UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA

"EFECTO DEL ASERRÍN DE BOLAINA (*Guazuma crinita*) Y CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA

LOPEZ CRUZ, MABEL CELMA

YARINACOCHA - PERÚ
2015

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida……

Esta investigación va dedicado con cariño a mis padres Juan y Susana quienes nunca dejaron de confiar y apoyarme.

A mis dos amores Amir y Antonio quienes llenan de mucha felicidad y alegría mi vida.

A mis hermanos Anar, Juan y Josué mis 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, el Ing. Mg. Pablo Pedro Villegas Panduro, por su asesoría, 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.

CARÁTULA…….…….. 01

DEDICATORIA…… 02

AGRADECIMIENTO……...……... 03

INTRODUCCION…… 10

RESUMEN…… 11

ABSTRACT……...…….. 12

CAPITULO I 13

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……..…… 13

1.1. Descripción de la situación problemática…..……. 13

1.2. Formulación del problema……... 15

1.2.1. Problema general……. 15

1.2.2. Problemas específicos.....

1.3. Objetivos de la investigación…….. 15

1.3.1. Objetivo general……... 15

1.3.2. Objetivos específicos…….. 16

1.4. Justificación del estudio……... 16

1.5. Limitaciones de la investigación…….. 18

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO……. 19

2.1. Antecedentes de la investigación…….. 19

2.2. Bases teóricas……... 29

2.2.1. Pleurotus ostreatus……. 29

2.2.2. Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*..... 30

2.2.3. Características morfológicas del hongo *Pleurotus ostreatus*…. 30

2.2.3.1. Características fisiológicas de *Pleurotus ostreatus*…….. 30

2.2.3.2. Características morfológicas de *Pleurotus ostreatus*…….. 31

2.2.4. El ciclo reproductivo del hongo *Pleurotus ostreatus*…… 31

2.2.5. Composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*….. 32

2.2.6. Sistemas de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*..... 33

2.2.6.1. Elaboración de inoculo…….. 33

2.2.6.2. Selección de sustratos…….. 35
2.2.6.3. Tratamiento de los sustratos…… 36
2.2.6.4. Siembra y producción de las setas…… 38
2.2.7. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación 41
2.2.8. Contaminantes, plagas y enfermedades……... 44
a. Contaminantes……... 44
b. Plagas……... 46
c. Enfermedades…….. 48
2.2.9. Reproducción, consumo o comercialización de setas…….. 49
2.2.10. Residuos agroindustriales para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*……..... 51
2.2.10.1. Composición química de los residuos agroindustriales…….. 51
2.2.10.2. La cáscara de cacao……..... 53
2.2.10.3. Bolaina blanca *(Guazuna crinita)*……. 56
2.3. Definición de términos básicos…….…….. 59
2.4. Hipótesis…….……. 60
2.4.1. Hipótesis general……... 60
2.5. Variables…….. 60
2.5.1. Variable independiente…….. 60
2.5.2. Variable dependiente…… 60
CAPITULO III……... 62
3. METODOLOGIA…….……. 62
3.1. Tipo y nivel de la investigación……... 62
3.1.1. Tipo de investigación……..…….. 62
3.1.2. Nivel de investigación……..……. 62
3.2. Método de la investigación…….. 62
3.2.1. Ubicación del área experimental……..……... 62
3.2.2. Condiciones ambientales……..……. 63
A. Temperatura y humedad relativa de la cámara de incubación…….. 63
B. Luz……..…… 64
3.2.3. Aislamiento de cepas de hongos comestibles…….. 64

3.2.4. Propagación de inoculo “semillas”…… 65
3.2.5. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos…… 67
3.2.6. Variables evaluadas…….. 69
3.3. Diseño de la investigación……..... 71
3.3.1. Diseño experimental……..…… 71
3.3.2. Tratamiento en estudio..……..... 71
3.4. Población y muestra…….…… 72
3.4.1. Población…….. 72
3.4.2. Muestra…….. 72
3.4.3. Unidad experimental…… 72
3.5. Tratamientos de los datos……... 72
CAPITULO IV…….. 74
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES..……... 74
4.1. Precocidad de incubación..... 74
4.2. Diámetro de carpóforos..... 75
4.3. Longitud de pie…….. 77
4.4. Numero de carpóforos…….. 79
4.5. Peso fresco de carpóforos……. 81
4.6. Peso seco de carpóforos……. 82
4.7. Eficiencia biológica……. 84
4.8. Rendimiento…… 85
4.9. Análisis bromatológico de los sustratos…….. 87
4.10. Análisis bromatológico de los carpóforos…….. 89
CONCLUSIONES……..... 91
RECOMENDACIONES…….. 92
ANEXOS…….. 100
ICONOGRAFIA……..…… 104

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 01. Composición química de la cáscara de la mazorca de cacao… 55
Cuadro 02. Volúmenes de producción en el Perú expresado en ton en 2006…….. 56
Cuadro 03. Composición nutricional del aserrín…..……..
Cuadro 04. Promedios de temperatura y humedad relativa evaluadas en el periodo de cultivo…… 63
Cuadro 05.Esquema del análisis de varianza (ANVA)……..….. 71
Cuadro 06. Descripción de los tratamientos en estudio……... 72
Cuadro 07. Prueba de promedio de Duncan para la variable precocidad 74
Cuadro 08. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la variable diámetro de carpóforos…….. 76
Cuadro 09. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la variable longitud de pie……. 77
Cuadro 10. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la variable numero de carpóforos…… 79
Cuadro 11. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la variable peso fresco de carpóforos…….…. 81
Cuadro 12. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la variable peso seco de carpóforos……. 83
Cuadro 13. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la variable porcentaje de eficiencia biológica……. 84
Cuadro 14. Resultados de la prueba de promedio de Duncan para la variable rendimiento…… 86
Cuadro 15. Caracterización química de los sustratos evaluados para la producción de hongos comestibles…….. 88
Cuadro 16. Análisis bromatológico de los carpóforos crecidos…….. 89

En el anexo

Anexo 01.ANVA para la precocidad en los sustratos en estudio…… 101
Anexo 02. ANVA para el diámetro de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio……. 101

Anexo 03. ANVA para la longitud de pie de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 101
Anexo 04. ANVA para el numero de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 101
Anexo 05. ANVA para el peso fresco de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 102
Anexo 06. ANVA para el peso seco de carpóforo evaluados en los tratamientos en estudio…….. 102
Anexo 07. ANVA para el porcentaje de eficiencia biológica evaluada en los tratamientos en estudio…… 102
Anexo 08. ANVA para el rendimiento evaluado en los tratamientos en estudio…….. 102

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 01. *Pleurotus ostreatus*…….. 29
Figura 02. Hongo seta con sus principales partes…… 31
Figura 03. Ciclo de vida de un hongo……. 32
Figura 04. Valor nutricional del hongo seta % en comparación con otros alimentos…….. 33
Figura 05. Producción de inoculo primario en sorgo estéril y bolsas de poli papel…… 34
Figura 06. Producción de inoculo secundario a partir del inoculo primario... 34
Figura 07. Sellado de la bolsa de inoculo secundario lista para la incubación ……... 34
Figura 08. Condiciones de incubación del inoculo primario y secundario…. 35
Figura09. Inoculo secundario invadido por micelio del hongo listo para ser sembrado…….. 35
Figura 10. Túnel de pasteurización con doble puerta de sellado hermético, para pasteurización con vapor…….. 37
Figura 11. Sistema de pasteurización por inmersión en agua caliente……. 37
Figura12. Siembra del hongo seta en bolsas de plásticos con paja de trigo en condiciones de asepsia…… 38
Figura 13. Condiciones de incubación de las muestras sembradas…….. 39
Figura14. Área de producción con ducto para el suministro de aire y sistema de riego por aspersión en el techo…… 40
Figura 15. Hongos setas variedad café oscura creciendo en paja de trigo.. 40
Figura 16. Hongos setas variedad crema en plena producción listos para ser cosechadas……. 40
Figura 17. Muestra contaminada por *Trichoderma* en forma de manchas verdes…… 45
Figura 18. Muestra de *Pleurotus* en pulpa de café invadida por el moho verde *Trichoderma*…….. 45
Figura 19. Contaminación causada por *Coprinus* véase la mancha negra provocada por las esporas de este hongo…….. 45

Figura 20. Contaminantes comunes en el laboratorio y durante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*…… 46
Figura 21. Muestra invadida por insectos, véase el nudo crecimiento del micelio por la presencia de esta plaga…… 47
Figura 22. Daños provocados por insectos en fructificaciones del hongo seta…… 47
Figura 23. *Hipogastrura armata* …….. 47
Figura 24. Adulto y larvas de un Cecidomido…… 48
Figura 25. Presentación del hongo en el mercado. La distribución de hongos secos ya que en su mayoría *Pleurotus* se comercializa en fresco 50
Figura 26. Comportamiento de los tratamientos para la variable precocidad…… 75
Figura 27. Diámetro de carpóforos en los tratamientos en estudio…… 76
Figura 28. Longitud de pie de carpóforo en los sustratos estudiados…… 78
Figura 29. Numero de carpóforos en los sustratos estudiados…….. 80
Figura 30. Peso fresco de carpóforos en los tratamientos estudiados…….. 82
Figura 31. Peso seco de carpóforos en los tratamientos estudiados……. 83
Figura 32. Porcentaje de eficiencia biológica en los tratamientos estudiados…… 85
Figura 33. Rendimiento de los sustratos estudiados …….. 87
En la iconografía..... 104
Figura 34. Inoculo primario de la cepa de *Pleurotus ostreatus*……... 108
Figura 35. Inoculación de trigo cocido con el inoculo primario de *Pleurotus ostreatus* para la producción de inoculo secundario…….…….. 108
Figura 36. Preparación de sustratos experimentales, aserrín de bolaina fresca y cáscara de cacao…… 108
Figura 37. Llenados de bolsas con los sustratos experimentales, esterilización e identificación de los tratamientos en estudio……..…… 109
Figura 38. Siembra de sustratos con el inoculo de *Pleurotus ostreatus*…… 109
Figura 39. Incubación de los sustratos en estudio…… 109
Figura 40. Emisión de primordios y desarrollo de los carpóforos……..…. 110
Figura 41. Distribución de los tratamientos en estudio……..…… 110
Figura 42. Producción de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos en estudio 111

Figura 43. Pesado de hongos frescos…….....…… 111
Figura 44. Muestra de hongos deshidratados para el análisis bromatológicos……..……. 111

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 los residuos de casca de cacao 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 junio a julio del año 2015, se llevo 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 %. 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: 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.

