UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA

"ASERRÍN DE *Guazuma crinita* (BOLAINA BLANCA) Y LA HARINA DE *Erythrina sp (*AMASISA) EN LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN YARINACOCHA - UCAYALI"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA

WISUM PETSA, ULISES

YARINACOCHA - PERÚ
2015

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida.

Esta investigación va dedicado con cariño a mis padres Dionicio Wisum y Alicia Petsa, quienes nunca dejaron de confiar y apoyarme incondicionalmente.

A mis hijos: Nugkui Jhelen, Etsa Kam, Samy Yawar y Senuji Guadalupe, quienes llenan de mucha felicidad mi vida.

A mis Tíos, a mis hermanos Gregorio y Nelcia fieles consejeros.

A mis amigos por darme la fortaleza y el espíritu de seguir mis estudios

AGRADECIMIENTO

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

- A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, por mi formación académica y las facilidades brindadas.

- A la Universidad Nacional de Ucayali, por permitirme utilizar el laboratorio de suelos para realizar el análisis bromatológico de los carpóforos y sustratos.

- A los docentes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, al Departamento Académico de Ingeniería Agroforestal Acuícola de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía - UNIA; en especial a mis jurados, por sus sugerencias y recomendaciones durante el desarrollo de la investigación y por las enseñanzas brindadas durante mi formación profesional.

- A mi asesor, Ing. Mg. Pablo Pedro Villegas Panduro, asesor de proyecto, apoyo, paciencia, valiosa colaboración en la ejecución y redacción del presente proyecto de investigación y por su continua ayuda para superar las dificultades que han ido surgiendo durante el desarrollo de esta tesis, por su constante estímulo y amistad indispensables para mi desarrollo profesional y personal.

- Y a todos los demás no mencionados… Dios los bendiga.

ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA…… ii
AGRADECIMIENTO……... iii
INDICE…….. iv
INTRODUCCION……...
RESUMEN…… xii
ABSTRACT……. xiii
CAPITULO I 14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…… 14
1.1. Descripción de la situación problemática…. 14
1.2. Formulación del problema…….. 15
1.2.1. Problema general…… 15
1.2.2. Problemas específicos.....
1.3. Objetivos de la investigación…….. 16
1.3.1. Objetivo general……... 16
1.3.2. Objetivos específicos…….. 16
1.4. Justificación del estudio…….. 17
1.5. Limitaciones de la investigación…….. 18
CAPITULO II……..... 19
2. MARCO TEORICO……. 19
2.1. Antecedentes de la investigación…….. 19
2.2. Bases teóricas……... 27
2.2.1. Pleurotus ostreatus……. 27
2.2.2. Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*..... 27
2.2.3. Características morfológicas del hongo *Pleurotus ostreatus*…. 28
2.2.3.1. Características fisiológicas de *Pleurotus ostreatus*……. 28
2.2.3.2. Características morfológicas de *Pleurotus ostreatus*…….. 28
2.2.4. El ciclo reproductivo del hongo *Pleurotus ostreatus*…… 28
2.2.5. Composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*….. 29
2.2.6. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación..... 29

2.2.7. Contaminantes, plagas y enfermedades…….. 32

2.2.8. Recolección, consumo y comercialización de setas…… 38

2.2.9. Residuos agroindustriales para el cultivo de hongo……

Pleorotus ostreatus…… 39

2.2.9.1. Composición química de los residuos……

agroindustriales…… 39

2.2.9.2. La harina de hoja de amasisa…… 41

2.2.9.3. Bolaina blanca (*Guazuma crinita*) …… 44

2.3. Definición de términos básicos……..…….. 46

2.4. Hipótesis……..……. 47

2.4.1. Hipótesis general……..…… 47

2.5. Variables……. 47

2.5.1. Variable independiente…..…….. 47

2.5.2. Variable dependiente…… 48

CAPITULO III……... 49

3. METODOLOGIA……..…… 49

3.1. Tipo y nivel de la investigación……... 49

3.1.1. Tipo de investigación……..…….. 49

3.1.2. Nivel de investigación……..……. 49

3.2. Método de la investigación…….. 49

3.2.1. Ubicación del área experimental……..……... 49

3.2.2. Condiciones ambientales……..……. 49

A. Temperatura y humedad relativa de la cámara de incubación……..….. 50

B. Luz……...…… 51

3.2.3. Aislamiento de cepas de hongos comestibles…….. 51

3.2.4. Propagación de inoculo “semillas”…… 52

3.2.5. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos…… 53

3.2.6. Variables evaluadas…….. 56

3.3. Diseño de la investigación…….…….... 57

3.3.1. Diseño experimental……..…… 57

3.3.2. Tratamiento en estudio..... 58
3.4. Población y muestra..... 58
3.4.1. Población..... 58
3.4.2. Muestras..... 58
3.4.3. Unidad experimental..... 58
3.5. Tratamientos de los datos..... 59
CAPITULO IV..... 60
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... 60
4.1. Resultados..... 60
4.1.1. Precocidad de incubación..... 60
4.1.2. Diámetro de carpóforos..... 61
4.1.3. Longitud de pie..... 62
4.1.4. Numero de carpóforos..... 63
4.1.5. Peso fresco de carpóforos..... 64
4.1.6. Peso seco de carpóforos..... 66
4.1.7. Eficiencia biológica..... 67
4.1.8. Rendimiento..... 68
4.1.9. características bromatológico de los sustratos..... 69
4.1.10. características bromatológico de los carpóforos..... 70
4.2. **DISCUSIONES**..... 72
CONCLUSION..... 75
RECOMENDACIONES..... 76
BIBLIOGRAFIA..... 77
ANEXOS..... 85
ICONOGRAFIA..... 88

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 01. Análisis proximal de harina de *Erythrina*……. 43
Cuadro 02. Composición nutricional de aserrín…….. 44
Cuadro 03. Promedio de temperaturas y humedad relativa en los periodo de cultivo…. 50
Cuadro 04. Esquema de análisis de varianza (ANVA)…… 57
Cuadro 05.descripsion de los tratamientos en el estudio (ANVA)…… 58
Cuadro 06. Prueba de promedio de Ducan para la variable precocidad… 60
Cuadro 07. Resultados de la prueba de promedio de Ducan para la variable diámetro de carpóforos…….. 61
Cuadro 08. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la longitud de carpóforos…….. 62
Cuadro 09. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la el número carpófagos…… 63
Cuadro 10. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para el peso fresco de carpófagos de carpóforos……. 65
Cuadro 11. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para el peso seco de carpóforos…….. 66
Cuadro 12. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para el porcentaje de eficiencia biológica……. 67
Cuadro 13. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para el rendimiento de los sustratos estudiados……. 68
Cuadro 14. Caracterización química de los sustratos evaluados para la producción de hongos comestibles……. 69
Cuadro 15. Análisis bromatológico de los carpóforos crecidos en los sustratos estudiados ……. 70

EN EL ANEXO

Anexo 01.ANVA para la precocidad en los sustratos en estudio…… 86
Anexo 02. ANVA para el diámetro de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…… 86
Anexo 03. ANVA para la longitud de pie de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 86
Anexo 04. ANVA para el numero de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 86
Anexo 05. ANVA para el peso fresco de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 87
Anexo 06. ANVA para el peso seco de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 87
Anexo 07. ANVA para el porcentaje de eficiencia biológica evaluada en los tratamientos en estudio…… 87
Anexo 08. ANVA para el rendimiento evaluado en los tratamientos en estudio…….. 87

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 01. Valor nutricional del hongo seta % en comparación con otros alimentos…….. 29
Figura 02. Muestra contaminada por *Trichoderma* en forma de manchas…….. 33
Figura 03. Muestra de *Pleurotus* en pulpa de café invadida por el modo verde *Trichoderma*..... 33
Figura 04. Contaminación causada por *Coprinus* véase la mancha negra provocada por la esporas de este hongo…… 34
Figura 05. Contaminación comunes en el laboratorio y durante el cultivo de *Pleorotus ostreatus*…. 35
Figura 06. Muestra invadida por insectos, véase el nudo crecimiento del medio por la presencia de esta plaga…….. 36
Figura 07. Daños provocados por insectos en fructificaciones del hongo seta…….. 36
Figura 08. *Hypogastrura armata*……. 36
Figura 09. Adultos y larvas de un cecidomido…….. 37
Figura 10. Comportamiento de los tratamientos para la variable precocidad…… 61
Figura11.Diámetro de carpófagos en los tratamientos en estudio…… 62
Figura 12. Longitud de pie de carpóforo en los sustratos estudiados…… 63
Figura 13. Numero de carpóforo en los sustratos estudiados…… 64
Figura 14. Peso fresco de carpóforos en lo tratamientos estudiados…… 65
Figura 15. Peso seco de carpóforos en los tratamientos estudiados…… 67
Figura 16. Porcentaje de eficiencia biológica en los tratamientos estudiados…….. 68
Figura 17. Rendimiento de los sustratos estudiados…… 69
Figura 18. Genero Megacelia, presente en el sustrato estudiado……. 74

EN LA ICONOGRAFIA…….....

Figura 19. Insumos que constituyen los sustratos en estudio…….. 89

Figura 20. Presentación de los sustratos en estudio…….. 89

Figura 21. Esterilización de los sutratos estudiados……. 90

Figura 22. Cultivo de *Pleorotus ostreatus* en granos de trigo como inoculo secundario…… 90

Figura 23. Siembra de *Pleorotus ostreatus* en los sustratos estudiados….. 90

Figura 24. Producción de carpóforos en el sustrato con 100% de aserrín de bolaina fresca…… 90

Figura 25. Pesado de hongos frescos…….. 91

Figura 26. Muestra de hongos deshidratados para el análisis bromatológico……. 91

INTRODUCCIÓN

Actualmente el hongo seta es cultivado cada vez más por un mayor número de productores debido a su poca inversión, facilidad de cultivo y adaptación al medio. En los últimos 40 anos, el mercado de hongos comestibles a nivel mundial ha experimentado un crecimiento anual de 4.3%, de acuerdo a los datos obtenidos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Este crecimiento se debe principalmente a mejoras en la tecnología de producción de diversos hongos, que posibilitan tener mejores precios y un mayor volumen. Está relacionado, además, al enorme giro que ha dado el mundo con respecto a la salud y hacia una mejor forma de cuidarse; las personas buscan una alimentación más sana y esta científicamente comprobado que el consumo de hongos comestibles otorga beneficios a la salud del ser humano.

Por otro lado, la región Ucayali, conforme al boletín semestral del (INRENA, 2009), ocupa el primer lugar en la producción nacional de maderas aserradas con 49.89 %, seguida por el departamento de Loreto con 13.76 %, Madre de Dios con 11.74 % y Junín con 10.54 %, entre las más importantes.

El aserrín acumulado en aserraderos, son eliminado por combustión directa o arrojada en cursos de agua (cuya degradación natural es casi nula), constituye un problema de contaminación ambiental considerable, ya que la degradación natural de estos residuos es lenta debido a la composición química que presenta.

Sin embargo, el aserrín se está aprovechando como biomasa y fuente de energía, como combustible y en menor escala en la fabricación de productos maderables, y recientemente para la producción de alimento a través del cultivo de hongos comestibles y por este motivo el presente trabajo de tesis plantea el estudio de sustratos de la combinación de harina de amasisa más el aserrín de bolaina blanca *(Guazuma crinita)* como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

RESUMEN

En los ambientes de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, ubicada en el Km. 0.5 de la carretera de Yarinacocha a San José de Tushmo Km. 0.5, Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, Perú, entre los meses de octubre a noviembre del año 2015, se llevo a cabo el trabajo de investigación titulado "Efecto del aserrín de bolaina (*Guazuma crinita*) y la harina de amasisa (*Erythrina sp.*) en la producción de *Pleurotus ostreatus* en Yarinacocha - Ucayali", para el cual se contó con una cepa de *Pleurotus ostreatus* procedente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y los sustratos estudiados fueron: T1: 100% de aserrín de bolaina fresca; T2: 80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa; T3: 60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa y T4: 40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa. Los sustratos estudiados fueron empacados en bolsas de polipropileno a un peso de 1 kg, esterilizados e inoculadas con 20 gramos de trigo con *Pleurotus ostreatus*. Se evaluó las variables precocidad de incubación, numero, diámetro y longitud de pie de carpóforos, porcentaje de eficiencia biológica, rendimiento y análisis bromatológico, se empleo el diseño completamente al azar con 04 tratamientos y 10 repeticiones, y se utilizó la prueba de promedios de Duncan con un nivel de significancia del 95%, concluyendo que: el sustrato constituido con 100% de aserrín de bolaina obtuvo producción de setas, no registrándose crecimiento micelial y producción de setas en los sustratos que contenían Nitrógeno y Carbono con diferentes porcentajes de incorporación de harina de hoja de amasisa, debido a que estos sustratos sufrieron procesos de contaminación con plagas y enfermedades como hongos contaminantes y de Dípteros del género Megaselia, los cuales no permitieron el desarrollo micelial y la fructificación en estos sustratos; asimismo, la producción de setas en el sustrato con 100% de aserrín de bolaina fresca fue baja en todas las variables evaluadas y finalmente, en las características bromatológicas de los sustratos, demuestran que los mejores contenidos nutricionales se encuentran en el sustrato con 40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa, en los cuales se destaca el mejor promedio de contenido de proteína bruta, y cenizas totales.

ABSTRACT

In atmospheres of the Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, located in km 0,5 of the highway from Yarinacocha to San jOse de Tushmo km 0,5, District of Yarinacocha, Province of Colonel Portillo, Ucayali Region, Peru, between the months of October to November of year 2015, It was carried out the titled work of investigation " Effect of the sawdust of bolaina (*Guazuma crinita*) and the flour of amasisa (*Erythrina sp.*) in the production of *Pleurotus ostreatus* in Yarinacocha - Ucayali ", for which coming from the Universidad Nacional Agraria La Molina was counted on a stock of *Pleurotus ostreatus*, and the studied substrates were: T1: 100% of sawdust of fresh bolaina; T2: 80% of sawdust of fresh bolaina + 20% of flour of amasisa; T3: 60% of sawdust of fresh bolaina + 40% of flour of amasisa and T4: 40% of sawdust of fresh bolaina + 60% of flour of amasisa. The studied substrates were empacados in bags of polypropylene to a weight of 1 kg, sterilized and inoculated with 20 grams of wheat with *Pleurotus ostreatus*. One evaluated the variables precocidad of incubation, I number, diameter and length of foot of carpóforos, percentage of biological efficiency, yield and bromatológico analysis, use the design completely at random with 04 treatments and 10 repetitions, and was used the test of averages of Duncan with a significance level of 95%, concluding that: the substrate constituted with 100% of bolaina sawdust obtained production of mushrooms, not registering micelial growth and production of mushrooms in the substrates that contained different percentage of incorporation of leaf flour from amasisa, because these substrates underwent processes of contamination with plagues and diseases like polluting fungi and of Dípteros of the Megaselia sort, which did not allow to the micelial development and the fruition in these substrates; also, the production of mushrooms in the substrate with 100% of sawdust of fresh bolaina was low in all the evaluated variables and finally, in the bromatológical characteristics of the substrates, demonstrates that the best nutricionales contents are in the substrate with 40% of sawdust of fresh bolaina + 60% of flour of amasisa, in which stands out the best average of gross protein content, and total ashes.

CAPÍTULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la situación problemática

Pleurotus es un hongo comestible gastronómicamente de primera calidad. Su colores blanco o castaño, aunque hay variedades azuladas y rosadas. Su carne es compacta en el sombrero, fibrosa y blanca en el pie con sabor y olor agradable (Romero *et al*., s.f.).

El 99% de la producción de hongo deshidratado de la empresa es exclusivo para exportación, siendo sus principales destinos España con un 40%, Brasil 30% y Francia 19%; solo el 1% está dirigido hacia el mercado interno. El bajo consumo en nuestro país es debido a que existe una escasa tradición cultural y culinaria del consumo de hongos comestibles, desconociendo sus propiedades medicinales, alta calidad nutricional, y sabor exótico apetecido y reconocido en otras culturas (Profananpe, 2013).

Las técnicas de cultivo en nuestro país son muy poco desarrolladas y tecnificadas por lo cual el cultivo de hongos actualmente es considerado un cultivo artesanal asequible a pequeños agricultores a partir de cualquier residuo agroforestal que se pueda utilizar como sustrato para el crecimiento de los hongos comestibles (Singer, 1994).

