UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA

"EFECTO DE LA MEZCLA DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE CEPAS NATIVAS DEL HONGO (*Pleurotus* spp.) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA

VARGAS SERNA, DARVIS REYNALDO

YARINACOCHA - PERÚ

2015

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de estudiar Ingeniería Agroforestal Acuícola, Iluminándome en los momentos en que todo parecía difícil y confuso, sólo en fe y encomendándome a Él, lograron disipar y esclarecer mis dudas

A mis padres: Reynaldo Vargas Schaus y Nolberta Serna Ponce

Por ser las personas que más he admirado toda mi vida, que con sus acciones me han enseñado que el trabajo, la perseverancia, la superación continua y la humildad son esenciales en la vida y para la vida.

A mis hermanos: Elvis, Denis, Elsis e Liz

Porque en toda mi etapa universitaria llena de esfuerzo, siempre me han dado su apoyo, solidaridad y compresión

A Drucila Debora Dominguez Yance

Por su amor, su amistad, su apoyo durante nuestra etapa universitaria y por ser ella parte de mi felicidad

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 mi asesor, el Ing. Mg. **Pablo Pedro Villegas Panduro**, por su asesoría, paciencia y 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.
- Un agradecimiento muy especial y mi gratitud a los Docentes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, en especial a mis jurados, por sus sugerencias y recomendaciones durante el desarrollo de la investigación.
- Y a todos los demás no mencionados… Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

INTRODUCCIÓN……. 1

RESUMEN…… 3

ABSTRACT…….. 4

CAPÍTULO I

1 **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**…… 5

1.1 Descripción de la situación problema…… 7

1.2 Formulación del problema…….. 7

1.2.1 Problema general…….. 7

1.2.2 Problema específicos…… 7

1.3 Objetivos de la investigación…….. 7

1.3.1 Objetivo general……. 7

1.3.2 Objetivos específicos…… 7

1.4 Justificación de estudio…… 8

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO……. 9

2.1 Antecedentes de Investigación…….. 9

2.2 Generalidades de los hongos……. 13

2.2.1 Hongos Macromycetes…… 14

2.2.1.1. Ascomycetes……, 14

2.2.1.2. Basidiomycetes……. 14

2.2.1.3. Ciclo de vida de los hongos Macromycetes 15

2.2.2. Hongos comestibles silvestres y cultivados……. 16

2.2.2.1. Hongos silvestres comestibles……... 17

2.2.2.2. Hongos comestibles cultivados……. 18

2.2.3. *Pleurotus* spp…… 18

2.2.4. Propiedades nutricionales de las setas…… 20

2.2.4.1. Proteínas…… 21

2.2.4.2. Carbohidratos…… 21

2.2.4.3. Lípidos…… 22

2.2.4.4. Vitaminas…… 22

2.2.4.5. Minerales…… 22

2.2.5. Propiedades medicinales de las setas……. 23

2.2.6. Factores que afectan en el rendimiento de *Pleurotus* spp 24
2.2.6.1. Temperatura…….. 24
2.2.6.2. Humedad Relativa…… 26
2.2.6.3. Contenido de humedad y tamaño de partículas del sustrato……. 26
2.2.6.4. El pH……... 26
2.2.6.5. Luz…….. 27
2.2.6.6. Aireación…… 27
2.2.6.7. Agua…… 28
2.2.6.8. Celulosa y Hemicelulosa……. 28
2.2.6.9 Biológicos…….. 28
2.2.7. Requerimientos nutricionales……. 29
2.2.7.1. Nitrógeno……. 29
2.2.7.2. Carbono……. 29
2.2.7.3. Relación nitrógeno-carbono…… 29
2.2.8 Sustratos utilizado para el cultivo de P*. ostreatus*…….. 30
2.2.8.1. Bolaina Blanca…….. 31
2.2.8.2. Sacha Inchi……. 32
2.3 Definición de términos básicos…….. 35
2.4 Hipótesis…… 35
2.5 Variables…… 35
CAPÍTULO III
3 METODOLOGÍA…… 37
3.1 Tipo y nivel de investigación…….. 37
3.2 Método de investigación……. 37
3.2.1 Ubicación del experimento……. 37
3.2.2. Aislamiento de cepas de hongos comestibles……... 37
3.2.3. Propagación de inoculo “semilla”……. 39
A. Preparación del sustrato de trigo…….. 39
B. Inoculación…… 39
C. Incubación……. 40
3.2.4. Cultivo de Cepas de hongos comestibles en los sustratos……. 40
A. Instalaciones……. 40
B. Preparación del sustrato……. 41
C. Esterilización de los sustratos……. 41
D. Inoculación (Siembra)……. 42
E. Incubación……. 42
F. Fructificación……. 42

G. Cosecha…… 42
3.3. Condiciones ambientales del módulo de producción de hongos comestibles…….. 43
3.4. Variables que se analizaron……..... 43
3.5. Diseño de investigación…….. 47
3.5.1. Diseño experimental……... 47
3.5.2. Tratamiento en estudio…… 49
3.6. Población y muestra……. 51
3.7. Tratamientos de los datos…….. 51

CAPÍTULO IV

4. Resultados y discusión…….. 52
4.2. Precocidad de incubación……. 52
4.3. Tiempo de cultivo…… 54
4.4. Diámetro de carpóforos……. 56
4.5. Longitud de pie de carpóforos……. 59
4.6. Número de carpóforos…… 61
4.7. Eficiencia biológica……. 64
4.8. Rendimiento……. 66
4.9 Análisis bromatológico……... 69
Conclusiones……... 72
Recomendaciones…….. 73
Bibliografía…… 74
Anexos…….. 83

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 01.	Contenido Nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*……..	21
Cuadro 02.	Composición nutricional del aserrín……	32
Cuadro 03.	Resultados del análisis de la torta de sacha inchi. ……	34
Cuadro 04.	Promedio de temperatura evaluadas en el periódo de cultivo..	43
Cuadro 05	Promedio de humedad evaluados en el periódo de cultivo……	44
Cuadro 06	Datos del prorcentaje de humedad y pH de los sustratos…….	45
Cuadro 07.	Factor y nivel utilizado en la investigación…….....	48
Cuadro 08.	Descripción de los tratamientos en estudio…….….	49
Cuadro 09.	Grados de libertad de los tratamientos……	49
Cuadro 10.	Grados de libertad del estudio……	50
Cuadro 11.	Efectos simples, principales y de interacción de los factores....	50
Cuadro 12.	Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable precocidad (Días)……..	52
Cuadro 13.	Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable tiempo de cultivo (Días)……	54
Cuadro 14.	Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable diámetro de carpóforos…….	57
Cuadro 15.	Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable longitud de pie……	59
Cuadro 16.	Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable número de carpóforos……..	61
Cuadro 17.	Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable eficiencia biológica…….....	64
Cuadro 18.	Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable rendimiento…….	67
Cuadro 19.	Caracterización química de los sustratos y el trigo para la producción de hongos comestibles……	69
Cuadro 20.	Análisis bromatológico de los carpóforos crecidos en aserrín de bolaina blanca…….	70

Cuadro 21. Análisis bromatológico de los carpóforos crecidos en aserrín de bolaina blanca (60%) más cáscara de sacha inchi (40%). 71

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 01. Partes de una seta……..… 13
Figura 02 Estructura interna del carpóforo de un basidiomiceto…….. 15
Figura 03. Ciclo de vida de los Hongos Basidiomycetes……..……... 16
Figura 04. Estructura morfológica del *Pleurotus* spp……..…….. 20
Figura 05. Efectos de diferentes temperaturas en el crecimiento micelial de diferentes especies del género Pleurotus…….. 25
Figura 06. Planta de sacha inchi……. 33
Figura 07. Cáscara de sacha inchi…….. 34
Figura 08. Comportamiento de la interacción para la variable precocidad... 53
Figura 09. Comportamiento de la interacción para la variable tiempo de cultivo……. 56
Figura 10. Comportamiento de la interacción para la variable diámetro de carpóforos…… 58
Figura 11. Comportamiento de la interacción para la variable longitud de pie de carpóforos…… 60
Figura 12. Comportamiento de la interacción para la variable Número de carpóforos…… 62
Figura 13. Comportamiento de la interacción para la variable eficiencia biológica……..……... 65
Figura 14. Comportamiento de la interacción para la variable rendimiento……..…… 68

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 01.	ANVA para la precocidad de los factores cepas y sustratos y su interacción…….	84
Anexo 02	ANVA para el tiempo de cultivo de los factores cepas y sustratos y su interacción……	84
Anexo 03.	ANVA para el diámetro de carpóforos de los factores cepas y sustratos y su interacción……..	84
Anexo 04.	ANVA para la longitud de pie de los factores cepas y sustratos y su interacción…… …….	85
Anexo 05.	ANVA para el número de carpóforos de los factores cepas y sustratos y su interacción……..	85
Anexo 06.	ANVA para la eficiencia biológica de los factores cepas y sustratos y su interacción…….	85
Anexo 07.	ANVA para el rendimiento de los factores cepas y sustratos y su interacción…….	86
Anexo 08.	Inoculo primario de la cepa HC.2 del hongo *Pleurotus* spp…….	87
Anexo 09.	Incubación de las cepas HC-2 y 3 del hongo *Pleurotus* spp., en granos de trigo……..	87
Anexo 10.	Bolsas cultivadas a las 24 horas de incubación……	87
Anexo 11.	Bolsas cultivadas a las 72 horas de incubación……	87
Anexo 12.	Determinación del pH de las muestras de los sustratos después de la esterilización……..	88
Anexo 13	Perforación en la parte superior de las bolsas……..	88
Anexo 14.	Carpóforos de la Cepa HC-2 en estado de cosecha……	89
Anexo 15.	Carpóforos de la Cepa HC-3 en estado de cosecha……...	89
Anexo 16.	Cosecha de los carpóforos……..…….	89
Anexo 17.	Pesado de los hongos frescos…….	89
Anexo 18.	Muestra de los hongos deshidratados ……..……	89
Anexo 19.	Resumen de la producción de la Cepas nativas en cada mezcla de sustratos……	90
Anexo 20.	Formato de evaluación de temperatura y humedad relativa …..	90
Anexo 21.	Formato de evaluación de las variables estudiadas…….	91
Anexo 22.	Matriz de consistencia……..…..	92
Anexo 23.	Operacionalización de variables…….…….	93

INTRODUCCIÓN

El cultivo del hongo *Pleurotus* sobre sustratos lignocelulósicos es una buena alternativa para producir alimentos, por lo que son considerados como una fuente de proteína y porque las setas convierten los desechos agrícolas en alimentos. La mayoría son generados en un corto período de tiempo a bajo costo y en áreas reducidas. Además, el desarrollo del cultivo a pequeña escala en países en desarrollo necesita una tecnología sencilla, de condiciones poco sofisticadas. Después del proceso de cultivo y la cosecha de las setas, el sustrato remanente puede ser aprovechable como abono orgánico, por su alto contenido en nitrógeno, fósforo y potasio (García *et a.,* 2011; citado por Sánchez, 2013).

Nuestra Amazonía Peruana, está constituida por una vasta y variada cantidad de recursos naturales; entre ellos, los hongos comestibles que poco o nada se aprovechan a pesar de su buen contenido proteico (Singer, 1964; citado por Ríos y Ruiz, 1993). Estos hongos constituyen un recurso del bosque que, frecuentemente, no se toma en cuenta en los estudios etnobotánico y, a menudo, son comestibles para los indígenas amazónicos y constituyen un importante alimento para algunas tribus, quienes lo denominan “Oreja de palo”, “Callampa” y que es un plato favorito por sus cualidades culinarias.

Debido al desconocimiento de la capacidad de la producción de cepas nativas en mezclas de sustratos producidos por la actividad forestal y agrícola, de lo anterior surge la necesidad de generar alternativas para evaluar la mezcla de los sustratos (Aserrín de bolaina blanca, cáscara y torta de sacha inchi) en la producción de *Pleurotus spp.*

En Pucallpa existe una gran variedad de residuos de diversos procesos industriales; aserrín (aserraderos), además el uso de la cáscara y torta de Sacha Inchi, en esta investigación es para darle mayores beneficios por su importancia del cultivo debido a sus cualidades nutricionales que presenta de los cuales no se conoce sus bondades para el cultivo de hongos comestibles.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el presente trabajo de investigación permitió: Evaluar la producción de las cepas de *Pleurotus* spp., en sustratos de aserrín de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.*),* cáscara y torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.*).*

RESÚMEN

En el laboratorio de microbiología y en el en el Módulo de Producción de Hongos Comestibles de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, ubicada en el Km. 0.5 de la carretera de Yarinacocha a San José de Tushmo, Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, Perú, entre los meses de Enero a Mayo del año 2014, se realizó el trabajo de investigación titulado "Efecto de la mezcla de sustratos en la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas", para el cual se contó con el factor A, cepas: HC – 2 y HC – 3, colectados del sector de Shambillo, centro poblado del Boquerón, Aguaytía; y el factor B, mezclas de sustratos: b_1 aserrín de bolaina, b_2 aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi, b_3 aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y b_4 aserrín de bolaina + torta de sacha inchi + cáscara de sacha inchi. Las mezclas de sustratos a evaluar fueron empacadas en bolsas de 1 kg, esterilizados e inoculadas con 20 gramos de semilla de Pleurotus spp., Se evaluó las variables precocidad de incubación, tiempo de cultivo, numero, diámetro, longitud de pie de carpóforos, porcentaje de eficiencia biológica, rendimiento y análisis bromatológico. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo bifactorial de 2 x 4 con 10 repeticiones, así mismo, se utilizó la prueba de promedios de Tukey con un nivel de significancia del 95%. El resultado muestra que no existe diferencia significativa para el factor Cepa en todas las variables evaluadas, pero si muestra diferencia el factor mezcla de sustrato e interacciones y se concluye que: la mejor mezcla de sustrato para la producción de *Pleurotus* spp., fue el aserrín de bolaina blanca, más cáscara de sacha inchi. El análisis proximal de la mezcla de sustratos, demuestran que los mejores contenidos de nutrientes se encontraron en la mezcla de sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi + torta de sacha inchi, sin embargo, también, estas mezclas de sustratos presentaron menores rangos de pH que afectaron el desarrollo de las cepas de hongos estudiados. El análisis bromatológico de los carpóforos, demuestran que los contenidos de proteína bruta y cenizas, fue mayor para la cepa HC – 3.

ABSTRACT

In the microbiology laboratory and in the Module of Production of Eatable Fungi of the National University Intercultural of the Amazonia, located in km 0,5 of the highway from Yarinacocha to San Jose de Tushmo, District of Yarinacocha, Province of Coronel Portillo, Ucayali Region, Peru,between the months of January to May of 2014,it was made the work of investigation titleholder: "Evaluation of the production of the *Pleurotusspp.*fungusin sawdust substrates of white bolaina (*Guazuma crinita* Mart.),rind and cake of sacha inchi (*Plukenetia volúbilis* L.)", for which,it was counted on factor 1, stocks: HC – 2 and HC – 3, collected of the sector of Shambillo, of the center populated Boqueron, Aguaytía; and factor 2, substrates: a) bolaina sawdust, b) sawdust of bolaina + rind of sacha inchi, c) sawdust of bolaina + cake of sacha inchi and d) sawdust of bolaina + cake of sacha inchi + rind of sacha inchi. For the analysis of results, it was used Design Completely at random, with factorial adjustment of 2 x 4 with 10 repetitions,also,it was used a test of averages of Duncan with a significance level of 95%, concluding that: itwas not observed significant differences, in none of the studied variables, as far as the behavior of stocks HC – 2 and HC – 3 of *Pleurotus sp* The proximal analysis of the substrates, it demonstrate that the best contents it is in the substrates with sawdust of bolaina + cake of sacha inchiand sawdust of bolaina + rind of sacha inchi + cake of sacha inchi, nevertheless, also, these substrates it presented minors ranks of pH that it affected the development of the stocks of fungi studied. The proximal analysis of the carpóforos, it demonstrate that the nutricionales indices it do not present differences between the stocks studied for the substrate bolaina sawdust, also, it was observed differences of contents of gross protein and ashes between the stocks, being greater the contents of these parameters in stock HC – 3.

CAPÍTULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la situación problema

En el Perú pocas empresas producen hongos comestibles, en la región Lambayeque la empresa Campera SAC, en el año 2011 exportó 20 t de hongo deshidratado, en el 2012 40 t, y para el 2014 proyectan exportar 30 ton mensuales. El 99% de la producción de hongo deshidratado de la empresa es exclusivo para exportación, siendo sus principales destinos España con un 40%, Brasil 30% y Francia 19%; solo el 1% está dirigido hacia el mercado interno. El bajo consumo en nuestro país es debido a que existe una escaza tradición cultural y culinaria del consumo de hongos comestibles, desconociendo sus propiedades medicinales, alta calidad nutricional, y sabor exótico apetecido y reconocido en otras culturas (PROFONANPE, 2013).

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

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. En vista de la evidente falta de investigaciones sobre hongos comestibles provenientes de la zona y la falta de aprovechamiento de los residuos orgánicos, se plantea el presente proyecto buscando una alternativa técnicamente viable para la producción masiva de hongos comestibles.

En la región Ucayali, la actividad forestal genera 44 000 ton/año de residuos de madera aserrada (aserrín) (MINEM, 2013). La ausencia de métodos adecuados de disposición o reutilización del aserrín, generan impactos negativos al medio ambiente. En el caso de los procesos productivos agroforestales, la mayoría de sus residuos son de carácter orgánico, lo que posibilita su reutilización mediante las técnicas adecuadas de aprovechamiento.