ABSTRACT

In atmospheres of the Intercultural National University of the Amazonía, 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 June to July of year 2015, was developed the work of investigation titled "Effect of the sawdust of bolaina (*Guazuma crinita*) and rind of cacao (*Theobroma cacao* L.) in production of *Pleurotus ostreatus* ", for which was counted on a stock of Pleurotus ostreatus coming from the Universidad Nacional Agraria La Molina and the studied substrates were: T1: 100 % sawdust of fresh bolaina; T2: 90 % sawdust of fresh bolaina + 10 % rind of cacao; T3: 80 % sawdust of fresh bolaina + 20 % rind of cacao and T4: 60 % sawdust of fresh bolaina + 40 % rind of cacao. The substrates studied were pocketed 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, 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 substrates with sawdust of fresh bolaina more rind of cacao in its different percentage showed to the best averages of diameter and length of carpóforos, fresh weight and dry weight surpassing to the substrate with 100% sawdust of fresh bolaina; for the number of carpóforos, were not observed significant differences betwen the studied substrates and for the variables biological efficiency and yield, the substrate with 90% sawdust of fresh bolaina more 10% rind of cacao showed the best averages, and finally, the proximal analysis of the substrates, demonstrate that the best nutricionales contents are in the substrates with 60% sawdust of fresh bolaina more 40%rind of cacao, also, it was demonstrated that the carpóforos produced in the substrate with 60% sawdust of fresh bolaina more 40% rind of cacao showed to the best averages of ash contents and fiber, the carpóforos produced in the substrate with 90% sawdust of fresh bolaina more 10% rind of cacao showed to the best averages of content of carbohydrates and fats and the carpóforos produced in the substrate with 100% sawdust of bolaina showed the best average of content of protein.

RESUMEN EN YAÑESHA

CAPÍTULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la situación problemática

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

Para tener un cultivo comercial de hongos comestibles, es necesario conocer las especies más productivas que pueden desarrollarse de manera eficiente bajo condiciones ambientales de la región. Por este motivo, para poder lograr un cultivo intensivo de los hongos, se requiere conocimientos de materias primas potenciales como sustratos, sistemas de cultivo, condiciones ambientales apropiadas y el uso de maquinaria y equipo especializado.

Sin embargo, los procesos de cultivo de hongos comestibles son muy poco conocidos por los agricultores de la región, debido a la escasa literatura que existe y el bajo consumo de este producto.

Para el caso del cultivo de *Pleutotus ostrearus*, existen escasos técnicos especialistas con experiencia en producción comercial, asimismo, la producción comercial de *Pleurotus ostreatus* requieren mediana inversión y ambientes adecuados, materiales y equipos básicos de laboratorio.

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 C/N 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 CO_2 contribuyen a su germinación pero afectan la fructificación, pueden utilizarse sustratos como: pulpa de café, cáscara de cacahuate, paja de trigo, broza de encino, cascarilla de arroz, rastrojos de maíz, etc. (Ardón, 2004).

En cuanto a la producción de *Pleurotus spp* sobre residuos orgánicos en Ucayali, sólo se encontró una investigación realizado en la Universidad Nacional de Ucayali en el 2004, pero con cepas de *Pleurotus spp* provenientes de Huaral, siendo necesario realizar investigaciones para el aprovechamiento de los residuos orgánicos que abundan en la región, pudiéndose generar información científica para la producción masiva de hongos comestibles.

En ese sentido, 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. El presente estudio de investigación permitirá abrir un campo de posibilidades en la producción de hongos comestibles para su inserción comercial por parte de actores interesados y una posibilidad de utilización de los residuos orgánicos y consecuentemente la disminución de los impactos ambientales generados por estos residuos.

En la región Ucayali existe un gran número de cultivo que generan residuos de diferentes tipos, en cantidad variable los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros, quebradas, ríos sin ningún tratamiento y que generan un impacto ambiental contaminando el ecosistema. Es el caso de los residuos del procesamiento de la madera, los cuales no son aprovechados y se convierte en una fuente de contaminación para el ecosistema. De igual manera, la cáscara de cacao que se genera después de la cosecha y el beneficiado de la mazorca, no presenta un uso posterior, teniendo en cuenta que en los últimos años, en la región Ucayali, se ha incrementado las áreas de cultivo del cacao, en 2001 a 2002 en un 8,2 %; también, los volúmenes de producción expresada en toneladas, fue incrementándose desde los años 2000 con 393 toneladas hasta el 2006 con una volumen de 842 toneladas

(MINAG, 2006). Motivo por el cual es necesario su reutilización en la producción de alimento para consumo humano mediante la producción de hongos comestibles y al mismo tiempo acelerar el procesos de descomposición de los sustratos utilizados, para la elaboración de composta. El presente trabajo de investigación busca reutilizar residuos orgánicos como el aserrín de madera blanda como la bolaina blanca, y la cáscara del cacao para poder producir hongos comestibles para consumo humano.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los aspectos productivos de *Pleurotus ostreatus* cuando usamos aserrín de bolaina blanca (*Guazuma crinita*), y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué efectos tiene el aserrín de bolaina blanca (*Guazuma crinita*), y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.), sobre la producción de setas de *Pleurotus ostreatus*?
- ¿Cuáles son las características nutricionales que presentan las setas de *Pleurotus ostreatus* cultivados en aserrín de bolaina blanca (*Guazuma crinita*), y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.)?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del aserrín de bolaina blanca (*Guazuma crinita),* y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en los aspectos productivos de *Pleurotus ostreatus.*

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del aserrín de bolaina blanca (*Guazuma crinita*), y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.), 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 cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.).

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 cosecha como la cáscara de cacao, generados en la región, es una prioridad, debido a que las problemáticas ambientales a causa de la descomposición de dichos residuos, la disposición inadecuada o quema de estos, afectan la calidad de vida de todas las personas y de las demás especies con las que se comparte el ambiente.

El uso y aprovechamiento que se puede dar a estos residuos orgánicos 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 lignocelulósicos, la cual es una combinación de polisacáridos de la celulosa y lignina. Estos compuestos pueden ser aprovechados por los

hongos comestibles, ya que degradan 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 propiciara el desarrollo socioeconómico de las comunidades campesinas y la conservación del medio ambiente a través de la adecuada utilización de los desechos agroforestales.

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). Asimismo, 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).

La cáscara del cacao corresponde al 90% del fruto; siendo este el principal desecho en la producción de cacao. Las cáscaras de cacao representan un grave problema para los cultivadores, ya que al ser usado como abono sin compostar, se convierten en una fuente significativa de enfermedades causada por varias especies del género *Phytophthora* como la mazorca negra. Aunque las cáscaras de cacao se han tratado de utilizar para la alimentación de animales, su uso ha sido limitado ya que los altos contenidos de alcaloides presentes en las cáscaras restringen el consumo en animales, debido a que sus sistemas digestivos se ven impedidos para metabolizar dichos alcaloides. (Suárez y Jerez, 2011).

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

1.5. Limitaciones de la investigación

No se encontraron limitaciones en la ejecución del trabajo de investigación de tesis.

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) investigo 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 década 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.

Sánchez (2013) en su investigación sobre cultivo del *Pleurotus ostreatus,* bajo condiciones controladas, uso como sustratos tres residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente, la formulación 1estaba conformada por estopa de coco 400 g + palma del viajero (250 g) + palmalivistona (350 g),la formulación 2 fue, estopa de coco (500 g)+ palma del viajero(220 g) + palma livistona (280 g), la tercera formulación, estopa de coco (320 g) + palma del viajero (450 g) + hoja de bambú (230 g), y por último la formulación 4 fue, palma del viajero (700 g) + palma livistona (250 g) + hoja de bambú (50 g). Encontró que la formulación 1 y 4 fueron estadísticamente iguales en su efecto sobre la eficiencia biológica y tasa de productividad. Por otro lado, la formulación 3 que presento la mayor eficiencia biológica y mejor tasa de productividad, con valores de 11,9 y 17% respectivamente, mientras que el peor tratamiento fue la formulación 2, con valores de eficiencia biológica y tasa de productividad de 3 y 4,2%.

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.

Baena (2005) estudio el aprovechamiento del bagazo del maguey verde *(Agave salmiana)* de la Agroindustria del Mezcal en San Luis de Potosí para la producción de hongo ostra *(Pleurotus ostreatus*), Se probaron tratamientos de acondicionamiento del sustrato, en particular la adición de nitrógeno de fuentes orgánicas e inorgánicas, valorando su efecto en la eficiencia biológica del hongo y en su calidad nutritiva, concluyéndose que los resultados previos, indicaron que el bagazo podría tener la composición química para que el hongo creciera sin problema. Su contenido de celulosa (promedio y error estándar) fue de 37.27 % (± 2.31) y el de lignina de 8.15 % (± 0.64); la fibra detergente neutra (FDN), que indica la composición de la pared celular, fue de 45.45 % (± 2.94). Los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($p = 0.05$) en la eficiencia biológica. Para el bagazo sin aditamento fue de 90 %. Sin embargo, al suplementar con 0.34 % de sulfato de amonio, se tuvo el valor máximo (126.31 %). Para las variables de calidad nutricional también se observaron diferencias entre tratamientos, sin que se pudieran hacer comparaciones estadísticas. Los cuerpos fructíferos del hongo en este estudio tuvieron buenas características alimenticias. Las proteínas estuvieron en el intervalo de 19.4-29.4 %; el tratamiento que tuvo valores más altos fue el de bagazo + 30 % de desperdicios de brócoli y el más bajo en el de bagazo sin aditivo nitrogenado. La digestibilidad de éstas fue similar entre los tratamientos (74.2 % en promedio). Los carbohidratos presentaron relación inversa a las proteínas; el tratamiento con valores altos en carbohidratos fue el de bagazo solo (52.8 %) y los bajos (41.9 %) en el de bagazo con 30 % de brócoli. Los análisis de composición del sustrato remanente indican que hay una degradación considerable del bagazo, principalmente con la adición de nitrógeno inorgánico. Estos resultados indican que la producción de hongo ostra a partir del bagazo es una

alternativa sustentable en términos ecológicos y sociales; hay indicios de que también comercialmente es posible.

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.

Garcés *et al.* (2007) evaluaron residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, como los residuos de jardín, como sustrato para la producción de dos especies de hongos del género *Pleurotus*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* y estandarizar la producción de semilla. Se prepararon dos formulaciones diferentes de pasto kikuyo, maní forrajero, vaina de fríjol y cascarilla de algodón. El mejor sustrato para el cultivo de este tipo de setas es aquel que contiene un porcentaje mayor de residuos lignocelulósicos, concluyéndose que las materias primas empleadas son viables para la producción a escala de ambos tipos de hongos comestibles.

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.