Sin embargo, para el caso del cultivo de *Pleutotus ostrearus*, existen pocos técnicos especialistas con experiencia en producción comercial, así mismo, la producción comercial de *Pleurotus ostreatus* requieren mediana inversión y ambientes adecuados, materiales y equipos básicos de laboratorio que hacen una tecnologia que presenta problemas de aplicación cotidiana.

Una fortaleza importante que presenta *Pleurotus ostreatus,* es que puede crecer en un amplio rango de sustratos; su cultivo puede llevarse a cabo tanto de manera artesanal como comercial.

Las temperaturas óptimas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* es de 26°-28°C, un pH de 5-6, las relaciones Carbono / Nitrogeno adecuadas son de

40:60, los contenidos de humedad del sustrato deben ser mayores al 50% sin incurrir en excesos, necesita de preferencia aire acondicionado, las altas concentraciones de CO2 contribuyen a su germinación pero afectan la fructificación. (Ardón, 2004).

El cultivo de hongos comestibles, ofrece una alternativa eficiente para mejorar los valores nutritivos de la alimentación humana, por sus cualidades nutritivas y medicinales, además por el rol que cumple en la alimentación de los pobladores amazónicos.

Granados (2003), realizó estudio en Colombia donde el 15% de la diversidad de genero *Erythrina sp* ubicadas en diferentes zonas agroecológicas. Son económicamente importantes por su alto valor nutricional para el alimento humano y animal, también son empleadas como forrajes, cercos vivos, recuperador de suelos.

El presente trabajo de investigación busca reutilizar residuos orgánicos como el aserrín de madera blanda como la bolaina blanca, y la harina de amasisa para poder producir hongos comestibles para consumo humano.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué efectos tiene el aserrín de *Guazuma crinita* (bolaina blanca), y la harina de *Erythrina sp* (amasisa) sobre la producción y las características nutricionales de *Pleurotus ostreatus*?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué efectos tiene el aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca), y harina de *Erythrina sp* (amasisa) sobre la producción de setas de *Pleurotus ostreatus*?
- ¿Cuáles son las características nutricionales que presentan las setas de *Pleurotus ostreatus* cultivados en aserrín *Guazuma crinita* de (Bolaina blanca), y la harina de *Erythrina sp* (amasisa)

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del aserrín de Bolaina blanca (*Guazuma crinita),* y harina de amasisa (*Erythrina sp*.) en los aspectos productivos y las características nutricionales de *Pleurotus ostreatus.*

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del aserrín de Bolaina blanca (*Guazuma crinita*), y harina de amasisa (*Erythrina sp*.), sobre la producción de setas de *Pleurotus ostreatus*
- Cuantificar las características nutricionales que presentan las setas de *Pleurotus ostreatus* cultivados en aserrín de bolaina blanca (*Guazuma crinita*), y harina de amasisa (*Erythrina sp*.)

1.4. Justificación del estudio

Pleurotus ostreatus, es una especie cosmopolita y crece saprofíticamente en ambientes naturales sobre troncos de árboles caídos y otras plantas leñosas en descomposición. Es un hongo semianaeróbico que soporta un 32 % de CO_2 y fija el nitrógeno atmosférico. Debido a sus pocos requerimientos nutricionales y a su fácil adaptación a los ambientes de cultivo, requiere de técnicas simples y baratas para su cultivo y sus desechos, con capacidad para degradar materiales lignocelulósicos, por lo que quedan convertidos en pienso animal. En ese sentido resulta interesante obtener un alimento tan rico en proteínas con la simple conversión de residuos agroindustriales. (Romero *et al*., s.f.).

Por consiguiente, ampliar y mejorar las actividades encaminadas al aprovechamiento de residuos orgánicos como el aserrín y los residuos de y harina de amasisa, generados en la región, es una prioridad, debido a que existe abundante y que no se aprovecha, teniendo alto % de nitrógeno, en la actualidad solo se da uso como alimento a los animales en corrales y utilizan como cerco vivo por el rápido crecimiento. El uso y aprovechamiento que se puede dar a harina de amasisa es muy amplio, ya que, debido a sus características, muchos de estos pueden ser aprovechados en el cultivo y producción de hongos comestibles por sus contenidos altos de nitrógeno. Estos compuestos pueden ser aprovechados por los hongos comestibles, ya que contiene mayor concentración de nitrógeno estos polisacáridos a través de enzimas para obtener nutrientes. De esta manera, se les dará valor agregado a los residuos generando un producto de valor nutricional y comercial importante.

Así, no solo se contribuiría al aprovechamiento de los recursos orgánicos con los que cuenta la región, sino que también se propiciará el desarrollo socioeconómico de las comunidades indígenas en la utilización adecuada para la producción de hongos como alimentos.

A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la

carne de muchos pescados) y bajo contenido de calorías y carbohidratos. También se caracterizan por tener propiedades medicinales conocidas como generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Romero *et al*., 2000). Son apetecidos ampliamente por su excelente sabor en cocina gourmet, por tanto, la producción de hongos actualmente moviliza cientos de millones de dólares y miles de puestos de trabajo en toda América, particularmente en América Latina ya que esta región tiene un gran potencial para el cultivo de las especies comestibles por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se genera en los diferentes cultivos agrícolas (Torres, 2003).

Los beneficiarios directos e indirectos de la realización de esta investigación serán: Los productores y sus familias que quieran iniciar y desarrollar la producción de hongos comestibles, los técnicos al constituirse en expertos en el manejo tecnológico, tendrán nuevas oportunidades de trabajo como asesores independientes, los investigadores, quienes encuentran en el desarrollo de la producción de setas en el medio rural, la fuente u objeto de estudio para la investigación. Información que será de gran utilidad para la elaboración de nuevas estrategias para la transferencia y desarrollo de tecnologías no convencionales en el medio rural, los consumidores directos al disponer de un producto de alto valor nutricional y medicinal.

Por este motivo, la investigación sobre el cultivo de *Pleurotus ostreatus,* utilizando sustratos orgánicos como el aserrín de bolaina blanca y la harina de amasisa, presentes en la región, debe de ser prioritario a nivel regional.

1.5. Limitaciones de la investigación

El trabajo de investigación de tesis se realizó a nivel de laboratorio, en los cuales se contó con los materiales, equipos y reactivos básicos para el desarrollo del trabajo de tesis, observándose algunos problemas referente a los ambientes que se utilizaron para la etapa de incubación y fructificación de los hongos comestibles, los cuales no presentaban un aislamiento adecuado.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Suárez y Jerez (2011) realizaron trabajos de investigación el cual consistió en la implementación de un tratamiento térmico para la modificación química de la superficie de la cáscara de la mazorca de cacao. Primero se realizó una disminución de tamaño del material, luego se introdujo en un recipiente cerrado para tratamiento térmico a 200°C por 2 horas. Posteriormente, se trató el material a 500 °C por 1 hora para deshidratación y perdida de volátiles. El material resultante fue sometido a lavados con agua destilada y secado a 150 °C por 1 hora hasta adsorbente.

Las pruebas de adsorción de soluciones de azul de metileno de 50 ppm y sulfato de cobre de 1.000 ppm presentan una remoción de más del 99% de adsobato en 10 minutos y 20 minutos, respectivamente. En el caso de soluciones de hierro, cromo y níquel se observan remociones de 99%, 43% y 88%, respectivamente, en 60 minutos. La medición de la concentración final de los adsorbatos se realizó mediante espectrofotometría UV-VIS para el azul de metileno; para sales en solución se utilizó el método de absorción atómica.

Valera *et al.* (2004) investigó la combinación de sustratos a base de aserrín de cumala, de bolaina y bagazo de caña de azúcar, en estado frescos y descompuestos, agregando a todas las combinaciones 100 g de trigo precocido, embolsados y esterilizados, para luego ser inoculados con una cepa de *Pleurotus sp.* respectivamente, concluyendo que el uso de la combinación de aserrín de bolaina fresca, más aserrín de cumala fresca, mas bagazo de caña de azúcar fresco, presento mayor precocidad al momento de la emisión de los carpóforos, mayor longitud de pie del carpóforo y mayor diámetro de la repisa del carpóforo y un mayor rendimiento en comparación con los demás tratamientos. Además, el mayor número de setas por bolsa fue logrado utilizando como sustrato la

combinación de aserrín de bolaina descompuesta más aserrín de cumala descompuesta y bagazo de caña de azúcar descompuesta y la mejor eficiencia biológica fue logrado utilizando aserrín de bolaina descompuesta.
Fracchiá *et al.* (2009) investigaron el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre dos residuos agroindustriales (*Simmondsia chinensis y Jatropha macrocarpa*) y otro residuo como control (paja de trigo), cultivaron experimentalmente en condiciones controladas de luz, temperatura y humedad. La combinación de *Jatropha macrocarpa y Simmondsia chinensis* resultó la más *Jatropha macrocarpa* efectiva con una eficiencia biológica de 89,7% y una tasa de producción de 1.74%. La paja de trigo usada como testigo, cortaron manualmente en segmentos de 1-5 cm, la cascarilla de *Jatropha macrocarpa* lo utilizaron directamente sin moler; el desecho de *Simmondsia chinensis* lo secaron sobre una malla metálica durante 6 días a temperatura ambiente y luego se tamizó para obtener una granulometría < 2 mm. A los seis tratamientos realizados se les agregaron 4% de $CaCO_3$ para ajustar el pH entre 6,5– 7,0. Las mezclas se hidrataron durante 12 horas. Se llenaron bolsas de polipropileno de 25 x 35 cm con 1,7 kg (peso húmedo) del sustrato y se pasteurizaron en autoclave industrial a vapor fluente (90ºC) durante 4 h. Se realizaron 5 réplicas por cada tratamiento. Al enfriarse el sustrato se inocularon las bolsas con la cepa de *Pleurotus ostreatus* (10% peso húmedo del sustrato) distribuyéndolo manualmente. A las 24 de la inoculación se realizaron 4 cortes equidistantes en cruz en los costados de cada bolsa. Las bolsas se incubaron en oscuridad a 26±3°C y una humedad relativa de 80±5%. Una vez colonizado completamente el sustrato, las bolsas se trasladaron una cámara de fructificación a 15±3ºC, con una intensidad lumínica de 850 lux m², fotoperíodo natural (14h luz, 10h oscuridad) y ventilación adecuada con un extractor de aire.

Aguinaga (2012) evaluó cuatro sustratos para la producción del hongo ostra *(Pleurotus ostreatus)* en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha – Ecuador, en el cual se realizaron tres ciclos de cultivo (repeticiones) con un primer y segundo brote, para obtener un promedio y que los resultados sean más representativos. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) de cuatro tratamientos de

sustratos que fueron: bagazo de caña de azúcar, paja de trigo, aserrín y mezcla forrajera con tres repeticiones cada uno, concluyéndose que, el tratamiento con sustrato bagazo de caña obtuvo los mejores resultados en todas las variables estudiadas, así, se obtuvo 177.1 g de hongo fresco de 1.0 kg de sustrato húmedo, el diámetro de los carpóforos en promedio fue de 5.9 cm, la eficiencia biológica fue de 40.5 % y el rendimiento de producción fue de 8.9 kg/m^2. Finalmente, se realizó un estudio de la inversión y de los costos de producción con el sustrato bagazo de caña de azúcar, para determinar el VAN, el que resultó positivo e igual a USD 22 413,00, el TIR fue igual al 21.0 % y la relación beneficio/costo de 1.28. Estos resultados demostraron la viabilidad del proyecto.

Arrúa y Quintanilla (2007) realizaron la producción del hongo ostra *(Pleurotus ostreatus)* a partir de las malezas *Paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis*, utilizando como testigos, sustratos comúnmente utilizados como la paja de arroz *(Oryza sativa)*, el aserrín de balsa *(Ochroma lagopus)* y el bagazo de caña de azúcar *(Saccharum officinarum)*, concluyéndose que la colonización, producción y eficiencia biológica (EB) de estas dos malezas no obtuvo mejores resultados en comparación a los tres testigos. La *Rottboellia* reportó una EB de 18.4 % y el gramalote una de 0 %, mientras que los testigos registraron 44.7 % para la paja de arroz, 23.2 % para el bagazo de caña de azúcar 10.5 % para el aserrín de balsa.

Carvajal (2010) evaluó la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tamo de cebada, tamo de vicia, tamo de avena y paja de páramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio, concluyéndose que los resultados demostraron que el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento es el T2, llegando a obtenerse 89.33 % de hongo fresco por los 4 kg de sustrato húmedo, el mismo que estuvo basado en 80 % tamo de cebada + 10 % Tuza molida + 8 % afrecho de cebada +2 % carbonato de calcio.

Delfín y Durán (2006) estudiaron la biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus.* Se adicionaron dos residuos que se considera funcionan como enriquecedores en la degradación de residuos celulósicos, posos de café y penachos de piña. La reducción en masa, tanto en los sustratos que contenían pasto como en los que contenían paja, solos

y con penacho de piña y posos de café, fue superior al 80 %; correspondiendo la mayor reducción a la etapa de colonización del sustrato (primeras cuatro semanas). Estos resultados indican que la mayor parte de la materia orgánica original fue mineralizada y liberada al ambiente en forma de CO_2 y vapor de agua. En el pañal desechable, el material polimérico super absorbente representó un obstáculo para la colonización y degradación de la parte celulósica por lo que, a las cuatro semanas, estos experimentos se suspendieron. Los resultados muestran que la degradación de la celulosa presente en estos residuos sólidos por el hongo *Pleurotus* se beneficia con la presencia de los penachos de piña, indicando un posible efecto sinérgico de la lignina.

Forero *et al.* (2008) evaluaron residuos de ají *(Capsicum spp.)* como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). Este estudio se inició con el análisis fisicoquímico de los residuos de la extracción de oleorresina de ají; potencial sustrato para el cultivo de *Pleurotus*. Estos se emplearon como sustratos solos, en mezcla y suplementados, cuya composición se determinó antes y después del cultivo de las setas a las cuales se les hizo análisis proximal. Los sustratos se inocularon con una cepa de *Pleurotus ostreatus*; aquellos constituidos por residuos de ají solo y de estos con cascarilla de arroz (SA, SB y SC) presentaron muy poco crecimiento micelial, atribuido a exceso de agua libre por baja retención de ésta en los sustratos por lo cual se desecharon. Los sustratos con mezclas mostraron distintas EB, siendo de 45.45, 36.70, 38.24 y 31.71%, respectivamente.

García *et al.* (2011) formularon sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*, a base de pulpa de café, con viruta de madera, cáscaras de cacao y coco en la producción de setas comestibles. Se emplean dos cepas de *Pleurotus ostreatus*, utilizando la fermentación en estado sólido (FES) como técnica biotecnológica. La pulpa de café resultó ser el sustrato que ofrece la mayor eficiencia biológica con 1.68 g setas frescas/g sustrato seco, superior al resto de los sustratos solos. Los otros sustratos mejoraron sus valores de eficiencia biológica cuando se mezclaron con pulpa de café. Se logra una influencia positiva en la producción de setas comestibles, al mezclar la pulpa de café con otros sustratos lignocelulósicos,

al disminuir el número de bolsas contaminadas, haciendo más sanitaria y económica su producción.

Garzón y Cuervo (2009) estudiaron la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Se hizo un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cuatro residuos sólidos como bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano. Se evaluó el efecto de los cuatro sustratos de forma individual y en mezclas, concluyéndose que el rendimiento de los sustratos que tuvieron café tanto individualmente como en las mezclas varió entre los 265 a 409 g y fueron significativamente más altos ($p < 0,05$) que los sustratos que no lo tenían en los cuales varió entre 1.5 y 154 g. Comparando los diferentes sustratos usados en este ensayo, se pudo observar que al mezclar el café con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz se obtuvieron los mejores resultados. En estos sustratos el número de días de incubación fue entre 7 y 16 días menor y el número de días para la aparición de primordios fue entre 11 y 54 días menor respecto de los demás sustratos. Se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 4.0 y el 48%, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 0.5 y 36%. La productividad estuvo entre 0.715 y 0.905 kg de hongos frescos por cada 100 kg de sustrato seco al día, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron productividades que variaron entre 0.324 y 0.494 kg de hongos frescos por cada 100 kg de sustrato seco al día.

Girón (2000) cultivo el hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana *(Elaeis guineensis Jacq.).* La investigación consistió básicamente en una prueba de sustratos, empleando los subproductos derivados de la agroindustria de la palma Africana y la cepa de *Pleurotus ostreatus* ECS-0112, de origen mexicano, concluyéndose que los mejores rendimientos en peso y porcentaje de eficiencia biológica fueron obtenidos con la fibra sin mezclar, obteniendo en promedio un 135.62% de EB y un peso promedio de 3,119.46 g por cada unidad experimental. Las eficiencias más bajas con el raquis y las mezclas de cuesco y fibra; y raquis con cuesco. El mayor número de cuerpos fructíferos se obtuvieron igualmente en las unidades experimentales donde se utilizó la fibra como sustrato, llegando a obtener una media de

863.29 con las calidades mencionadas; los mayores promedios se lograron con la fibra, cosechándose 108 hongos de primera, 190 hongos de segunda y 565 hongos de tercera.