En el mercado nacional e internacional de aceite, la torta y harina de sacha inchi son incipiente, no se dispone de registros oficiales sobre los volúmenes de consumo. Sin embargo, por el uso de productos sucedáneos para el consumo humano directo e industrial (alimentos para personas y animales, cosmética, etc.), podemos derivar que su consumo local puede suplir parte de los aceites crudos y semirrefinados que se importan para elaborar los aceites comestibles que se comercializan en el mercado nacional. En el Perú, el consumo per cápita de aceites se encuentra entre 2,5 y 3,5 kg/persona/año; y existe un déficit en grasas y aceites (58% de la demanda) que es cubierta con la importación de aceite crudo.

La torta y harina de sacha inchi son dos subproductos que se obtienen de la producción del aceite virgen, utilizando los residuos de la semilla. Tienen bajo contenido de aceite, 10% para el caso de la torta y 1% para la harina. Ambos subproductos tienen un alto contenido de proteínas y de la más alta digestibilidad, llegando al 92%, y la más completa y mejor composición de aminoácidos con relación a otras oleaginosas (IIAP, 2009).

Este presente estudio de investigación va a permitir abrir un campo de posibilidades de producción para su inserción comercial por parte de actores interesados y un aporte a la utilización de los residuos orgánicos y consecuentemente la disminución de los impactos ambientales

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de la mezcla de sustratos en la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas*?*

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál de las mezclas de sustratos es más eficiente para la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas?
- ¿Qué características nutricionales presentan las setas de cepas nativas del hongo Pleurotus *spp*., cultivados en mezclas de sustratos?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la mezcla de sustratos en la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas*?*

1.3.2. Objetivos específicos

- ¿Determinar la mezcla de sustratos más eficiente para la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas?
- ¿Determinar las características nutricionales presentan las setas de cepas nativas del hongo Pleurotus *spp*., cultivados en mezclas de sustratos?

1.4. Justificación del estudio

Según la International *Societyfor Mushroom Science* de Inglaterra, en el mundo se consumen alrededor de 3 millones de toneladas de hongos de treinta especies diferentes cada año. El mercado se encuentra segmentado en dos partes, consumo de hongos cultivados (2 millones de toneladas) y el consumo de hongos silvestres (1 millón de toneladas). Estas cifras tenderán a elevarse en la medida en que crezca la preferencia por productos saludables y por vegetales ricos en proteínas (Sánchez, 2013).

Ampliar y mejorar las actividades encaminadas al aprovechamiento de residuos generados en la región, ya sea de industrias madereras, de mercados, de campos productivos, es una prioridad, no solo del gobierno, sino también de toda la población, debido a que la problemática ambiental a causa de la descomposición de dichos residuos, la disposición inadecuada o quema de estos, afectan la calidad de vida de las personas y de las otras especies con las que se comparte el ambiente.

El uso y aprovechamiento que se puede dar a estos residuos es muy amplio, teniendo en cuenta que más del 50% de los residuos sólidos generados son de carácter orgánico. 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, que contribuye a que se mantenga erguida la estructura de las paredes celulares de las plantas. Estos compuestos pueden ser aprovechados por los hongos comestibles, ya que degradan estos polisacáridos a través de enzimas para obtener nutrientes (Door, 1990), de esta manera, se les dará valor agregado a los residuos generando un producto de valor nutricional y comercial importante.

Entre las alternativas de aprovechamiento o uso de este tipo de residuos está la producción de hongos comestibles, y bajo este planteamiento que se ha

suscitado el interés de este proyecto, de buscar generar producción de *Pleurotus* spp sobre sustratos orgánicos.

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

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

Valera *et al.* (2004), investigó la combinación de sustratos a base de aserrín de cumala, de bolaina y bagazo de caña de azúcar, en estado fresco y descompuesto, agregando a todas las combinaciones 100 g de trigo precocido, que luego fueron embolsado y esterilizado, para luego ser inoculados con una cepa de *Pleurotus* spp*.,* respectivamente, concluyendo que el uso de la combinación de aserrín de bolaina fresca, más aserrín de cumala fresca, más bagazo de caña de azúcar fresco, presentó 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 lograda utilizando aserrín de bolaina descompuesta.

Hernández y López (s.f.), estudiaron el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre tres residuos agroindustriales (capacho de uchuva, cáscara de arveja, tusa de mazorca) y un control que fue el aserrín de roble. Registraron que los contenidos de carbono de los residuos, fueron de mayor a menor, roble (50%p/p), uchuva (28.31%p/p), arveja (25.51%p/p) y por último la tusa de mazorca (18.66%p/p), los residuos fueron triturados mecánicamente para que alcanzaran un tamaño de partícula entre 1.52- 3.35 mm. Se sumergieron durante 12 horas para que alcanzaran una humedad de entre 65 y 75%, cada residuo se empacó en bolsas de polietileno de alta densidad de 15 x 30 cm, se

inoculó con 30 g por cada bolsa de 1 kg, se esterilizaron durante 30 min a 20 psi, la eficiencia biológica del control estuvo cerca del 70%, el de mayor eficiencia biológica fue el de capacho de uchuva (76.10%), seguido por la cáscara de arveja (68.60%) y por último la tusa de mazorca (56.70%), ellos concluyeron que con estas datos si es viable el cultivo de la especie sobre algunos de los residuos agroindustriales.

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 *J. macrocarpa* y *S. chinensis* resultó la más efectiva con una eficiencia biológica de 89,7% y una tasa de producción de 1.74%. 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 (90 ºC) durante 4 h. Se realizaron 5 réplicas por cada tratamiento. Al enfriarse el sustrato se inocularon las bolsas con la cepa de *P. ostreatus* (10% peso húmedo del sustrato) distribuyéndolo manualmente. Una vez colonizado completamente el sustrato, las bolsas se trasladaron a una cámara de fructificación a 15 ± 3 ºC, con una intensidad lumínica de 850 lux m², fotoperiodo natural (14 h luz, 10 h 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, la formulación uno estaba conformada por estopa de coco 400 g + palma del viajero (250 g) + palma livistona (350 g), la formulación dos 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 cuarta fue, palma del viajero (700 g) + palma livistona (250 g) + hoja de bambú (50 g). Encontrando que la

formulación 1 y 4 fueron estadísticamente iguales en su efecto sobre la eficiencia biológica y tasa de productividad, siendo la formulación tres la que presento la mayor eficiencia biológica y mejor tasa de productividad, con valores de 11.9% y 17% respectivamente, mientras que en la formulación 2, obtuvo valores bajos de eficiencia biológica y tasa de productividad de 3 y 4,2%.

Según Sánchez *et al.* (2007), al cultivar *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café se han reportado eficiencias biológicas de 34.03 hasta 176 por ciento, de 19.9-142.6% en paja de trigo y de 14.15-146.77% en bagazo de caña de azúcar.

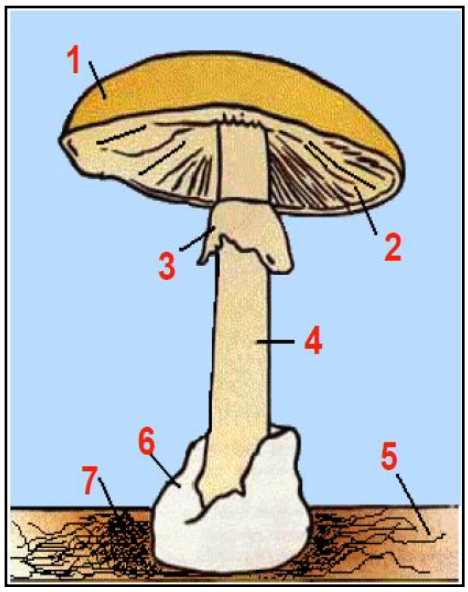
Danciang (1986), estudió la productividad de *P. ostreatus* en paja de arroz y en aserrín de madera y encontró que el primer sustrato produce un mayor número de carpóforos y de diámetro mayor que el aserrín. También encontró que ambos sustratos fertilizados con sulfato de amonio aumentan la producción de carpóforos lo mismo que la incidencia de plagas y enfermedades, aunque su daño económico fue menor que el incremento obtenido con el fertilizante. La diferencia en la productividad de estos sustratos puede deberse a las diferencias de proteína cruda y de grasa, 15,10% y 0,35% para la paja de arroz, contra 3,2% y 0,14% para el aserrín, respectivamente.

Rodríguez y Zuluaga (1994), partiendo de pulpa de café despulpada sin agua, y fermentada anaeróbicamente durante 10 días en 1,58 litros de agua/kg de pulpa fresca, cultivaron *P. ostreatus* y obtuvieron una eficiencia biológica de 54,4%.

En sustratos pasteurizados durante 45 min a 80ºC, la cepa 1E-172 presentó una eficiencia biológica de 125,2% cuando el sustrato fue paja de cebada, con un ciclo de producción de 43 días durante los cuales se recogieron cinco cosechas. En pulpa de café se logró una eficiencia de 118,2% en 41 días, y produjo seis cosechas; otras cepas produjeron orellanas con una eficiencia entre55, 2 y 82,8% (Gaitán y Salmones, 1996).

2.2. Generalidades de los hongos

Los hongos son organismos unicelulares, pluricelulares o dimórficos que carecen de clorofila, por lo tanto son heterótrofos, es decir, obtienen sus alimentos por absorción y el componente principal de sus paredes celulares es la quitina (figura 01). Los hongos se dividen en microscópicos y macroscópicos. En el caso de los hongos macroscópicos, el micelio está representado por la masa de apariencia algodonosa y por lo regular blanquecina que forman un cuerpo de reproducción. Dentro de los hongos macroscópicos se encuentran los Ascomycetes y Basidiomycetes, presentan distribución cosmopolita debido a que pueden desarrollarse en cualquier tipo de clima, existiendo variedad de géneros que pueden crecer entre 4 y 60°C, desde el nivel del mar hasta por encima de los 4000 m.s.n.m. y en diferentes tipos de maderas (Koneman, 1997; Stamets, 2003).



1. Sombrero o pileo
2. Himenio o lamela
3. Anillo
4. Pie, estipe o estípite
5. Hifa
6. Volva
7. Micelio

Figura 01. Partes de una seta (Stamets, 2003).

2.2.1. Hongos Macromycetes

Los hongos Macromycetes están formados por largas hifas ramificadas que se reúnen en cordones y cuerpos de reproducción visible y medible en centímetros. Son saprófitos ya que crecen en materia descompuesta

absorbiendo la materia orgánica, en simbiosis con plantas formando ectomicorrizas o como parásitos sobre los árboles. Algunos son comestibles, otros venenosos e incluso pueden producir efectos psicoactivos. Suelen crecer en la humedad que proporciona la sombra de los árboles, pero también en cualquier ambiente húmedo y con poca luz (Saldarriaga, 2001).

2.2.1.1. Ascomycetes

Los Ascomycetes pueden ser encontrados en gran variedad de hábitat como suelos, aguas, coprófilos (en excrementos de herbívoros), saprobios de animales y plantas, parásitos incluyendo al hombre. Se encuentran miembros microscópicos y macroscópicos (Koneman, 1997). Estos hongos pueden ser unicelulares ó estar formados por un micelio con hifas de paredes quitinosas, con septos transversales incompletos (presenta un poro central). Las hifas, pueden ser uni ó multinucleadas, homocarióticas ó dicarióticas ramificadas. La principal característica de estos hongos es que como producto de su reproducción sexual, se forman unos sacos o bolsas llamados ascos los cuales, contienen en su interior a las esporas de origen sexual (ascosporas). Los cuerpos productores de ascos se denominan ascocarpos. (Moore, 1996).

2.2.1.2. Basidiomycetes

Las esporas que dan nombre al grupo son las basidiosporas, producidas exógenamente en órganos especiales, llamados basidios (ver figura 02). Una actividad muy importante de los Basidiomycetes es la descomposición de la madera, papel y otros derivados de productos naturales. Estos Basidiomycetes, por lo tanto, son capaces de producir celulasas o enzimas capaces de catabolizar la lignina y utilizarla como fuentes de carbono y energía. La descomposición de la lignina en la naturaleza es difícil y es realizada por un reducido grupo de hongos basidiomycetes que producen la llamada podredumbre de la madera (Stamets, 2003).

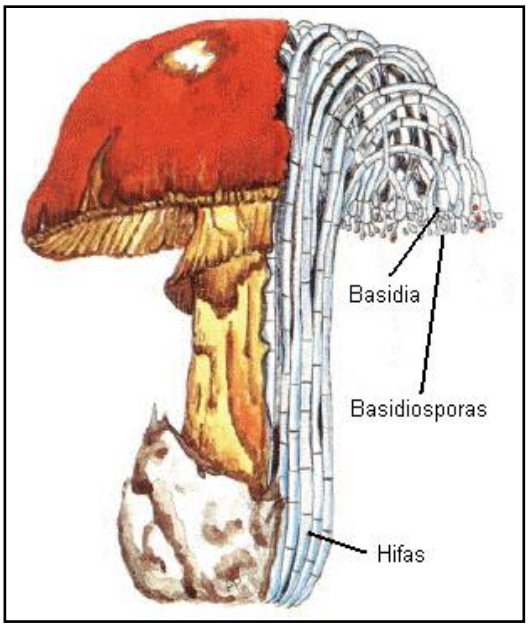


Figura 02. Estructura interna del carpóforos de un basidiomiceto (Stamets, 2003).

2.2.1.3. Ciclo de vida de los hongos macromycetes

Los hongos se reproducen por esporas (figura 03), estas son lanzadas al exterior al abrirse el píleo para la propagación de la especie. La espora es transportada por el viento y depositada en un lugar favorable con condiciones adecuadas, permitiendo que la espora germine formando un largo filamento de células vivas denominado hifa. La hifa crece a partir de su extremo permitiéndole hacia adelante.

La ramificación de las hifas forman la extensa red de células llamada micelio que es la parte vegetativa del organismo fúngico, el cuerpo viviente del hongo (Pire, 2001).

En el caso de los hongos Basidiomycetes los cuerpos fructíferos contienen en la zona himenial láminas, poros o tubos en donde se encuentran los basidios. Los basidios son células especializadas en forma de bolsa, en cuyo

extremo se desarrollan exteriormente 4 esporas o basiodiosporas (Navarro, 2005).

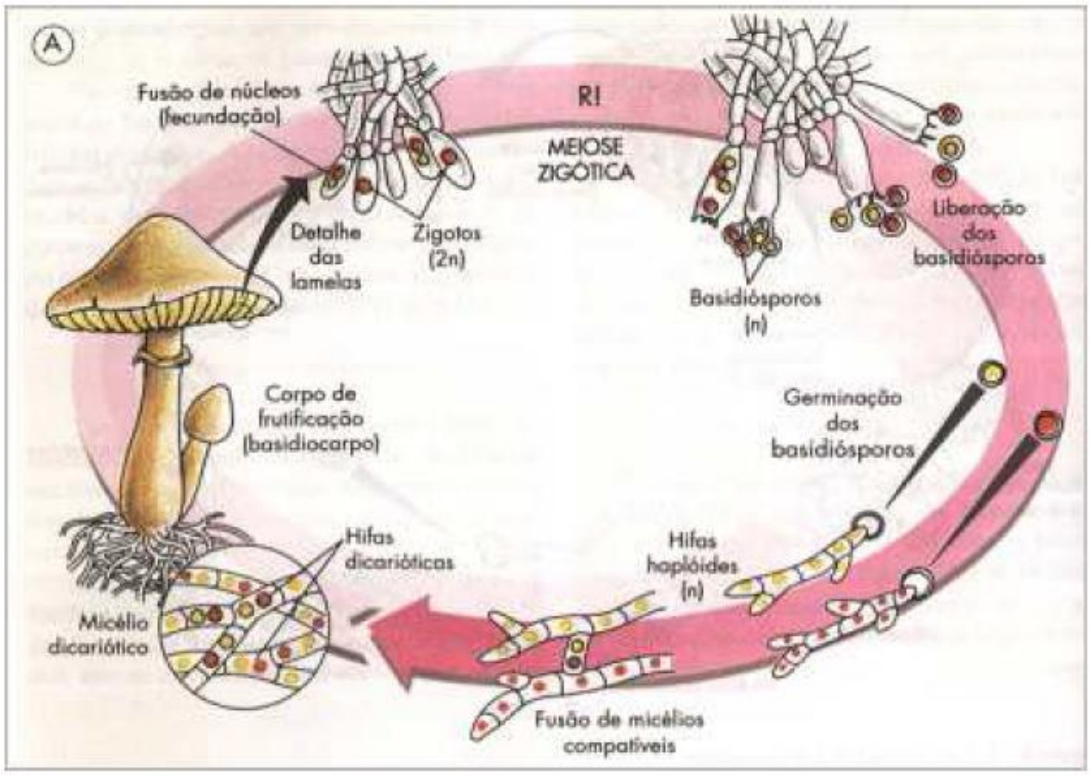


Figura 03. Ciclo de vida de los Hongos Basidiomycetes (Navarro, 2005)

2.2.2. Hongos comestibles silvestres y cultivados

Desde la antigüedad, civilizaciones griegas, egipcias, romanas, chinas y mexicanas hacían uso de hacían uso de éstos como alimento, tenían conocimiento sobre las potencialidades medicinales, mientras que en el aspecto religioso representaban elementos importantes durante sus ceremonias. En México se cree que importantes culturas como la Maya, tenían estrecha relación con especies de hongos silvestres comestibles y alucinógenos de acuerdo con estatuillas en forma de hongos realizadas en piedra que datan del período comprendido entre 200 A.C. y 300 D.C (Ulloa, 1998).

En países asiáticos y del hemisferio norte, el cultivo y recolección de hongos comestibles representan actividades económicas de gran importancia, lo que

se ve reflejado en la generación de divisas y la continua necesidad de mano de obra durante todo el año (Barahona, 2008).