Heredia (2010) utilizó residuos de brócoli *(Brassica olerácea itálica)*, coliflor *(Brassica olerácea)* y romanesco *(Brassica olerácea botrytis)* para la producción de setas *Pleurotus*, concluyéndose que no todos los sustratos ensayados fueron apropiados para la fructificación de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*, la fructificación sólo se obtuvo utilizando como sustratos tallos de brócoli, coliflor y romanesco; en el sustrato hojas de

coliflor no se obtuvo resultado alguno con las dos cepas. El cultivo y los análisis estadísticos dieron como resultado unos valores óptimos de rendimiento 28.45 %, eficiencia biológica 105.26 % y precocidad de 19 días, que nos da un tiempo de cultivo de 29 días en el tratamiento $a_o b_o$ (*Pleurotus ostreatus var. florida* - Tallos de brócoli). Se presenta el cálculo de dos ecuaciones equivalentes a la velocidad de crecimiento de setas obtenidas del mejor tratamiento, en este cálculo se demuestra la capacidad máxima de crecimiento del carpóforo de las setas *Pleurotus ostreatus* que son 81.4 mm para setas grandes y 50.0 mm para setas pequeñas en diez días de crecimiento. Las setas provenientes del mejor tratamiento fueron congeladas según la tecnología IQF (Individual Quick Freezing), donde en una serie de operaciones fueron acondicionadas y congeladas para posteriormente ser almacenadas en cámaras de frío a una temperatura de -18 °C, la eficiencia de conservación de este método fue comprobada a través de un análisis microbiológico con placas 3M, donde se evidenció la eficacia del método al mantener e incluso bajar la carga microbiana. La calidad nutricional de las setas *Pleurotus ostreatus* provenientes del sustrato de tallos de brócoli fue evaluada luego de realizado un análisis proximal y de aminoácidos en el INIAP, donde se muestra la calidad proteica de las setas secas y la posición de este mismo parámetro en base húmeda, siendo superior a algunas hortalizas e inferior a la carne en el momento de comparase. La capacidad de cubrir las necesidades nutricionales diarias fueron evaluadas a través de un cómputo químico en base al patrón que la FAO-OMS publicó en 1985 y 2001, que establece la cantidad de aminoácidos esenciales que se necesita ingerir para cubrir las necesidades de energía diarias, de acuerdo a este análisis el *Pleurotus ostreatus* producido en el sustrato de tallos de brócoli tiene 2 aminoácidos no limitantes en niños y adultos respectivamente los demás son limitantes. Para evaluar la aceptabilidad de setas cosechadas y procesadas se realizó un análisis sensorial que permitió saber que los catadores sometidos a la prueba tienen igual preferencia para esta seta en comparación con Champiñón y Shiitake. Por último el análisis económico para una determinada capacidad de producción muestra que para un precio de $2.25 por 500 g de setas *Pleurotus ostreatus* congeladas se tiene una rentabilidad del proyecto del 35.58 % y un punto de equilibrio de 35.15 %.

Hernández y López (2009), evaluaron el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Los sustratos evaluados fueron residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca (capacho de uchuva, cáscara de arveja y tusa de maíz); teniendo como sustrato control el aserrín de roble. Las mezclas a evaluar fueron empacadas en bolsas de 1 kg de volumen de mezcla de sustrato, del cual el 78% fue el residuo agroindustrial. Se esterilizaron e inocularon con 30 g de semillas de *Pleurotus ostreatus,* adquiridas comercialmente, concluyéndose que el mejor sustrato para el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* fue el capacho de uchuva ya que alcanzó una eficiencia biológica de 76.1 % en un período total de producción de 41 días y una rentabilidad de 39.03 kg/m^2 con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo.

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.

Varnero *et al.* (2010) utilizaron residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra *(Pleurotus ostreatus)*. Se fijaron cuatro tratamientos: astillas de álamo, astillas de eucalipto, mezcla de paja de trigo y eucalipto, y paja de trigo como testigo. Los resultados obtenidos indicaron que todos los sustratos, principalmente paja de trigo y mezcla paja de trigo

más eucalipto son aptos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. El nivel proteico de este hongo fue elevado en todos los sustratos y la relación carbono/nitrógeno de los mismos disminuyó después de cosecha.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Pleurotus ostreatus*



Figura 01. *Pleurotus ostreatus*. (Fuente: Keizer, 1997)

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).



Figura 02. Hongo seta con sus principales partes.

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,

(ver la figura 03). El ciclo concluye cuando el hongo seta maduro termina de soltar las esporas e inicia a degradarse y muere (Carvajal, 2010).

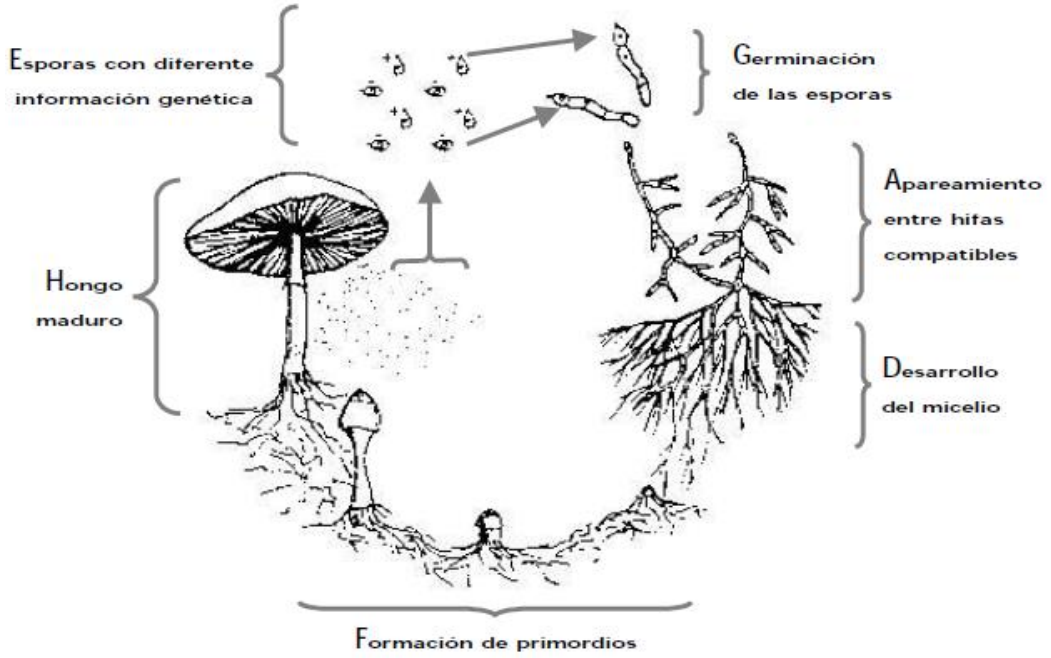


Figura 03. Ciclo de vida de un hongo.

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).

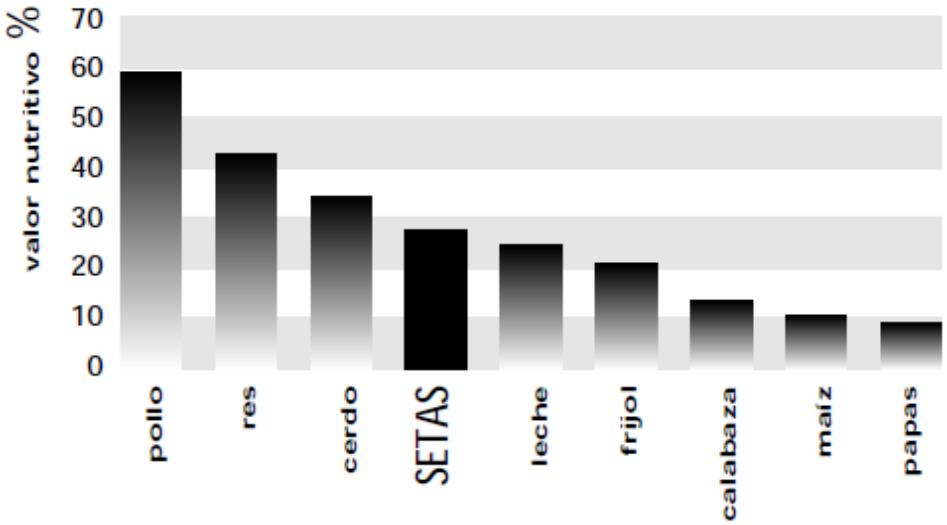


Figura 04. Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos.

2.2.6. Sistemas de producción de *Pleurotus ostreatus*

2.2.6.1. Elaboración de inóculo

La preparación de inóculo o semilla constituye la base para el cultivo comercial de las setas, y se refiere a la propagación o desarrollo masivo del hongo en granos de gramíneas, principalmente sorgo o trigo.

La elaboración de inóculo se realiza en dos etapas:

- **Inóculo primario:** Es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa crecida en medio de cultivo.
- **Inóculo secundario:** Es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el sustrato elegido para la producción de hongos.

El inóculo primario, se elabora a partir del micelio desarrollado en medio de cultivo, éste se corta con una navaja o bisturí flameado o desinfectado con alcohol, en fragmentos de aproximadamente 1 cm y

con una aguja de disección se toma uno de éstos y se coloca sobre la semilla, se le deja un poco de aire a la bolsa y se le hace un pequeño nudo en la parte superior (ver la figura 05). Se incuba de 25-28°C en oscuridad hasta que el micelio cubra totalmente la semilla; 15 ó 20 días después, el inóculo primario estará listo y podrá ser utilizado para elaborar el inóculo secundario. (Gaitán *et al*., 2006)



Figura 05. Producción de inoculo primario en sorgo estéril y bolsas de polipapel. Nótese el fragmento de agua con micelio del hongo. (Gaitán *et al*., 2006)

El inóculo secundario se realiza vaciando un poco de inóculo primario a nuevas bolsas con semilla estéril, se agita homogéneamente y se incuban en las mismas condiciones mencionadas para el inóculo primario (ver las figuras 06, 07 y 08). El inóculo secundario es el que se usa para la siembra y fructificación de las setas (ver la figura 09). Si el inóculo no se emplea inmediatamente puede ser almacenado de preferencia en oscuridad y refrigeración a 5°C hasta por tres meses, aunque lo recomendable es utilizarlo a la semana de estar en refrigeración. (Gaitán *et al*., 2006).



Figura 06. Producción de inoculo secundario a partir del inoculo primario. (Gaitán *et al*., 2006)



Figura 07. Sellado de la bolsa de inoculo secundario lista para la incubación. (Gaitán *et al*., 2006).



Figura 08. Condiciones de incubación del inoculo primario y secundario. (Gaitán *et al*., 2006)



Figura 09. Inoculo secundario invadido por micelio del hongo listo para ser sembrado. (Gaitán *et al*., 2006)

2.2.6.2. Selección de sustratos

Los hongos del género *Pleurotus,* toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen. La selectividad de un sustrato depende de los nutrientes disponibles en él principalmente, la relación carbono-nitrógeno, su acidez, la actividad microbiana que soporta, la capacidad de aireación y retención de humedad, entre otros. Un sustrato selectivo es aquel que satisface las demandas nutricionales de un tipo de hongo específico y no satisface las de otros. Tienen la capacidad de degradar el material lignocelulósico (celulosa y lignina) presentes en diversos esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, pulpa de café), y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas). Para seleccionar el sustrato, es indispensable conocer la disponibilidad y abundancia del mismo en la región en donde se piensa cultivar el hongo seta. Es importante tomar en cuenta, buen precio de adquisición y que sea fácil de transportar. Algunos de los sustratos más utilizados para el cultivo de estos hongos son las pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz y sorgo, y en menor cantidad la pulpa de café y algunos bagazos como los de caña de azúcar y de maguey tequilero, entre otros. Algunas veces, es recomendable hacer una combinación de sustratos en diferente proporción, para incrementar la producción de hongos. (Gaitán *et al*., 2006).