Ramos (2007) estudió *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de palma aceitera como importante fuente proteica para la dieta humana. Después de finalizar el proceso de producción del hongo, se obtuvieron los resultados óptimos en las siguientes mezclas: proteína: 34.03 y 29.80%, en fibra 100% y raquis 100% respectivamente; rendimiento 39.56 % en raquis 100%; eficiencia biológica 82% en raquis 100% y precocidad en este parámetro no hay variación significativo en el tiempo de cosecha ya que el tiempo oscila de 20 a 23 días. Una vez culminado el trabajo de investigación se concluyó que mediante la Técnica de Fermentación en Estado Solido (FES) se cultivó el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* variedad florida en diferentes concentraciones, además se realizó la caracterización físico, química y microbiológica tanto de los dos residuales como de los cuerpos fructíferos (hongos). Como respuestas experimentales se determinó porcentaje de proteína, eficiencia biológica, rendimiento y precocidad, verificando que los tratamientos más óptimos son los dos residuales en las concentraciones al 100 %, destacándose el raquis 100 %. Es importante continuar con la línea de investigación en este campo ya que se sabe que hay muchas más especies de hongos comestibles las mismas que pueden ser beneficiosas en el campo nutriceútico, económico y social.

Romero *et al.* (2010) evaluaron la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., CV. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Las hojas de plátano *(M. paradisiaca)* fueron colectadas en la zona de Martínez de la Torre, Veracruz - México y los demás sustratos agrícolas como paja de trigo *(T. aestivum)*, paja de cebada *(H. vulgare)*, pajilla de frijol *(P. vulgaris)* y rastrojo de maíz *(Z. mays)* se adquirieron en la región de Tetela de Ocampo, Puebla, México, para la obtención de fructificaciones en condiciones rurales. La cepa CP-50 demostró un adecuado crecimiento de áreas miceliales sobre la hoja de plátano deshidratada con una tasa de producción de 1.5 ± 0.1%. La mayor eficiencia biológica (EB) se obtuvo en el sustrato paja de trigo, con 129.34 ± 9.1%, la hoja de plátano deshidratada con 123.30 ± 0.7%, y la

pajilla de frijol obtuvo la EB más baja de 82.91 ± 0.4%. Los resultados demostraron la factibilidad de cultivar la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones rústicas en la sierra norte del estado de Puebla, al aprovechar los residuos de la cosecha de plátano de las regiones aledañas del municipio.

Toledo (2008) estudio residuos de maíz y quínua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, observándose que el tratamiento 70:30% (tuza-quínua), dio mejor rendimiento (51.52%); eficiencia biológica (96.67%); y precocidad (20%). Mientras que los tratamientos de quínua y tuza 100% dieron los más altos porcentajes de proteína con valores de 32.12% en quínua y 33.69% en tuza, respectivamente. Las características lignocelulósicas de los residuales de maíz y quínua demuestran que si son potenciales sustratos para la producción a escala industrial de este hongo comestible. Se recomienda utilizar como tecnología la FES para aprovechamiento biotecnológico de residuos agroindustriales sobre todo en la obtención de *Pleurotus ostreatus* por su alto valor nutritivo.

Lopez y Villegas (2015) llevaron a cabo el trabajo de investigación titulado "Efecto del aserrín de bolaina (*Guazuma crinita*) y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la producción de *Pleurotus ostreatus*", para el cual se contó con una cepa de *Pleurotus ostreatus* procedente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y los sustratos estudiados fueron: T1: aserrín de bolaina fresca 100 %; T2: aserrín de bolaina fresca 90 % + cáscara de cacao 10 %; T3: aserrín de bolaina fresca 80 % + cáscara de cacao 20 % y T4: aserrín de bolaina fresca 60 % + cáscara de cacao 40 %. concluyéndose que: los sustratos con aserrín de bolaina fresca mas cáscara de cacao en sus diferentes porcentajes mostraron los mejores promedios de diámetro y longitud de carpóforos, peso fresco y seco superando al sustrato con aserrín de bolaina fresca 100%; para el numero de carpóforos, no se observaron diferencias significativas entres los sustratos estudiados y para las variables eficiencia biológica y rendimiento, el sustrato con aserrín de bolaina fresca 90% mas cáscara de cacao 10% mostró los mejores promedios, y finalmente, el análisis proximal de los sustratos, demuestran que los mejores contenidos nutricionales se

encuentra en el sustratos con aserrín de bolaina fresca 60% mas cáscara de cacao 40%, así mismo, se demostró que los carpóforos producidos en el sustrato con aserrín de bolaina fresca 60% mas cáscara de cacao 40% mostró los mejores promedios de contenidos de cenizas y fibra, los carpóforos producidos en el sustrato con aserrín de bolaina fresca 90% mas cáscara de cacao 10% mostró los mejores promedios de contenido de carbohidratos y grasas y los carpóforos producidos en el sustrato con aserrín de bolaina 100% mostró el mejor promedio de contenido de proteína bruta.

Del Aguila *et al.* (2015) realizaron el trabajo de investigación titulado "Evaluación de sustratos a partir de residuos de palma aceitera *(Elaeis guineensis J.)* y aserrín de bolaina blanca *(Guazuma crinita)* para la producción masiva de *Pleurotus ostreatus* para consumo humano - Yarinacocha, 2014", para el cual se contó con una cepa de *Pleurotus ostreatus* procedente de la Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM; y los sustratos en estudio, los cuales fueron: T1: Aserrín de bolaina fresca 100%; T2: Aserrín de bolaina fresca 80% + escobajo de palma aceitera 20%; T3: Aserrín de bolaina fresca 80% + fibra de palma aceitera 20% y T4: Aserrín de bolaina fresca 60% + escobajo de palma aceitera 20% + fibra de palma aceitera 20%, concluyéndose que: la mejor mezcla de sustrato para el diámetro de carpóforos, peso fresco de carpóforos, peso seco de carpóforos, fueron las mezclas constituidos por el tratamiento 04, y para el numero de carpóforos, el porcentaje de eficiencia biológica y rendimiento fueron las mezclas constituidas por el tratamiento 04 y el tratamiento 02 y finalmente para la longitud de pie de carpóforos, fueron los tratamientos 03 y 04. Asimismo, el análisis proximal de los sustratos, demuestran que los mejores contenidos nutricionales se encuentra en los tratamientos 04 y 01, asimismo, se demuestra que los carpóforos producidos sobre el tratamiento 04, presentó los mejores valores nutricionales, demostrándose además que, los carpóforos producidos sobre el tratamiento 02 y 03, lograron contenidos nutricionales bajos, debido a la característica nutricional del sustrato.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus es un hongo saprofítico o parásito débil, descomponedor del grupo de la podredumbre blanca que crece de forma natural en árboles como 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. La palabra ostreatus en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Hernández y López, 2009).

El cultivo de esta seta 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 20-25ºC, mientras se tiene envuelto el plástico y, por último, mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos hasta que salgan las setas (Ramos, 2007).

2.2.2. Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Fungi
Subreino: Fungi Superior
División: Basidiomycota
Subdivisión: Basidiomycotina
Clase: Himenomycetes
Orden: Agaricales
Familia: Tricholomataceae
Género: Pleurotus
Especie: ostreatus
(Hernández y López, 2009).

2.2.3. Características morfológicas del hongo *Pleurotus ostreatus*

2.2.3.1. Características fisiológicas de *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus es un hongo degradador de materia orgánica que se alimenta principalmente de lignina y celulosa. La lignina y la celulosa son azúcares que se encuentran disponibles en la materia muerta, por ejemplo la paja, rastrojo de maíz, caña, trigo, cebada, etc. El micelio debe tener a su disposición la fuente de carbono que constituye la base nutricional. Todos los hongos necesitan este tipo de fuente dado que están desprovistos de clorofila, y no pueden realizar la fotosíntesis. Por ese motivo pueden vivir y prosperar sobre materia orgánica muerta (Carvajal, 2010).

2.2.3.2. Características morfológicas de *Pleurotus ostreatus*

Los carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, no presentan anillo ni volva. El pileo es de 5-25 centímetros de diámetro, ampliamente convexo y algunas veces casi plano en la madurez; de margen lobulado a ondulado, cuando joven; la superficie es lisa, presenta color variable según la intensidad de la luz, con tonos entre blanquecinos, grises o azulados; la carnosidad es blanca y con olor a anís. Lamela formada por agallas decurrentes de color blanco, amarillentas en estado avanzado de desarrollo, no pubescentes. El estípite es corto y grueso, de 0.5 a 3.0 centímetros de longitud, 0.5 a 2.0 centímetros de espesor, excéntrico o lateral con pubescencia densa de color blanco en la base (Ardón, 2007).

El cuerpo de las setas se constituye principalmente de: Sombrero (Pileo), Pie reducido (Estípite) y Laminas (Himenio), (ver la figura 02). (Carvajal, 2010).

2.2.4. El ciclo reproductivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

El ciclo reproductivo del hongo (setas) es de 7 a 8 semanas. Inicia cuando el hongo maduro suelta sus esporas, las cuales son las células que van a dar origen al micelio, (o semilla) éste a su vez va a dar origen a la seta. El ciclo concluye cuando el hongo seta maduro termina de soltar las esporas e inicia a degradarse y muere (Carvajal, 2010).

2.2.5. Composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*

Actualmente el hongo seta se ha considerado un complemento alimenticio de un aceptable valor nutricional, ya que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que debe ser incluido en la dieta diaria. Este hongo es rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales, además de que posee un bajo contenido de grasas. Presenta entre el 57 y 61% de carbohidratos en base a su peso seco, 26 % de proteína y un contenido de fibra del 11.9%. Contiene vitaminas como la niacina, tiamina (vitamina B_1), vitamina B_{12} y la vitamina C o ácido ascórbico. Además se le han detectado minerales como el potasio, fósforo, calcio, entre otros. Su contenido de grasas es de 0.9 a 1.8 % con base en su peso seco y su valor nutricional en relación con otros alimentos, como se puede observar en la figura 04. (Gaitán *et al.,* 2006).

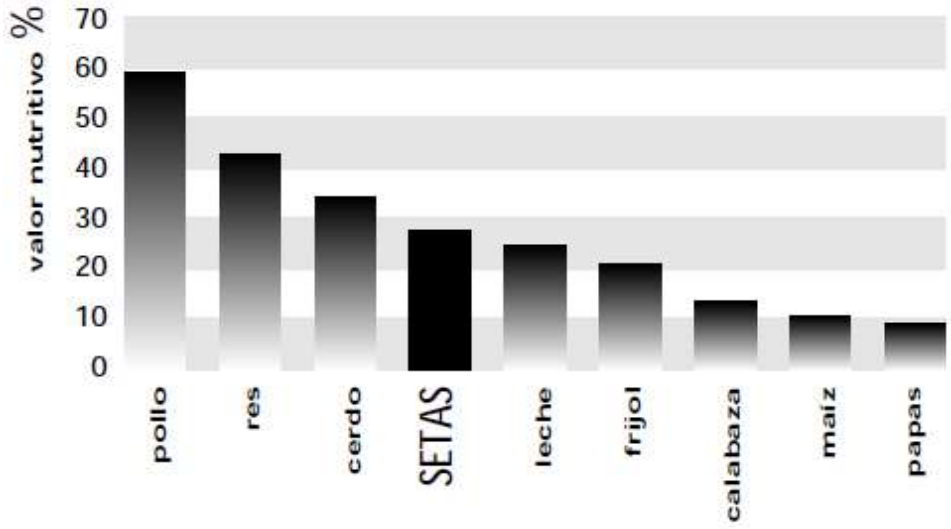


Figura 01. Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos. (Gaitán *et al.,* 2006).

2.2.6. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación

El desarrollo de *Pleurotus ostreatus* es afectado por varios factores. A continuación se comentan los más importantes:

- **La temperatura:** La temperatura afecta el metabolismo de las células. Influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. Zadrazil (1974) reportó que *Pleurotus ostreatus* crece en un rango entre 0 y 32°C con temperaturas óptimas de 26-28°C. Este mismo autor demostró que

esta especie podía soportar 35°C durante 24 horas (pero no 72 horas) y después reiniciar su crecimiento. Por regla general, las temperaturas óptimas para fructificación son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial. La sensibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo, por lo que el rango de temperatura mencionado debe ser considerado solo como indicativo. (Ardón, 2007).

- **El pH:** El potencial de hidrógeno (pH) del sustrato donde crece un hongo tiene una influencia directa sobre éste, porque influye directamente sobre las proteínas de la membrana. Para el crecimiento de *Pleurotus* se han citado rangos de crecimiento entre 4 y 7 de pH. Con un óptimo entre 5 y 6. Así, Zadrazil (1974) cita que los sustratos ácidos (pH 4) inhiben el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* y que este hongo encuentra un pH óptimo en un rango entre 5.5 y 6.5. Dado que la mayoría de los contaminantes que se encuentran durante el proceso de cultivo son más sensibles a los valores altos de pH que las especies de *Pleurotus*, actualmente al preparar el sustrato se prefieren valores más elevados que los señalados como óptimos. Stölzer y Grabbe (1991) por ejemplo, demostraron que *Trichoderma hamatum* reduce notablemente su crecimiento a pH 7 y es totalmente inhibida a pH 8.5. (Ardón, 2007).
- **Carbono:** El carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; asimismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. Dada la importancia que tiene para la vida de la célula, este elemento es el que requiere en mayores cantidades. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc. Zadrazil (1974) observó que después de cosechar los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*, las cantidades finales de hemicelulosa, celulosa y lignina se reducían en un 80% y concluyó diciendo que todos los materiales que contengan celulosa y lignina (con excepción de los tóxicos y con

metales pesados) pobres en nitrógeno, pueden ser usados como sustratos. (Ardón, 2007).

- **Nitrógeno:** Los sustratos sobre los que suelen fructificar las especies de *Pleurotus* pueden contener valores bajos de nitrógeno por lo que se ha llegado a pensar que este género es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin que esto haya sido demostrado, sí es notorio que la concentración en nitrógeno en el cuerpo fructífero en algunos casos es mayor que la del sustrato sobre el cual crece Sánchez y Royse (2002). Hong (1978) indicó que la peptona es una fuente de nitrógeno que da un rápido crecimiento micelial y formación de cuerpos fructíferos. Así mismo, Voltz (1972) determinó que el citrato de amonio era una buena fuente para *Pleurotus ostreatus.*
- **Relación C/N:** Como ya se mencionó, el carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales en la nutrición de cualquier organismo. Manu-Tawiah y Martin (1988) determinaron que la relación óptima para el crecimiento en medio líquido de *Pleurotus ostreatus* era 40:1. Por su parte, Hong (1978) encontró que para la misma especie, una relación de 15.23 permitía una rápida formación de cuerpos fructíferos con bajos rendimientos, que una relación de 11.42 incrementaba los rendimientos pero que disminuía la formación de cuerpos fructíferos y que tomando en cuenta los dos aspectos (rendimiento y velocidad de formación), la relación óptima debía ser 30.46. En un estudio sobre selección de sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, se obtuvo una eficiencia biológica de 147.87% sobre pulpa de café con relación C/N de 79.31, de 107.40% sobre pasto estrella africana con relación C/N de 107 y de 67.8% sobre pericarpio de jacaranda con relación C/N de 326.65. (Ardón, 2007).
- **La humedad en el sustrato**: El contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo del hongo *ostra* porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50% no serán propicios y una humedad superior al 80 % tendrá un efecto negativo en el crecimiento por la escasez de oxígeno. Cada sustrato tiene una capacidad de retención de agua

diferente, pero lo ideal en el cultivo es que posean alta capacidad de almacenamiento y retención de humedad. (Ardón, 2007).