2.2.2.1. Hongos silvestres comestibles (HSC)

Los hongos silvestres comestibles forman parte de la diversidad biológica de los ecosistemas que habitan, permitiendo el reciclaje de nutrientes, dando continuidad a ciclos biológicos importantes. Sin embargo desde el punto de vista antropocéntrico, el impacto socio-cultural y económico que genera su recolección, venta y consumo tiene efectos directos sobre la economía de las familias dedicadas a la recolección para su venta local y de exportación. Esta actividad tiene gran relevancia en zonas cuyo conocimiento micológico tradicional es arraigado y cuya venta contribuye al sustento de los recolectores también conocidos como “hongueros”, quienes han preservado los conocimientos heredados de generación en generación, haciendo uso del recurso disponible para auto consumo o venta en mercados y tianguis (Mariaca *et al.,* 2001; Portugal *et al.,* 2007).

Los hongos silvestres comestibles es quizá el recurso forestal no maderable (RFNM), de mayor plusvalía en el mercado, por reportarse altos precios para algunas de las especies comercializadas internacionalmente.

De acuerdo a estimaciones, cada año son comercializadas más de 200 000 toneladas de hongos silvestres (Martínez, 2007). Entre las especies de mayor valor en el mercado internacional encontramos trufas (*Tuber* spp.), matsutake (*Tricholoma* spp.) y boletos (*Boletus* spp.) tienen un impacto económico importante (Boa, 2005); mientras que en nuestro país, la comercialización de hongos comestibles es una actividad relativamente nueva (Hernández y Moreno, 2010) especies comestibles del genero *Amanita pers* tienen gran demanda por considerarse a éstos como los ejemplares más sabrosos (Guzmán, 2004). En el caso particular del estado de Durango, algunas comunidades organizados de hongueros se dedican a la recolección de HSC

en época de lluvia (período comprendido entre los meses de Junio-Agosto), encontrando la presencia de especies como *Amanita caesarea* conocido por los lugareños como amarillitos; las llamadas “orejas” *Pleurotus* sp.; *Boletus edulis* también conocido regionalmente como “Marquezote”; *Ramaria flava* especie muy apreciada por su sabor y conocida de manera local como “arrocito” y el hongo matzutake (*Tricholoma magnivelare*) que es recolectado con fines de exportación a países asiáticos como Japón, en el mercado con precios que varían entre 45 y 60 dólares el kilogramo (Naranjo *et al.*, 2002).

2.2.2.2. Hongos comestibles cultivados

El cultivo de hongos comestibles se inicia 600 A.D. en china con el cultivo de *Auricularia auricula* sobre troncos de madera podridos. Un avance significativo en el cultivo de hongos se dio en Francia hacia el año de 1600 con el cultivo del champiñón (*Agaricus bisporus)* sobre una composta de estiércol de caballo, cuya aceptación se ve reflejada en la demanda de los consumidores, ya que este hongo hasta la actualidad se encuentra en el primer lugar mayor producción a nivel mundial, seguido por especies como Shiitake (*Lentinula edodes*) y *Pleurotus* spp (Chang y Miles, 2004; Naranjo y Herrera, 2000).

2.2.3. *Pleurotus* spp

Pleurotus spp*.,* es el nombre genérico de toda una gama de hongos saprofíticos comestibles en los que se ha logrado imitar sus hábitos ecológicos naturales (troncos de árboles secos, generalmente pobres en nutrientes, ramas muertas, hojarascas, etc.) para cultivarlos en sustratos lignocelulósicos diversos. Ellos constituyen alrededor de 50 especies, muy conocidas en el mundo entero, diversas tanto por sus colores, (amarillo, blanco, gris, marrón oscuro e inclusive rosado) como por sus formas, sabor o por sus exigencias técnicas (Sobal *et al.,* 2007).

Es cosmopolita, encontrándose presente en todos los continentes. La producción de hongos de este género para consumo humano ha experimentado un crecimiento extraordinario a nivel mundial fundamentalmente en países como Japón, Corea, Taiwán, Filipinas, Estados Unidos y Alemania; lo cual se debe a las ventajas de su cultivo en comparación con el cultivo del champiñón (Martínez *et al.*, 2000; Sánchez y Royse, 2002: Quimio, 2005).

La clasificación taxonómica del género *Pleurotus* se referencia a continuación (Sánchez y Royse, 2001) y la estructura morfológica de *Pleurotus* spp., (figura 04).

- Reino: Fungi
- División: Basidiomicotina
- Clase: Homobasidiomicete
- Subclase: Hymenomicete
- Orden: Agaricales
- Familia: Tricholomataceae
- Género: *Pleurotus*

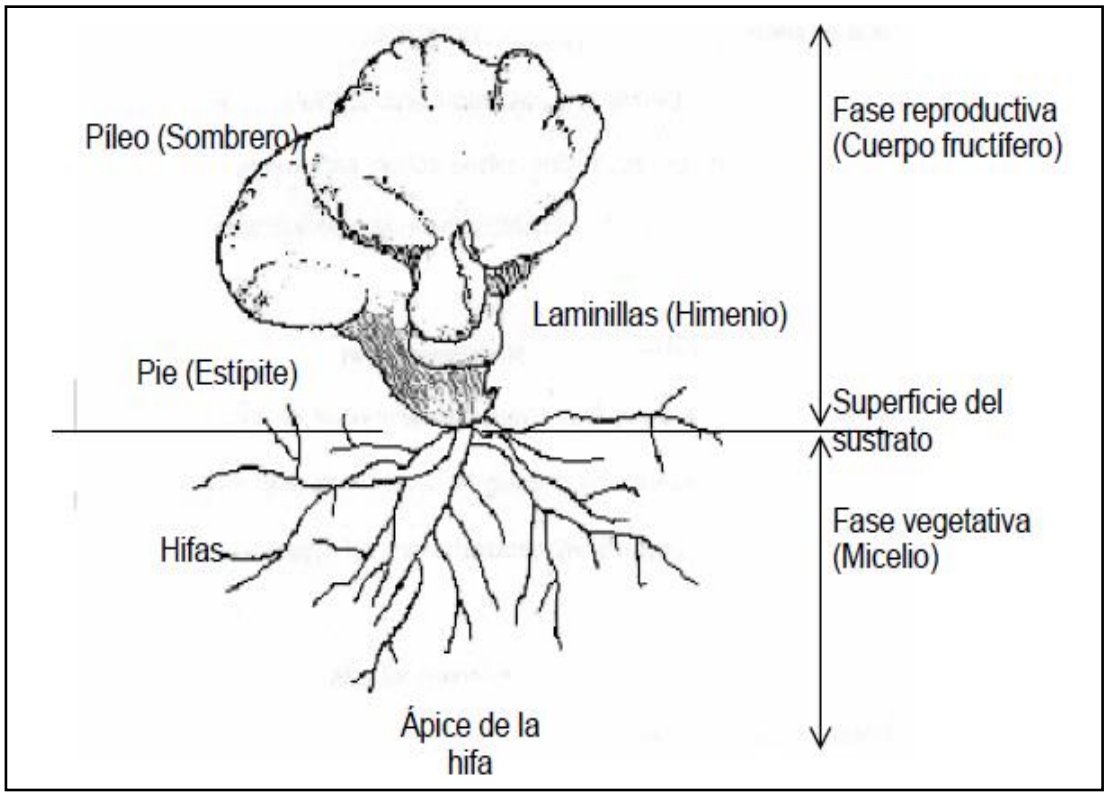


Figura 04. Estructura morfológica del *Pleurotus* spp. (Ramos, 2007).

2.2.4. Propiedades nutricionales de las setas

Existen infinidad de escritos donde se menciona el uso de diferentes variedades de hongos como remedios para tratar un sinnúmero de enfermedades, sobre todo en la cultura oriental; en China y Japón, por ejemplo, se conocen gran cantidad de especies que se utilizan desde el año 100 de nuestra era para tratar muchas enfermedades (Chang, 2005).

Cuadro 01. Contenido Nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

Sustancia	%
Agua	92.2
Materia seca	7.8
Ceniza	9.5
Grasa	1
Proteína bruta	39
Fibra	7.5
Fibra cruda	1.4
Nitrógeno total	2.4
Calcio	33mg/100g
Fósforo	1.34mg/100g
Potasio	3793mg/100g
Hierro	15.20mg/100g
Ácido ascórbico. Vit. C	90-144mg/100g
Tiamina. Vit. B1	1.16-4.80mg/100g
Niacina. Vit. B5	46-108.7mg/100g
Ácido fólico	65mg/100g

Fuente: Ramos (2007).

2.2.4.1. Proteínas

Los diferentes valores de la proteína en los hongos dependen del tipo de tejido, estado de desarrollo, sustrato utilizado, condiciones culturales e inclusive a veces del método de análisis utilizado. Los hongos normalmente contienen entre 19 -35% de proteína. Además de su contenido proteico y de su muy bajo contenido de colesterol, las setas son una excelente fuente de vitaminas. Los cuerpos fructíferos de los *Pleurotus* spp*.,* o setas, que son las partes comestibles, son una excelente fuente de proteína de buena calidad, esto debido a que en su contenido, están presentes todos los aminoácidos esenciales, y son especialmente ricos en lisina y leucina, que no se encuentran en muchos alimentos con cereales. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 y 30% aunque puede llegar a ser hasta del 40% (Fierro, 2005).

2.2.4.2. Carbohidratos

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

2.2.4.3. Lípidos

Pleurotus ostreatus contiene del 3 al 5% de lípidos en peso seco. La grasa cruda contenida en este tipo de hongos es mayor en el estípite que en el pileo y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroles, esterolésteres y fosfolípidos. (Breene, 1990; citado por Ramos, 2007).

2.2.4.4. Vitaminas

Todos los hongos suelen ser una buena fuente de tiamina (vitamina B_1), riboflavina (vitamina B_2), niacina, biotina y ácido ascórbico (vitamina C). En el caso de *Pleurotus ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra entre 4.8 y 7.8mg/100g, riboflavina 4.7 a 4.9mg/100g y niacina 55 a 109 mg/100g, todo en peso seco.

Los contenidos de ácido ascórbico (vitamina C) son muy altos, hasta de 36 a 58mg/100g del peso seco por lo que pueden ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales, éstos pueden ser utilizados en el tratamiento del escorbuto, la diabetes, hipoglucemia, cáncer, etc. (Mera, 2005).

2.2.4.5. Minerales

Los hongos absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados, por lo general contienen buena cantidad de fósforo y potasio, y calcio en menor cantidad. En el caso de *Pleurotus* spp**.**, se han encontrado,

además de los ya mencionados, buenas cantidades de zinc, cobre y magnesio. Una proporción media de hierro y manganeso. El calcio, aluminio y sodio se ha encontrado en pequeñas cantidades. También se han encontrado trazas de fósforo, arsénico y mercurio (Breene, 1990; citado por Ramos, 2007).

2.2.5. Propiedades medicinales de las setas

Recientes investigaciones han demostrado que algunas variedades de hongos comestibles con el nombre de “setas” (*Pleurotus ostreatus*), contienen cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral, que son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir la formación de éstos (Miles y Shu-Ting, 1997; citado por Ramos, 2007).

Los mismos mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA, y otras enfermedades de origen autoinmune como la Artritis reumatoide o el Lupus. (Ramos, 2007).

Tienen también propiedades antiinflamatorias, se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa, y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fungicida y antibiótica, estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus japonicus, Pleurotus ostreatus* y *P. Cornucopiae* (Yoshida *et al*., 1994; citado por Ramos, 2007). Se ha reportado que estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas.

Ayuda a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares lo cual también podría ocurrir en seres humanos (Bobek *et al.,* 1990; citado por Ramos 2007).

Disminuye el contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si solo tiende a hacer que la presión arterial disminuya, se sabe también que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertensión arterial, casi todos los hongos comestibles son ricos en este mineral y las setas no son ninguna excepción. También se ha demostrado que la ingesta de setas, permite una mejor absorción de minerales a nivel intestinal, esto debido a la presencia de métalo proteínas (Hobbs, 1996; citado por Ramos, 2007).

Poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes, o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (Capich y Shashkina 1992; citado por Ramos 2007).

2.2.6. Factores que influyen en el rendimiento de *Pleurotus* spp.

El cultivo de Pleurotus es aparentemente sencillo, pero es necesario manejar la gran cantidad de factores que condicionan el óptimo desarrollo y productividad. En la producción de setas del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* influyen factores físicos, químicos y biológicos, y que le van a afectar dependiendo cual sea su etapa de desarrollo (Rajarathnam y Bano, 1987), a continuación se mencionan los siguientes factores.

2.2.6.1. Temperatura.

La temperatura es un factor vital para el cultivo de Pleurotus. En general, muchas especies son cultivadas en un rango de 20 a 30 °C. Por lo que son llamados hongos subtropicales. Mientras las especies de Agaricus y Valvoriella son conocidas como hongos templados y tropicales respectivamente.

La temperatura influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. La susceptibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Así, es posible y aun frecuente que un hongo tenga una temperatura óptima de germinación y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de su temperatura óptima de fructificación.

Pleurotus es un género de hongo cuyo micelio puede crecer en un rango amplio de temperaturas, reportó que las especies *P. ostreatus*, crecían en un rango entre 0 y 35°C con temperaturas óptimas de 30°C. Este mismo autor demostró que estas especies podían soportar 40°C durante 24 horas (pero no 72 h), y después reiniciar su crecimiento. Por regla general, las temperaturas óptimas para la fructificación de las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial (Sánchez Vásquez, 1994).

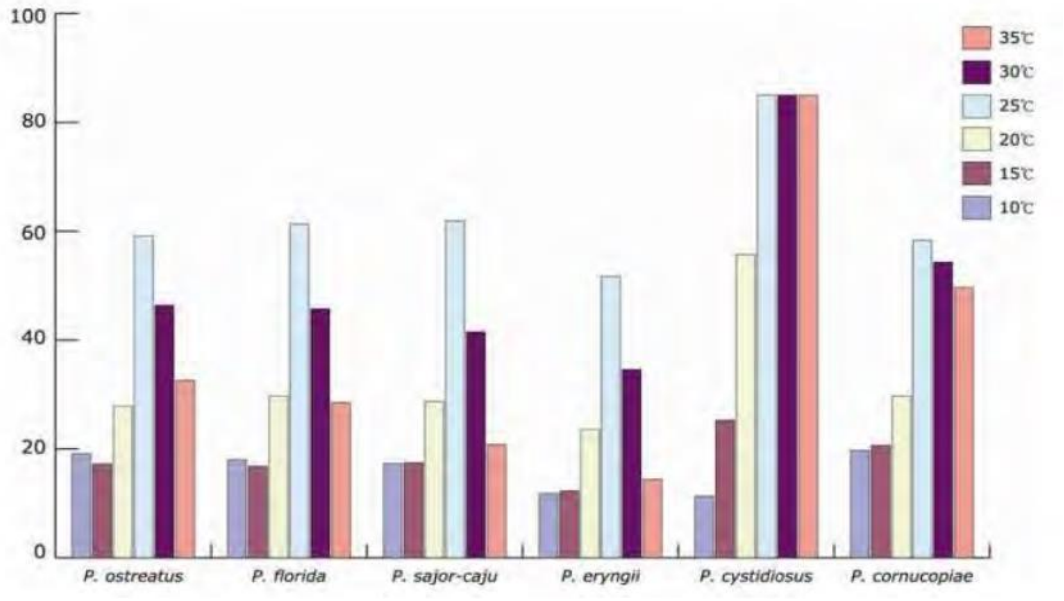


Figura 05. Gráfica de Efectos de diferentes temperaturas en el crecimiento micelial de diferentes especies del género *Pleurotus.* (Sánchez, 2013).

2.2.6.2. Humedad Relativa

En cuanto a la humedad relativa, estudios que se han hechos sobre el efecto que tienen sobre el crecimiento y reproducción de setas indican que es principalmente el de evitar la desecación del sustrato y de cuerpos fructíferos. Los rangos a la que mejor se desarrollan están entre un 70 y 80%. Pero, también indican que la humedad ambiental en combinación con la temperatura óptima puede incrementar la producción, es decir, la humedad relativa por sí sola no es suficiente para incrementar la producción. (García, 1991).

2.2.6.3. Contenido de humedad y tamaño de partícula del sustrato

El contenido de humedad en el sustrato es uno de los factores más simples pero vitales para el desarrollo y producción del hongo Pleurotus. El rendimiento de la producción en sustratos que tienen entre el 70 y el 80% de agua es satisfactorio. Aquí el tamaño de partícula tiene una relación directa con el contenido de humedad. El mismo contenido de agua con partículas grandes puede no ser bueno para el cultivo si se reduce el tamaño de partícula porque los espacios aéreos se ven muy reducidos. Contrariamente, cama de paja entera con 75% de agua no darían mejor producción debido a que los espacios entre la paja son grandes y el sustrato está expuesto a la desecación activa (Martínez *et al*., 2000).

2.2.6.4. El pH

Las respuestas de los hongos al pH son en gran medida por otros factores no relacionados, sin embargo, en el laboratorio muchos hongos crecen en un intervalo de pH de 4.5 a 8.0, y muestran un amplio intervalo de pH óptimo de 6.5 a 7.5.

Una buena parte de la información acerca del pH proviene de estudios sobre las enzimas pépticas de los organismos que descomponen las frutas y verduras almacenadas. Las enzimas de las bacterias a menudo tienen un pH

óptimo de aproximadamente 7.0, mientras que las mismas enzimas de los hongos por lo general tienen un pH óptimo entre 5.0 y 5.5.