2.2.6.3. Tratamiento de los sustratos

Para utilizar los sustratos en el cultivo del hongo seta, es necesario someterlos a un tratamiento previo, que consiste básicamente en aplicarles calor para disminuir la flora microbiana nociva que está presente en ellos y de esta manera evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio de *Pleurotus.* Existen algunos sustratos a los que es recomendable aplicarles una fermentación aerobia, para proporcionarles una microflora capaz de proteger al micelio del hongo seta de otros microorganismos competidores; entre estos sustratos están la pulpa de café y los bagazos de maguey tequilero y de caña de azúcar, que deben ser utilizados preferentemente frescos, evitando aquellos que hayan tenido previamente un proceso fermentativo por almacenamiento. El tiempo de fermentación depende del sustrato, por ejemplo, para los bagazos se recomiendan de 8-10 días, mientras que la pulpa de café, de 3-5 días. Para realizar una fermentación homogénea, es necesario colocar el substrato en forma piramidal, humedeciendo con agua y tapándolo con un plástico para mantener el calor y la humedad. Dicho substrato debe voltearse cada 3 días para favorecer la aireación y el proceso de fermentación. Los materiales que no requieren de fermentación, deberán mantenerse deshidratados y libres de plagas y enfermedades. (Gaitán *et al*., 2006)

- **Pasteurización:** La pasteurización es la técnica común de tratamiento del sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, y su propósito es preparar a dicho sustrato para un eficaz desarrollo del hongo. Este método se puede aplicar de dos formas distintas:
- **Pasteurización con vapor:** Consiste en colocar el sustrato en una área cerrada, ésta puede ser un pequeño cuarto de concreto o un recipiente metálico, se le aplica vapor generado por una caldera eléctrica, de diesel o gasolina, por medio de tubos de cobre o mangueras resistentes al calor. Se recomienda que la temperatura

alcance entre de 70-80 °C y que el sustrato se mantenga de 2 a 4 horas en esa condición (ver la figura 10).



Figura 10. Túnel de pasteurización con doble puerta de sellado hermético, para pasteurización con vapor. (Gaitán *et al*., 2006).

- **Pasteurización por inmersión en agua caliente**: El sustrato se sumerge en agua caliente (75-80 °C) durante 1 hora (ver la figura 11). Una vez llevada a cabo una buena pasteurización del sustrato, éste estará listo para ser sembrado con la semilla o inóculo previamente preparado.



Figura 11. Sistema de pasteurización por inmersión en agua caliente. (Gaitán *et al*., 2006)

2.2.6.4. Siembra y producción de las setas

- **Siembra:** Aunque existen diversos utensilios y métodos para la siembra del hongo en el sustrato, aquí solo se describe la técnica manual en bolsas de plástico, ya que por su sencillez y escaso material requerido, es una de las de más fácil adaptación a las condiciones propias de cada planta. Para la siembra del hongo se requiere un área cerrada, limpia, provista de una mesa o superficie con cubierta de fácil lavado, desinfectada con una solución de alcohol comercial de 96° diluido en agua (70% de alcohol, 30% de agua). En esta mesa se deposita la paja previamente pasteurizada y escurrida. La siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura no mayor de 30°C. En bolsas de plástico transparentes y nuevas, se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla. Aproximadamente de 150 a 250 g de inóculo se requieren para sembrar 5 kg (peso húmedo) de paja (ver la figura 12).



Figura 12. Siembra del hongo seta en bolsas de plásticos con paja de trigo en condiciones de asepsia.

- **Incubación:** Las bolsas cerradas se colocan en incubación, sobre estantes metálicos en un cuarto limpio, de preferencia oscuro y con temperatura ambiental entre 25 a 28°C. Al día siguiente de la siembra, a las muestras se les hacen pequeñas perforaciones con

un objeto punzocortante limpio, para favorecer la oxigenación del hongo. Dentro de los siguientes tres días, las bolsas se revisan diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio, lo cual se observará como una masa blanquecina creciendo alrededor del grano. Las bolsas deberán mantenerse en el área de incubación hasta que el micelio cubra todo el substrato, lo que sucederá en aproximadamente 2 ó 3 semanas. Durante este tiempo se deben de hacer revisiones periódicas de las muestras, para detectar cualquier posible contaminación por bacterias, otros hongos, mosquitas, catarinas u otros insectos (ver la figura 13).



Figura 13. Condiciones de incubación de las muestras sembradas.

- **Producción:** El área de producción será de fácil limpieza, y con paredes de preferencia lavables, de igual manera la estantería que se emplee. Se pueden utilizar varios sistemas para colocar las muestras en producción, como bolsas en estantes, bolsas colgantes o el uso de estacas, entre otros (ver la figura 14). El color de los primordios puede cambiar dependiendo de la variedad de seta que se trabaja, desde color blanquecino o crema hasta rosa, café grisáceo, grisazulado o gris obscuro (ver las figuras 15 y 16). Los primordios requieren en promedio una semana para llegar a ser hongos adultos, que estarán listos para cosecharse cuando el sombrero se observe compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba. La cosecha no necesariamente

se concluye en un día, por lo que deberá hacerse una selección de hongos y cortar sólo los de máximo desarrollo. Para la cosecha se recomienda usar una navaja limpia y cortar el pie del hongo lo más cerca posible de la superficie del sustrato y evitar dañar tanto al sustrato como al hongo. La primera cosecha puede durar entre 1 a 3 días, posteriormente habrá un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca el siguiente corte, durante el cual es importante mantener las condiciones ambientales adecuadas de temperatura, iluminación y humedad, para evitar daños o contaminación de las muestras. En promedio y dependiendo de la variedad de hongo y sustrato, las bolsas de setas producen entre 2 a 4 cosechas, pero las más importantes son las dos primeras, ya que es donde se producen la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 90 %). (Gaitán *et al.,* 2006).



Figura 14. Área de producción con ducto para el suministro de aire y sistema de riego por aspersión en el techo. (Gaitán *et al.,* 2006).



Figura 15. Hongos setas variedad café oscura creciendo en paja de trigo. (Gaitán *et al*., 2006)



Figura 16. Hongos setas variedad crema en plena producción listos para ser cosechados. (Gaitán *et al*., 2006)

2.2.7. 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 nm, sin embargo la sensibilidad tanto de la cantidad como de la calidad de la luz depende de la cepa. (Ardón, 2007).

2.2.8. 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 17, 18 y 19). (Gaitán *et al.,* 2006).



Figura 17. Muestra contaminada por *Trichoderma* en forma de manchas verdes. (Gaitán *et al*., 2006)



Figura 18. Muestra de *Pleurotus* en pulpa de café invadida por el moho verde *Trichoderma*. (Gaitán *et al*., 2006)



Figura 19. 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 20, el cual muestra el complejo de hongos verdes contaminantes).

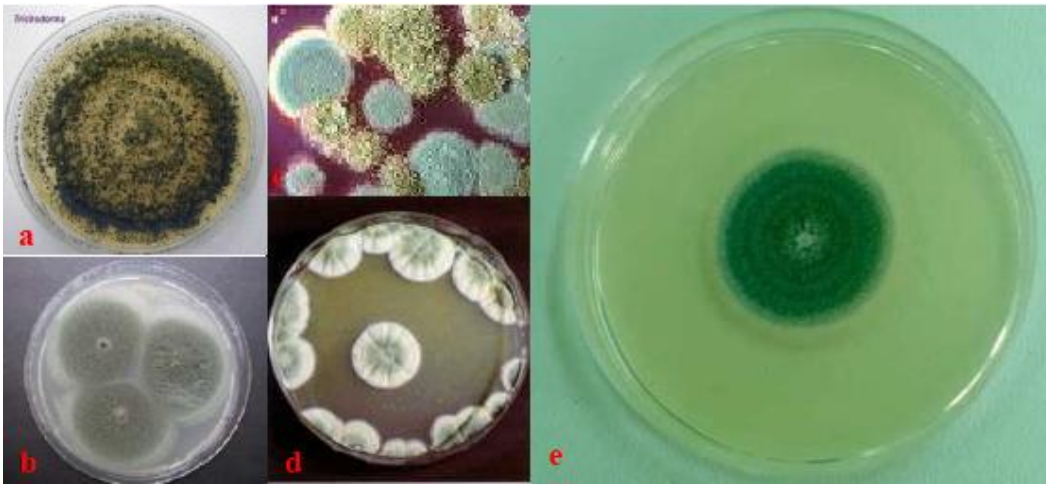


Figura 20. Contaminantes comunes en el laboratorio y durante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*: (a) *Trichoderma*, (b) *Aspergillus fumigatus*, (c) *Aspergillus* y *Penicillium*, (d) *Aspergillus* y (e) *Penicillium.* (Ardón, 2007).

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 21 y 22). (Gaitán *et al.,* 2006).



Figura 21. Muestra invadida por insectos, véase el nudo crecimiento del micelio por la presencia de esta plaga. (Gaitán *et al*., 2006).



Figura 22. 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 23). (Ardón, 2007).



Figura 23. *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).

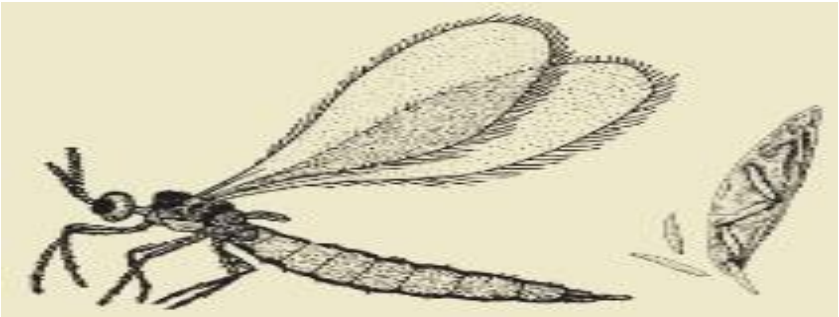


Figura 24. Adulto y larvas de un Cecidómido. (Sánchez, 1994)

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).

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).

2.2.9. 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).