- **La humedad del aire:** Este es un factor de suma importancia para la adecuada fructificación de *Pleurotus ostreatus*. Dado que los cuerpos fructíferos están formados por un alto contenido de agua y su estructura hifal no les permite retener la humedad en condiciones adversas, un balance adecuado entre la humedad ambiental y el contenido de humedad del hongo es necesario. Debido a esto, la humedad relativa del ambiente donde crece el hongo debe ser suficiente para evitar que tanto el sustrato como los cuerpos fructíferos se deshidraten. (Ardón, 2007).
- **Aireación y luz:** El oxígeno es un elemento importante para el crecimiento de los basidiomicetos porque son organismos aerobios. Para el caso de *Pleurotus*, se ha notado que la concentración alta en CO_2 estimula la germinación de las esporas y el crecimiento micelial pero inhibe la fructificación. *Pleurotus ostreatus* requiere de oscuridad para crecimiento micelial, pero no puede fructificar en oscuridad continua (Eger, 1974). Para poder hacerlo requiere ser expuesto a longitudes de onda inferiores a 600 n.m, sin embargo, la sensibilidad tanto de la cantidad como de la calidad de la luz depende de la cepa. (Ardón, 2007).

2.2.7. Contaminantes, plagas y enfermedades

Aunque se pueda proporcionar cierta protección durante el proceso de elaboración del sustrato, el cultivo de *Pleurotus ostreatus* está expuesto, como cualquier otro cultivo, a alteraciones que pueden ocasionar descensos en el rendimiento o bien depreciar la calidad comercial del producto y pueden presentarse en cualquier fase del ciclo de cultivo, afectando de manera adversa la cosecha final. Por esto es aconsejable reconocerlas en un estadio temprano con el fin de limitar la extensión de los daños Ardón (2007). Este es uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de setas. Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a

la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra. (Gaitán *et al.,* 2006).

a. Contaminantes: Los contaminantes son hongos verdes (mohos), bacterias y levaduras siendo los de mayor importancia los hongos pertenecientes a los géneros como *Trichoderma, Penicillium, Aspergillus Neurospora, Gliocladium, Mycogone y Coprinus,* entre otros. Estos hongos aparecen en forma de manchas verdes, amarillentas, negras y/o anaranjadas sobre el sustrato, invadiéndolo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas sustrato durante el curso de la incubación. Su presencia se ve favorecida por la alta humedad en el ambiente y en el sustrato, así como por alta temperatura, luz directa y sustrato mal pasteurizado, entre otros (ver las figuras 05, 06 y 07). (Gaitán *et al.,* 2006).

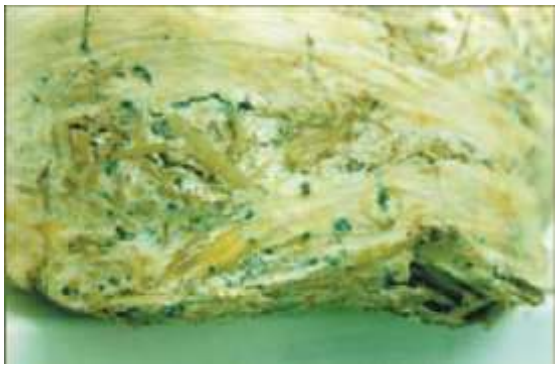


Figura 02. Muestra contaminada por *Trichoderma* en forma de manchas verdes. (Gaitán *et al*., 2006)



Figura 03. Muestra de *Pleurotus* en pulpa de café invadida por el moho verde *Trichoderma*. (Gaitán *et al*., 2006)

Figura 04. Contaminación causada por *Coprinus* véase la mancha negra provocada por las esporas de este hongo. (Gaitán *et al*., 2006)



A diferencia de la mayoría de hongos competidores, las especies de *Trichoderma* no dependen exclusivamente de los nutrientes solubles fácilmente disponibles, ya que también son capaces de descomponer la celulosa del sustrato. Esta característica junto a su capacidad para funcionar eficazmente como saprófitos o parásitos y su elevada tasa de crecimiento, les convierte en los hongos más dañinos del cultivo de *Pleurotus ostreatus. Trichoderma* invade rápidamente el sustrato y obstaculiza el crecimiento del micelio de *Pleurotus* mediante la producción de toxinas y antibióticos, al tiempo que ocasiona un descenso del nivel de pH hasta valores de 4-5, que son más favorables para su desarrollo. Inicialmente se puede observar en el sustrato un moho de color blanco que vira a verde, adquiriendo posteriormente color gris verde-azulado debido a la abundante producción de conidios. Para evitar la aparición de *Trichoderma* puede intentarse ajustar el pH del sustrato a valores alrededor de 7.5, utilizando para ello caliza o procesos de fermentación cortos. *Penicillium*, es otro competidor de coloración verde. Su manifestación se ve favorecida por la aplicación de tratamientos térmicos insuficientes y por la falta de medidas higiénicas en las áreas de siembra e incubación. Se ha detectado en sustrato recién elaborado y a lo largo de las fases de incubación y fructificación. Suele aparecer en las aberturas de paquetes en los que se produce condensación de la humedad, impidiendo así la

fructificación normal de los carpóforos. (Ardón, 2007). (Ver la figura 08, el cual muestra el complejo de hongos verdes contaminantes).

Figura 05. Contaminantes comunes en el laboratorio y durante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*: (a) *Trichoderma*, (b) *Aspergillus fumigatus*, (c) *Aspergillus* y *Penicillium*, (d) *Aspergillus* y (e) *Penicillium.* (Ardón, 2007).

b. **Plagas:** Las plagas las constituyen insectos que atacan a los cultivos tanto en incubación como en el área de producción, atraídos por el olor del sustrato, estos insectos son de las llamadas «moscas de los hongos » como los Dípteros del género *Lycoriella* que ponen sus huevecillos en el sustrato donde en un principio se alimentan del micelio del hongo y después de las fructificaciones adultas. Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas «catarinas»: pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudyschirus* que se comen los hongos en desarrollo. (ver las figuras 09 y 10). (Gaitán *et al.,* 2006).

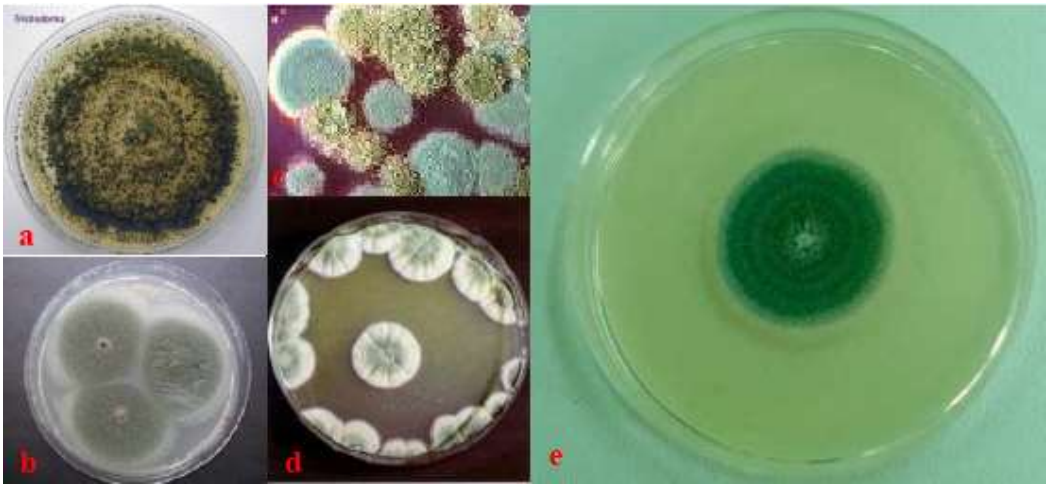




Figura 06. Muestra invadida por insectos, véase el nudo crecimiento del micelio por la presencia de esta plaga. (Gaitán *et al*., 2006).



Figura 070. Daños provocados por insectos en fructificaciones del hongo seta. (Gaitán *et al*., 2006).

Colémbolos: Son insectos diminutos sin alas 1.5 mm de longitud, que forman pequeñas galerías secas y de sección oval en el contexto de los hongos. Se encuentran en gran cantidad entre las laminillas del himenio que hay bajo el pileo del carpóforo. También pueden atacar al micelio si el sustrato está demasiado húmedo. Destaca la especie *Hypogastrura armata*, que también se alimenta de las esporas del hongo (ver la figura 11). (Ardón, 2007).



Figura 08. *Hypogastrura armata.* (Sánchez, 1994).

Dípteros: Como en el caso del champiñón, los cultivos de *Pleurotus ostreatus* pueden ser afectados por Esciáridos, Fóridos y Cecidómidos. El daño lo causan sus larvas que se comen las hifas del micelio, hacen pequeñas galerías en los estípites de las setas y luego en los pileos. En el caso de los Cécidos destacan algunas especies de moscas de los géneros *Heteropeza* y *Mycophyla*. Las larvas de estos insectos frecuentemente aparecen después de

cosechados los carpóforos, durante el almacenamiento o trasporte a los centros de acopio. (Ardón, 2007).

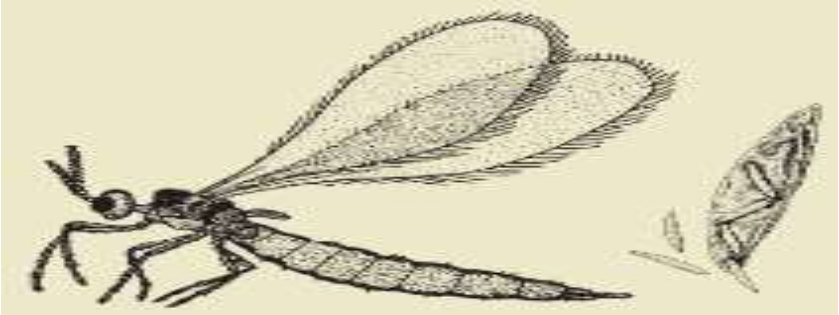


Figura 09. Adulto y larvas de un Cecidómido. (Sánchez, 1994)

Para el control de colémbolos y de dípteros se recomiendan medidas preventivas como colocación de filtros junto a los ventiladores, eliminación de residuos, tratamiento térmico de los sustratos para eliminar huevos y larvas, etc. También pueden emplearse distintos insecticidas: diazinón o malatión en polvo mezclados con el sustrato, nebulizaciones con endosulfán o diclorvos. (Ardón, 2007).

Gandini y Parodi (2010) indican que el daño lo causan sus larvas que se comen las hifas del micelio, hacen pequeñas galerías en los pies de las setas y luego en los sombreros, destacandose algunas especies de mosquitos de los géneros Lycoriella, Heteropeza, Mycophila y moscas del género Megaselia.

c. **Enfermedades:** Las enfermedades que se manifiestan en las fructificaciones son causadas en gran medida por bacterias y virus. Estos microorganismos se propagan rápidamente a través del agua, de insectos o utensilios sucios, por lo que su tratamiento y control es realmente difícil. Las enfermedades se favorecen con la humedad excesiva, el calor y una escasa ventilación, provocando que en los píleos de los hongos, aparezcan zonas de color amarillo, anaranjado o café, que se pudren con rapidez y despiden un mal olor, afectando los rendimientos de producción. Una de las principales bacterias que

causan estas manchas en las fructificaciones son las *Pseudomonas* (Gaitán *et al.,* 2006).

Telaraña *(Dactylium dandroides)*: Los filamentos de este hongo crecen rápidamente y se extienden sobre la superficie del sustrato y de las setas, cubriéndolas con un moho blanquecino, primero ralo y luego denso y harinoso. En las partes viejas las formas perfectas forman puntos rojizos. Los ejemplares atacados se vuelven blandos, amarillento-parduscos y se acelera su descomposición. Puede atacar a las setas recolectadas. Esta enfermedad aparece con humedad excesiva, el calor y la escasa ventilación. Para su control se deben cubrir con cal viva en polvo, sal, formalina 2 % o soluciones de benomyl las zonas afectadas. También se puede emplear zineb, mancozeb, carbendazin o thiabendazol (Sánchez y Royse, 2002, citados por Ardón, 2007).

Plana *et al*. (S.f.) realizaron el trabajo de investigación titulado “Principales contaminantes que afectan el cultivo de hongos comestibles en el INIFAT., en los cuales, se exponen varios de los agentes causantes de dichas contaminaciones que fueron aislados e identificados como: *Aspergillus fumigatus, A. niger, A. terreus*, *Cladosporium oxysporum, Chaetomium globosum, Chrysonilia sitophila, Myrothecium indicum, Penicillium candidum, Penicillium sp.* y *Trichoderma harzianum*. Este estudio permite conocer la micobiota que afecta la producción de hongos comestibles y así proponer el establecimiento de medidas de prevención y control de los contaminantes en busca de una óptima calidad y altos rendimientos de producción, lo cual también se desarrolla en este trabajo.

2.2.8. Recolección, consumo o comercialización de setas

Unas dos o tres semanas después de aparecer el primer botón ya se recogen las primeras setas. La producción de setas se concentra en tres a ocho días y luego de diez a veinte días, después abundan otra semana y así sucesivamente. Para obtener setas con sombreros gruesos, carnosos y de buena calidad es preferible bajar la temperatura 2- 3ºC. Las setas se cortan con un cuchillo, sin arrancar la base. En unas siete o nueve

semanas se pueden producir entre 100 y 200 kilos de *Pleurotus* por tonelada de sustrato preparado y húmedo. La producción se escalona a lo largo del año, concentrándose entre 2 y 4 meses, distribuidos:

- De 15 a 30 días de incubación y crecimiento del micelio.
- De 15 a 20 días en la zona de cultivo.
- De 45 a 60 días de cosecha.

Los ejemplares para la venta se recogen cuando son jóvenes ya que luego su carne se vuelve correosa. Los sombreros más aceptados por el consumidor son los que pesan menos de 70 g. Los pies y los ejemplares adultos se destinan a la preparación de sopas, salsas o platos preparados con sabor a setas. (Ramos, 2007).

2.2.9. Residuos agroindustriales para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

Se llama residuo agroindustrial al material o elemento que después de haber sido producido, manipulado o usado a nivel agroindustrial no tiene valor para quien lo posee y por lo general se desecha no adecuadamente generando contaminación en el ecosistema (Atlas y Bartha, 2002).

2.2.9.1. Composición química de los residuos agroindustriales

Los materiales utilizados para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, están constituidos de compuestos lignocelulósicos, los cuales están formados por celulosa y hemicelulosa enlazadas mediante lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite. Sobre esta matriz se deposita una mezcla de compuestos de bajo peso molecular llamados extractivos.

a. Celulosa: Es el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulósicos de la plantas, es el polímero más abundante en la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces ß-1,4. Debido a su estructura las cadenas de celulosa esta unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares formando agregados (microfibrillas). La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta y forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es insoluble

en agua y resistente a la hidrólisis. (Atlas y Bartha, 2002). Los hongos Macromycetes pueden degradar la celulosa por medio de la producción de enzimas como son endo-ß-1,4-gluacanasa, el complejo Cx y endo-ß-1,4-glucosidasa. (Martin, 1981).

b. Hemicelulosa: La hemicelulosa está formada por cadenas cortas y son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosas (azúcares de 6 carbonos como glucosa, manosa y galactosa) como pentosas (azúcares de 5 carbonos como xilosa y arabinosa). Dependiendo de la especie de la planta estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas que pueden estar relacionadas con la celulosa y la lignina. Los tres polímeros principales son los xilanos, mananos y arabinogalactanos. (Atlas y Bartha, 2002; Mailer, 2000). Los hongos Macromycetes tienen la capacidad de degradar la hemicelulosa por medio de la producción de enzimas como son xilanasas, galactanasas, manasas, arabinasas y glucanasas. (Martin, 1981).

c. Lignina: Es un polímero complejo tridimensional, globular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática. Esta molécula tiene diferentes tipos de uniones entre los anillos de fenilpropano (Atlas y Bartha, 2002; Mailer, 2000). La lignina es la responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos. En las plantas la lignina se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa y rodeando las fibras compuestas por celulosa (Atlas y Bartha, 2002; Mailer, 2000). Los hongos Macromycetes pueden degradar la lignina por medio de la producción de enzimas como son lacasa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa. (Martin, 1981).

d. **Extractivos:** Son aquellas sustancias que se encuentran presentes en las diferentes fibras vegetales, pero no son carbohidratos, tales como ácidos grasos, terpenos (monoterpenos, diterpenos, tetraterpenos, politerpenos), fenoles (monofenol, difenol, trifenol, ortofenol diol, metafenol diol, parafenol diol) y resinas (fenólicas,

aminas, poliéster, alquídicas). Muchos de estos compuestos son solubles en agua o disolventes orgánicos polares como metanol, etanol o acetona y algunos pueden llegar a ser utilizados por los hongos Macromycetes (Atlas y Bartha, 2002; Mailer, 2000, citados por Hernández y López, 2009).