En cuanto al crecimiento a niveles extremos de pH, hay varios hongos acidófilos o tolerantes al ácido, pero sólo hay unos cuantos (si acaso los hay) verdaderamente basófilos. (Sánchez, 1994).

2.2.6.5. Luz

La luz no es un factor crítico que afecte el crecimiento o producción de cuerpos fructíferos. Sin embargo, algunos investigadores consideran que le cultivo de este hongo es necesaria la luz para la formación primordios y su posterior crecimiento. Aun así, lo cierto es que dentro de su hábitat natural crece normalmente en la oscuridad. Algunas especies de color claro tienden a oscurecerse al ser expuestas a la luminosidad intensa (Rajarathnam y Bano, 1987; citado por Martínez *et al*., 2000).

2.2.6.6. Aireación

La mayoría de los hongos son aerobios estrictos; requieren de oxígeno cuando menos en pequeñas cantidades para su crecimiento, sin embargo, hay algunas excepciones a esta regla general que parecen estar dentro de tres categorías. La Primera, cierto número de levaduras y varios hongos filamentosos pueden crecer fermentando azúcares. Las especies filamentosas incluyen a *Fusarium oxysporum.* Una segunda categoría del comportamiento de los hongos la representan los pocos hongos fermentadores obligados de las aguas estancadas. Estos hongos carecen de mitocondrias y citocromos, por ejemplo: *Aqualinderella fermentans.* La tercera categoría incluye algunos hongos recientemente descubiertos que se asemejan a los Chytridiomycetes.

2.2.6.7. Agua

Existen varias formas de definir la disponibilidad de agua para un organismo. Los micólogos a menudo se han referido a humedad relativa (HR) en equilibrio, en cuyo caso el 70% de HR es, para fines prácticos, el límite inferior para el crecimiento de los hongos, aunque algunos crecen con mucha lentitud a una HR menor de 65%.

Los hongos muestran un comportamiento muy variado con respecto a la disponibilidad de agua, pero en general son más tolerantes a la escasez de agua que otros organismos. Debe aclararse que muchos de los medios en los que crecen estos hongos no son “secos” en el sentido cotidiano de la palabra. Más bien, contienen agua que debido a sus altas concentraciones de solutos, no está disponible para la mayoría de los organismos. Por esta causa algunas de las especies tolerantes a la sequía se describen mejor como osmófilas u osmotolerantes.

2.2.6.8. Celulosa y hemicelulosa

Durante su crecimiento en la naturaleza sobre residuos de plantas usa los azucares libres (representan el 1 ó 2 % de sustrato seco), después utiliza la celulosa y Hemicelulosa como principales fuentes de carbono para su crecimiento y fructificación. Las especies de *Pleurotus* segregan enzimas celulolíticas y hemicelulolíticas las cuales ayudan a sacarificar el sustrato, una gran parte de estos azúcares son dirigidos hacia el crecimiento y metabolismo, mientras que el resto queda en el sustrato.

2.2.6.9. Biológicos

Los factores biológicos incluyen el efecto de microorganismos y macroorganismos. Los cuerpos fructíferos son consumidos por muchos tipos de animales, desde gusanos a mamíferos. El sustrato fresco podría ser atacado por hormigas, ardillas y ratas, entre otros. Por lo anterior es

conveniente evitar su presencia en el área de incubación y fructificación (Martínez Cañedo, 2012).

2.2.7. Requerimientos nutricionales

2.2.7.1. 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. Las especies de *Pleurotus* tienen la capacidad de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno, como el nitrato de potasio o la urea, aunque se observa que prefieren las fuentes orgánicas para un crecimiento óptimo, (Sánchez y Royse, 2002).

2.2.7.2. Carbono

El carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, 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. (Sánchez Vásquez 1994).

2.2.7.3. Relación carbón-nitrógeno.

Los hongos del género *Pleurotus*. Pueden crecer con relaciones C/N entre 30 y 300 pero necesita una selectividad biológica (microbiota protectora y no competidora). La relación C/N óptima del sustrato depende de la fase en la que se encuentra el hongo, altas relaciones C/N favorecen el crecimiento del micelio y bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpos fructíferos, (Sánchez y Royse, 2001).

2.2.8. Sustratos utilizados para el cultivo de P. *ostreatus.*

En la naturaleza las especies de Pleurotus se desarrollan sobre plantas vivas o muertas, las cuales son pobres en nutrientes y vitaminas. (Zadrazil 1978, citado por Nevárez Quiñones, 2012) dice que tanto el micelio como los cuerpos fructíferos pueden desarrollarse sobre residuos lignocelulosicos con relaciones de carbono: nitrógeno de 1:50, 1:100 y 1:500, tales como rastrojo de maíz, pajas, papel, aserrín, cáscaras de cacahuate y residuos vegetales de la industria alimentaria. Esta capacidad del *Pleurotus* de colonizar sustratos pobres en nitrógeno es una adaptación ecológica para desarrollarse y vivir en la naturaleza. Las especies de Pleurotus poseen un gran potencial de conversión de los desechos lignocelulosicos de poco valor nutritivo a alimento rico en proteínas (Pulido y Andrade 1990, citado por Nevárez Quiñones, 2012).

Los materiales más comúnmente utilizados como fuente de carbono incluyen la paja de trigo, de avena, de centeno, de sorgo y de algodón, virutas de madera y de corteza, subproductos de algodón, heno, tallos de planta de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa de mazorca, hoja de té, cáscara de maní, harina de soya, cáscaras de semillas de girasol, desperdicios de alcaucil, desperdicios de yuca, agave, residuos de la industria papelera (diarios, cartones), hojas de plátano, cactus, yuca, pulpa de cardamomo, fibra de coco, hojas de limón, tallas de pimienta, paja de arroz, bagazo de caña, entre otros (Miles y Chang, 1997; Stamets, 2002, citado por Nevárez Quiñones 2012).

El sustrato debe de contener todos los nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo. Entre ellos deben de estar la celulosa, las hemicelulosas y la lignina, que funcionan como fuentes principales de carbono y nitrógeno. Es recomendable además que el sustrato esté libre de sustancias antifisiológicas que afectan, el crecimiento del micelio, como son los taninos, fenoles, ácidos, resinas, compuestos aromáticos etc., provenientes de fumigaciones o de malos manejos, (Donoso 1999, citado por Nevárez Quiñones, 2012).

2.2.8.1. Bolaina blanca *(Guazuma crinita)*

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 Humbolt se ha obtenido un incremento promedio de 3.26 cm/año para el DAP y 4.06 m/año para la altura y en las parcelas establecidas en la zona aluvial de los alredores de Pucallpa se observan crecimientos muy aceptables, pudiendo llegar en los mejores casos a los 30 m^3 ha^{-1} $año^{-1}$. Con tasas de crecimiento promedio entre 25 a 35 m^3 $ha^{-1}año^{-1}$, a un distanciamiento de 3 m x 3 m en suelos adecuados, se calcula una rotación comercial entre 7 a 9 años. (Baldoceda *et al.,*1991).

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. (Wightman *et al*., 2006).

Sánchez (1995), menciona que la bolaina blanca pertenece a la familia: Sterculiaceae, género: *Guazuma*, especie: *crinita* M. 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), 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 basefoliar; sus frutos son seco dehiscentes de forma esférica (0.64 cm) provistos de pubescencias.

El cultivo de bolaina en plantaciones a gran escala lo realiza la empresa REFOLASA SAC con 1200 hectáreas en la región del Codo de Pozuzo. El cultivo en plantación tiene varias ventajas. Siendo una especie de rápido crecimiento es exigente en suelos planos aluviales, algunas veces inundables, lo que hace tener en cuenta algunas restricciones para su manejo en aéreas de colinas drenadas. (Ara, 2009).

Cuadro 02. Composición del aserrín de madera (%)

Composición nutricional	Contenido
Celulosa	40 – 61
Hemicelulosas	15 – 30
Lignina	17 – 35
Extractivos	1 – 20
Cenizas	0.2 – 5.8

Fuente: Ara, 2009.

2.2.8.2. Sacha Inchi

Pascual (2000), menciona que Sacha Inchi es una planta voluble semileñosas y perenne que alcanza una altura de 2 m aproximadamente. Con hojas alternas, acorazonadas, puntiagudas de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, pecíolos de 2-6 cm de largo. Las nervaduras nacen en la base de la hoja, se orientan a la nervadura central y el ápice. El género se caracteriza por ovarios con cuatro carpelos, estilo total o parcialmente connado y hábito frecuente trepador (figura 6). Para la identificación de la especie en el terreno la característica principal es la presencia de glándulas conspicuas, basilaminadas, redondeadas o elípticas en la cara axial de las hojas y el fruto tetrámero**.**

Pascual (2000), destaca la importancia del contenido de ácido linolénico (43.75 %) y el ácido linoleico (36,99%), así como la presencia de ácidos grasos

saturados como el ácido palmítico (5,61%), cuyas características son similares a los vegetales comestibles; se remarca la cantidad de proteína de la torta (59.13%) en base seca.

Las semillas del inchi tienen alto contenido de proteínas (33%) y aceite (49%). Y su aceite es una de las fuentes vegetales más grandes de Omega, un ácido graso esencial para la vida del ser humano. Contiene Omega 3 (48%), Omega 6 (36%), Omega 9 (9%), proteínas (33%) y antioxidantes (50%). Son ricas también en yodo y en vitaminas A y E.



Figura 06. Planta de sacha inchi

2.2.8.3. La cáscara de sacha Inchi

Se utiliza como insumo aportante de fibra en la elaboración de alimento balanceado para animales (figura 7).



Figura 07. Cáscara de sacha inchi.

2.2.8.4. Torta de sacha inchi

La torta obtenida después del proceso de extracción del aceite de sacha inchi, contiene alta cantidad de proteína (59%) y grasa (6%) en base seca, y surge como alternativa de la torta de soja, pues la actividad avícola y pecuaria importa aproximadamente cien mil toneladas de torta de soja al año. Valles (1995), menciona que actualmente se están formulando mezclas nutritivas de sacha inchi con maíz amarillo duro, arroz, plátano, yuca, harinas para fideos y leche y derivados lácteos para consumo humano.

Cuadro 03. Resultados del análisis de la torta de sacha inchi.

Componente	Base húmeda (%)	Base seca (%)
Humedad	0.695	0.000
Proteína total	58.7197	59.1307
Grasa cruda	6.8823	6.9305
Fibra cruda	17.1826	17.3029
Ceniza	8.6599	8.7205
Carbohidratos	7.8605	7.9155
Total	**100**	**100**

Fuente: Ramírez (2011).

2.3. Definición de términos básicos

Cepa: Variación de un tipo de inoculo. Para una especie existen diversas variaciones de esta seta las cuales presentan distintas características pero con un denominador común (Nichols, 1993).

Sustrato: se llama al material del cual el hongo se alimentara y sobre el cual se desarrollara. Puede ser cualquier residuo postcosecha, siempre y cuando sea rico en lignina y celulosa. Sustancia sobre la cual se basa un cultivo, contiene elementos orgánicos que sirven de nutrientes para el cultivo.

Aserrín. El aserrín es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. Los residuos forestales, sobre todo el aserrín, son altamente contaminantes para elMedio ambiente (Arostegui, 1990).

2.4. Hipótesis

La utilización de mezcla de sustrato con aserrín, cáscara y torta de sacha inchi incrementara la producción significativamente de diferentes cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp.

2.5. Variables

Las variables analizadas son descritas como se muestra a continuación:

2.5.1. Variable independiente (X)

- Mezcla de sustratos
  - Aserrín de bolaina blanca
  - Cáscara de sacha inchi
  - Torta de sacha inchi
- Cepas de *Pleurotus* spp.
  - HC-2
  - HC-3

2.5.2. Variable dependiente (Y)

- Tiempo de cultivo de cepas de *Pleurotus* spp.
  - Tiempo de cultivo
  - Precocidad de incubación
- Producción del hongo *Pleurotus* spp.
  - Número de carpóforos
  - diámetro de carpóforos (mm)
  - longitud de pie (mm)

- Porcentaje de eficiencia biológica del sustrato
- Rendimiento

– Análisis Bromatológico

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Nivel de investigación

Este trabajo de investigación es de tipo básico y nivel experimental.

3.2. Método de la Investigación

3.2.1. Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología y en el Módulo de Producción de Hongos Comestibles de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA), en la carretera San José de Tushmo Km 0.5, en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo y de Ucayali, con ubicación geográfica a 9077293 norte y 544973 este y a 152 msnm.

3.2.2. 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, luego se calentó el vaso de precipitado en una cocinilla eléctrica, agitando constantemente la solución con una varilla de vidrio hasta su homogenización.
- Posteriormente se dispenso el medio de cultivo en matraces Erlenmeyers para ser esterilizados en una autoclave, a 121°C/ 1 atmósfera de presión/ 20 minutos.

- Seguidamente, 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 hongos comestibles

- La recolección de los cuerpos fructíferos de hongos comestibles silvestres, fue efectuada de las zonas boscosas y húmedas del sector Shambillo, centro poblado Boquerón, Aguaytia. Estas fueron colocadas en bolsas herméticamente cerradas y codificadas, luego guardadas en el refrigerador de la UNIA a 12 ºC.
- Se procedió a cortar pequeños trozos de carpóforos (1 cm^2), los cuales fueron colectados en un vaso de precipitado. Para desinfectarlo se agregó 100 ml de alcohol de 70%, por un espacio de 1 minuto, luego se retiró los rozos de carpóforos con una pinza estéril, y se colocó en otro vaso precipitado con 100 ml de hipoclorito de sodio al 1%, por un espacio de 1 minuto, y se enjuago los pedazos de carpóforos con agua destilada estéril.
- Se procedió a sembrar los pedazos de carpóforos de los hongos desinfectados en forma equidistante, en forma de cruz, sobre las placas petri con medio de cultivo preparado anteriormente.
- Posteriormente, se rotuló las placas petri y se selló con cinta plástica, para su incubación dentro de una incubadora a temperatura ambiente por un espacio de 5 días. Luego de la formación de las colonias en el medio de cultivo, se realizó el aislamiento de las colonias en placas petri nuevas con el mismo medio de cultivo. Las colonias aisladas fueron colocados en la incubadora para su desarrollo, hasta la obtención de cepas purificadas (anexo 8).

3.2.3. Propagación de inoculo “semilla”

A. Preparación del sustrato de trigo

- Se lavó 4.5 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 cinta plástica y se rótulo con el nombre de la cepa del hongo y la fecha de siembra (ejemplo HC-2, 03-02-14) (anexo 9).

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 agito 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”.

3.2.4. Cultivo de cepas de hongos comestibles 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 costales negros de polietileno, se construyó tres estantes de 1.5 m de alto por 4 m de largo y 40 cm de ancho, con tres repisas cada una colocando dos tubos fluorescentes para proporcionar luz.
- 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 en costales, mientras que la cáscara y torta de sacha inchi se obtuvo de la planta de procesamiento de aceite de sacha inchi perteneciente al proyecto “Centro de capacitación, transformación y procesamiento de plantas medicinales y alimentarias en la UNU, del fondo general contravalor Perú – Japón.
- El aserrín fue colocado en un montículo, mezclado con agua, hasta obtener una humedad de 70%. La cáscara de sacha inchi fue remojado en agua durante cuatro horas y se dejó colgado en un costal para que se escurra por

un tiempo de 12 horas, hasta que adquiera entre 70 – 75% de humedad. Por otra parte a la torta se agregó un litro de agua por Kg.

- 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 80 bolsas llenas con los sustratos 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.
- Se tomó una muestra del sustrato en un vaso precipitado y se agregó agua destilada a razón de 1:2.5, donde se realizó la homogenización para determinar el pH, este fue evaluado con un pHmetro marca HANNA (anexo 12).

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 80 bolsas de un kg de sustrato y se usó 1.6 kg de trigo colonizado.

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 (anexo 10 y 11).

- 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 (anexo 13).
- 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 dejando un espacio libre de 0.4 m alrededor de cada bolsa esto es con la finalidad de que el hongo tenga suficiente espacio para que los carpóforos puedan crecer con facilidad. Una vez que los primordios empezaron a salir se abrió las ventanas y las bolsas fueron aperturadas con una navaja estéril (anexo 14 y 15).
- 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 y rosada (anexo 16).

- La primera cosecha de los cuerpos fructíferos (carpóforos) se obtuvo a los cuatro o cinco días; ésta 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. (anexo17 y 18).

3.3. Condiciones ambientales del módulo de producción de hongos comestibles

A. Luz

Para la etapa de desarrollo del micelio en la oscuridad, se acondicionó un cuarto cubierto con costal negro. En la etapa de fructificación se quitó los costales de las ventanas y 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.

B. Temperatura

En el cuadro 04 se muestra los promedios de temperatura observados durante el periodo de cultivo de los hongos comestibles.

Cuadro 04. Promedios de temperatura evaluados en el período de cultivo

Etapa del cultivo	Temperatura °C		
	07:30	**12:00**	**17:00**
Incubación	26.78	28.19	28.86
Fructificación	25.31	26.78	27.00

Fuente: Elaboración propia

Para controlar este parámetro, en el área de fructificación, con el fin de controlar la temperatura, en caso de que excediera de 30°C, se abrió los costales para ingrese la corriente de aire.

Se realizó monitoreos de temperatura en la etapa de fructificación registrando los valores. La temperatura varió durante las 24 horas del día en un rango mínimo, en la etapa de incubación se mantuvo entre 26.7 a 28.9 °C, y en la etapa de fructificación se disminuyó abriendo las ventana, 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).

C. Humedad relativa

En el cuadro 05 se muestra los promedios de humedad relativa observados durante el período de cultivo de los hongos comestibles.