Una vez cosechados los hongos se pueden consumir, comercializar en fresco o almacenar. Si el objetivo es la comercialización en fresco, ésta debe realizarse inmediatamente después de la cosecha, poniendo especial atención en el empaque: elegir un método que evite el maltrato ya que este disminuye la calidad y con ello el costo. Así también, ponga especial atención en el tamaño del hongo al momento de cortarlo (debe de ser de aproximadamente 10 cm de diámetro del píleo) y observe que el borde este liso y doblado hacia abajo. El tipo de empaque puede ser variado: charolas pequeñas de unicel cubiertas con papel adherible, cajas o canastas de plástico, cajas de unicel, etc. Debido a que es un alimento perecedero igual que las hortalizas, es recomendable refrigerarlas por un tiempo no mayor a 4 días dentro de una canastilla de plástico a 2/3 partes de su capacidad y cubiertas con papel adherible con pequeñas perforaciones a 5 °C. Los hongos cosechados no deben de introducirse por ningún motivo en bolsas de plástico, ya que de este modo se propicia su descomposición. Debemos considerar que los hongos pierden del 1 al 2 % de su peso inicial por día, por lo que es importante su rápida comercialización (ver la figura 25). Si se desea conservarlos por un tiempo mayor, se pueden deshidratar por medio de aire caliente a una temperatura de 35-45 °C, o bien poner en conserva (salmuera, vinagre, etc). (Gaitán *et al.,* 2006).



Figura 25. Presentación del hongo en el mercado. La distribución de hongos secos ya que en su mayoría *Pleurotus* se comercializa en fresco. (Gaitán *et al.,* 2006).

2.2.10. 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).

2.2.10.1. 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).

2.2.10.2. La cáscara de cacao

B. Cultivo de cacao *(Theobroma cacao)*

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma cacao* L. (Asociación Nacional del Café, 2004)

Características

El cacao tiene su origen en los trópicos húmedos de América, ya era conocido en México cuando, en 1520, desembarcaron los españoles. Se utilizaba en forma de chocolate. Según la tradición, el árbol tenía origen divino y las semillas cayeron del cielo (theos significa dios en griego y broma alimento). (Asociación Nacional del Café, 2004)

Es un árbol de tamaño mediano (5-8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales. (Asociación Nacional del Café, 2004)

El sistema radicular se compone de una raíz principal pivotante y muchas secundarias, la cuales se encuentran en los primeros 30 cm de suelo. (Asociación Nacional del Café, 2004)

Las hojas son simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto. (Asociación Nacional del Café, 2004)

Las flores son pequeñas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes hubo hojas. Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. El cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila destacando una mosquita del género *Forcipomya*. (Asociación Nacional del Café, 2004)

Los frutos son de tamaño, color y formas variables, pero generalmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café. La pared del fruto es gruesa, dura o suave y de consistencia como de cuero. Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo. Comienza a producir fruto a los 3 ó 4 años de haberse plantado, y se calcula que durante 30 puede producir buen cacao. (Asociación Nacional del Café, 2004)

Usos

El cacao es utilizado tanto por la industria farmacéutica como por la de alimentos. La primera extrae la teobromina para elaborar preparados comerciales diuréticos y estimulantes del sistema nervioso; también extrae la manteca de cacao de las semillas (parte grasa) para su aplicación en pomadas o supositorios. Las semillas, desecadas, y molidas constituyen el polvo de cacao, base del chocolate. (Asociación Nacional del Café, 2004).

Los granos, una vez molidos, tostados y desengrasados, se mezclan con leche y azúcar constituyendo el producto básico en la fabricación de chocolate. (Asociación Nacional del Café, 2004)

Beneficios

La teobromina es un verdadero medicamento diurético, y excita el sistema nervioso. La semilla contiene un alcaloide característico, la teobromina. Además, es rica en materias grasas y albúmina. La teobromina, junto con otras sustancias, forma un pigmento rojo que se conoce como rojo de cacao. (Asociación Nacional del Café, 2004)

La mazorca del cacao ensilada con melaza y urea puede ser deshidratada al sol, y luego molida para darla en raciones a diferentes rumiantes. (Asociación Nacional del Café, 2004)

Cuadro 01. Composición química de la cáscara de la mazorca de cacao

Componente	**% p/p**
Humedad	85
Proteína	1.07
Minerales	1.41
Grasas	0.02
Fibra	5.45
Carbohidratos	7.05
N	0.171
P	0.026
K	0.545
Pectinas	0.89

Fuente: Corpoica (2000)

Cuadro 02. Volúmenes de producción en el Perú expresado en ton en 2006

DEPARTAMENTO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
TOTAL NACIONAL	**24.786**	**23.673**	**24.354**	**24.214**	**25.920**	**25.257**	**29.949**
CUSCO	8.943	8.357	7.139	6.182	6.708	6.698	7.504
SAN MARTIN	1.113	1.815	2.298	2.494	2.704	2.975	5.991
AYACUCHO	6.297	5.393	5.738	5.722	5.997	5.603	5.748
JUNIN	2.108	2.237	2.546	3.026	3.352	3.571	4.045
AMAZONAS	2.922	2.384	3.241	3.357	3.349	2.642	2.563
HUANUCO	1.968	2.001	1.939	1.925	2.020	1.977	1.915
UCAYALI	393	326	301	346	548	556	842
CAJAMARCA	649	661	651	666	620	761	781
PIURA	42	126	104	130	182	149	153
TUMBES	25	37	60	77	95	106	132
PASCO	151	148	159	89	163	24	66
LORETO	37	41	40	40	46	51	54
MADRE DE DIOS	23	30	37	58	38	57	51
PUNO	67	65	59	59	52	45	49
LA LIBERTAD	40	43	41	42	32	38	41
LAMBAYEQUE	8	9	1	1	14	4	14

Fuente: MINAG, 2006

Área sembrada se recupera desde la campaña 2001/2002

Desde la campaña 2001/2002 los productores se han visto motivados a retornar a sus cultivos e incrementar sus áreas sembradas debido a la mejora de los precios internacionales de cacao.

En la campaña 2001/2002 Ayacucho concentró el 39,6% de la superficie sembrada, seguido por San Martín (32%), Ucayali (8,2%), Huánuco (7,5%) y Cusco (4,5%).

2.2.10.3. 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 03. 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).
- **Cáscara de cacao:** residuo generado por el beneficio de las mazorcas del cacao.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si utilizamos el aserrín de bolaina blanca más cáscara de cacao entonces mejoraremos los aspectos productivos del cultivo de *Pleurotus ostreatus.*

2.5. Variables

2.5.1. Variable independiente (X)

- Tipos de sustratos de siembra: cáscara de cacao y aserrín de bolaina blanca.
- *Pleurotus ostreatus.*

2.5.2. Variable dependiente (Y)

- Peso seco/fresco
- Diámetro, longitud de basidiocarpos

- Precocidad
- Rendimiento/ kg
- Eficiencia biológica
- Análisis bromatológicos
- Tiempo de productividad
- Análisis costo/beneficio

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 experimental, 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 y en el Módulo de Producción de Hongos Comestibles 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 04, se muestran los datos de condiciones de temperatura y humedad relativa de la cámara de incubación durante el desarrollo del experimento.

Cuadro 04. 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 cuarto cubierto las ventanas con plástico negro. En la etapa de fructificación se colocó 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 el 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 parafina 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, y recubierto internamente las ventanas con bolsas negros, se contaba con un estantes de 1.5 m de alto por 4 m de largo y 40 cm de ancho, con tres 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 ubicados en la Carretera Yarinacocha cuadra 21 y fue llevado al laboratorio de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía - UNIA en costales, mientras que la cáscara de cacao fue obtenido del jardín clonal de cacao de la Universidad Nacional de Ucayali ubicado en el km 06 de la Carretera Federico Basadre, interior 1 km.
- El aserrín de bolaina y la cáscara de cacao fueron colocados en montículos independientes, agregándolos 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 los sustratos se procedió a preparar diez bolsas por cada tratamiento, 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 05. 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 06. Descripción de los tratamientos en el estudio.

Tratamientos	Descripción del tratamiento
T1	100% aserrín de bolaina fresca
T2	90 % aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao
T3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao
T4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

El comportamiento de la cepa de *Pleurotus* ostreatus, en las mezclas de los sustratos evaluados.

3.4.2. Muestra

El tamaño de la muestra para cada tratamiento fue de 10 bolsas de mezcla de sustrato.

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 DISCUSIÓN

4.1. Precocidad de incubación

El cuadro 07 muestra prueba de promedios de Duncan para los días requeridos para el crecimiento micelial en los sustratos estudiados.

Cuadro 07. 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	23.1 a
2	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	22.6 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	22.6 a
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	23.6 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable precocidad, el análisis de varianza (anexo 1), no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, que se muestra en el cuadro 07, se demuestra que, todos los sustratos estudiados no se observaron diferencias significativas entre ellos, observándose rangos de días de inicio de fructificación de carpóforos entre 22.6 a 23.6, como se muestra en la siguiente figura.

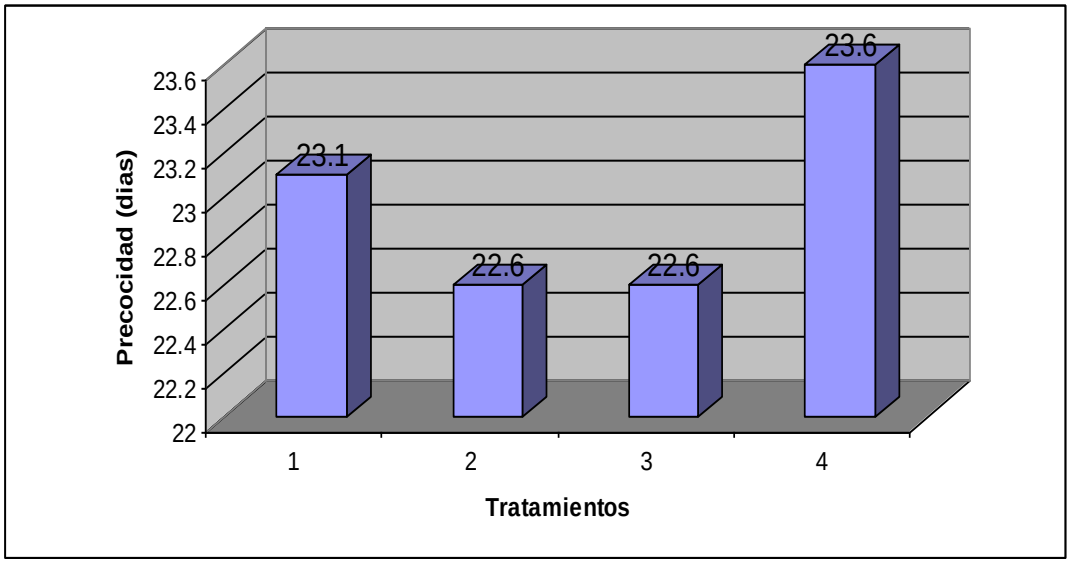


Figura 26. Comportamiento de los tratamientos para la variable precocidad.

La precocidad, 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 obtenidos ya que las bolsas fueron retiradas una semana después de completado el cien por ciento de colonización de los bloques.