2.2.9.2. La harina de amasisa

A. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Erythrina*

Especie: *Erythrina sp.* (Gomez, 2012)

B. Harina de Hoja de amasisa

Los estudios realizados sobre la harina de hoja de amasisa presenta un buen contenido de proteína (19.36%), moderado contenido de carbohidratos solubles (46.57%), y un alto contenido de fibra (22.63%), valores que lo hacen un consumo de regular calidad nutritiva. Guerra (1988) reportó un valor ligeramente superior en cuanto a proteína (20.4%) (Rosales y Tony, 2011).

En cambio la digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica obtenidos fueron buenos, 53.25 y 50.78, respectivamente, debido a su buen contenido de proteína y moderado nivel de carbohidratos solubles (Rosales, Tony, 2011).

C. Características

La amasisa tiene su origen en las zonas trópicos del mundo, La mayoría son árboles y arbustos, pero solo unas pocas son hierbas perennes con raíces leñosas. Las especies de *Erythrina* ocurren en una amplia variedad de hábitats, desde el bosque tropical lluvioso de tierras bajas a desiertos subtropicales muy áridos. Las características de las hojas e inflorescencia son generalmente monótonas, y la clasificación de género es basada grandemente en los caracteres de las flores y el fruto (Barrera y Muñoz, 2012).

Está formado por árboles o arbustos, usualmente armados con espinas; Ramas jóvenes ocasionalmente lenticeladas. Estípulas libres, tempranamente caducas. Hojas alternas, trifolioladas; peciolos y Peciólulos glabros o pubescentes, con pulvínulos conspicuos, generalmente oscuros al secar; raquis ocasionalmente armado. Folíolos romboides, ovados, elípticos o suborbiculares, ápice agudo, acuminado u obtuso, base obtusa, truncada o aguda, margen entera, pubescentes o glabros, tricomas simples, ocasionalmente dendrítico – equinoides; venación eucamptódroma; venas secundarias 6-8 pares, rectas y paralelas entre sí; folíolos laterales asimétricos con estipelas glandulares; foliolo terminal generalmente más grande que los laterales. Inflorescencias en racimos terminales, pseudoterminales o axilares, también flores simples o fasciculadas en grupos de (2) 3 (-6). Brácteas florales persistentes o caducas; bracteólas caducas. Cáliz gamosépalo, cilíndrico o campanulado, escotado o entero, con lóbulos algunas veces prominentes, glabro o pubescente generalmente hacia la base. Corola conspicua, roja o anaranjada; estandarte siempre mayor que la quilla, generalmente elíptico, ovado u obovado, erecto o reflexo, con papilas diminutas; pétalos de la quilla total o parcialmente adnatos; alas con uñas menores de 3 mm de longitud. Estambres 10,1 vexilar generalmente de menor longitud; filamentos connados en la base formando un tubo, porción libre de los filamentos ca. 2/3 de la longitud total de los estambres; anteras dorsifijas, dehiscencia longitudinal. Ovario estipitado, generalmente pubescente; estilo pubérulo en la base; estigma usualmente capitado, pequeño; Legumbre dehiscente,

estipitada, lineal-oblonga, moniliforme o inflada, ligera o fuertemente constricta entre las semillas, ápice mucronado; pubescente o glabra. Semillas subreniformes, rojas, anaranjadas, bicolor (rojo con negro), marrón o café jaspeado. (Forero, 2005).

El género *Erythrina* Se distingue de otras papilionaceae panameñas por su hábito maderable, flores color rojo o naranja, por los pétalos alados muchos más pequeños que la quilla y por el estípite elongado debajo del ovario. (Dwyer, 1980 citado por Barrera y Muñoz, 2012

D. Usos

La *Erythrina*, es generalmente utilizada en sistemas Agroforestales y silvopastoriles, como cercos vivos, y alimento en humanos y animales (Barrera y Muñoz, 2012).

E. Beneficios

Los primeros compuestos aislados de *Erythrina* fueron alcaloides. El Beta- Erythroidina, que fue utilizado como relajante muscular en cirugía y en el tratamiento de la esquizofrenia (Barrera y Muñoz, 2012).

Cuadro 01. Análisis proximal de harina de Erythrina

Componente	%
Materia seca	88.1
Proteína cruda	19.36
Grasa cruda	4.56
Fibra cruda	22.63
Ceniza	6.88
Nnifex	46.57
Digestibilidad materia seca	53.25
Digestibilidad materia orgánica	50.78

Fuente: Rosales (2011)

2.2.9.3. Bolaina blanca *(Guazuma crinita)*

Baldoceda *et al.* (1993) menciona que la bolaina blanca pertenece a la Familia: Sterculiaceae, Género: *Guazuma*, Especie: *crinita* Mart. Se encuentra distribuida en Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali, en bosques bajos inundables y no inundables (ribera de los ríos y quebradas, respectivamente).

Arostegui (1990) afirma que el árbol alcanza aproximadamente 30 m de alto, en su madurez alcanza diámetros de 25 a 50 cm, con pequeñas aletas basales, fuste de superficie lisa y agrietada en los árboles de mayor edad, su tronco es recto, ahusado, de ramificación monopodial, presenta ritidoma suberoso, corteza fibrosa, madera suave y blanquecina; tiene poda natural, hojas simples, alternas, borde dentado, base cordada, forma aovada, con siete nervaduras que nacen de la base foliar; sus frutos son seco dehiscentes de forma esférica (0.64 cm) provistos de pubescencias.

Cuadro 02. Composición nutricional del aserrín (%)

Contenido	%
Celulosa	40 – 61
Hemicelulosa	15 – 30
Lignina	17 – 35
Extractivos	1 – 20
Cenizas	0.2 – 5.8

Fuente: Arostegui (1990).

Baldoceda *et al. (*1991) mencionan que la bolaina blanca es una especie pionera de rápido crecimiento y posee un alto poder de regeneración, habita naturalmente las playas inundables y las terrazas aluviales. Su crecimiento para sistemas agroforestales establecidos en suelos ácidos y degradados en el Valle de Chanchamayo, tiene una tasa de crecimiento de 4cm/año para el DAP y de 2.94 m/año para la altura total, en los primeros 5 años de plantación (Villachica *et al.,* 1993). En plantaciones en faja de 30 m situadas en la Estacón

Experimental Alexander Von Humboldt se ha obtenido un incremento promedio de 3.26cm/año para el DAP y 4.06m/año para la altura

Wightman *et al.* (2006) indica que las plantaciones exitosas en Ucayali han estado en zonas aluviales o de alta precipitación y en suelos que van de franco arcilloso a arcillosos, en estos sitios los árboles han alcanzado alturas de 10 m a los 4 años después de plantado.

INIAA-JICA (1991) menciona que esta especie se encuentra distribuida en las formaciones ecológicas, bosque tropical seco y bosque sub – tropical muy húmedo, o sea en las zonas de Pucallpa y Tingo María. Es una especie muy abundante en zonas de América tropical que presentan una temporada seca estacional o en aquellas con vegetación de tipo sabana, o en chacras (purmas jóvenes) en casi toda el área cálida húmeda. De semilla abundante se le puede encontrar formado rodales muy puros y coetáneos en bosque secundario y en parcelas de reciente abandono de la actividad agrícola después de ser sometidas al ciclo de tumba y quema, es menos abundante en pastura o en áreas muy degradadas.

Características de la madera

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco similar a las capas internas (duramen), observándose entre ambas capas un leve y gradual contraste de color. En la madera seca al aire la albura se torna de color blanco HUE 8/2 10YR y el durarnen marrón muy pálido HUE 8/3 10YR. (Munsell Soil Color Charts). (PROMPEX - Maderas del Perú)

Olor: No distintivo.
Lustre o brillo: Moderado a elevado.
Grano: Recto.
Textura: Media.
Veteado o figura: Satinado brillante en la sección radial por contraste de los radios. Líneas verticales vasculares.

Características tecnológicas

Propiedades Físicas

Densidad básica: 0,41 g/cm^3
Contracción tangencial: 5,50 %
Contracción radial: 3,50 %
Contracción volumétrica: 10,75 %
Relación T/R: 1,60

Propiedades Mecánicas

Módulo de elasticidad en flexión: 97 860 kg/cm^2
Módulo de rotura en flexión: 507,00 kg/cm^2
Compresión paralela (RM): 270,60 kg/cm^2
Compresión perpendicular (ELP): 50,91 kg/cm^2
Corte paralelo a las fibras: 50,59 kg/cm^2
Dureza en los lados: 303,43 kg/cm^2
Tenacidad (resistencia al choque): 0,98 kg-m (PROMPEX - Maderas del Perú)

Utilidad

La madera es usada en construcción rural y urbana, cajonería, carpintería en general, laminado, fabricación de mondadientes, paletas de chupetes, baja-lenguas, palos de fósforos, juguetería es apta en pulpa para papel. (PROMPEX - Maderas del Perú).

2.3. Definición de términos básicos

- **Aserrín:** Resto del aserrío en las industrias de transformación mecánica de la madera de diámetro no superior a 3.5 mm. El aserrín es el desperdicio del proceso de aserrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. Los residuos forestales, sobre todo el aserrín, son altamente contaminantes para el medio ambiente. (Arostegui, 1990).

- **Sustrato:** Medio de crecimiento y soporte, compuesto de materiales fragmentados, como las pajas y algunos otros.
- **Hongo comestible:** Los hongos comestibles son importantes debido no solo a su papel culinario, sino también a su potencial como fuente de proteína que puede enriquecer la dieta humana. Se caracterizan por poseer cuerpos fructíferos que pueden ser cosechados fácilmente bajo condiciones especificas de cultivo dependiendo del tipo de especie que sé este cultivando.
- ***Pleurotus ostreatus*:** es un hongo comestible, estrechamente emparentado con la seta de cargo *(Pleurotus eryngii),* que se consume ampliamente por su sabor y la facilidad de su identificación. La seta ostra es uno de los hongos mas comúnmente buscado silvestre, aunque también puede ser cultivada en paja y en otros medios. A menudo tiene el aroma de anís debido a la presencia de benzaldehído (que, sin embargo, huele más a almendras).
- **Harina de amasisa:**

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si utilizamos el aserrín de bolaina blanca más harina de amasisa eficientemente entonces mejoraremos los aspectos productivos del cultivo de *Pleurotus ostreatus.*

2.5. Variables

2.5.1. Variable independiente (X)

- Sustratos (Aserrín de bolaina blanca y harina de amasisa)
- *Pleurotus ostreatus.*

2.5.2. Variable dependiente (Y)

- Precocidad
- Diámetro, longitud de basidiocarpos
- Peso seco / fresco
- Eficiencia biológica
- Rendimiento/ kg
- Características bromatológicas.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de la Investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Tal como lo postulan Hernández, Fernández y Baptista (2010) tiene enfoque cuantitativo. Es experimental, porque las variables en estudio se manejaron, haciéndolo a nivel de laboratorio.

3.1.2. Nivel de investigación

Este trabajo de investigación es de nivel Prolectivo, que consiste en manipular intencionalmente las variables independientes y medir el efecto que tienen estas sobre las dependientes, y tipo básica, ya que es la que se realiza con el propósito de acrecentar los conocimientos teóricos, para el progreso de una determinada ciencia, sin interesarse en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

3.2. Método de la investigación

3.2.1. Ubicación del área experimental

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en los ambientes del laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía – UNIA; ubicada en la carretera a San José Km. 0.5 que políticamente pertenece al distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, con ubicación geográfica a 9077293 norte y 544973 este y a 152 msnm.

3.2.2. Condiciones ambientales

Según el Sistema Holdrige, Ucayali se clasifica como “bosque húmedo tropical” y según la clasificación de los bosques amazónicos pertenece al ecosistema “bosques tropicales semi-siempre verde estacional”, cuyas condiciones climáticas promedio para la zona de Pucallpa son:

- Temperatura máxima anual 36. 5°C
- Temperatura media anual 26. 9°C
- Temperatura mínima anual 17. 4°C
- Precipitación promedio anual 1773 mm, Cochrane (1992).

A. Temperatura y humedad relativa de la cámara de incubación

A continuación, el cuadro 03, se muestran los datos de condiciones de temperatura y humedad relativa de la cámara de incubación durante el desarrollo del experimento.

Cuadro 03. Promedios de temperatura y humedad relativa evaluados en el periodo de cultivo.

Etapa del cultivo	Temperatura °C			Humedad relativa (%)		
	07:30 a.m.	12:00 p.m.	17:00 p.m.	07:30 a.m.	12:00 p.m.	17:00 p.m.
Incubación	26.78	28.19	28.86	82.63	77.57	78.00
Fructificación	25.31	26.78	27.00	88.68	86.43	80.80

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó monitoreos de temperatura en la etapa de fructificación registrando los valores, en los cuales, la temperatura varió durante las 24 horas del día en un rango mínimo, en la etapa de incubación se mantuvo entre 26.78 a 28.86 °C, y en la etapa de fructificación se disminuyó por la aplicación de agua con aspersores, de manera constante y permanente, para permitir la aparición de los primordios. De acuerdo a los datos de temperatura registrados nos indican que la temperatura se mantuvo dentro del rango de crecimiento reportado por Sánchez (2013).

Durante la noche la humedad relativa se mantenía prácticamente sin variaciones, en el día se tuvo un amplio rango de variación debido a los riegos, oscilando 77.57 a 82.63 % para la etapa de incubación, y de 80.80 a 88.68 % para la etapa de fructificación.

A pesar de la variación en la humedad relativa los cuerpos fructíferos se desarrollaron muy bien. Los resultados obtenidos concuerdan con

información citada por Castro (1993) y García (2008) que según Sánchez (2013) los riegos afectan la calidad de los carpóforos debido a su forma hacen que el agua quede retenida propiciando que su textura se debilite y pierdan consistencia, también, el agua retenida hace que el color de los carpóforos fuera más oscuro y menos agradable a la vista, esto no ocurrió en esta investigación porque los carpóforos presentaron una forma plana.

B. Luz

Para la etapa de desarrollo del micelio en la oscuridad, se acondicionó un estante de madera cubierto totalmente con plástico negro. En la etapa de fructificación se quitaron los plásticos de la parte frontal del estante, así mismo, el ambiente presento dos lámparas de 50 watts. Con estas condiciones, de acuerdo con la literatura citada, se puedo establecer que la coloración de las setas no fue afectada por la luz.

3.2.3. Aislamiento de cepas de hongos comestibles

A. Preparación de medio de cultivo

- Para la preparación del medio de cultivo, se usaron 32.5 gramos de Agar Sabouraud, pesados con una balanza analítica XB 6200D. Se disolvió el medio de cultivo pesado en 500 ml de agua estéril dentro de un vaso de precipitado, para luego calentar el vaso de precipitado en una cocinilla eléctrica, agitando constantemente la solución con una varilla de vidrio hasta su homogenización.
- Posteriormente, se dispensó el medio de cultivo en matraces Erlenmeyers para ser esterilizados en una autoclave a 121°C/ 1 atmósfera de presión/ 20 minutos.
- Posteriormente, el medio de cultivo esterilizado, se disolvió por calentamiento en una cocina eléctrica, para luego enfriarlo hasta que el medio de cultivo se encuentre a 50°C aproximadamente.
- Se agregó 0.24 gramos de tetraciclina en el medio de cultivo, seguidamente se vertió el medio de cultivo en placas petri estériles, luego se dejó enfriar, dentro de la cámara de flujo laminar.

B. Aislamiento de cepas de *Pleurotus ostreatus*

- Como cepa experimental, se empleó una cepa purificada de *Pleurotus ostreatus* procedente de la Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM. Dicha cepa purificada, fue repicada en placas petri conteniendo medio de cultivo Agar Sabouraud.

3.2.4. Propagación de inoculo "semilla"

A. Preparación del sustrato de trigo

- Se lavó 2 kilogramos de trigo con abundante agua, aquellos que flotaban fueron eliminados.
- El trigo se llenó en una olla con agua y se procedió a calentarlo durante 15 minutos en una cocinilla eléctrica, hasta que empezó a hervir, luego se llenó el trigo precocido en los frascos de vidrio con una espátula, y se cubrió la boca del frasco con papel aluminio.
- Los frascos preparados, fueron colocados en la autoclave, a una temperatura de 121ºC/1 atmósfera de presión/20 minutos para esterilizarlo.
- Luego se enfrió y se guardó en la refrigeradora del laboratorio durante 16 horas.

B. Inoculación

- Los frascos con granos de trigo esterilizados, fueron colocados en la cámara de flujo laminar. El micelio crecido en las placas petri, fueron transferido a los frascos con trigo estériles, en dosis de 1 cm^2 por cada frasco, esto se realizó dentro de la cámara de flujo laminar con dos mecheros encendidos, con la finalidad de mantener libre de agentes contaminantes en el ambiente.
- Posteriormente se procedió a sellar con cinta plàstica y se rótulo con el nombre de la cepa del hongo y la fecha de siembra.