Cuadro 05. Promedios de humedad evaluados en el período de cultivo

Etapa del cultivo	Humedad relativa %		
	07:30	**12:00**	**17:00**
Incubación	82.63	77.57	78.00
Fructificación	88.68	86.43	80.80

Fuente: Elaboración propia

Durante la noche la humedad relativa se mantenía prácticamente constante, en el día se tuvo un amplio rango de variación debido a los riegos oscilaba entre el 70 y el 85%.

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, citado por 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.

D. Humedad y pH de los sustratos

En el cuadro 06 se muestra los porcentajes de humedad y pH de los sustratos, durante el periodo de cultivo de los hongos comestibles.

Cuadro 06. Datos de porcentaje de humedad y pH de los sustratos.

Mezcla de Sustratos	Humedad (%)	Materia Seca (%)	pH
Aserrín de bolaina blanca	75.41	24.59	7.3
Aserrín de bolaina blanca 60% + cáscara de sacha inchi 40%	74.19	25.81	6,37
Aserrín de bolaina blanca 60% + torta de sacha inchi 40%	61.94	38.06	4.8
Aserrín de bolaina blanca 60%+ +cáscara 20% y torta de sacha Inchi 20%.	64.02	35.98	5.5

Fuente: Elaboración propia.

La humedad del sustrato fue evaluado al inicio de la siembra del micelio, encontrándose superiores al 50%, hasta el 75%, humedad ideal para el desarrollo del micelio como lo menciona Sánchez (2013). Los sustratos presentaron pH diferentes, siendo el aserrín de bolaina blanca con 7.3 y Aserrín de bolaina blanca + cáscara de sacha inchi con 6.37 rangos permisibles para el desarrollo de *Pleurotus* spp., sin embargo el aserrín de bolaina blanca más torta de sacha inchi y la combinación aserrín más cáscara y torta de sacha inchi presentaron pH ácidos con datos 4.8 y 5.5.

3.4. Variables que se analizaron

- **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.

- **Tiempo de cultivo:** Tiempo total desde la siembra hasta la última cosecha de los carpóforos.

- **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 (ver anexo 19).

- **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, 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 (ver anexo 20 y 21), (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).

3.5 Diseño de investigación

3.5.1. Diseño experimental

Se empleó el diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial 2A x 4B, con los factores de cepas (A), y mezclas de sustratos (B). ; en el primer factor se usaron a_1= cepa HC-2 y a_2=cepa HC-3; mientras que para el factor (B), los niveles fueron: b_1=aserrín de bolaina; b_2= aserrín de bolaina, cáscara de sacha inchi, b_3=aserrín de bolaina, torta de sacha inchi; b_4=aserrín de bolaina, cáscara y torta de sacha inchi; cuyas combinaciones hacen un total de 8 tratamientos, cada una de las cuales tuvo 10 repeticiones, que hacen en total 80 unidades experimentales.

El modelo estadístico del diseño experimental utilizado fue

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = observación del estudio

μ = media general

A*i* = efecto del nivel *i* del factor A (cepas)

B*j*= Efecto del nivel *j* del factor B (Mezcla de sustratos).

(AB) *ij* = Efecto de la interacción entre los niveles i y j de los factores A y B.

E*ijk*= Error experimental.

Cuadro 07. Factor y nivel utilizados en la investigación.

FACTOR	**NIVEL**
A (cepas)	a_1 (HC-2)
	a_2 (HC-3)
B (mezcla de sustratos)	b_1 (aserrín de bolaina blanca)
	b_2 (aserrín, cáscara de sacha inchi)
	b_3 (aserrín, torta de sacha inchi)
	b_4 (aserrín, cáscara, torta de sacha inchi)

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Tratamiento en estudio

Los componentes en estudio del presente trabajo de investigación fuerón:

Cuadro 08. Descripción de los tratamientos en el estudio.

Trat.	Clave	Cepas nativas de *Pleurotus* spp. (A).	Mezcla de sustratos (B).
T1	a_1b_1	Cepa HC-2.	Aserrín de bolaina 100 %
T2	a_2b_1	Cepa HC-3	Aserrín de bolaina 100 %
T3	a_1b_2	Cepa HC-2	Aserrín de bolaina 60% + cáscara de sacha inchi 40 %
T4	a_2b_2	Cepa HC-3	Aserrín de bolaina 60% + cáscara de sacha inchi 40 %
T5	a_1b_3	Cepa HC-2	Aserrín de bolaina 60% + torta de sacha inchi 40 %
T6	a_2b_3	Cepa HC-3	Aserrín de bolaina 60% + torta de sacha inchi 40 %
T7	a_1b_4	Cepa HC-2	Aserrín de bolaina 60% + cáscara 20% + torta de sacha inchi 20%
T8	a_2b_4	Cepa HC-3	Aserrín de bolaina 60% + cáscara 20% + torta de sacha inchi 20%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 09. Grados de libertad del Estudio

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	
Factor A	1	a-1
Factor B	3	b-1
Interac. AxB	3	(a-1) (b-1)
Error	72	(r-1) (ab-1)
Total	**79**	**Rab- 1**

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10. Aleatorización de los tratamientos

Aleatorización de los tratamiento			
1	2	5	6
3	3	5	8
2	1	7	8
3	3	8	5
3	4	8	6
1	3	8	6
4	2	7	7
1	3	5	7
4	1	7	5
2	4	6	6
3	2	7	8
1	2	7	8
4	4	5	5
2	2	6	8
4	4	6	5
1	1	8	7
4	4	6	6
2	3	7	8
3	2	5	7
1	1	6	5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11. Efectos simples, principales y de interacción de los factores

	FACTOR A		Efecto simple de A	Efecto principal de A
FACTOR B	$\mathbf{a_1}$	$\mathbf{a_2}$	(a_2-a_1)	[(T2-T1)+(T4-T3)+(T6-T5)+(T8-T7)]/4
$\mathbf{b_1}$	T1	T2	(T2-T1)	
$\mathbf{b_2}$	T3	T4	(T4-T3)	
$\mathbf{b_3}$	T5	T6	(T6-T5)	
$\mathbf{b_4}$	T7	T8	(T8-T7)	
Efecto simple de B	[(T3-T1)+(T5-T3)+(T5-T1)+(T7-T5)+(T7-T3)+(T7-T1)]/6	[(T4-T2)+(T6-T4)+(T6-T2)+(T8-T6)+(T8-T4)+(T8-T2)]/6		
Efecto principal de B	[[(T3-T1)+(T5-T3)+(T5-T1)+(T7-T5)+(T7-T3)+(T7-T1)]**+** [(T4-T2)+(T6-T4)+(T6-T2)+(T8-T6)+(T8-T4)+(T8-T2)]]/12			

Fuente: Elaboración propia

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población a estudiar

El comportamiento de las cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., en las mezclas de los sustratos evaluados.

3.6.2. Muestra

El tamaño de la muestra para cada tratamiento fue de10 bloques de mezcla de sustrato basándose en la ecuación para tamaño de muestra para diseño de experimentos (Daniel, 1981; Pinzón, 2006).

3.6.3. Unidad experimental

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

3.7. 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 correspondientes y las pruebas de Tukey pertinentes en cada caso, con la finalidad de determinar el mejor tratamiento y sus efectos en la producción de cepas nativas del Hongo *Pleurotus* spp., en mezclas de sustratos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Precocidad de incubación

El cuadro 12 muestra los días requeridos para el crecimiento micelial de las cepas estudiadas.

Cuadro 12. Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable precocidad (Días).

Cepas nativas de *Pleurotus* spp. (A)	**Mezcla de sustratos (B)**				
	Mezcla $_1$ (b_1)	**Mezcla $_2$ (b_2)**	**Mezcla $_3$ (b_3)**	**Mezcla $_4$ (b_4)**	**Promedio**
Cepa HC-2 (a_1)	19.30 (a)	16.10 (b)	0.00 (c)	0.00 (c)	8.85 (a)
Cepa HC-3 (a_2)	18.80 (a)	15.10 (b)	0.00 (c)	0.00 (c)	8.48 (a)
Promedio	19.05 (a)	15.60 (b)	0.00 (c)	0.00 (c)	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0.05

Para el factor cepa, el análisis de varianza (anexo 1), demuestra que no existen diferencias significativas (p≥0.05) entre las cepas HC-2 y HC-3. Para el factor mezcla de sustratos, en el análisis de varianza (anexo 1), se observa que existen diferencias significativas (p≤0.05), al realizar la prueba de promedios de Tukey, se demuestra en el cuadro 12, que la mezcla de sustratos constituido por aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi fue el más precoces (15.6 días), el cual mostró diferencias significativas (p≤0.05) con respecto al sustrato con aserrín de bolaina (19.05 días), el mismo que mostró diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a los sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento micelial.

En la interacción entre el factor cepa por el factor mezcla de sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 1), demuestra diferencias significativas (p≤0.05) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey, se demuestra en el cuadro 12, la interacción entre las cepas HC – 2 y HC – 3 + la mezcla de sustrato constituido por aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi fueron los más precoces (16.10 y 15.10 días respectivamente), el cual mostró diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 + el sustrato constituido por aserrín de bolaina, (19.30 y 18.80 días respectivamente), los mismos, mostró diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más las mezclas de sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento micelial, como se muestra en la figura 8.

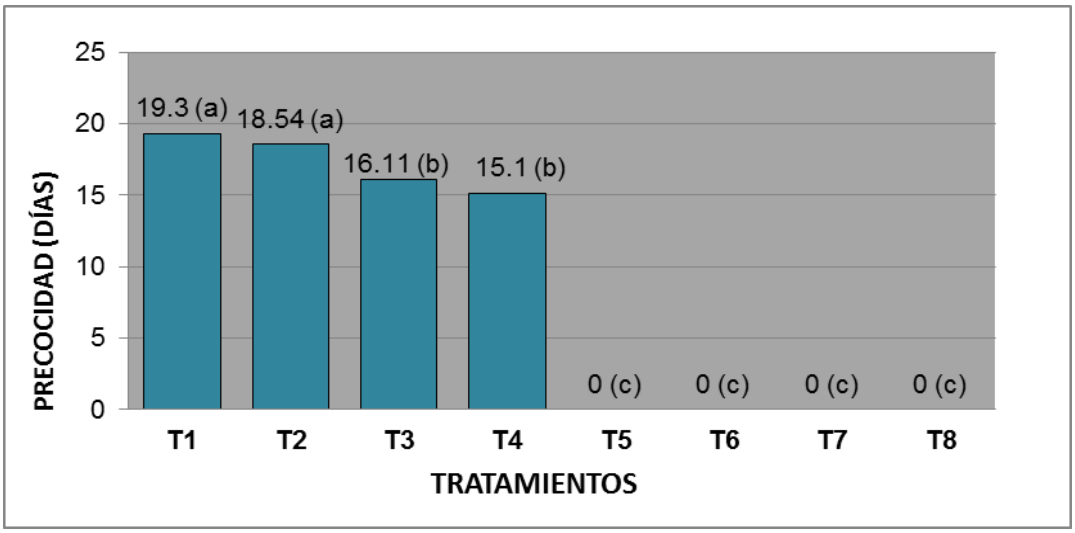


Figura 08. Comportamiento de las interacciones, para la variable precocidad.

El tratamiento T3 y T4 que corresponde a la combinación del aserrín de bolaina blanca más cáscara de sacha inchi, fueron más precoces debido a los componentes que forman esta mezcla de sustrato, además el pH de este sustrato fue de 6.37 ideal para los hongos comestibles y para el aserrín de bolaina blanca fue de 7.30, rangos adecuados para el desarrollo del micelio, sin

embargo en el sustrato aserrín con torta de sacha inchi el micelio invadió un 10% de la bolsa sin desarrollarse más esto se debe a que el pH fue de 5.50, además en la combinación del aserrín más torta y cáscara de sacha inchi no hubo desarrollo micelial debido a que pH fue de 4.80, siendo un sustrato muy ácido que evita el desarrollo de los hongos comestibles.

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. Tiempo de cultivo

El cuadro 13 muestra los días totales requeridos para el crecimiento micelial y la producción de carpóforos.

Cuadro 13. Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable tiempo de cultivo (Días).

Cepas nativas de *Pleurotus* spp. (A)	**Mezcla de sustratos (B)**				**Promedio**
	Mezcla $_1$ (b_1)	**Mezcla $_2$ (b_2)**	**Mezcla $_3$ (b_3)**	**Mezcla $_4$ (b_4)**	
Cepa HC-2 (a_1)	50 (a)	44.6 (b)	0.0 (c)	0.0 (c)	23.65 (a)
Cepa HC-3 (a_2)	45.2 (ab)	44.1 (b)	0.0 (c)	0.0 (c)	22.325 (a)
Promedio	47.60 (a)	44.35 (a)	0.00 (b)	0.00 (b)	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0.05

Para el factor cepa, el análisis de varianza (anexo 2), se observa que no existen diferencias significativas (p≥0.05) entre las cepas HC-2 y HC-3. Para el factor mezcla de sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 2), demuestra

diferencias significativas (p≤0.05) entre los sustratos, al realizar la prueba de promedios de Tukey, se demuestra en el cuadro 13, que las mezclas de sustratos constituido por aserrín de bolaina y aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentaron tiempos de cultivo total de 44.35 días y 47.60 días respectivamente, los cuales no mostraron diferencias significativas (p≥0.05) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a las mezclas de sustratos constituidos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre e los sustratos.

Para la interacción entre el factor cepa por el factor mezcla de sustrato, se demuestra en el análisis de varianza (anexo 2), diferencias significativas (p≤0.05), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 13, se demuestra que, la interacción entre la cepa HC – 2 + aserrín de bolaina mostró el mayor tiempo de cultivo (50 días), el cual no mostró diferencia significativas (p≥0.05) con respecto a la interacción cepa HC – 3 + aserrín de bolaina (45.2 días), el cual tampoco mostró diferencias significativas (p≥0.05) con respecto a las interacciones cepa HC – 2 + aserrín de bolaina y cepa HC – 3 + aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi con 44.6 y 44.1 respectivamente, los mismos que si mostraron diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la mezcla de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento micelial sobre los sustratos, como se muestra en la figura 9.

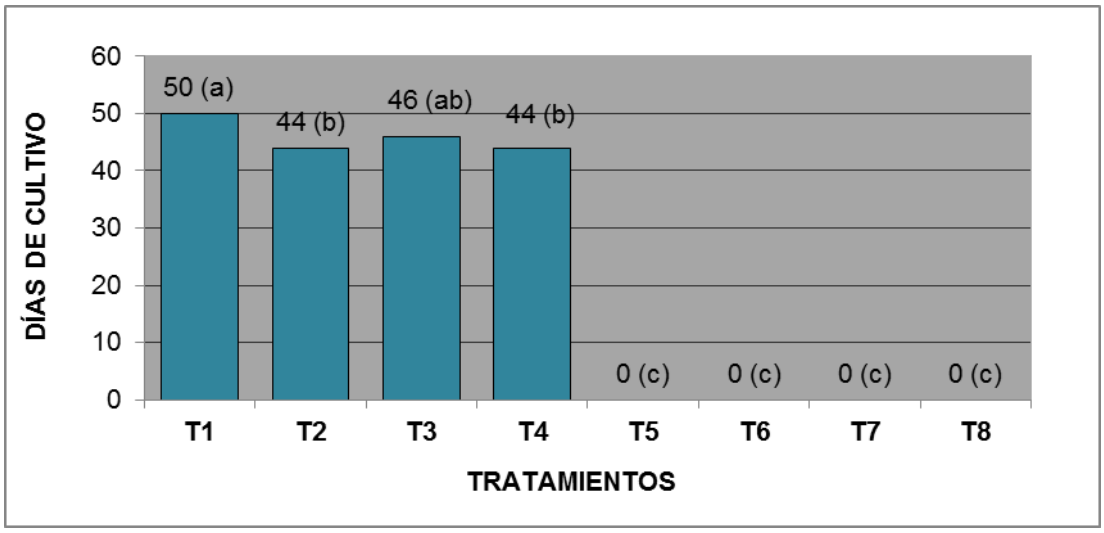


Figura 09. Comportamiento de la interacción, para la variable tiempo de cultivo.

El periódo de cultivo fue evaluado desde la siembra del inóculo hasta la ultima cosecha de los carpóforos, observandose menor tiempo de cultivo al tratamiento T2 y T4 con 44 días de cultivo, seguido por el tratamiento T3 con 46 dias, mientras que el tratamiento T1 tuvo un tiempo de cultivo de 50 dias, esto se debe a que los tratamientos (T2,T3 y T4), lograron tres cosechas en intervalos de 6 a 10 dias, mientras el T1 en intervalo de 10 a 15 días entre cosecha. Este período de cultivo se concuerdan con los rangos expuestos por Sánchez (2013).

4.3. Diámetro de carpóforos

El cuadro 14 muestra el diámetro de carpóforos, evaluados durante la investigación.

Cuadro 14. Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable diámetro de carpóforos (mm).

Cepas nativas de *Pleurotus* spp. (A)	**Mezcla de sustratos (B)**				**Promedio**
	Mezcla $_1$ (b_1)	**Mezcla $_2$ (b_2)**	**Mezcla $_3$ (b_3)**	**Mezcla $_4$ (b_4)**	
Cepa HC-2 (a_1)	62.47 (a)	74.56 (a)	0.0 (b)	0.0 (b)	34.26 (a)
Cepa HC-3 (a_2)	68.08 (a)	73.09 (a)	0.0 (b)	0.0 (a)	35.29 (a)
Promedio	65.28 (a)	73.83 (a)	0.00 (b)	0.00 (b)	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0.05

Para el factor cepa, el análisis de varianza (anexo 2), demuestra que no existen diferencias significativas (p≥0.05) entre las cepas HC-2 y HC-3. Para el factor mezcla de sustratos, se realizó el análisis de varianza (ver anexo 3), en el cual se observa diferencias significativas (p≤0.05) entre la mezcla de sustratos, al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 14, se demuestra que, los sustratos constituido por aserrín de bolaina y aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentaron los mejores diámetros de carpóforos, con 73.83 mm y 65.28 mm respectivamente, los cuales no mostraron diferencias significativas (p≥0.05) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a los sustratos constituidos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre los sustratos.