4.2. Diámetro de carpóforos

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

Cuadro 08. 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 b
2	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	3.56 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	3.62 a
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	3.67 a

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 ≥ 0.05) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, que se muestra en el cuadro 08, se observa que los sustratos con aserrín de bolaina fresca más cáscara de cacao mostraron los mejores promedios de diámetro de carpóforo, los cuales no mostraron diferencias significativas (p ≤ 0.05) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas (p ≥ 0.05) con el tratamiento con 100% aserrín de bolaina fresca, como se muestra en la siguiente figura.

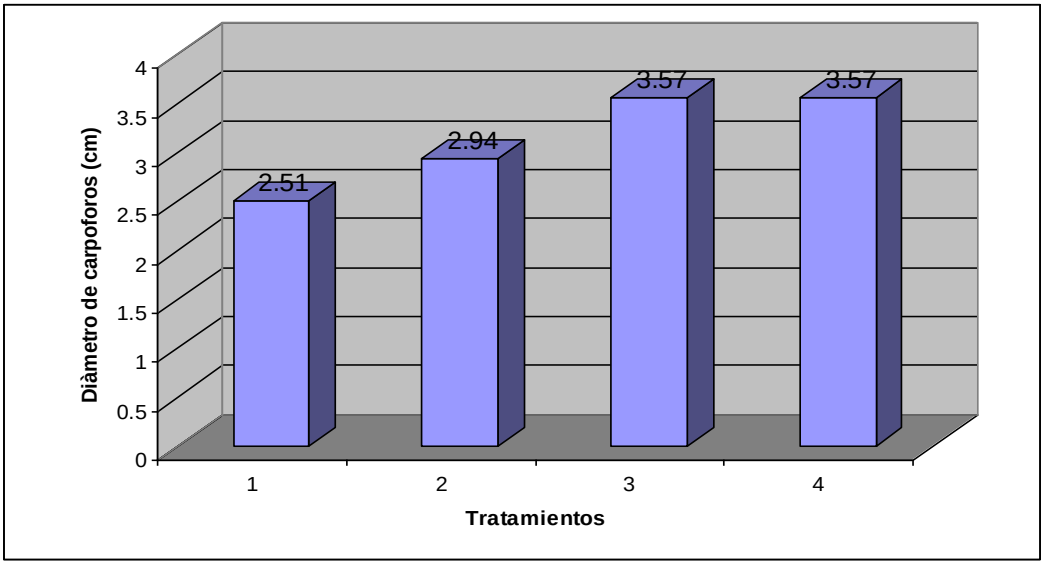


Figura 27. Diámetro de carpóforos en los tratamientos en estudio.

Valera *et al.* (2004) encontró que el tratamiento T7 (Aserrín de cumala fresca + aserrín de bolaina fresca + bagazo de caña de azúcar fresca + 100 g. de trigo cocido + cepa de *Pleurotus spp*.) alcanzo el mayor diámetro de carpóforos el cual alcanzó un promedio de 6.35 cm, y el tratamiento con menor diámetro de carpóforos fue el T6 (Bagazo de caña de azúcar en descomposición + 100 g. de trigo cocido + cepa de *Pleurotus* spp), con un promedio de 3.904 cm, sin embargo en esta investigación se obtuvo el mayor promedio de diámetro de los carpóforos en el T3 con un diámetro de 73.3 mm, seguido por el tratamiento T4 con 73.1 mm, los menores promedios fueron para el T2 con 69.7 y T1 con 62.47 mm, además Quispe (1995) reportó haber logrado diámetro de basidiocarpos de 4.6 a 3.4 cm. en condiciones de Lima y en 4 tipos de sustratos.

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*.

4.3. Longitud de pie

El cuadro 09 muestra los resultados de Duncan para la variable longitud de pie de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 09. 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 b
2	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	2.72 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	2.50 a
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	2.45 a

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 ≥ 0.05) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, que se muestra en el cuadro 09, se observa que los sustratos con aserrín de bolaina fresca más cáscara de cacao mostraron los mejores promedios de diámetro de carpóforo, los cuales no mostraron diferencias significativas (p ≤ 0.05) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas (p ≥ 0.05) con el tratamiento con 100% aserrín de bolaina fresca, como se muestra en la siguiente figura.

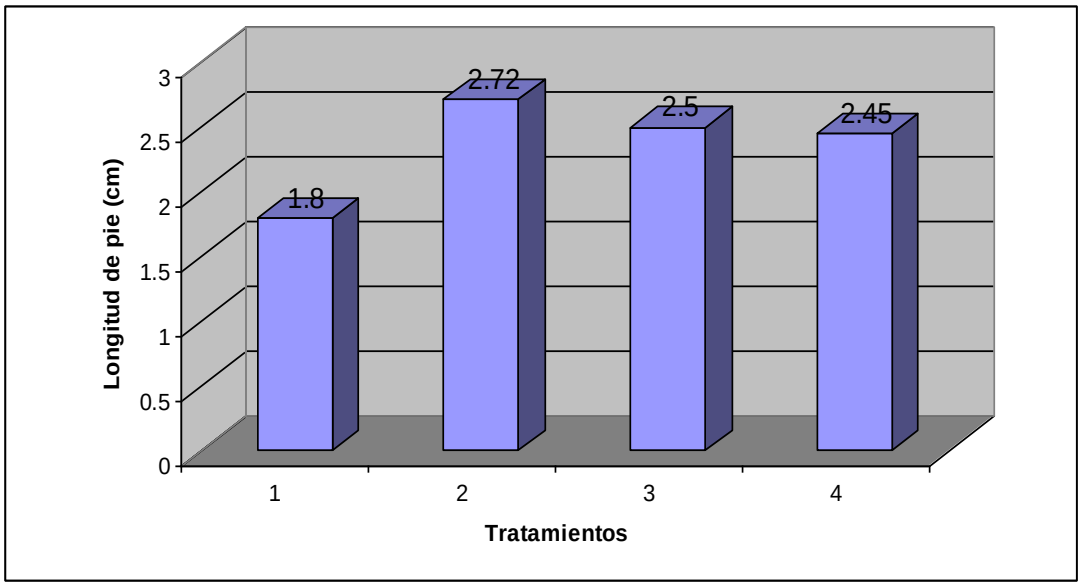


Figura 28. Longitud de pie de carpóforo en los sustratos estudiados.

Al respecto, *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. (Ardón, 2007).

Así mismo, Valera *et al.* (2004) encontró para la variable longitud de pie, diferencias altamente significativas entre tratamientos, pudiendo determinarse que el tratamiento T1 alcanzó la menor longitud de pie de 1.857 cm., seguido por el tratamiento T2 con una longitud de pie de 4.494 cm. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación presentaron longitud de pie de carpóforos en rangos de 1.80 a 2.72 cm, los cuales coinciden con el promedio de longitud de pie de carpóforo mencionado por los anteriores autores.

4.4. Número de carpóforos

El cuadro 10, muestra los resultados de Duncan para la variable número de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 10. 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	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	16.1 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	8.6 a
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	17.1 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

Para la variable número de carpóforos, el análisis de varianza (anexo 4), demuestra que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, que se muestra en el cuadro 10, se demuestra que, no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos en estudio, como se muestra en la siguiente figura.

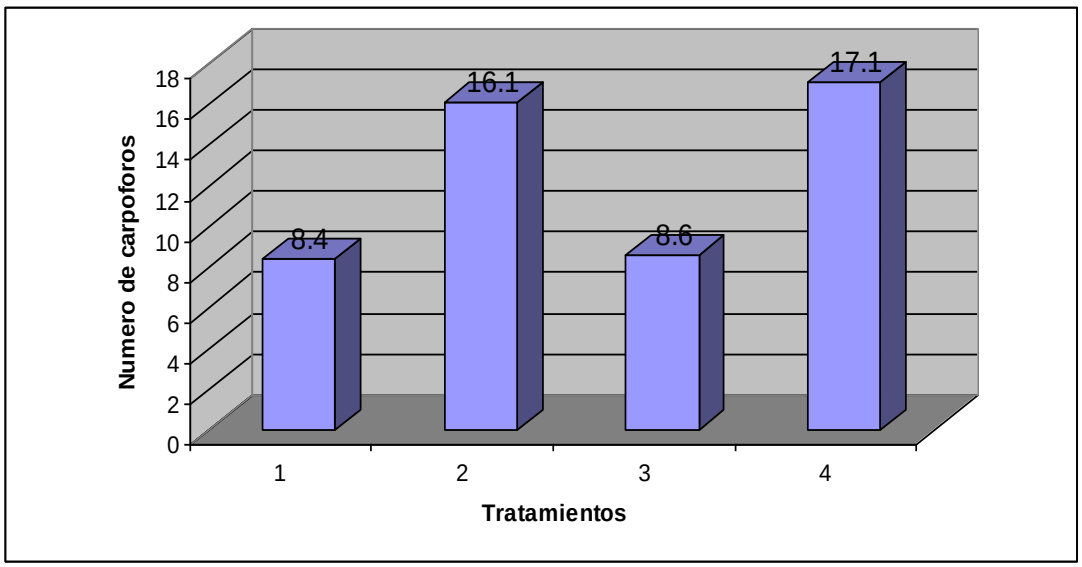


Figura 29. Número de carpóforos en los sustratos estudiados.

Para a variable número de carpóforos cosechados, Quispe (1995) citado por Ramos (2007) realizó la inoculación de dos cepas de *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus* spp.) en cuatro tipos de sustrato; bagazo de caña de azúcar, cáscara de café más aserrín, panca de maíz más aserrín. En *Pleurotus* spp se observó número de setas promedio de 22.8, 13.4, 20 y 4.2 en los 4 sustratos. En el presente trabajo el número de carpóforos, para el tratamiento con aserrín de bolaina blanca 100% presentaron 8.4 carpóforos, el tratamiento con aserrín de bolaina blanca 90% + cáscara de cacao 10% presento 16.1 carpóforos, el tratamiento con aserrín de bolaina blanca 80% + cáscara de cacao 20% presento 8.6 carpóforos y el tratamiento con aserrín de bolaina 60% + cáscara de cacao 40% logro 17.1 carpóforos, los cuales se encuentran dentro del rango obtenido por el autor, todo esto indica que la fuente de carbono de los sustratos no influye en el número de hongos que se producen por bolsa. 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.

4.5. Peso fresco de carpóforos

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

Cuadro 11. 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 b
2	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	3.09 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	2.92 a
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	2.56 a

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 ($p \geq 0.05$) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, que se muestra en el cuadro 11, se observa que los sustratos con aserrín de bolaina fresca más cáscara de cacao mostraron los mejores promedios de diámetro de carpóforo, los cuales no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con el tratamiento con 100% aserrín de bolaina fresca, como se muestra en la siguiente figura.