C. Incubación

- Los frascos inoculados fueron trasladados a una incubadora a temperatura ambiente, por el lapso de 15-20 días, hasta que el micelio cubrió por completo los granos de trigo. Para ello se agitó los frascos cada cinco días, con la finalidad de obtener una mejor distribución del micelio en los granos de trigo.
- Cada dos días se observó a los frascos durante la incubación para detectar posibles contaminaciones, a la vez, los frascos contaminados por bacteria u otros hongos fueron esterilizados y desechados, haciendo una siembra hasta obtener 45 frascos con “semilla”.

3.2.5. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos

A. Instalaciones

- La incubación de los hongos comestibles, se realizó en una habitación de 4 m x 6 m x 2 m de alto, perteneciente al Laboratorio de Microbiología - UNIA, en esta habitación se contó con un estantes de 2 m de alto por 1.5 m de largo y 30 cm de ancho, con 5 repisas.

- La habitación, la estantería de madera y los materiales antes de su uso respectivo, fueron desinfectadas, lavado con agua, detergente y con hipoclorito de sodio al 4%.

- Para la desinfección de los calzados al momento de ingresar al local, se colocó un pediluvio con cal apagado.

B. Preparación de sustratos

- El aserrín fresco de bolaina blanca fue colectado de las machihembradoras ubicadas en la Carretera Yarinacocha cuadra 21 y fue llevado al laboratorio de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía - UNIA en costales.
- La harina de amasisa, se preparó colectando las hojas de Amasisa, provenientes de plantas de amasisa que se encuentran en los diferentes ambientes de la UNIA, para luego ser colocadas en mantas negras y expuestas a pleno sol, para secarlo. Una vez que las hojas

se secaron, se procedió a molerlas con una maquina moledora manual, y acondicionar la harina de hoja de amasisa en bolsas de plástico nuevos.

- El aserrín de bolaina fue colocado en un montículo, agregándole agua, hasta obtener una humedad, y luego colocándolos en costales para que se escurra por un tiempo de 12 horas, hasta que adquiera entre 70 – 75% de humedad.
- Después de estar listo el aserrín de bolaina, se procedió a preparar diez bolsas por cada tratamiento, pesando y agregando la cantidad de harina de amasisa en estudio, para lo cual se usaron bolsas de polipropileno de 10¨ x 15¨. Se usó una balanza de cinco kg para pesar un kg de sustrato y una vez llenas las bolsas se procedieron a amarrar con hilo pabilo.

C. Esterilización de los sustratos

- Las bolsas llenas con los sustratos en estudio fueron colocados en el autoclave de una capacidad con 14 kg, a una temperatura de 121ºC y con una presión de una atmósfera por un tiempo de 20 minutos. Luego se dejó enfriar a temperatura ambiente por un tiempo de 16 horas.

D. Inoculación (Siembra)

- La inoculación se realizó dentro de una cámara de flujo laminar el cual se desinfecto activando por 10 minutos la luz ultravioleta, y seguidamente, se limpió la cámara con alcohol de 96%.
- Con la ayuda de una espátula flameada, se agregó 20 g (2%) de trigo colonizado por cada bolsa de 1 kg de sustrato, inoculándose un total 40 bolsas de un kg de sustrato.

E. Incubación

- Terminada la inoculación, las bolsas se distribuyeron en el cuarto de incubación para que el micelio se desarrolle en la mezcla del sustrato,

por un lapso de 13 a 25 días. La evaluación de las condiciones ambientales, se realizó con un termo higrómetro digital.

- A los cinco días de incubación, se realizó 40 perforaciones con una aguja de inyección estéril en la parte superior de cada bolsa, para que el micelio respire.

- La etapa de incubación término cuando se observó una coloración blanca en todo el sustrato.

F. Fructificación

- Una vez invadido por completo el sustrato en las bolsas, se indujo al crecimiento de los primordios cortando las bolsas, solo dejando la base de los sustratos colonizados con bolsa.

- Durante esta etapa, se mantuvo la humedad en un rango de 80 – 90% realizando tres riegos al día sobre el piso y las paredes, y se suministró luz utilizando dos tubos fluorescentes, de intensidad lumínica de 60 a 500 unidades lux durante 8 a 12 horas diarias Fernández (2004). Además se realizaron dos riegos diarios al sustrato mediante aspersión a razón de 50 ml de agua estéril/día/bolsa.

G. Cosecha

- La cosecha se realizó cuando los hongos presentaron las siguientes características: sombrero compacto y antes que sus orillas se enrollen hacia arriba con una coloración blanca.

- Para la cosecha de los cuerpos fructíferos (carpóforos) se realizó cortando de la base del tallo con una navaja desinfectada. Posteriormente se realizó dos cosechas más con tiempo de entre siete y diez días entre cosechas.

3.2.6. Variables evaluadas.

- **Precocidad de incubación:** Fue el tiempo determinado en días en el cual el hongo colonizó el sustrato, evidenciado con el cambio de color a blanco y la compactación de la mezcla de sustrato.
- **Longitud de pie y diámetro de setas:** Se anotó la cantidad de carpóforos cosechados en cada tratamiento. Se medió con la ayuda de un escalímetro digital, la longitud del pie y el diámetro de cada carpóforo formada para cada tratamiento.
- **Número de setas:** Número de carpóforos cosechados por cada tratamiento durante las tres cosechas.
- **Porcentaje de eficiencia biológica del sustrato:** Se calculó dividiendo el peso de los cuerpos fructíferos frescos entre el peso del sustrato seco utilizado y multiplicado por 100.
- **Rendimiento:** Suma de los pesos de las cosechas, en kilogramo expresado por tonelada de sustrato.
- **Análisis bromatológico:** La caracterización bromatológica se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Ucayali – UNU; mediante el método estándar para análisis químico de alimentos, basado en las técnicas de La Asociación de las Comunidades Analíticas (AOAC), como se describen a continuación:
  - **Humedad:** Se determinó por el método de secado en dos pasos, un secado parcial a 65°C, seguido de un secado total a 105°C hasta peso constante AOAC (1997).
  - **Cenizas:** Se evaluó por el método de incineración a 550 °C por 4 horas, en donde la materia orgánica se quemó y la materia inorgánica remanente se enfrío y pesó AOAC (1997).
  - **Grasa:** El contenido de lípidos totales se evaluó de acuerdo con un procedimiento de extracción por el método soxhlet AOAC (1997).
  - **Fibra cruda:** Para la determinación de la determinación de la fibra cruda se efectuó dos digestiones. La primera con ácido sulfúrico y la segunda con hidróxido de sodio. La finalidad del método fue eliminar las proteínas, carbohidratos solubles,

residuos de grasas, vitaminas y otros compuestos diferentes que interferían en su determinación. El fundamento del método fue asemejar este proceso al que desempeña el organismo en su función digestiva AOAC (1997).

- **Proteína cruda:** Se cuantificó por el método de Kjeldalh (% proteína = %N x 6,25), y se fundamentó en tres pasos: digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. La solución se alcalinizó y el amoniaco librado se destiló para su posterior titulación AOAC (1997).

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Diseño experimental

Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. Para la prueba de promedios se empleó la prueba de promedios de Duncan con un $\alpha = 0.05$. El modelo estadístico del diseño experimental utilizado fue:

$$\mathbf{Yij = U + Ti + Eij}$$

Dónde:

Yij = Variable respuesta.
U = Media general.
Ti = Efecto del i – enésimo tratamiento.
Eij = Efecto del error experimental.

Cuadro 04. Esquema del Análisis de Varianza (ANVA).

Fuente de variación	G.L.
Tratamientos	03
Error experimental	36
Total	39

3.3.2. Tratamiento en estudio

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

Cuadro 05. Descripción de los tratamientos en el estudio.

Tratamientos	Descripción del tratamiento
T1	100% aserrín de bolaina fresca
T2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa
T3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa
T4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

El comportamiento de la cepa de *Pleurotus* ostreatus comprados de Universidad Nacional Agraria de la Molina, con los cuales se preparó un total de 8 frascos de trigo infectado con *Pleurotus ostreatus*, con un volumen total de 800 g.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por la aplicación de 20 g de trigo infectado con *Pleurotus ostreatus* para cada bolsa de sustrato de 1 kg de mezcla, haciendo un total de 800 g de trigo infectado utilizado para inocular 40 bolsas de sustrato preparado.

3.4.3. Unidad experimental

Las unidades experimentales fueron las bolsas de polipropileno conteniendo un 1 kg de mezclas de sustratos.

3.5. Tratamientos de los datos

Para analizar el efecto de los tratamientos aplicados a nivel estadístico, se determinó el manejo de los datos en el programa estadístico SAS.

La interpretación del efecto de los tratamientos se realizó mediante los análisis de varianza y las pruebas de Duncan, con la finalidad de determinar el mejor tratamiento.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUCIONES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Precocidad de incubación

El cuadro 06 muestra prueba de promedios de Duncan para los días requeridos para el crecimiento micelial en los sustratos estudiados.

Cuadro 06. Prueba de promedio de Duncan, para la variable precocidad (días) en los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Precocidad (días)
1	100% aserrín de bolaina fresca	23 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa	0 b
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan $p \leq 0.05$

Para la variable precocidad, el análisis de varianza (anexo 1), demuestra que existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, cuadro 06, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca inicio el proceso de fructificación a los 23 días, mostrando diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

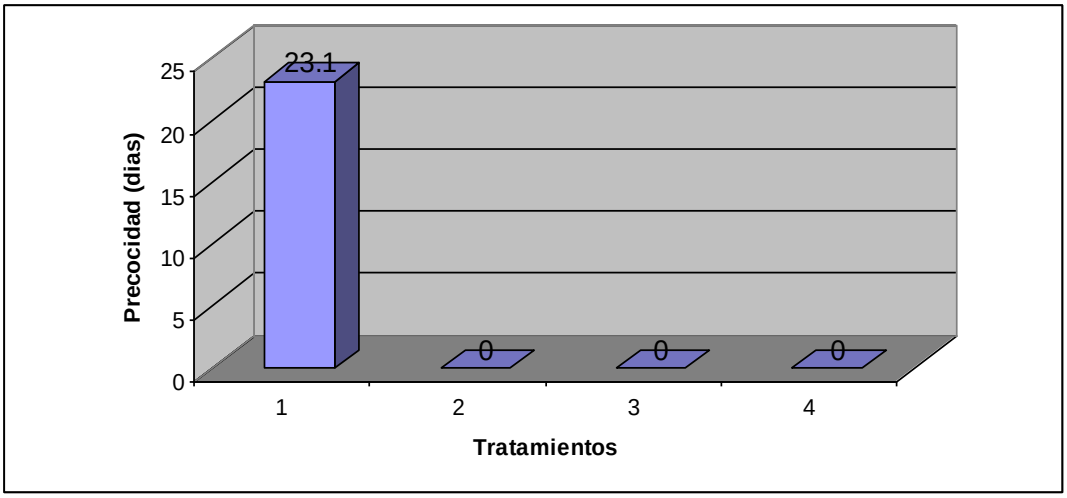


Figura 10. Comportamiento de los tratamientos para la variable precocidad.

4.1.2. Diámetro de carpóforos

El cuadro 07 muestra los resultados de Duncan para la variable diámetro de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 07. Resultados de la prueba de promedio de Duncan, para la variable diámetro de carpóforos evaluados en los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Diámetro de carpóforo (cm)
1	100% aserrín de bolaina fresca	2.51 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa	0 b
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable diámetro de carpóforos, el análisis de varianza (anexo 2), demuestra que existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan,

cuadro 07, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca logró un diámetro de carpóforo de 2.51 cm, mostrando diferencias significativas (p ≥ 0.05) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

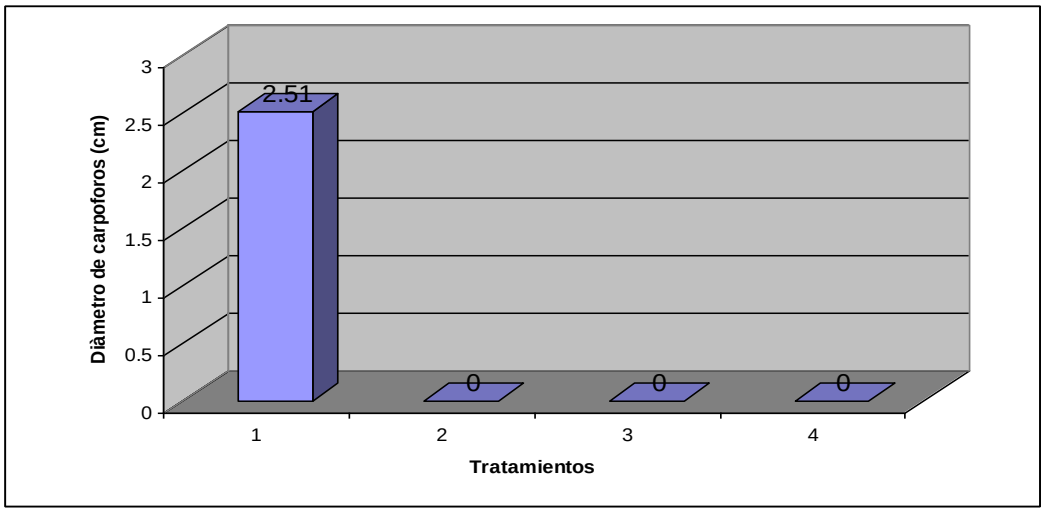


Figura 11. Diámetro de carpóforos en los tratamientos en estudio.

4.1.3. Longitud de pie

El cuadro 08 muestra los resultados de Duncan para la variable longitud de pie de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 08. Resultados de la prueba de promedio de Duncan, para la longitud de pie de carpóforos de los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Longitud de pie (cm)
1	100% aserrín de bolaina fresca	1.80 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa	0 b
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable longitud de pie de carpóforos, el análisis de varianza (anexo 3), demuestra que existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, cuadro 08, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca logró una longitud de pie de carpóforo de 1.80 cm, mostrando diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

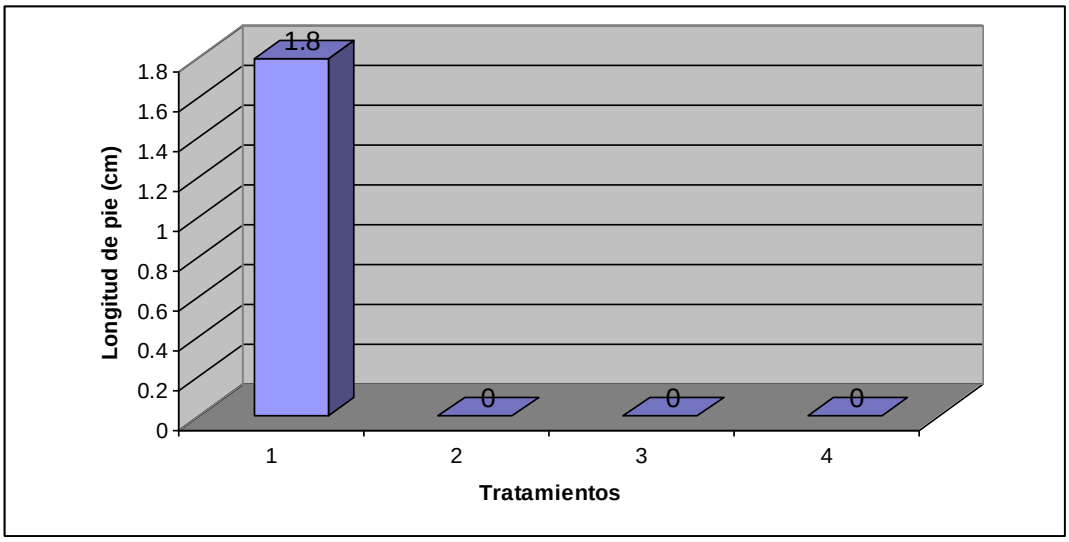


Figura 12. Longitud de pie de carpóforo en los sustratos estudiados.