Para la interacción entre el factor cepa por el factor mezcla de sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 3), demuestra diferencias significativas (p≤0.05) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 14, se demuestra que, las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más aserrín de bolaina y la mezcla de aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi no mostraron diferencias significativas entre ellos, con promedios de diámetro de carpóforos de 62.47 mm, 69.08 mm, 74.56 mm y

73.09 mm respectivamente, pero si mostraron diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más la mezcla de aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre la mezcla de sustratos, como se muestra en la figura 10.

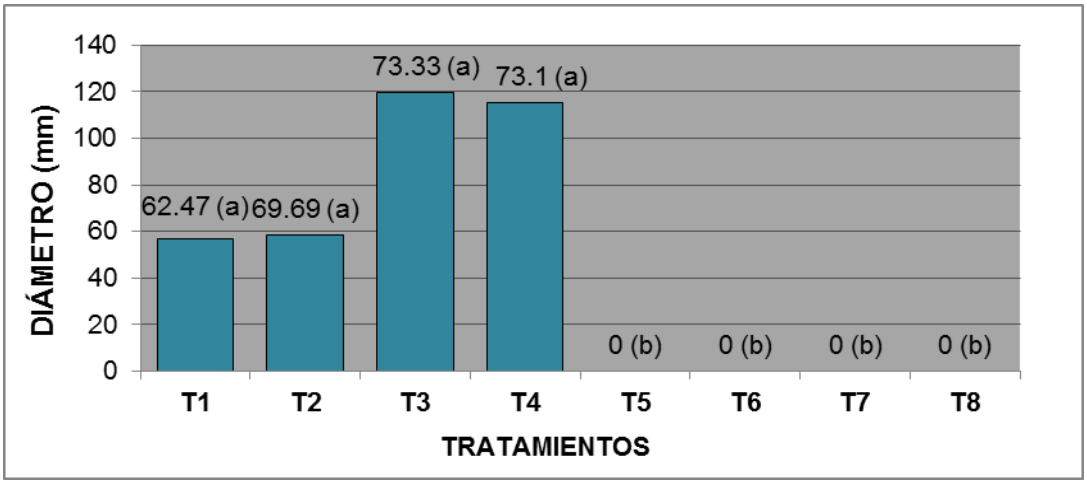


Figura 10. Comportamiento de la interacción (Tratamientos) para la variable diámetro de carpóforos.

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 (1 978), 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*.

4.4. Longitud de pie

El cuadro 15 muestra la prueba de Tukey para la longitud de pie de carpóforo,

Cuadro 15. Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable longitud de pie de carpóforos (mm).

Cepas nativas de *Pleurotus* spp. (A)	**Mezcla de sustratos (B)**				**Promedio**
	Mezcla $_1$ (b_1)	**Mezcla $_2$ (b_2)**	**Mezcla $_3$ (b_3)**	**Mezcla $_4$ (b_4)**	
Cepa HC-2 (a_1)	10.71 (ab)	11.94 (a)	0.0 (c)	0.0 (c)	5.66 (a)
Cepa HC-3 (a_2)	9.9 (b)	12.22 (a)	0.0 (c)	0.0 (c)	5.53 (a)
Promedio	10.31 (b)	12.08 (a)	0.00 (c)	0.00 (c)	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0.05

Para el factor cepa, en el análisis de varianza (anexo 4), se observa que no existen diferencias significativas (p≥0.05) entre las cepas HC-2 y HC-3. Para el factor mezcla de sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 4), demuestra diferencias significativas (p≤0.05) entre la mezcla de sustratos, al realizar la prueba de promedios de Tukey (cuadro 15), demuestra que, la mezcla de sustrato constituido por aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentó la mayor longitud de pie de carpóforo (12.08 mm), el cual muestra diferencias significativas (p≤0.05) con respecto al aserrín de bolaina, el cual presento una longitud de pie de carpóforo de 10.31 mm, el cual también presento diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a los sustratos constituidos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la mezcla de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre los sustratos.

Para la interacción entre el factor cepa por el factor mezcla de sustrato, se realizó el análisis de varianza (anexo 4), en el cual se observa diferencias significativas (p≤0.05) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey, (ver cuadro 15), se demuestra que, las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más los sustratos aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi no mostraron diferencias significativas (p≥0.05) entre ellos, con promedios de longitud de pie de carpóforo de 11.94 mm, 12.22 mm respectivamente, los cuales tampoco mostraron diferencias significativas (p≥0.05) con respecto a la interacción con la cepa HC – 2 + aserrín de bolaina (10.71 mm), el mismo que tampoco mostró diferencias significativas (p≥0.05) con respecto a la interacción con la cepa HC – 3 + aserrín de bolaina (9.9 mm), el cual si mostró diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más los sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la mezcla de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre los sustratos, como se muestra en la figura 10.

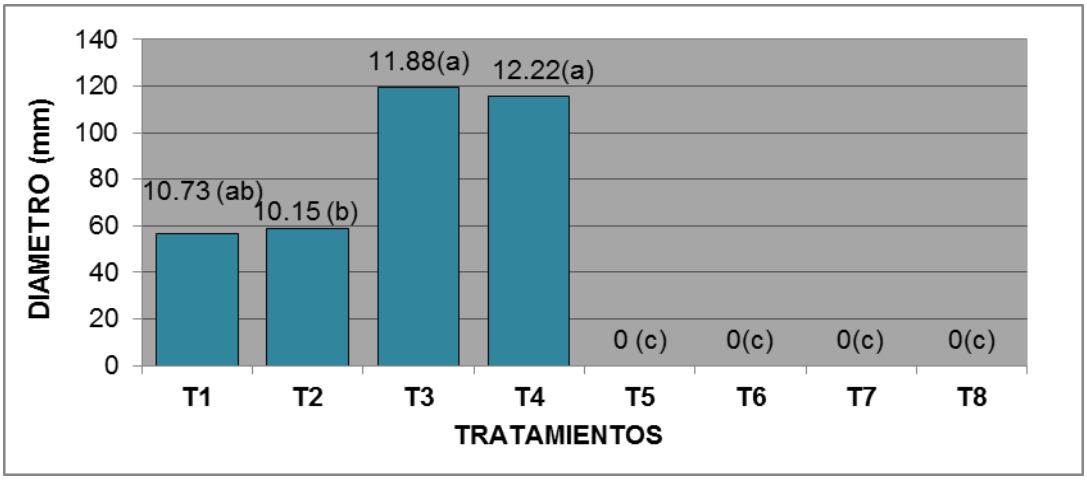


Figura 11. Comportamiento de la interacción para la variable longitud de pie de carpóforo.

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 diámetros 10.15 a 12.2 mm, rango que se encuentran por debajo de *Pleurotus ostreatus*, pero si dentro de *Pleurotus djamour* mencionado por Reid, (1982), presentando características descritas por Guzmán, (1977), Grahan, (1944), así como Zadrazil, (1978) y Quimio, (1982) citados por Sánchez (2013).

4.5. Número de carpóforos

El cuadro 16, nos muestra la prueba de Tukey para la variable número de carpóforos.

Cuadro 16. Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable número de carpóforos.

Cepas nativas de *Pleurotus* spp.	**Mezcla de sustratos**				**Promedio**
	Mezcla $_1$	**Mezcla $_2$**	**Mezcla $_3$**	**Mezcla $_4$**	
	(b_1)	**(b_2)**	**(b_3)**	**(b_4)**	
Cepa HC-2 (a_1)	11.6 (bc)	14.3 (b)	0.0 (d)	0.0 (d)	6.48 (a)
Cepa HC-3 (a_2)	10.1 (c)	16.4 (a)	0.0 (d)	0.0 (d)	6.63 (a)
Promedio	10.85 (b)	15.35 (a)	0.00 (c)	0.00 (c)	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0.05

Para el factor cepa, en el análisis de varianza (ver anexo 5), se observa que no existen diferencias significativas (p≥0.05) entre las cepas HC-2 y HC-3. Para la el factor mezcla de sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 5), en el cual se observa diferencias significativas (p≤0.05) entre los sustratos, al realizar la prueba de promedios de Tukey(cuadro 16), se demuestra que, el sustrato constituido por aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentó la mayor número de carpóforo (15.35 unidades), el cual muestra diferencias significativas (p≤0.05) con respecto al aserrín de bolaina, el cual presento 10.85 unidades de carpóforo, el cual también presento diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a los sustratos constituidos con aserrín de bolaina + torta

de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre la mescla de sustratos.

Para la interacción entre el factor cepa por el factor mezcla de sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 5), demuestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey, (cuadro 23), demuestra que, las interacciones entre las cepas HC – 3 más la mezcla de aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentó el mayor número de carpóforos (16.40 unidades), mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a la interacción cepa HC – 2 + el sustratos aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi (14.3 unidades), el cual no mostró diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a la interacción con la HC – 2 + aserrín de bolaina (11.60 unidades), el mismo que no presento diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a la interacción cepa HC – 3 + aserrín de bolaina (10.1 unidades), el cual si mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más la mezcla de con aserrín de bolaina con torta de sacha inchi y la mezcla de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre los sustratos, como se muestra en la figura 12.

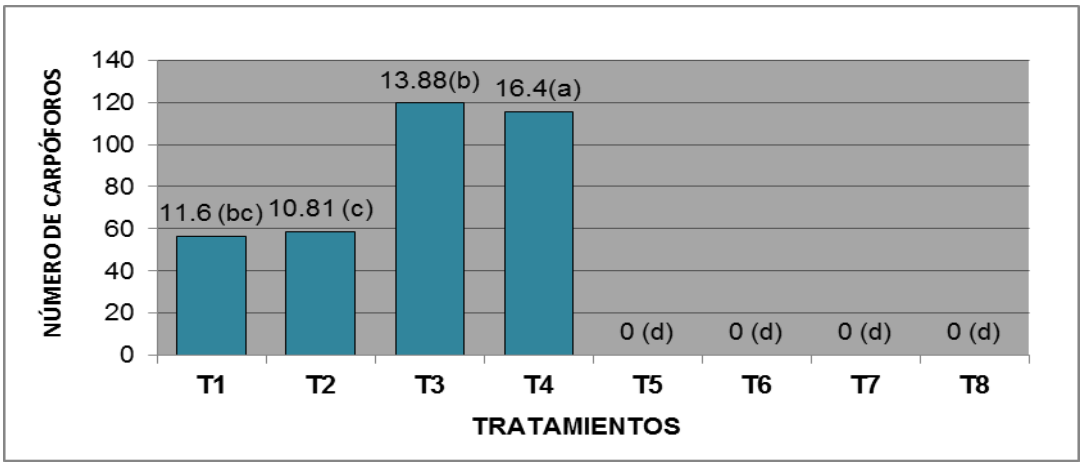


Figura 12. Comportamiento de la interacción para la variable número de carpóforos.

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 caso del aserrín de bolaina blanca presentaron 10.8 con la cepa (HC-3) y 11.6 unidades con la cepa (HC-2), sin embargo con el aserrín de bolaina más la cáscara de sacha inchi se obtuvo 13.9 unidades esto con la cepa (HC-2) y con la cepa (HC-3) 16.4 unidades y fueron promedios que 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, esto depende también del diámetro de los carpóforos.

Sin embargo, aunque existió diferencia estadísticamente significativa entre los sustratos evaluados, se puede ver que tanto el sustrato aserrín solo no es recomendable para producir comercialmente sin embrago el aserrín de bolaina blanca más cáscara de sacha inchi se encuentran dentro del rango reportado en la bibliografía de hongos producidos por bolsa, considerándolos así un sustrato adecuado y rentable para la producción de este hongo. Esto puede deberse a que el segundo sustrato presenta contenidos celulósicos, fuente de nitrógeno y carbono en el cual el hongo está habituado a crecer por ende es de esperarse que el sustrato se encontrara dentro de este rango de producción. En cuanto a la cáscara de sacha inchi, se puede decir que por su contenido lípidos puede verse incrementada la producción de carpóforos ya que según Bonzom y colaboradores (1999), citado por Martínez (2012), al adicionar materiales lipídicos al sustrato se logra un incremento del 20 al 60% de la

producción del carpóforos. Sin embargo la alta presencia de lípidos perjudica el desarrollo del micelio como el caso de la torta de sacha inchi que no es recomendable su uso para este cultivo.

4.6. Eficiencia biológica

El cuadro 17, nos muestra la prueba de Tukey para la variable eficiencia biológica.

Cuadro 17. Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable eficiencia biológica (%)

Cepas nativas de *Pleurotus* spp. (A)	**Mezcla de sustratos (B)**				**Promedio**
	Mezcla $_1$ (b_1)	**Mezcla $_2$ (b_2)**	**Mezcla $_3$ (b_3)**	**Mezcla $_4$ (b_4)**	
Cepa HC-2 (a_1)	23.01 (b)	46.07 (a)	0.00 (c)	0.00 (c)	17.27 (a)
Cepa HC-3 (a_2)	21.64 (b)	44.74 (a)	0.00 (c)	0.00 (c)	16.60 (a)
Promedio	22.33 (b)	45.41 (a)	0.00 (c)	0.00 (c)	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0.05

Para el factor cepa, en el análisis de varianza (ver anexo 6), se observa que no existen diferencias significativas (p≥0.05) entre las cepas HC-2 y HC-3. Para el factor mezcla de sustratos, el análisis de varianza (ver anexo 6), demuestra diferencias significativas (p≤0.05) entre las mezclas de sustratos, al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 17, se demuestra que, la mezcla de sustrato constituido por aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentó la mayor eficiencia biológica (45.41 %), el cual muestra diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a la mezcla de sustrato con aserrín de bolaina, el cual presento 22.33% de eficiencia biológica, el cual también presento diferencias significativas (p≤0.05) con respecto a los sustratos constituidos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre las mezclas de sustratos.

Para la interacción entre el factor cepa por el factor sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 6), demuestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 26, se demuestra que, las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC - 3 más la mezcla de sustratos aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentaron las mayores eficiencias biológicas (46.07% y 44.74 % respectivamente), los cuales no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto a las interacciones con las cepas HC – 2 y HC – 3 más la mezcla de sustrato constituido con aserrín de bolaina (23.01% y 21.64% respectivamente), los cuales no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más la mezcla de sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre los sustratos, como se muestra en la figura 13.

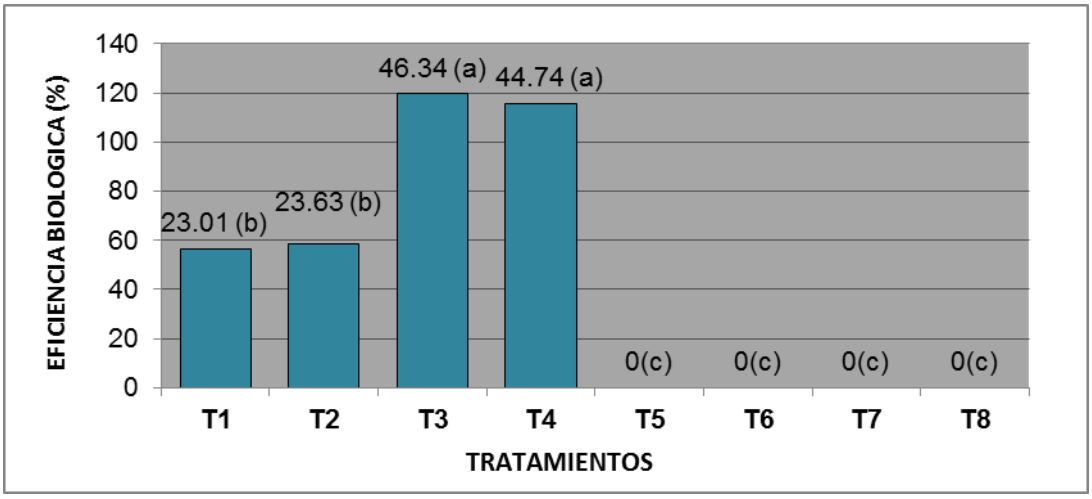


Figura 13. Comportamiento de la interacción para la variable Eficiencia Biológica

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. 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 obtenidos nos demuestran que los porcentajes de eficiencia biológica se encuentran dentro de los rangos obtenidos por los autores citados, siendo el porcentaje más alto alcanzado por el tratamiento T3 con 46.34%, seguido por T4 con 44.74%, quienes fueron superiores a los tratamientos T1 y T2 con 23.01 y 23.63% respectivamente. Estos resultados se deben a las características nutricionales que presentan los dos primeros sustratos en comparación con el sustratos aserrín de bolaina blanca básicamente según Bueno, (1987), presentan altos contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos difícilmente digeribles y bajos porcentajes de proteínas y otros componentes altamente aprovechables.

4.7. Rendimiento

El cuadro 18, nos muestra la prueba de Tukey, para la variable eficiencia rendimiento.

Cuadro 18. Prueba de promedio de Tukey, para el efecto principal de cepas nativas (A) y mezclas de sustratos (B) de la variable rendimiento.