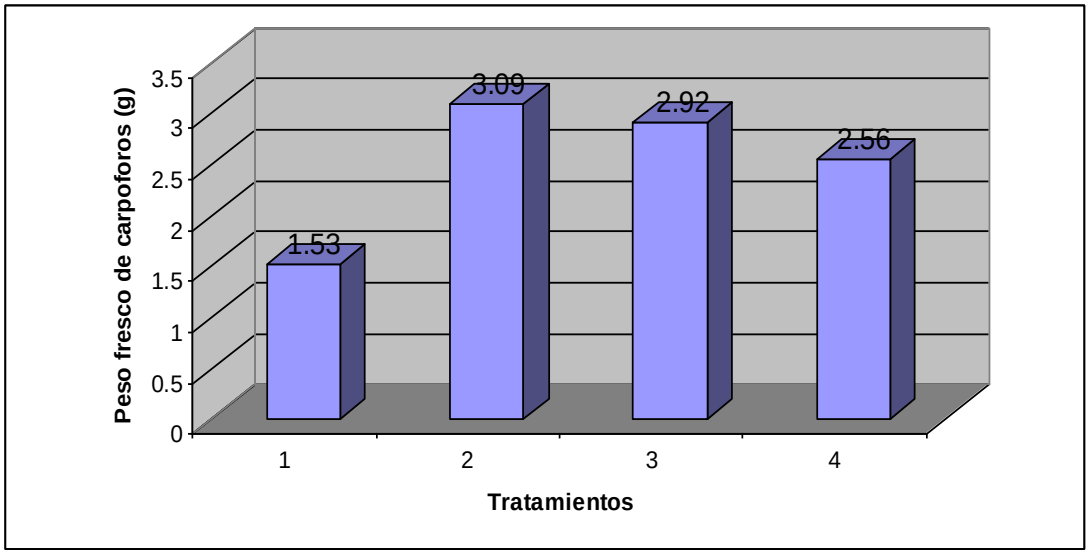


Figura 30. Peso fresco de carpóforos en los tratamientos estudiados.

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). Así mismo se nota mejores promedios de peso fresco de carpóforos en todos los tratamiento con aserrín de bolaina fresca + cáscara de cacao, probablemente por su composición química y la mejor digestibilidad de las mismas.

4.6. Peso seco de carpóforos

El cuadro 12, muestra los resultados de Duncan para la variable peso seco de carpóforos evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 12. 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 b
2	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	0.23 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	0.22 a
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	0.26 a

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 ≥ 0.05) entre los sustratos estudiados, al realizar la prueba de promedios de Duncan, que se muestra en el cuadro 12, se observa que los sustratos con aserrín de bolaina fresca más cáscara de cacao mostraron los mejores promedios de diámetro de carpóforo, los cuales no mostraron diferencias significativas (p ≤ 0.05) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas (p ≥ 0.05) con el tratamiento con 100% aserrín de bolaina fresca, como se muestra en la siguiente figura.

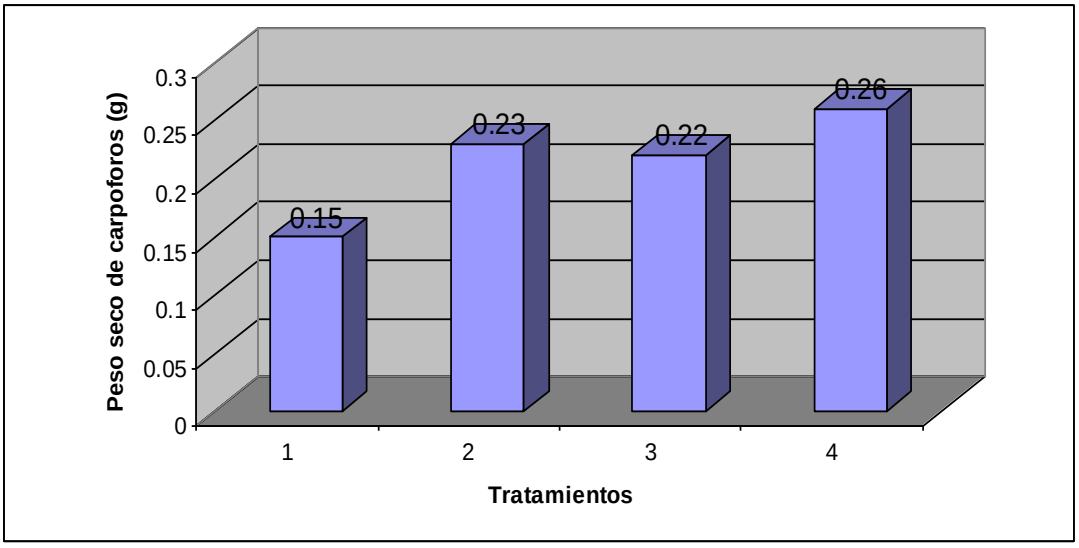


Figura 31. Peso seco de carpóforos en los tratamientos estudiados.

La figura 31 muestra que todos los tratamientos con aserrín de bolaina fresca cáscara de cacao mostraron los mejores promedios de peso seco, y estos resultados se deben a las características nutricionales que presentan estas combinaciones de sustrato.

4.7. Eficiencia biológica

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

Cuadro 13. 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 c
2	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	12.96 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	7.74 b
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	11.14 ab

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, que se muestra en el cuadro 13, se observa que, el sustrato con 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao, mostró el mejor porcentaje de eficiencia biológica, el cual no muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al tratamiento con 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, el mismo que no muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al tratamiento con 80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao, el cual muestra diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con

respecto al tratamiento con 100% aserrín de bolaina fresca, como se muestra en la siguiente figura.

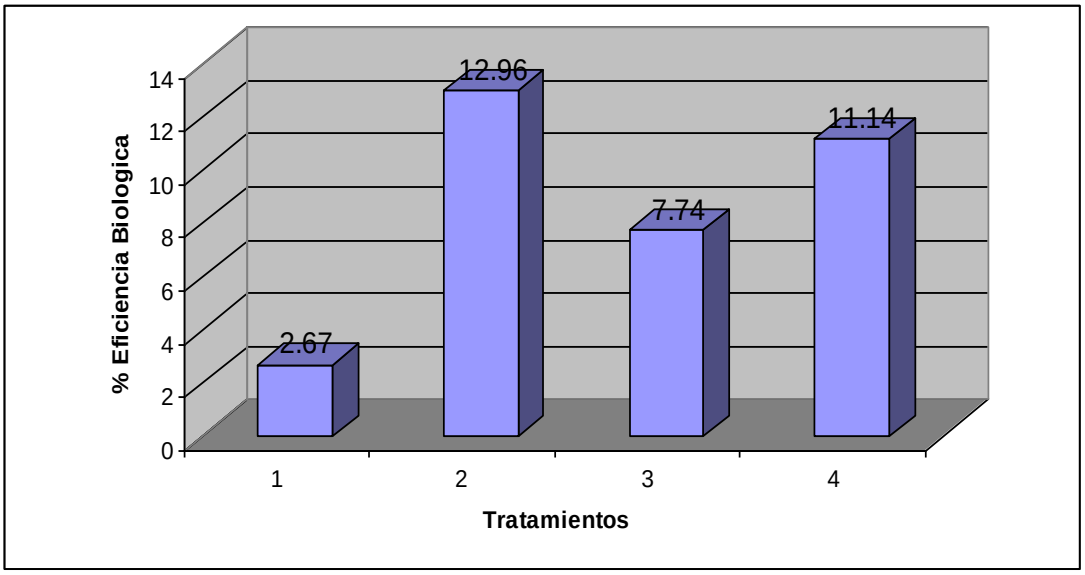


Figura 32. Porcentaje de eficiencia biológica en los tratamientos estudiados.

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, debido a las características nutricionales de los sustratos utilizados.

4.8. Rendimiento

El cuadro 14, muestra los resultados de Duncan para la variable rendimiento, evaluados en los tratamientos en estudio.

Cuadro 14. 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 c
2	90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao	47.79 a
3	80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao	29.17 bc
4	60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao	43.30 ab

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, que se muestra en el cuadro 14, se observa que, el sustrato con 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao, mostró el mejor rendimiento, el cual no muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al tratamiento con 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, el mismo que no muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al tratamiento con 80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao, el cual tampoco muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al tratamiento con 100% aserrín de bolaina fresca, el mismo que si muestra diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto al tratamiento con 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao, como se muestra en la siguiente figura.

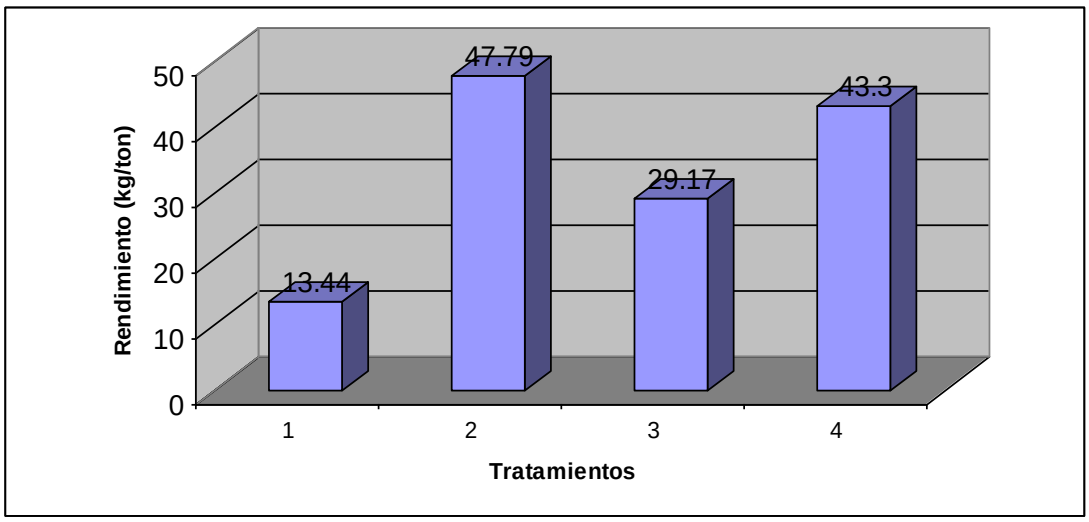


Figura 33. Rendimiento de los sustratos estudiados.

Valera *et al.* (2004) encontró rendimientos desde 4 gramos hasta 30 gramos de carpóforos por kilogramo de sustrato húmedo, para ello utilizo aserrín de bolaina, cumala, bagazo de la caña de azúcar, sin embargo, los resultados en el presente trabajo de investigación, se obtuvieron mejores rendimientos en el tratamiento T3, con 119.6 kg de carpóforos frescos por t de mezcla de sustrato húmedo, seguido por el tratamiento T4, los menores rendimientos se obtuvo con los tratamientos T1 y T2, con 56.6 kg y 58.6 kg por t de sustrato húmedo.

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*.

4.9. Análisis bromatológico de los sustratos

El cuadro 15, muestra la caracterización química de los sustratos evaluados.