4.1.4. Número de carpóforos

El cuadro 09, muestra los resultados de Duncan para el variable número de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 09. Resultados de la prueba de promedio de Duncan, para el número de carpóforos de los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Numero de carpóforos
1	100% aserrín de bolaina fresca	8.4 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40%	0 b

	de harina de amasisa	
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable número de carpóforos, el análisis de varianza (anexo 4), demuestra que existen diferencias significativas (p ≥ 0.05) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, cuadro 09, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca produjo 8.4 setas por kg de sustrato, mostrando diferencias significativas (p ≥ 0.05) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

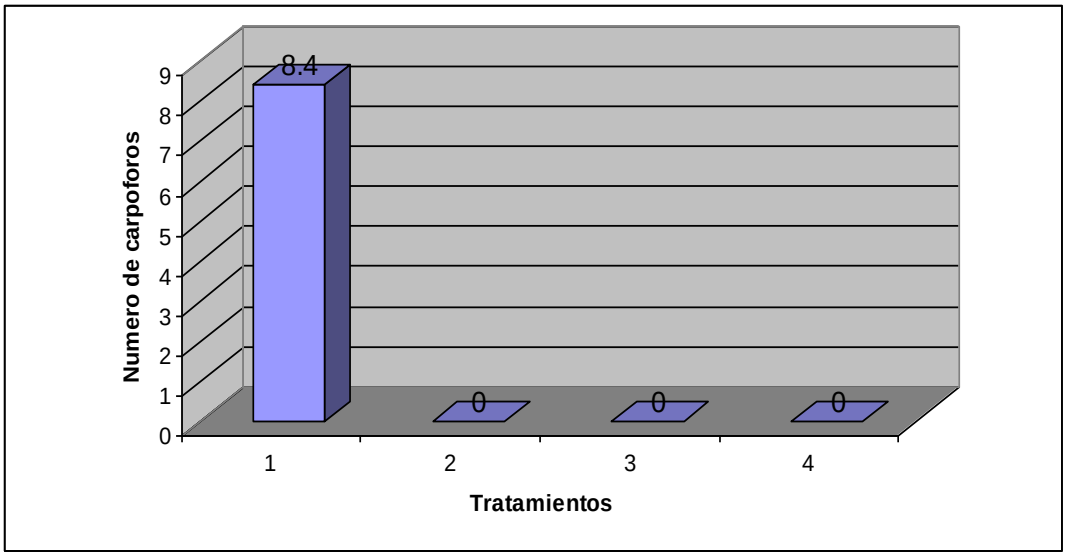


Figura 13. Número de carpóforos en los sustratos estudiados.

4.1.5. Peso fresco de carpóforos

El cuadro 10, muestra los resultados de Duncan para el variable peso fresco de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 10. Resultados de la prueba de promedio de Duncan, para el peso fresco de carpóforos de los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Peso fresco de carpóforos (g)
1	100% aserrín de bolaina fresca	1.53 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa	0 b
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable peso fresco de carpóforos, el análisis de varianza (anexo 5), demuestra que existen diferencias significativas (p ≥ 0.05) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, cuadro 10, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca logró pesos de setas de 1.53 g por seta, mostrando diferencias significativas (p ≥ 0.05) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

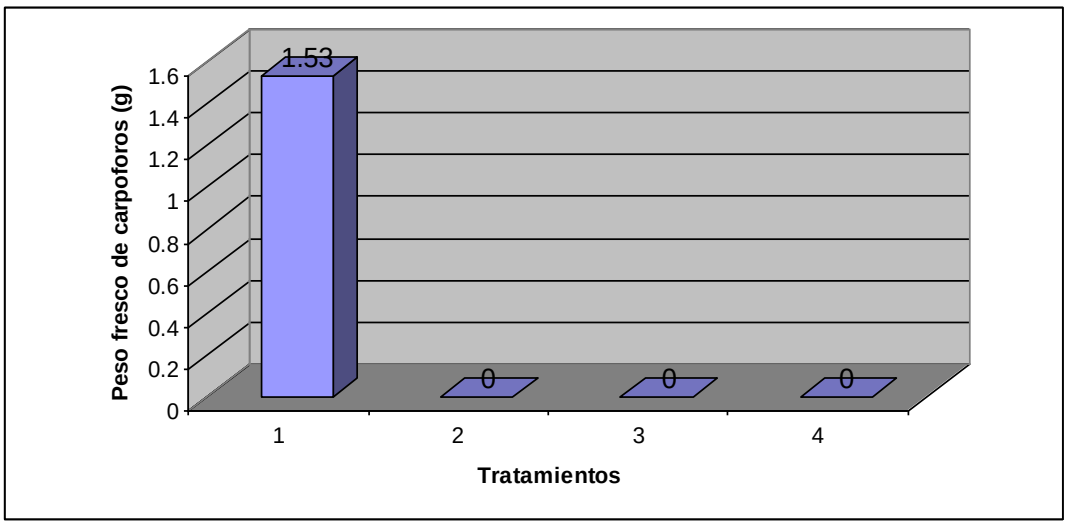


Figura 14. Peso fresco de carpóforos en los tratamientos estudiados.

4.1.6. Peso seco de carpóforos

El cuadro 11, muestra los resultados de Duncan para la variable peso seco de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 11. Resultados de la prueba de promedio de Duncan, para el peso seco de carpóforos de los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Peso seco de carpóforos (g)
1	100% aserrín de bolaina fresca	0.15 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa	0 b
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable peso seco de carpóforos, el análisis de varianza (anexo 6), demuestra que existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, cuadro 11, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca logró un peso seco de 0.15 g por seta, mostrando diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

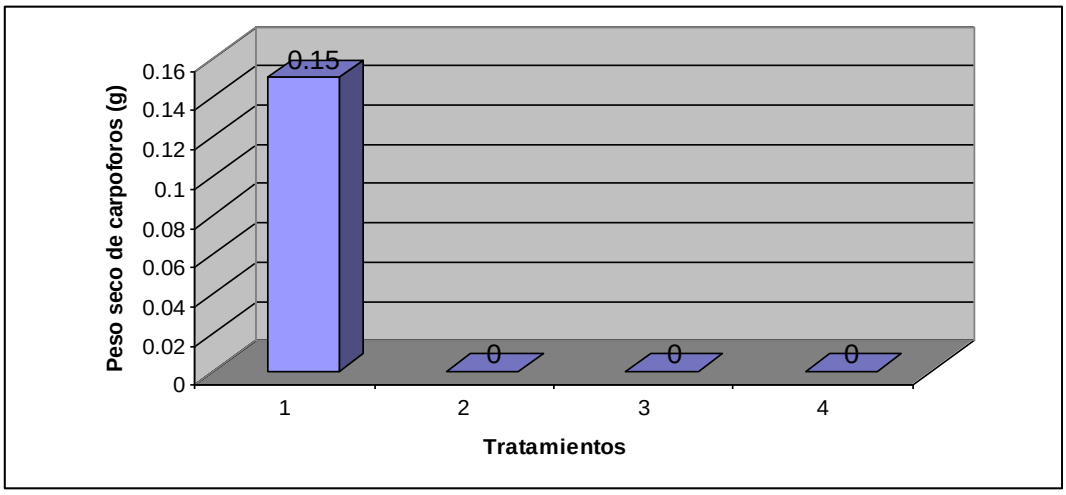


Figura 15. Peso seco de carpóforos en los tratamientos estudiados.

4.1.7. Eficiencia biológica

El cuadro 12, muestra los resultados de Duncan para la variable porcentaje de eficiencia biológica evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 12. Resultados de la prueba de promedio de Duncan, para el porcentaje de eficiencia biológica de los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Eficiencia biológica (%)
1	100% aserrín de bolaina fresca	2.67 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa	0 b
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable porcentaje de eficiencia biológica, el análisis de varianza (anexo 7), demuestra que existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, cuadro 12, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca logró una eficiencia biológica de 2.67%, mostrando diferencias

significativas (p ≥ 0.05) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

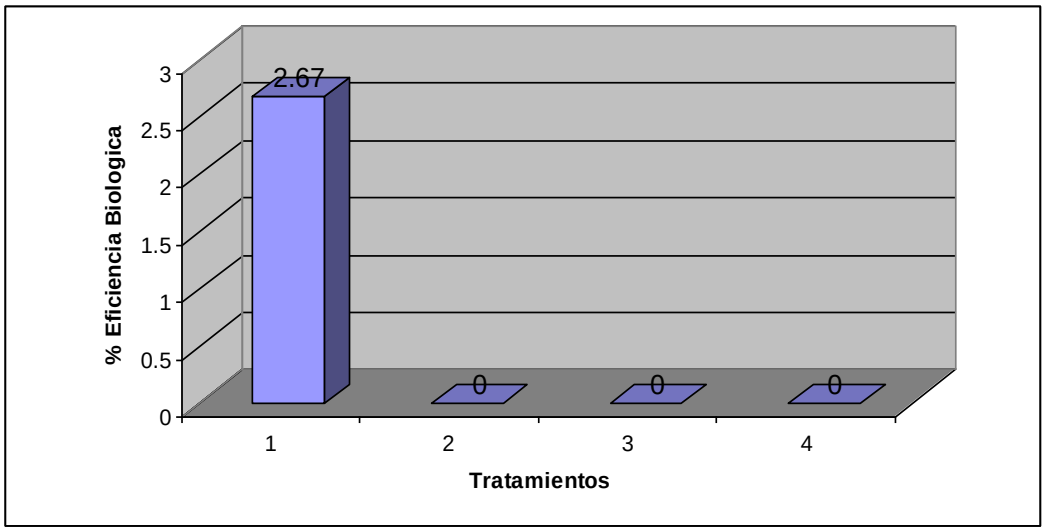


Figura 16. Porcentaje de eficiencia biológica en los tratamientos estudiados.

4.1.8. Rendimiento

El cuadro 13, muestra los resultados de Duncan para la variable rendimiento, evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 13. Resultados de la prueba de promedio de Duncan, para el rendimiento de los sustratos estudiados. Yarinacocha, Perú, 2015.

Tratamientos	Descripción	Rendimiento (kg/ton)
1	100% aserrín de bolaina fresca	13.44 a
2	80% de aserrín de bolaina fresca + 20% de harina de amasisa	0 b
3	60% de aserrín de bolaina fresca + 40% de harina de amasisa	0 b
4	40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa	0 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable rendimiento, el análisis de varianza (anexo 8), demuestra que existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, cuadro 13, se demuestra que, el sustrato con 100% aserrín de bolaina fresca logró un rendimiento de 13.44 kg por tonelada de sustrato, mostrando diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a los sustratos con incorporación de harina de amasisa los cuales no desarrollaron crecimiento micelial, como se muestra en la siguiente figura.

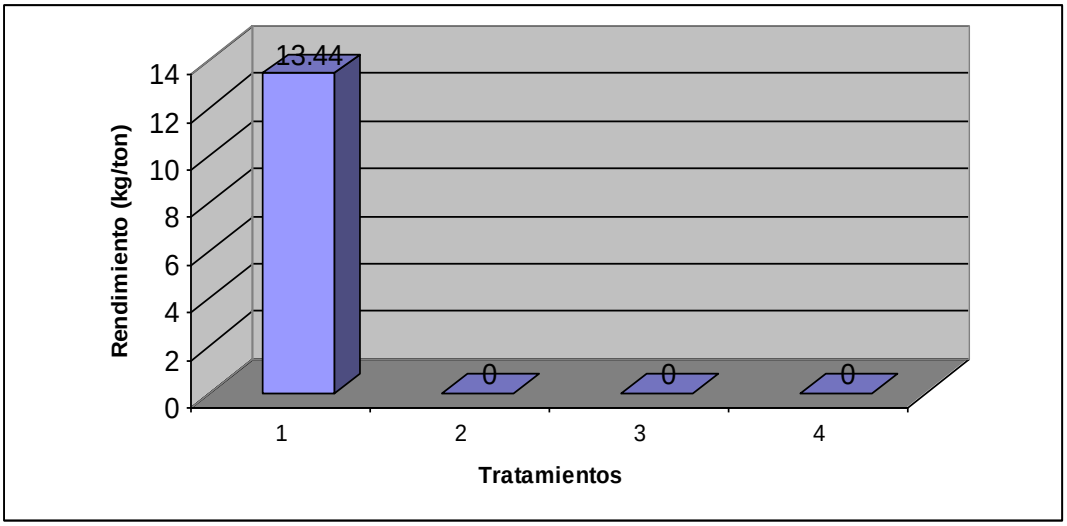


Figura 17. Rendimiento de los sustratos estudiados.

4.1.9. Características bromatológicas de los sustratos

El cuadro 14, muestra la caracterización bromatológica de los sustratos evaluados.

Cuadro 14. Caracterización bromatológica de los sustratos evaluados para la producción de hongos comestibles.

Parámetro	Unidad	Mezcla de sustratos			
		T1	T2	T3	T4
pH		5.2	4.14	4.21	4.30
Humedad	%	45	39.3	26.8	49.1
Materia seca	%	55	60.7	73.2	50.9
Cenizas	%	3.1	5.7	5.9	7.0
Proteína bruta	%	0.31	1.3	1.9	2.6

Fibra	%	0.25	5.8	5.8	6.8
Grasa	%	1	2.0	4.0	4.0
Carbohidratos	%	95.59	85.2	82.4	79.6

En el cuadro 14, se observa la caracterización bromatológica de los sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en los cuales, la humedad de los sustratos estudiados oscila entre 49.1% y 26.8%, y la materia seca se encuentra entre 73.2% y 50.9%, los contenidos mas altos de ceniza, proteína bruta, fibra y grasa, se encuentran en el sustrato con 40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa, siendo el sustrato con 100% de aserrín de bolaina fresca, el que logro los promedios mas bajos de contenidos de nutrientes.

4.1.10. Caracterización bromatológica de los carpóforos

El cuadro 15 muestra la caracterización bromatológica de los carpóforos crecidos en los sustratos estudiados.

Cuadro 15. Caracterización bromatológica de los carpóforos crecidos en los sustratos estudiados.

Parámetro	Unidad	Caracterización bromatológica de carpóforos desarrollados en el T1
Humedad	%	90.19
Materia seca	%	9.8
Cenizas	%	6
Proteína bruta	%	18.3
Fibra	%	5.7
Grasa	%	1.2
Carbohidratos	%	74.5

Teniendo en cuenta que solo hubo crecimiento micelial y producción de carpóforos en el sustrato constituido por 100% de aserrín de bolaina, solo

se realizó la caracterización bromatológica de las setas desarrolladas en este sustratos, los cuales mostraron que el contenido de humedad de los carpóforos fue de 90.19%, y un contenido de materia seca de 9.8%, de los cuales, el 6% esta constituido por cenizas, el 18.3% esta constituido por proteína bruta, el 5.7% esta constituido por fibra, el 1.2% esta constituido por grasas y el 74.5% esta constituido por carbohidratos, destacándose el alto porcentaje de proteína bruta y ceniza.

4.2.-DISCUCION

Según Quimio (1982) citado por Grace (2010) indica que en 20 – 30 días, dependiendo del sustrato o mezcla de sustrato, las bolsas deben estar completamente llenas de micelio blanco y menciona también que se debe esperar una o dos semanas para abrir la bolsa a fin de asegurar que el micelio esté completamente maduro, esta afirmación concuerda con los resultados ya que la invasión de micelio se dio en un tiempo de cultivo de 23 días para el sustrato con 100% de aserrín de bolaina fresca.

Asimismo, Zadrazil (1978) citado por Ramos (2007) menciona a los factores ecológicos como: clima, microclima y condiciones del aire, que condicionan el desarrollo del hongo, y los parámetros de campo condicionaron la producción de *Pleurotus*.

Ardón (2007), indica que *Pleurotus ostreatus* presenta un estípite corto y grueso, de 0.5 a 3.0 centímetros de longitud, 0.5 a 2.0 centímetros de espesor, excéntrico o lateral con pubescencia densa de color blanco en la base, coincidiendo con la longitud de pie de las setas que se obtuvo en el presenta trabajo de investigación, el cual estuvo en un promedio de 1.8 cm

Según Magae *et al.* (1995) citado por Ramos (2007) el número de hongos producidos por bolsa no tiene tanta relevancia como su peso fresco, además el número de hongos producidos debe estar en un rango de 58 a 65 hongos en bloque de sustrato de 1 kg. para que se pueda considerar un sustrato adecuado y rentable para su cultivo, los cuales no coinciden con los rangos obtenidos en el presente trabajo.

La producción de los hongos se valora en kilogramos por sustrato, mediante la fórmula de dividir el peso fresco de los hongos cosechados entre el peso seco del sustrato empleado, lo que se le llama eficiencia biológica y se expresa en porcentajes. (Royse, 2003).

Una eficiencia adecuada debe ser como mínimo 40% siguiendo el método generalmente usado en las evaluaciones de cultivo de los hongos propuestos por Royse (2003). Asimismo, Door (1990) obtuvo eficiencias biológicas de 21 a 25 % en sustratos de mezclas de aserrín y de 28 a 31 %, en sustratos de panca más aserrín (ensayo no publicado).