Cepas nativas de *Pleurotus* spp.	**Mezcla de sustratos**				**Promedio**
	Mezcla $_1$	**Mezcla $_2$**	**Mezcla $_3$**	**Mezcla $_4$**	
	(b_1)	**(b_2)**	**(b_3)**	**(b_4)**	
Cepa HC-2 (a_1)	56.58 (b)	118.9 (a)	0.00 (c)	0.00 (c)	43.87 (a)
Cepa HC-3 (a_2)	53.21 (b)	115.48 (a)	0.00 (c)	0.00 (c)	42.17 (a)
Promedio	54.90 (b)	117.19 (a)	0.00 (b)	0.00 (b)	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0.05

Para el factor cepa, en el análisis de varianza (ver anexo 7), se observa que no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre las cepas HC-2 y HC-3. Para el factor mezcla de sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 7), demuestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las mezclas de sustratos, al realizar la prueba de promedios de Tukey (cuadro 18), se demuestra que, la mezcla de sustrato constituido por aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentó la mayor rendimiento (117.19 kg/t de mezcla de sustrato), el cual muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a la mezcla de sustrato con aserrín de bolaina, el cual presento un rendimiento de 54.90 kg/t de mezcla de sustrato, el cual también presento diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a los sustratos constituidos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre la mezcla sustrato.

Para el factor cepa por el factor sustrato, el análisis de varianza (ver anexo 7), demuestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey (cuadro 18), se demuestra que, las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC - 3 más el sustratos aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentaron las mayores rendimientos (118.9 kg/t de mezcla de sustrato y 115.48 kg/t de mezcla de sustrato respectivamente), los cuales no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto a las interacciones con las cepas HC – 2 y HC – 3 más el sustrato constituido con aserrín de bolaina (56.58 kg/t de mezcla de sustrato y 53.21 kg/t de mezcla de sustrato respectivamente), los cuales no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ellos, pero si mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a las interacciones entre las cepas HC – 2 y HC – 3 más las mezclas de sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi, que no mostraron crecimiento fungoso sobre las mezclas de sustratos, como se muestra en la figura 14.

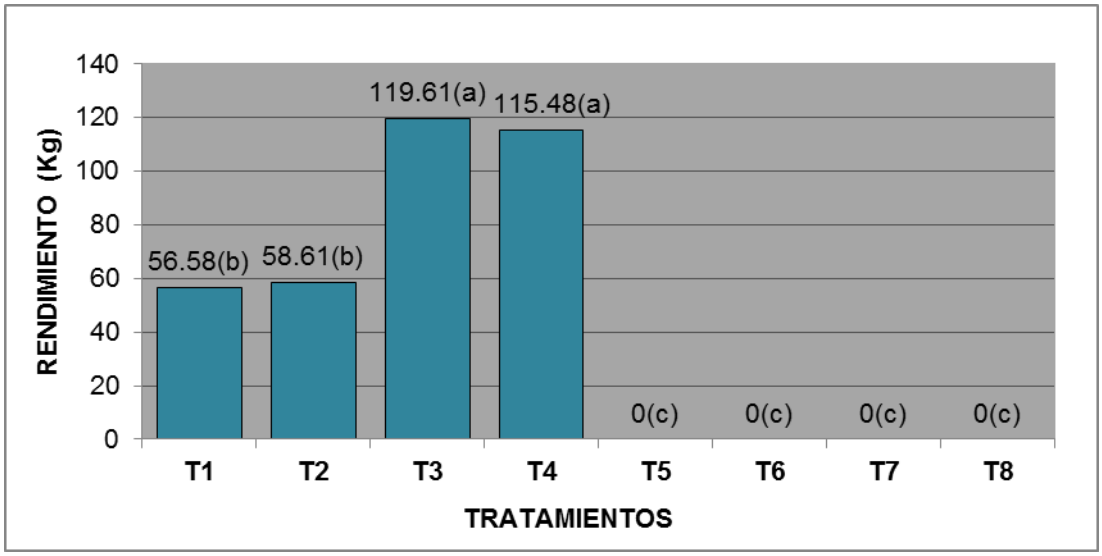


Figura 14. Comportamiento de la interacción, para la variable rendimiento

En la Universidad Nacional de Ucayali, 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.

Estos resultados se deben que se usó cepas silvestres adaptadas a estas condiciones climáticas.

4.8. Análisis bromatológico

El cuadro 19, muestra la caracterización química de los sustratos evaluados y el trigo.

Cuadro 19. Caracterización química de los sustratos evaluados y el trigo para la producción de hongos comestibles.

Parámetro (peso seco)	Mezcla de sustratos				Granos de trigo
	b_1	b_2	b_3	b_4	
Humedad (%)	26	25.3	34	31.1	3
Materia seca (%)	74	74.7	66	68.9	97
Cenizas (%)	3.1	0.9	1.2	1.1	2
Materia Orgánica (%)	70.9	73.8	64.8	67.8	95
Nitrógeno (%)	0.05	0.09	0.18	0.78	2
Proteína bruta (%)	0.31	0.56	1.13	4.88	14
Fibra (%)	0.25	0.82	1.1	0.91	ND
Grasa (%)	1	0.43	2.2	0.5	4
Carbono (%)	41.12	42.80	37.58	39.32	57
C/N	822	476	209	50	29

b_1. Aserrín de bolaina blanca 100%
b_2. Aserrín de bolaina blanca 60% + Cáscara de sacha inchi 40%
b_3. Aserrín de bolaina blanca 60% + Torta de sacha inchi 40%
b_4. Aserrín de bolaina blanca 60% + Cáscara 20% + Torta de sacha inchi 20%

En el cuadro 19, se observa el análisis químico proximal de los sustratos para el cultivo y del trigo. El menor porcentaje de proteína proximal se obtuvo en el aserrín de bolaina blanca, seguido de por el aserrín de bolaina blanca + cáscara de sacha inchi con 0.56%, mientras que los sustratos aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y la combinación de aserrín + cáscara + torta de sacha inchi presentaron 1.13 y 4.88%, sin embargo el aserrín de bolaina blanca y el aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi presentaron menor porcentaje de grasa que el sustrato aserrín de bolaina+ torta de sacha inchi.

En la relación de carbono-nitrógeno, el mayor valor fue para el aserrín de bolaina blanca con 822%, seguido por el aserrín de bolaina + de sacha inchi y aserrín + torta de sacha inchi con 476 y 209% respectivamente, y por último la combinación del aserrín de bolaina + cáscara + torta de sacha inchi con 50%. Según Sánchez (2013), menciona que los requerimiento de *Pleurotus* spp., deben ser superiores al 100% de carbono-nitrógeno. En esta investigación el aserrín de bolaina y el aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi, presentaron

altos contenidos de la relación carbono-nitrógeno, sin embargo el aserrín de bolaina + torta de sacha inchi presento un buen porcentaje de carbono-nitrógeno pero se vio afectado por la acidez que no permitió el crecimiento micelial.

El cuadro 20, muestra el análisis bromatológico proximal de los carpóforos crecidos en aserrín de bolaina blanca

Cuadro 20. Análisis bromatológico de los carpóforos crecidos en aserrín de bolaina blanca.

Parámetro	Resultados		Unidad
	Cepa HC-2	Cepa HC-3	
Humedad	91.32	91.13	%
Materia seca	8.68	8.87	%
Cenizas	6.0	6.2	%
Nitrógeno	2.92	3.01	%
Proteína bruta	18.3	18.8	%
Fibra	5.7	5.7	%
Grasa	1.2	1.3	%

La humedad de los carpóforos frescos de las cepas HC-2 y HC-3 fue de 91.3 y 91.13% respectivamente, mientras que el porcentaje de proteína en base seca para la cepa HC-2 y HC-3 fue de 18.3 y 18.8. La fibra fue igual para las dos cepas con 5.7%, mientras que la grasa en la cepa HC-2 fue de 1.2% y para la cepa HC-3 1.3%. Estos resultados no difieren a los del autor Ríos y Ruiz (1993), en su investigación con *Pleurotus ostreatus* en Tingo María que obtuvo 18.9 % de proteína y 1.59% de grasa, sin embrago la fibra fue mayor con 25%, esto se debe a la especie que ellos utilizaron.

El cuadro 21, muestra el análisis bromatológico proximal de los carpóforos crecidos en aserrín de bolaina blanca más cáscara de sacha inchi.

Cuadro 21. Análisis bromatológico de los carpóforos crecidos en aserrín de bolaina blanca (60%) más cáscara de sacha inchi (40%).

Parámetro	Resultados		Unidad
	Cepa HC-2	Cepa HC-3	
Humedad	91.30	90.98	%
Materia seca	8.70	9.02	%
Cenizas	6.7	7.1	%
Nitrógeno	3.2	4.5	%
Proteína bruta	20.0	28.1	%
Fibra	7.0	7.1	%
Grasa	1.0	0.86	%

La humedad de los carpóforos frescos de las cepas HC-2 y HC-3 fue de 91.3 y 90. 98% respectivamente, mientras que el porcentaje de proteína en para la cepa HC-2 y HC-3 fue 20 y 28.1%. La fibra fue de 7.0 y 7.1% para la cepa HC-2 y HC-3. Mientras que la grasa en la cepa HC-2 fue de 1 % y para la cepa HC-3 0.86%. La proteína, fibra fueron mayores que en el aserrín de bolaina blanca debido a la relación de proteína del sustrato. 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 y el origen geográfico de la cepa. En su estudio con *Pleurotus* spp., utilizando pulpa de café encontró 28.6 % de proteína, que es similar a lo encontrado en la cepa HC-3 con el aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi, lo cual nos da una idea de la importancia de hongo como especie comestible.

CONCLUSIONES

1. La mejor mezcla de sustrato para la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., fue el aserrín de bolaina blanca (60%), más la cáscara de sacha inchi (40%).

2. El análisis proximal de los sustratos, demuestran que los mejores contenidos se encuentran en las mezclas de sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi + torta de sacha inchi, sin embargo, también, estos sustratos presentaron menores rangos de pH que afectaron el desarrollo de las cepas de hongos estudiados. El análisis bromátologico de los carpóforos, demuestran que los índices nutricionales no presentan diferencias entre las cepas estudiadas para el sustrato aserrín de bolaina, así mismo, se observaron diferencias de contenidos de proteína bruta y cenizas entre las cepas, siendo mayor los contenidos de estos parámetros en la cepa HC – 3.

RECOMENDACIONES

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

1. Realizar estudios utilizando nuevas formulaciones de los sustratos utilizados y para el cultivo de *Pleurotus* spp., utilizar la mezcla de sustratos compuesto por aserrín de bolaina blanca (60%), más cáscara de sacha inchi (40%).

2. Realizar estudios sobre la influencia del contenido de nitrógeno en el sustrato durante la etapa de fructificación y utilizar otros sustratos agroforestales e industriales de la región (cáscara de plátano, pulpa de café, aserrín de diferentes especies maderables), ricos en lignina y celulosa adecuados para la producción del hongo *Pleurotus* spp.

BIBLIOGRAFÍA

Ara, M. 1999.Vigor de establecimiento de bolaina (*Guazuma crinita*) en relación a la fertilidad del suelo en Pucallpa. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú Vol. (10):1 12 p.

Association of Official Analytical l Chemists USA (AOAC).1997. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Ed. Sydney Williams 14 ed. Washington, D.C.

_____, Official Methods of Analysis. 1997. Pepsin digestibility of animal protein feeds. P 78 – 79. EEUU.

Barahona, S. 2008. Bechmarking del modelo Taiwanes en la producción y comercialización de hongos a mercados internacionales. Tesis de licenciatura. Universidad del Itsmo Guatemala. 68 p.

Baldoceda, R.; Pinedo, J.; Castillo, A.; Vidaurre, H. 1991. Silvicultura de la bolaina blanca. Temas forestales no. 10. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias). Pucallpa, PE. 38 p.

Bermúdez, S.; García, O.; Mourlot, L. 2007. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus*sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. Tecnología Química. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. (27):55-62.

Boa, E. 2005. Los hongos silvestres comestibles perspectiva global de su importancia para la población. FAO. 159 p. ISBN 92/5/305157/4. Disponible en: http://books.google.com.mx/books?id=mHnNLVIglNMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Consultando el 25 de Nov. del 2013.

Chang, S.T.; Miles, P. 2004. Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. CRC Press. USA. ISBN 0-8493-1043-1.431 p.

Chang S.T. 2005. Mushroom biology the impact on mushroom production and mushroom products *En:* 5th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, Shanghai, RP China. 152 p.

Díaz, G. 2004. Análisis económico para el establecimiento de un proyecto de producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*), en la zona de Atenas, Alajuela. CR. Tecnología en Marcha. 17:3-16.

Danciang, C. 1986. Culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Florida) on five farms wastes at different levels of ammonium sulfate [Philippines]. CLSU [Central Luzon State University] Scientific Journal. (Philippines). 6(1): 64 p.

Daniel, W, 1981. Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación. Capítulo 6. Editorial McGraw HILL. MX. 504 págs.

Door, C. 1990. Identificación de los hongos comestibles silvestres en el bosque de Dantas Huánuco. Unidad Modelo de Manejo y Producción Forestal – Dantas. Perú.

Fracchiá, S.; Aranda, A.; Terriza, E. 2009. Cultivo de una cepa comercial de *Pleurotus ostreatus* en desechos de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa.* Revista Mexicana de Micología. 29: 37-42 p.

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

FIerro, 2005. Evaluación de 5 sustratos agrícolas en la preparación de Inóculos de*Pleurotus ostreatus* var. Florida para uso industrial.- Tesis de Dra. En Bioquímica y

Farmacia.- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Facultad de Ciencias.- Escuela de Bioquímica y Farmacia.- Riobamba. 11 – 12 pp.

Gaitán, R. y Salmones, D. 1996. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus* spp. con alto rendimiento. Revista Mexicana de Micología, 12: 107-113.

_____; Pérez, M.; Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. MX, 56 p.

García Rollan, M. 1991. Cultivo de setas y Trufas. Segunda edición. Impresiones Mundi-Prensa, Madrid, ES. 45 p.

García, J; Pedraza, C.; Silva B.; Andrade, M.; Castillo, T.1998. Hongos del Estado de Querétaro. Red Regional de Recursos Bióticos. ISBN: 968-845-199-1. 263 p.

González, G.; González, R.; Nungaray, A. 2005. Potencial del bagazo de *Agave* tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. Revista Digital Científica Tecnológica e-GNOSIS. Universidad de Guadalajara. ISSN:1665-5745. p. 1-18.

Guzmán, G.; Mata, G.; Salmones, D.; Velazco; Dávalos. 1993. El cultivo de los hongos comestibles con atención especial a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Instituto Politécnico Nacional. ISBN: 978-968-29-4492-9. 245 p.

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.

Hernández, R; Moreno, F. 2010. Hongos comestibles del género *Amanita* en el mercado de Acaxochitlán, Hidalgo, MX. Etnobiología 8: 31-38.

Hernández Corredor, RA.; López Rodríguez., R.A. s.f. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Tesis para Ing. Microbiólogo Industrial. Bogotá, CO. Pontificia Universidad Javeriana. 106 p.

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 2009. Estudio de viabilidad económica del cultivo de *Plukenetia volúbilis* Linneo, sacha inchi, en el departamento de San Martín. Rev. Avances Económicos Nº 3. 1 ed. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú ISBN: 978-9972-667-62-6. Iquitos – Perú. 80 p.

Koneman, E. 1997. Micología: práctica de laboratorio. 3. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, AR. 221 p.

Mariaca, M; Silva, P.; Castaños C. 2001. Proceso de recolección y comercialización de hongos comestibles en el Valle de Toluca, MX. Ciencia Ergo Sum. ISSN 1405-0269. p. 30-40.

Martínez, C; Morales, P.; Sobal, M.; Bonilla M.; Martínez, W. 2007. México ante la globalización en el siglo XXI: El sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. *El Cultivo de Setas Pleurotus spp*. *en México*. Capítulo 6.1, 20 p.

_____; Larqué, A.; Aliphat, A.; Aguilar, A.; Bonilla, M.; Martínez, W. 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria. Academia Mexicana de Ciencias-CONACYT, MX. D. F. p. 193-207.

Martínez Cañedo, J. 2012: Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el valle del fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas. Tesis Dr. en ciencias. Sinaloa, MX. Universidad Autónoma Indígena. 70 p.

Mera, J. 2005. Dosificación de ergosterol de *Pleurotus ostreatus* irradiado con luz Ultravioleta. Tesis para optar el grado de Doctor en Bioquímica y Farmacia. Riobamba. EC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. p. 25 – 28.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). 2013. Disponible en: www.minem.gob.pe./POTENCIAL%20DE%20LA%20BIOENERGA.*Revisado el 26 de oct. De 2013.*

Montoya Barreto, S.; Restrepo Franco, GM. 2009. Evaluación del desarrollo vegetativo y la producción de carpóforos de las cepas de los hongos *Pleurotus* spp. y*Lentinus edodes* sobre varios residuos agroindustriales. Proyecto de Investigación. Manizales. CO. Universidad Católica de Manizales. 71 p.

Moore, E. 1996. Fundamental of the Fungi. 4 ed. Prentice-Hall. New Yersey, U.S.A. 1455 p.

Navarro, JM. 2005. Hongos en Aragón. Disponible en: http://www.aragonesasi.com/natural/hongos/. Consultado: 17 Nov. 2013.

Naranjo, J.; Herrera C. 2000. El aprovechamiento de hongos silvestres en la zona boscosa del Salto Pueblo Nuevo, Durango. Interciencia CIIDIR-IPN-Durango (1): p. 4-6.

Nevárez Quiñones, DM. 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.

Nichols 1993. Tecnología del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, nutritivo hongo para la dieta mexicana (II). En Hortalizas, Frutas y Flores. Ed. Año Dos Mil, marzo; México, pag 28-30.

Pascual, 2000. Extracción y caracterización del aceite de sacha inchi. AnalesCientíficos UNALM. Lima. (42): 144 – 158.