Cuadro 15. Caracterización química de los sustratos evaluados para la producción de hongos comestibles.

Parámetro	Unidad	Mezcla de sustratos			
		T1	T2	T3	T4
Humedad	%	45	42	45	45
Materia seca	%	55	58	55	55
Cenizas	%	3.1	6.7	5.3	7.3
Proteína bruta	%	0.31	0.46	0.52	0.78
Fibra	%	0.25	5.2	6.4	6.8
Grasa	%	1	1.3	0.58	0.69
Carbohidratos	%	95.59	91.54	93.6	91.23

En el cuadro 15, se observa el análisis químico proximal de los sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en los cuales, la humedad de los sustratos estudiados oscila entre 42% y 45%, y la materia seca se encuentra entre 55% y 58%, el contenido de ceniza es alto en el sustrato constituido por 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, al igual que el contenido de proteína bruta, fibra y grasa, así mismo, se observa que para los parámetros de ceniza, proteína bruta y fibra, los valores son superiores en los tratamientos con aserrín de bolaina fresca y cáscara de cacao en sus diferentes porcentajes son superiores frente al tratamiento constituido con aserrín de bolaina fresca. Sin embrago, el contenido de grasa, el tratamiento constituido por 90% aserrín de bolaina + 10% cáscara de cacao presentó el mayor contenido de grasa, seguido del tratamiento constituido por 100% aserrín de bolaina y finalmente los tratamientos constituidos por 60% aserrín de bolaina + 40% cáscara de cacao y 80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao y para el contenido de carbohidratos, el tratamiento con 100% aserrín de bolaina fresca presento el mayor contenido, seguido del tratamiento constituido por 80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao, luego el tratamiento constituido por 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao y el tratamiento con 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, siendo el tratamiento constituido por 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, el sustrato el que presento mejores

índices nutricionales, siendo nutritivamente mejor que los otros sustratos estudiados.

4.10. Análisis bromatológico de los carpóforos

El cuadro 16, muestra el análisis bromatológico proximal de los carpóforos crecidos en los sustratos estudiados.

Cuadro 16. Análisis bromatológico de los carpóforos crecidos en los sustratos estudiados.

Parámetro	Unidad	Análisis bromatológico de carpóforos			
		T1	T2	T3	T4
Humedad	%	90.19	92.51	90.54	90.36
Materia seca	%	9.8	7.49	9.46	9.64
Cenizas	%	6	6.14	6.9	7.6
Proteína bruta	%	18.3	5.55	8.1	13.2
Fibra	%	5.7	5.7	6.6	7.1
Grasa	%	1.2	1.47	1.2	1.0
Carbohidratos	%	74.5	86.84	83.8	78.2

La humedad de los carpóforos seco es alto, observándose rangos de 90.19% a 92.51%, y contenidos de materia seca muy bajos, en rangos de 7.49% a 9.8%. Así mismo, los contenidos de cenizas es mayor en los carpóforos producidos sobre el sustrato constituido por 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, así mismo, los contenidos de proteína bruta son mayores en los carpóforos producidos sobre los sustratos con constituido por 100% aserrín de bolaina fresca, seguido por el tratamiento constituido por 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, así mismo, los contenidos de fibras más altos se registró en los carpóforos producidos en el sustrato con 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, luego, los contenidos de grasa más altos se registró en los carpóforos producidos en el sustrato con 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao, y finalmente, los contenidos de

carbohidratos más altos se registró en los carpóforos producidos en el sustrato con 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao, demostrándose que, la característica nutricional del sustrato, afecta directamente sobre la calidad nutricional de los carpóforos producidos en ella.

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.

CONCLUSIONES

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

1. Los tratamientos constituidos con aserrín de bolaina fresca más cáscara de cacao en sus diferentes porcentajes mostraron los mejores promedios de diámetro y longitud de carpóforos, peso fresco y peso seco en comparación con el 100% aserrín de bolaina fresca; para el numero de carpóforos, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio y para las variables eficiencia biológica y rendimiento, el sustrato con 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao mostró los mejores promedios, seguido del sustrato con 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, luego el sustrato con 80% aserrín de bolaina fresca + 20% cáscara de cacao y finalmente el 100% aserrín de bolaina fresca.

2. El análisis proximal de los sustratos, demuestran que los mejores contenidos nutricionales se encuentra en los sustratos con 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao, así mismo, se demuestra que los carpóforos producidos sobre el sustrato con 60% aserrín de bolaina fresca + 40% cáscara de cacao mostró los mejores promedios de contenidos de cenizas y fibra, los carpóforos producidos en el sustrato con 90% aserrín de bolaina fresca + 10% cáscara de cacao mostraron los mejores promedios de contenido de carbohidratos y grasas y los carpóforos producidos sobre el sustrato con 100% aserrín de bolaina presento el mejor promedio de contenido de proteína bruta, indicándose también que la característica nutricional del sustrato, afecta directamente sobre la calidad nutricional de los carpóforos producidos en ella, dada la versatilidad de *Pleurotus ostreatus* cuando es influenciadas por el sustrato.

RECOMENDACIONES

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

1. Realizar estudios utilizando mayor porcentaje de concentración de cáscara de cacao combinado con aserrín de bolaina fresca.

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), ricos en lignina y celulosa y adecuados para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

3. Realizar estudios de concentraciones de aminoácidos asociados a la utilización de diferentes sustratos agroindustriales.

4. 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>

ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ. 2004. Cultivo del cacao. 3-4 P

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

BAENA, A. 2005. Aprovechamiento del bagazo del maguey verde *(Agave salmiana)* de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la producción de hongo ostra *(Pleurotus ostreatus)*. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Posgrado En Ciencias Aplicadas. San Luis Potosí, S.L.P., Septiembre. (Formato PDF). 116 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://www.ipicyt.edu.mx/storagesipicyt/materialbiblioteca/030078BaenaGonzalez.pdf>

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.

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=AFQjCNHENfIKoUbjIrPqtSZtCCgDIXim9Q>

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.

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.

DOOR, C. 1990. Identificación de los hongos comestibles silvestres en el bosque de Dantas Huánuco. Unidad Modelo de Manejo y Producción Forestal – Dantas. Perú. Consultado en Agosto del 2013.

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 Nº 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>

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>

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, Nº 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>

GARCÉS, A.; VÉLEZ, N.; RUIZ, S.2007. Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles. Revista La sallista de Investigación, Julio-Diciembre, año/vol.2, número002, Corporación Universitaria La sallista. Antioquia-Colombia. (Formato PDF). Pp 15-20. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69520204.pdf>

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>

GRACE MARGOT, CT. 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 paramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de

cebada y carbonato de calcio. Tesis Ing. agropecuaria. Ibarra. EC. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 100 p.

HEREDIA, C. 2010. Utilización de residuos de brócoli *(Brassica olerácea itálica)*, coliflor *(Brassica olerácea)* y romanesco *(Brassica olerácea botrytis)* generados en la empresa PROVEFRUT S.A. para la producción de setas *Pleurotus*". Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Ambato-Ecuador. (Formato PDF). 123 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/875/AL418%20Ref.%203264.pdf?sequence=2>

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.

INRENA (Instituto de Recursos Naturales), 2009. Recursos forestales. Boletín semestral Junio - Agosto 2004: 20 - 23.

MAGAE, Y., M. YOSHIMITZU, SH. TAMATSU, AND S. TAKASHI. 1988. Variation in fructing body production of protoclones of oyster mushroom. Hort. Science, 23(6). 1065 – 1066.

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

MÉTODOS OFICIALES AOAC, Ed. AOAC. 1997.

MILLA SANTAMARÍA, A. 2007. Introducción al cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (en línea). 127p. Publicaciones INEA, Valladolid, España. Consultado 5 jul. 2007. Disponible en: http://www.inea.uva.es/web/biblioteca/hongo.pdf

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.

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, A.; RODRÍGUEZ, A.; PÉREZ, M. 2003. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cuatro Caminos, Ciudad de Cienfuegos. (Formato PDF). 20 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet:
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r45173.PDF>

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>

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 deadministrador del medio ambiente y de los recursos naturales. Santiago de Cali. Universidad Autónoma de Occidente, 94 p.

SILVIA, L.; CALA, A.; EDGAR, E. 2011. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite. (CENIPALMA) – Manual de procedimientos en plantas de beneficio. Bogotá, D.C., Colombia. 172 p. Consultado en Agosto del 2013.

TOLEDO, M. 2008. Residuos de maíz y quínua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. (Formato PDF). 125 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2013. Disponible en Internet: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/229/1/236T0015.pdf>

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	6.87500000	2.29166667	0.15	0.9314	n.s.
Error	36	564.10000000	15.66944444			
Total	39	570.97500000				

R^2= 0.01
C.V. = 17.22

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	9.22282000	3.07427333	6.27	0.0016	*
Error	36	17.65822000	0.49050611			
Total	39	26.88104000				

R^2= 0.34
C.V. = 20.92

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	4.66781000	1.55593667	4.97	0.0055	*
Error	36	11.27354000	0.31315389			
Total	39	15.94135000				

R^2= 0.29
C.V. = 23.58

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	661.30000000	220.43333333	2.63	0.0646	n.s.
Error	36	3012.60000000	83.68333333			
Total	39	3673.90000000				

R^2= 0.17
C.V. = 72.89

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	14.68490750	4.89496917	5.13	0.0047	*
Error	36	34.32793000	0.95355361			
Total	39	49.01283750				

R^2= 0.29
C.V. = 38.61

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	0.05794750	0.01931583	4.18	0.0122	*
Error	36	0.16623000	0.00461750			
Total	39	0.22417750				

R^2= 0.25
C.V. = 30.64

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	612.62072750	204.20690917	13.33	0.0001	*
Error	36	551.40891000	15.31691417			
Total	39	1164.02963750				

R^2= 0.52
C.V. = 45.34

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	7215.3704475	2405.1234825	6.49	0.0013	*
Error	36	13339.8308500	370.5508569			
Total	39	20555.2012975				

R^2= 0.35
C.V. = 57.58

ICONOGRAFIA



Figura 34. Inoculo primario de la cepa de *Pleurotus ostreatus.*





Figura 35. Inoculación de trigo cocido con el inoculo primario de *Pleurotus ostreatus* para la producción de inoculo secundario.



Figura 36. Preparación de sustratos experimentales, aserrín de bolaina fresca y cáscara de cacao.



Figura 37. Llenados de bolsas con los sustratos experimentales, esterilización e identificación de los tratamientos en estudio.

Figura 38. Siembra de sustratos con el inoculo de *Pleurotus ostreatus*.





Figura 39. Incubación de los sustratos en estudio.



Figura 40. Emisión de primordios y desarrollo de los carpóforos.

Figura 41. Distribución de los tratamientos en estudio.





T 01



T 02





T 03 T 04

Figura 42. Producción de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos en estudio.



Figura 43. Pesado de hongos frescos

Figura 44. Muestra de hongos deshidratados para el análisis bromatológico

