161	143	94	95	493	123,25
SUMATORIA	603	695	648	562		
MEDIA	100,50	115,83	108,00	93,67		

TOTAL DEL # HONGOS					
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	TOTAL
T1	122,00	150,00	162,00	182,00	616,00
T2	229,00	335,00	346,00	228,00	1138,00
T3	308,00	372,00	325,00	318,00	1323,00
T4	189,00	224,00	178,00	232,00	823,00
T5	234,00	303,00	305,00	370,00	1212,00
T6	341,00	321,00	242,00	243,00	1147,00

TAMAÑO DE LOS HONGOS EN LAS TRES COSECHAS

TAMAÑO DE HONGOS PRIMERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	8,78	6,80	6,13	6,67	19,60	6,53
T2	6,30	5,70	6,76	8,52	27,28	6,82
T3	5,39	7,92	5,82	5,38	24,51	6,13
T4	8,50	8,05	9,43	7,36	33,34	8,34
T5	5,35	5,16	6,25	7,20	23,96	5,99
T6	3,87	4,51	5,59	5,68	19,65	4,91
SUMATORIA	38,19	38,14	39,98	40,81		
MEDIA	5,88	6,36	6,66	6,80		

TAMAÑO DE HONGOS SEGUNDA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	6,65	5,97	6,03	4,41	23,06	5,77
T2	7,20	4,90	6,32	6,93	25,35	6,34
T3	5,53	5,72	5,54	4,43	21,22	5,31
T4	4,37	6,26	7,03	5,33	22,99	5,75
T5	7,75	5,12	5,40	6,80	25,07	6,27
T6	6,67	5,92	5,30	7,00	24,89	6,22
SUMATORIA	38,17	33,89	35,62	34,90		
MEDIA	6,36	5,65	5,94	5,82		

TAMAÑO DE HONGOS TERCERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	6,95	6,27	5,35	5,34	23,91	5,98
T2	5,40	5,35	4,64	6,52	21,91	5,48
T3	6,08	6,04	5,38	5,17	22,67	5,67
T4	4,97	4,37	4,77	5,92	20,03	5,01
T5	5,05	5,29	5,24	5,14	20,72	5,18
T6	5,89	5,12	5,63	6,18	22,82	5,71
SUMATORIA	34,34	32,44	31,01	34,27		
MEDIA	5,72	5,41	5,17	5,71		

PROMEDIO DEL TAMAÑO DE LOS HONGOS					
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	TOTAL
T1	7,46	6,35	5,84	5,47	25,12
T2	6,30	5,32	5,91	7,32	24,85
T3	5,67	6,56	5,58	4,99	22,80
T4	5,95	6,23	7,08	6,20	25,45
T5	6,05	5,19	5,63	6,38	23,25
T6	5,48	5,18	5,51	6,29	22,45

DE BROTES DE LOS HONGOS EN LAS TRES COSECHAS

# DE BROTES PRIMERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	52	63	80	75	270	67,50
T2	75	134	83	60	352	88,00
T3	102	141	104	139	486	121,50
T4	139	178	71	153	541	135,25
T5	90	93	116	124	423	105,75
T6	201	171	170	178	720	180,00
SUMATORIA	659	780	624	729		
MEDIA	109,83	130,00	104,00	121,50		

# DE BROTES SEGUNDA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	81	110	86	170	447	111,75
T2	138	191	237	140	706	176,50
T3	200	188	217	214	819	204,75
T4	267	282	193	241	983	245,75
T5	138	190	207	283	818	204,50
T6	200	193	236	240	869	217,25
SUMATORIA	1024	1154	1176	1288		
MEDIA	170,67	192,33	196,00	214,67		

# DE BROTES TERCERA COSECHA						
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	SUMATORIA	MEDIA
T1	63	108	141	164	476	119,00
T2	141	159	232	134	666	166,50
T3	221	247	241	263	972	243,00
T4	247	272	236	241	996	249,00
T5	233	293	243	244	1013	253,25
T6	255	239	222	260	976	244,00
SUMATORIA	1160	1318	1315	1306		
MEDIA	193,33	219,67	219,17	373,14		

TOTAL DEL # BROTES DE LOS HONGOS					
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	TOTAL
T1	196,00	281,00	307,00	409,00	1193,00
T2	354,00	484,00	552,00	334,00	1724,00
T3	523,00	576,00	562,00	616,00	2277,00
T4	653,00	732,00	500,00	635,00	2520,00
T5	461,00	576,00	566,00	651,00	2254,00
T6	656,00	603,00	628,00	678,00	2565,00