Los resultados de porcentaje de eficiencia biológica obtenidos en el presente trabajo de investigación son bajos en comparación a lo expresado por los autores anteriormente mencionados, probablemente debido a las características nutricionales de los sustratos utilizados.

Asimismo, Delmos y Mamoun (1983) han llegado a obtener 15 a 20 kg de *Pleurotus* spp., en 100 kg. de paja de arroz y cebada, lo cual demuestra que la calidad de nutrientes que contienen los sustratos utilizados, generaran rendimientos diferentes de *Pleurotus ostreatus*.

Según Nevares Quiñones (2012) menciona que dada la versatilidad de estos organismos cada especie de hongo posee variaciones significativas en cuanto a su composición química, las cuales son influenciadas por el sustrato.

Respecto a la falta de crecimiento micelial y por consecuencia, la nula producción de setas en los sustratos constituidos aserrín de bolaina fresca y harina de hoja de amasisa en sus diferentes porcentajes estudiados, se debe a la presencia de plagas y enfermedades que se desarrollaron en estos tratamientos, como es el caso de hongos contaminantes *Trichoderma spp*., el cual actúa como patógena y otras como competidoras del cultivo de hongos comestibles, tales como *T. viride, T. harzianum, T. bamatum y T. dokoningii*, los cuales han originado pérdidas superiores al 77% durante la producción de las cosechas de *Pleurotus spp*. (Romero *et al*., 2009). *Trichoderma* invade rápidamente el sustrato y obstaculiza el crecimiento del micelio de *Pleurotus spp.*, mediante la producción de toxinas y antibióticos, al tiempo que ocasiona un descenso del nivel de pH hasta valores de 4 – 5, que son mas favorables para su desarrollo. Inicialmente se puede observar en el sustrato un moho de color blanco que vira a verde, adquiriendo posteriormente color gris verde-azulado debido a la abundante producción de conidios. Los propagulos pueden ser esparcidos por corrientes de aire, insectos, ácaros, herramientas, ropas, etc. (Romero *et al*., 2009).

Asímismo, se destaca la presencia del Diptero del género Megaselia, el cual apareció sobre las bolsas a los 15 días de desarrollo, momento en el cual se cortaron las bolsas de cultivo para iniciar el proceso de fructificación.



Figura 18. Género Megaselia, presente en los sustratos estudiados

Al respecto, Gandini y Parodi (2010) indican que el daño de los géneros Lycoriella, Heteropeza, Mycophila y moscas del género Megaselia, lo causan sus larvas, los cuales se comen las hifas del micelio, hacen pequeñas galerías en los pies de las setas y luego en los sombreros, corroborándose lo indicado por Gandini y Parodi (2010), ya que las bolsas de cultivo, al momento de abrirse, presentaban crecimiento micelial, y luego del ataque de Megaselia, el crecimiento disminuyo a tal punto que no hubo fructificación de carpóforos.

CONCLUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se concluye lo siguiente:

1. El sustrato constituido con 100% de aserrín de bolaina fresca obtuvo producción de setas, en contraposición con los sustratos que contenían diferentes porcentajes de incorporación de harina de hoja de amasisa, los cuales no registraron crecimiento micelial y producción de setas, debido a que estos sustratos sufrieron procesos de contaminación con plagas y enfermedades, asimismo, la producción de setas en el sustrato con 100% de aserrín de bolaina fresca fue baja en todas las variables evaluadas.
2. La caracterización bromatológica de los sustratos, demuestran que los mejores contenidos nutricionales se encuentran en el sustrato con 40% de aserrín de bolaina fresca + 60% de harina de amasisa, sin embargo, los sustratos con incorporación de harina de amasisa demostraron ser hospedadores de hongos contaminantes y de Dípteros del género Megaselia, los cuales no permitieron el desarrollo micelial y la fructificación en estos sustratos, siendo el tratamiento con 100% de aserrín de bolaina fresca el único tratamiento que logro producción de carpóforos, en los cuales se destaca el mejor promedio de contenido de proteína bruta, y cenizas totales.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos mencionar las siguientes recomendaciones:

1. No utilizar la harina de hoja de amasisa como mejorador de sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

2. Realizar estudios similares utilizando otros sustratos agroforestales e industriales de la región (cáscara de plátano, pulpa de café, aserrín de diferentes especies maderables de madera blanca) adecuados para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

3. Realizar un estudio de mercado para la producción y comercialización del hongo *Pleurotus ostreatus*.

BIBLIOGRAFÍA

AGUINAGA, P. 2012. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra *(Pleurotus ostreatus)* en tres ciclos de producción en la Zona de Tambillo, Provincia de Pichincha. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Quito-Ecuador, Mayo. (Formato PDF). 150 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4663/1/CD-4295.pdf>

ARDÓN, E. 2004. Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaefolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, ecosur -0112). Consultado el 30 de agosto del 2012. Disponible en:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf

ARDÓN, C. 2007. La producción de los hongos comestibles. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades, Departamento de Postgrado, Maestría en Docencia Universitaria con Especialidad en Evaluación Educativa. Guatemala, Octubre. (Formato PDF). 213 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet:
<http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf>

AROSTEGUI, A. 1990. Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del Perú. UNALM - Ministerio de Agricultura, Perú. 257 p. Consultado en Agosto del 2013.

ARRÚA, J. y QUINTANILLA, J. 2007. Producción del hongo Ostra *(Pleurotus ostreatus)* a partir de las malezas *Paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis*. Universidad EARTH. Guácimo, Limón, Costa Rica. (Formato PDF). 48 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/43-2007.pdf>

ATLAS, R.M., BARTHA, R. 2002. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. 4° ed. Addison Wesley, Madrid

BALDOCEDA, R. 1993. Diagramas bioclimáticas de la zona de Pucallpa y Atalaya. Universidad Nacional de Ucayali - UNU, Pucallpa, Perú. 21 p. Consultado en Agosto del 2013.

BALDOCEDA, R.; PINEDO, J.; CASTILLO, A.; VIDAURRE, H. 1991. Silvicultura de la bolaina blanca. Temas forestales no. 10. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias). Pucallpa, PE. 38 p.

CARVAJAL, G. 2010. Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tamo de cebada, tamo de vicia, tamo de avena y paja de páramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra (PUCE-SI), Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA). Ibarra-Ecuador. (Formato PDF). 100 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet:

<http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&source=web&cd=6&cad=rja&ved=0CEAQFjAF&url=http%3A%2F%2Fdspace.pucesi.edu.ec%2Fbitstream%2F11010%2F106%2F1%2FT72379.pdf&ei=3yqDULivPIOc9QT2uYC4BA&usg=AFQjCNHENflKoUbjlrPqtSZtCCgDIXim9Q>

COCHRANE, T. T. 1992. Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical. En Toledo J. M. (ed): manual para la evaluación Agronómica, Red Internacional de Pastos Tropicales. Cali – Colombia. CIAT. Pp. 23 – 44.

DEL AGUILA CHAVEZ, J.H., VERTIZ OSORES, J.J., VILLEGAS PANDURO, P.P. 2015. Evaluación de sustratos a partir de residuos de palma aceitera *(Elaeis guineensis J.)* y aserrín de bolaina blanca *(Guazuma crinita)* para la producción masiva de *Pleurotus ostreatus* para consumo humano - Yarinacocha 2015. Tesis para optar el titulo de Ingeniero Agroindustrial.

DELFÍN, I. y DURÁN, C. 2006. Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus.* UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510 D.F., México. (Formato PDF). 9 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/TLAXCALA%202009/REVISTA/contaminacion/acervo/vol_19_1/4.pdf>

DELMAS, J. ; MAMOUN, M. 1983. Le Pleurote en corne d'abondance un champignon aujourd' hui cultivable en France. P. H. M.- Revue Horticol. 240: 39-46.

FERNÁNDEZ, F. 2004. Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus* spp.). Fungitec Asesorias. Guadalajara, Jalisco. MX. 59 p.

FORERO, C.; HOYOS, O.; BAZANTE, W. 2008. Evaluación de residuos de ají *(Capsicum spp.)* como sustrato en la producción de setas comestibles *(Pleurotus ostreatus)*. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol 6 N° 1. Marzo. (Formato PDF). 12 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol6/5.pdf>

GARCÍA, J. 2002. Estructura del pleuroma de Pleurotus. Mexico. URL: http://www.uv.mx/instituto/forest/hongos/estruct.html

GAITÁN, R.; PÉREZ, R.; MATA, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. (Formato PDF). 37 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://fagsol.com/descargas/hongos/documentos/manual_setas...ok.pdf>

GANDINI, J., PARODI, G. 2010. Introducción a la siembra de hongos comestibles. Cultivo de hongos *Pleurotus*.

GARCÍA, N.; BERMÚDEZ, R.; SERRANO, M. 2011. Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. Universidad de Oriente, Centro de Estudio de Biotecnología Industrial (CEBI), Santiago de Cuba. Tecnología Química. Vol XXXI, N^{o} 3, Septiembre-Diciembre. (Formato PDF). 8 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/viewFile/15/2527>

GARZON, J. Y CUERVO, J. 2009. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. (Formato PDF). 15 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA10_ARTORIG2_pleur.pdf>

GIRÓN, D. 2000. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana *(Elaeis guineensis Jacq.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Institutos de Investigaciones Agronómicas. (Formato PDF). 63 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1903.pdf>

GRANADOS, T. 2003. Instituto de Ciencias Naturales Universidad de Colombia. Pp 3

HERNÁNDEZ, R. y LÓPEZ, C. 2009. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Cra. 7 # 43-82, Bogotá-Colombia. (Formato PDF). 10 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v13n2/v13n2a04.pdf>

HERNANDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. 2010. Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill, México.

INRENA (Instituto de Recursos Naturales). 2009. Recursos forestales. Boletín semestral Junio - Agosto 2004: 20 - 23. Consultado en Agosto del 2013.

INIAA-JICA. 1991. Manual silvicultura. Informe final del Proyecto Estudio Conjunto sobre Investigación y Experimentación en Regeneración de Bosques en la Región Amazónica de la República del Perú. Japón. 260 p.

LOPEZ CRUZ, M., VILLEGAS PANDURO, P.P. 2015. Efecto del aserrín de bolaina (*Guazuma crinita*) y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Tesis para optar el titulo de Ingeniero Agroforestal Acuicola. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.

MAILER, R. 2000. Enviromental microbiology. Editorial Academic. San Diego, California. 346 p.

MÉTODOS OFICIALES AOAC, Ed. AOAC. 1997.

NEVÁREZ QUIÑONES, D.M. 2012. Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus* sp.). Tesis Mag. Sc. en gestión ambiental. Victoria de Durango. DT. Instituto Politécnico Nacional. 199 p. Consultado en Agosto del 2013.

PLANA PÉREZ, L., CASTAÑEDA RUÍZ, R.F., GONZÁLEZ LÓPEZ, N., CARABALLO FERNÁNDEZ, M., SOSA LEÓN, A., MARRERO, I., GARBEY, R., FERNÁNDEZ, R. (S.f.) Principales contaminantes que afectan el cultivo de hongos comestibles en el INIFAT. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical ´´Alejandro de Humboldt´´. La Habana, Cuba.

PROMPEX - Maderas del Perú.Consultado en Agosto del 2013.

QUIMIO, TC. 2005. Capítulo 1 Introducción a los hongos. En: Manual del cultivador de hongos 1. Cultivo del hongo ostra. Publicado por Mush Word, CK. p: 5-14.

QUISPE SILVA, GP. 1995. Ensayo de producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kunner. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

RAMOS, G. 2007. *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de palma aceitera como importante fuente proteica para la dieta humana. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. (Formato PDF). 144 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet:
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/221/1/236T0002.pdf>

ROMERO JIMÉNEZ, A.M., RODRÍGUEZ GARCÍA, A.S., PÉREZ MARCHENA, R. (s.f.). *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física – Química, Facultad de Mecánica. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.

ROMERO, O.; HUERTA, M.; DAMIÁN, M. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., CV. ROATAN) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. (Formato PDF). 12 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://www.mag.go.cr/rev_agr/v34n01_053.pdf>

ROMERO ARENAS, O., HUERTA LARA, M., DAMIAN HUATO, M.A., DOMINGUEZ HERNANDEZ, F., ARELLANO VICTORIA, D.A. 2009. Características de *Trichoderma harzianum* como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol XI No 2. 2009. 143-151.

ROSALES, M y TONY, 2011. Composición química y digestibilidad de insumos alimenticios de la zona de Ucayali, IIAP, Perú. 15 p

ROYSE, D.J. 2003. Cultivation of oyster mushrooms. The Pensnsylvania State University. 11 p.

SÁNCHEZ C. 2013. Evaluación de la productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre un residuo agroindustrial del departamento del valle del cauca y residuos de poda de la universidad autónoma de occidente. Presentado como requisito parcial para optar por el título de administrador del medio ambiente y de los recursos naturales. Santiago de Cali. Universidad Autónoma de Occidente, 94 p.

SÁNCHEZ, J.E. & ROYSE, D.J. 2002 La biología y el cultivo de *Pleurotus spp*. pp 141-156. UTEHA – ECOSUR. México, DF ISBN 9-681-86357-7.

TORRES, M.G. 2003 Potencial de la microbiota nativa comestible y medicinal en el municipio de Quibdó. Trabajo de grado. Biólogo con énfasis en recursos naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó, Chocó., 116.

VALERA CHOTA, M.; VILLEGAS PANDURO, P.P.; SÁNCHEZ, M. 2004. Comportamiento del cultivo de *Pleurotus sp*. en cuatro sustratos orgánicos. En revista Universidad Nacional de Ucayali, PE. 4 (1): p 7-21. Consultado en Agosto del 2013.

VARNERO, M.; QUIROZ, M.; ÁLVAREZ, C. 2010. Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago-Chile. (Formato PDF). 8 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v21n2/art03.pdf>

WITGHTMAN, K.; CORNELIUS, J.; UGARTE, J. 2006. Plantemos Madera. ICRAF technical manual No 4. Perú. 193 p.

ZADRAZIL, F. 1974. Cultivation of *Pleurotus.* En: The biology and cultivation of edible mushroom, Academic press, New York. US. p. 521 -555.

ANEXOS

Anexo 01. ANVA para la precocidad en los sustratos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	4002.0750000	1334.0250000	384.51	0.0001	*
Error	36	124.9000000	3.4694444			
Total	39	4126.9750000				

R^2= 0.96
C.V. = 3.22

Anexo 02. ANVA para el diámetro de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	47.55243000	15.85081000	99.76	0.0001	*
Error	36	5.72016000	0.15889333			
Total	39	53.27259000				

R^2= 0.89
C.V. = 6.33

Anexo 03. ANVA para la longitud de pie de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	24.48936750	8.16312250	209.58	0.0001	*
Error	36	1.40221000	0.3895028			
Total	39	25.89157750				

R^2= 0.94
C.V. = 4.36

Anexo 04. ANVA para el número de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	529.20000000	176.40000000	47.96	0.0001	n.s.
Error	36	132.40000000	3.677777778			
Total	39	661.60000000				

R^2= 0.79
C.V. = 9.13

Anexo 05. ANVA para el peso fresco de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	17.62566750	5.87522250	77.79	0.0001	*
Error	36	2.71881000	0.07552250			
Total	39	20.34447750				

R^2= 0.86
C.V. = 7.17

Anexo 06. ANVA para el peso seco de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	0.18960750	0.06320250	261.83	0.0001	*
Error	36	0.00869000	0.00024139			
Total	39	0.19829750				

R^2= 0.95
C.V. = 39.08

Anexo 07. ANVA para el porcentaje de eficiencia biológica evaluada en los tratamientos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	53.82780750	17.94260250	47.52	0.0001	*
Error	36	13.59169000	0.37754694			
Total	39	67.41949750				

R^2= 0.79
C.V. = 9.17

Anexo 08. ANVA para el rendimiento evaluado en los tratamientos en estudio.

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	3	1355.5585200	451.8528400	29.46	0.0001	*
Error	36	552.2222400	15.3395067			
Total	39	1907.7807600				

R^2= 0.71
C.V. = 11.65

ICONOGRAFIA



Figura 19. Insumos que constituyen los sustratos en estudio.



Figura 20. Preparación de los sustratos en estudio.

Figura 21. Esterilización de los sustratos estudiados.





Figura 22. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en granos de trigo como inoculo secundaria.



Figura 23. Siembra de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos estudiados.



Figura 24. Producción de carpóforos en el sustrato con 100% de aserrín de bolaina fresca.



Figura 25. Pesado de hongos frescos



Figura 26. Muestra de hongos deshidratados para el análisis bromatológico