Pire, D.V. 2001. Las asombrosas setas. . Disponible en: http://agronet.com.mx/cgi/articles.cgi?Action=Viewhistory&Article=1&Type=A&Datemi=2001-05-01%2000:00:00&Datemax=2001-05-31%2023:59:5. Consultado: 15 Nov. 2013.

Pinzon, M. 2006. Asesoria en aplicaciones estadísticas a los trabajos de grado. Facultad de Ciencias. ME. 12 p.

Portugal, D.; López, E.; Bautista N.; Mora, V. 2007. Hongos silvestres comestibles, fuente de potencial en la alimentación mexicana. Memorias en extenso VI Congreso Internacional y XII Nacional de Ciencias Ambientales. 863-866.

Profonanfe 2013. Ensayo de producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex fr.) Kunner. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima , PE. 21 p.

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.

Ramos. 2007. P*leurotus ostreatus* cultivado en residuos de palma aceitera como importante fuente proteica para la dieta humana. Tesis Ing. en Biotecnología Ambiental. EC. 44 p.

Rajarathnam, S; Bano, Z. 1987. Pleurotus Mushroom. Part B. Morphology, life cicle, taxonomy, breending and cultivation. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 26(2): 157-223.

Ramirez, 2011. Densidad de siembra de leguminosas de grano en asociación con «maní del inca*» (Plukenetia volubilis* L.*)* en etapa inicial de desarrollo en el Bajo Mayo. Tesis de Ingeniería Agraria: UNSM, PE. 89 p.

Rios y Ruiz. 1993. Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm En Tingo María. Revista Folia Amazónica Vol . 5 (1-2) : 1-12.

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

Rodríguez, V.N.; Zuluaga, V.J. 1994. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* en pulpa de café. Cenicafé, 45(3): 81-92.

Salmones, D; Mata, G. 2007. Determinación de la variabilidad de respuesta de micelios de *Pleurotus* vs. *Trichoderma* en medios de cultivo con derivados solubles de lignina y pulpa de café. Revista Mexicana de Micología 25:77-81.

Saldarriaga, Y. 2001. Manual de micología aplicada. 1 ed. Universidad de Antioquia. 25 p.

Sánchez Vásquez, JE. 1994. Producción de hongos comestibles. MX, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 109 p.

Sánchez, G. 1995.Fertilización química y orgánica al establecimiento de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en pasturas degradadas. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa PE. 43 p.

Stamets, P. 2003. Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom. Ed. Olympia. 15 p.

_____; Royse, D.J. 2001 La biología y el cultivo de *Pleurotus spp*. Ed. El colegio de la frontera sur y Limusa, México. 290 p.

_____; 2001. La biología y el cultivo del *Pleurotus* spp, Ed. S.A. E.L. MX. 288 p.

_____; 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. MX. Ed. Limusa. 294 p.

Sánchez, M; Perez, C, Torres, B. 2007. Efecto de la suplementación de la caña de maíz (*Zea mays L*.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Cepa ECS- 152). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 46 p.

Sánchez Vélez, C.A. 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. Tesis Adm. del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Santiago de Cali. CO. Universidad Autónoma de Occidente. 94 p.

Singer, L. 1994. Las setas y las trufas, la botánica, el cultivo y la utilización. Ed. Continental. MX. 470 p.

Sobal, M.; Martinez, M.; Morales, P.; Roussos, S. 2007. Classical characterization of mushroom genetic resources from temperate and tropical regions of México. MX. Micología Aplicada Internacional 19(1):15-23.

Ulloa, M. 1998. Imágenes y palabras. Una dualidad dinámica de la comunicación científica. MX. Revista Mexicana de Micología, (13):12-127.

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

Valles.1995. Insumos alternativos par la alimentación animal University of British Colombia. Canadá. 50 p.

Villachica, H.; Julca, A.; Alván, G.; Canchucaja, J.; Parraga, R. 1993. Evaluación de tres especies forestales de rápido crecimiento para embalaje de frutas. *In* Resumen de investigaciones apoyadas por FUNDEAGRO 1988-1992. Lima, PE. p 167-169.

Ward, O. 1989. Biotecnología de las Fermentaciones. Zaragoza. ES. 125 p.

Wang, D.; Sakoda, A.; Suzuki, M. 2001. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresorce Technology, 78: 293-300.

Witghtman, K.; Cornelius, J.; Ugarte, J. 2006.Plantemos Madera. ICRAF technical manual no 4. PE. 193 p.

Zadrazil, F. 1978. Cultivation of *Pleurotus.* En: The biology and cultivation of edible mushroom, Academic press, New York. US. p. 521 -555.

ANEXOS

Anexo 1. ANVA para la precocidad de los factores cepas y sustratos y su interacción.

FUENTE	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Ft
A (Cepa)	1	2.812500	2.8125	2.080	0.1539 n.s.
B (mezcla de sustrato)	3	6122.1375	2040.7125	1506.990	0.0001 *
AXB (Cepa X mezcla de sustrato)	3	3.4375	1.1458333	0.850	0.0001 *
Error experimental	72	97.5	1.3541667		
Total Correcto	79	6225.8875			

R^2= 0.984340 C.V. = 13.43361

Anexo 2. ANVA para los días de cultivo de los factores cepas y sustratos y su interacción.

FUENTE	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Ft
A (Cepa)	1	42379.6375	14126.54583	521.35	0.0001 *
B (mezcla de sustrato)	3	81.3375	27.1125	1.000	0.0001 *
AXB (Cepa X mezcla de sustrato)	3	1950.9	27.095833		
Error experimental	72	44446.9875			
Total Correcto	79				

R^2= 0.956107 **C.V**. = 22.64433

Anexo 3. ANVA para el diámetro de carpóforos de los factores cepas y sustratos y su interacción.

FUENTE	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Ft
A (Cepa)	1	21.183509	21.183509	0.16	0.6948 n.s.
B (mezcla de sustrato)	3	97491.433	32497.14424	237.97	0.0001 *
AXB (Cepa X mezcla de sustrato)	3	146.01677	48.672255	0.36	0.0001 *
Error experimental	72	9832.2028	136.558372		
Total Correcto	79	107490.84			

R^2= 0.908530 C.V. = 33.6098

Anexo 4. ANVA para la longitud de pie de los factores cepas y sustratos y su interacción.

FUENTE	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Ft
A (Cepa)	1	0.3612672	0.3612672	0.11	0.7402ns
B (mezcla de sustrato)	3	2537.509221	845.836407	259.5	0.0001*
AXB (Cepa X mezcla de sustrato)	3	3.3021601	1.10072	0.34	0.0001 *
Error experimental	72	234.6842114	3.2595029		
Total Correcto	79	2775.85686			

R^2= 0.915455 C.V. = 32.25717

Anexo 5. ANVA para el número de carpóforos de los factores cepas y sustratos y su interacción.

FUENTE	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Ft
A (Cepa)	1	0.45000	0.45000	0.060	0.8036 ns
B (mezcla de sustrato)	3	3634.70000	1211.56667	167.820	0.0001 *
AXB (Cepa X mezcla de sustrato)	3	32.85000	10.95000	1.520	0.0001 *
Error experimental	72	519.80000	7.21944		
Total Correcto	79	4187.80000			

R^2= 0.875878 C.V. = 41.02141

Anexo 6. ANVA para la Eficiencia Biológica de los factores cepas y sustratos y su interacción.

FUENTE	GL.	Suma de cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Ft
A (Cepa)	1	9.097656	9.097656	0.17	0.6801ns
B (mezcla de sustrato)	3	28264.2933	9421.4311	177.48	0.0001 *
AXB (Cepa X mezcla de sustrato)	3	9.102764	3.034255	0.06	0.9819 ns
Error experimental	72	3822.006669	53.083426		
Total Correcto	79	32104.50039			

R^2= 0.880951 C.V. = 43.02853

Anexo 7. ANVA para el rendimiento de los factores cepas y sustratos y su interacción.

FUENTE	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Ft
A (Cepa)	1	57.72862	57.72862	0.17	0.682ns
B (mezcla de sustrato)	3	186879.7837	62293.261	182.66	0.0001 *
AXB (Cepa X mezcla de sustrato)	3	57.73497	19.24499	0.06	0.0001 *
Error experimental	72	24554.15637	341.02995		
Total Correcto	79	211549.4036			

$\mathbf{R^2}$= 0.883932 C.V. = 42.92449



Anexo 8. Inoculo primario de la cepa HC- 2 del hongo *Pleurotus*



Anexo 9 Incubación de las cepas HC-2 y 3 del hongo *Pleurotus spp*. en granos de trigo.



Anexo 10. Bolsas cultivadas a las 24 horas de incubación



Anexo 11. Bolsas cultivadas a las 72 horas de incubación



Figura 12. Determinación del pH de las muestras de los sustratos después de la esterilización.



Anexo 13. Perforación en la parte superior de las bolsas



Anexo 14. Carpóforos de la Cepa HC-2 en estado de cosecha



Anexo 15. Carpóforos de la Cepa HC-3 en estado de cosecha



Figura 16. Cosechas de los carpóforos



Anexo 17. Pesado de hongos frescos



Anexo 18. Muestra de hongos deshidratados para el cálculo de Humedad

Anexo 19. Resumen de la producción de la cepas nativas en cada uno de las mezclas de sustratos.

VARIABLE ANALIZADA	Tratamientos							
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
Tiempo de cultivo (Días)	50	44.6	45.2	44.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Precocidad (Días)	19.3	16.1	10.1	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Nº de carpóforos	11.6	14.3	10.1	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Longitud de pie (mm).	10.71	11.94	9.9	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Diámetro de carpóforos (mm).	62.49	74.56	68.1	73.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Eficiencia Biológica (%).	23.01	46.07	21.6	44.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Rendimiento (kg/ton).	56.58	118.9	53.2	115.5	0.0	0.0	0.0	0.0

Anexo 20. Formato de evaluación de temperatura y humedad relativa.

DIAS DE CULTIVOS	FECHA	TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA		
		7:00 horas	12:00 horas	17:00 horas	7:00 horas	12:00 horas	17:00 horas
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
……	……	…..	…..	…..	…..	…..	…..

Anexo 21. Formato de evaluación de Número, longitud de pie y diámetro de basidiocarpo, precocidad de incubación, tiempo de cultivo, eficiencia biológica y rendimiento.

Variable :

Fecha de evaluación:

Tesista : Vargas Serna Darvis Reynaldo

Tratamiento	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	SUMA	PROMEDIO
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Anexo 22. Matriz de correlación

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	METODOLOGIA	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Problema General: ¿Cuál será el efecto de la mezcla de sustratos en la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas*?* **Problemas Específicos:** ¿Cuál de las mezclas de sustratos es más eficiente para la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas? ¿Qué características nutricionales presentan las setas de cepas nativas del hongo Pleurotus *spp*., cultivados en mezclas de sustratos?	**Objetivo General:** Evaluar el efecto de la mezcla de sustratos en la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas *?* **Objetivos Específicos:** ¿Determinar la mezcla de sustratos más eficiente para la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., bajo condiciones controladas? ¿Qué características nutricionales presentan las setas de cepas nativas del hongo Pleurotus *spp*., cultivados en mezclas de sustratos?	Ampliar y mejorar las actividades encaminadas al aprovechamiento de residuos generados en la región, ya sea de industrias madereras, de mercados, de campos productivos, es una prioridad, no solo del gobierno, sino también de toda la población, 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. Contribuir el aprovechamiento de los recursos orgánicos con los que cuenta la región, y propiciar el desarrollo socioeconómico de las comunidades campesinas y la conservación del medio ambiente a través de la adecuada utilización de los desechos agroforestales. Por este motivo, la investigación sobre el cultivo de *Pleurotus spp,* utilizando sustratos orgánicos presentes en la región debe de ser prioritario a nivel regional.	**Tipo y nivel de investigación:** pura o básica y nivel explicativo o básico. **Método de Investigación:** Evaluación directa experimental. **Población y muestra:** Población las cepas de Pleurotus spp., y la muestra fue de 80 unidades experimentales. Se contó con el factor A, cepas: HC – 2 y HC – 3, colectados del sector de Shambillo, centro poblado del Boquerón, Aguaytía; y el factor B, mezclas de sustratos: b_1 aserrín de bolaina, b_2 aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi, b_3 aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y b_4 aserrín de bolaina + torta de sacha inchi + cáscara de sacha inchi. Las mezclas de sustratos a evaluar fueron empacadas en bolsas de 1 kg, esterilizados e inoculadas con 20 gramos de semilla de Pleurotus spp., Se evaluó las variables precocidad de incubación, tiempo de cultivo, numero, diámetro, longitud de pie de carpóforos, porcentaje de eficiencia biológica, rendimiento y análisis bromatológico. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo bifactorial de 2 x 4 con 10 repeticiones, así mismo, se utilizó la prueba de promedios de Tukey con un nivel de significancia del 95%.	No se observaron diferencias significativas, en ninguna de las variables estudiadas, en cuanto al comportamiento de las cepas HC – 2 y HC – 3 de *Pleurotus* spp., que se utilizaron en el presente trabajo de investigación. Así mismo, para el factor sustrato, el sustrato aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi, presentaron los mejores promedios para las variables precocidad, longitud de pie de carpóforos, número de carpóforos, eficiencia biológica y rendimiento, así mismo, no se encontraron diferencias significativas entre el sustrato aserrín de bolaina y el sustrato aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi para las variables tiempo de cultivo total y diámetro de carpóforo, seguidamente, no observó desarrollo fungoso en los sustratos de aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y el sustrato de aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi + torta de sacha inchi, debido a las características de contenidos nutritivos y rangos de pH que presentaban estos dos sustratos. En cuanto a las interacciones, la interacción constituidas por las cepas HC – 2 y HC – 3 más el sustrato de aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi, mostraron los mejores promedios para las variables precocidad, longitud de pie de carpóforos, número de carpóforos, eficiencia biológica y rendimiento. Luego, no se observaron diferencias significativas en cuanto a las interacciones constituidas por las cepas HC – 2 y HC – 3 más los sustratos de aserrín de bolaina y el sustrato de aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi, para las variables tiempo de cultivo total y diámetro de carpóforos, la cepa HC-3 presento mayor porcentaje de proteína 28.1% en la mezcla de aserrín más cascara de sacha inchi	La mejor mezcla de sustrato para la producción de cepas nativas del hongo *Pleurotus* spp., fue el aserrín de bolaina blanca (60%), más la cáscara de sacha inchi (40%). El análisis proximal de los sustratos, demuestran que los mejores contenidos se encuentran en las mezclas de sustratos con aserrín de bolaina + torta de sacha inchi y aserrín de bolaina + cáscara de sacha inchi + torta de sacha inchi, sin embargo, también, estos sustratos presentaron menores rangos de pH que afectaron el desarrollo de las cepas de hongos estudiados. El análisis bromatológico de los carpóforos, demuestran que los índices nutricionales no presentan diferencias entre las cepas estudiadas para el sustrato aserrín de bolaina, así mismo, se observaron diferencias de contenidos de proteína bruta y cenizas entre las cepas, siendo mayor los contenidos de estos parámetros en la cepa HC – 3.

Anexo 23. Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Independiente	Mezcla de sustratos	Proporciones de nutrientes disponibles de acuerdo a la mezcla de las proporciones establecidas	*Peso de los sustratos:* Fue medido con una balanza gramera con 00001 gr de error.
	Cepas de Pleurotus spp.	Variación de un tipo de inoculo, para una especie existen diversas variaciones de esta seta las cuales presentan distintas características.	*Cepas:* Se empleó las cepas HC-2 y HC-3.
Dependiente	Tiempo de cultivo.	Tiempo total desde la siembra hasta la última cosecha de los carpóforos.	*Tiempo de cultivo:* Se registró en los formatos el día de la siembra y el día de la cosecha.
	Precocidad.	Tiempo transcurrido cuando las muestras son colocadas en condiciones de fructificación hasta el primer corte de los hongos en estado maduro.	*Precocidad:* Tiempo determinado en días en el cual el hongo coloniza el sustrato, evidenciando con el cambio de color a blanco y la compactación del bloque.
	Numero de carpóforos	Cantidad de setas crecido en cada bolsa.	*Número de Carpóforos:* se realizó mediante el conteo de las tres cosecha.
	Diámetro de carpóforos	A cada cuerpo fructífero se midió el diámetro de los carpóforos en milímetros (mm).	*Diámetro de carpóforos:* Se medió con la ayuda de un escalímetro digital, dos lados de las setas para luego calcular el diámetro promedio.
	Longitud de pie	A cada cuerpo fructífero se midió la longitud de pie desde el corte del tallo hasta la base de carpóforo en milímetros (mm).	*Longitud de pie:* Se medió con la ayuda de un escalímetro digital, el pie de los carpóforos.
	Eficiencia biológica (EB).	Definida como la relación en porcentaje del peso fresco del hongo y el peso seco del sustrato.	*La fórmula utilizada es:* $\text{EB} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato seco}} x100$
	Rendimiento	Definida como la suma de los pesos de las cosechas en kilogramo expresado por tonelada de sustrato húmedo.	*La fórmula utilizada es:* $\text{R} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato húmedo}}$
	Análisis Bromatológico.	Definida como la disciplina científica que estudia de íntegramente los alimentos, y a la cual le aportan otras áreas como la química, física y la biología.	*Análisis de laboratorio:* Se envió muestras de setas y mezcla de sustratos al laboratorio de la UNU y se realizó los siguientes análisis: • Materia seca: Método de estufa**.** • Ceniza: Calcinación en mufla**.** • Grasas: Método de extracción Soxhlet**.** • Proteínas: Método de micro Kjedahl**.** • Carbohidratos: Diferencia**.** • Fibra: Fibra por detergente ácida.